HAL open science

Evaluation et spatialisation du potentiel offert par les moyens d'alerte centrés sur la localisation des individus : Expérimentations à différentes échelles en France

Esteban Bopp

To cite this version:

Esteban Bopp. Evaluation et spatialisation du potentiel offert par les moyens d'alerte centrés sur la localisation des individus : Expérimentations à différentes échelles en France. Géographie. Université d'Avignon, 2021. Français. NNT : 2021AVIG1211 . tel-03637612v2

HAL Id: tel-03637612

https://theses.hal.science/tel-03637612v2

Submitted on 11 Apr 2022

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

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

THÈSE DE DOCTORAT D'AVIGNON UNIVERSITÉ

École Doctorale N° 537
Culture & Patrimoine

Spécialité / Discipline de doctorat :
Géographie

UMR ESPACE (Etude des Structures, des Processus d'Adaptation et des Changements de l'Espace)

Présentée par
Esteban Bopp

Evaluation et spatialisation du potentiel offert par les moyens d'alerte centrés sur la localisation des individus

Expérimentations à différentes échelles en France

Soutenue publiquement le 11/06/2021 devant le jury composé de :

M. **Eric Daudé**, Directeur de recherche CNRS, UMR CNRS 6266 IDEES, Université de Rouen Normandie (**Rapporteur**)
M. **Johnny Douvinet**, Professeur, UMR CNRS 7300 ESPACE, Avignon Université (**Directeur de thèse**)
M. **Frédéric Leone**, Professeur, LAGAM, Université Paul Valéry Montpellier III (**Examinateur**)
Mme **Damienne Provitolo**, Directrice de recherche, UMR 7329 Géoazur, Université Nice Côte d'Azur (**Examinatrice**)
Mme **Magali Reghezza-Zitt**, MCF HDR, UMR CNRS 8591 LGP, École Normale Supérieure (**Rapporteure**)
Mme **Lena Sanders**, Directrice de recherche, UMR CNRS 8504 Géographie-Cités, Université Sorbonne(**Examinatrice**)
Mme **Emma Haziza**, Directrice du Bureau d'Etudes Mayane France, Co-financeur (**Invitée**)
Colonel **Romain Moutard**, Directeur de programme FR-Alert, Direction du Numérique, Ministère de l'Intérieur (**Invité**)

Sommaire

Avant-propos 2
Résumé 3
Abstract 3
Remerciements 4
Abréviations 6
Introduction générale 7

PREMIÈRE PARTIE : Diffuser une alerte à la population en France : constats, limites et opportunités 19
Chapitre 1 : L'alerte : une notion multidimensionnelle à appréhender à différentes échelles en France 23
Chapitre 2 : Les disparités spatiales de l'alerte par sirènes 47
Chapitre 3 : Apports et limites de l'alerte centrée sur la localisation des individus 71

DEUXIÈME PARTIE : Évaluer le potentiel des LBAS en France : développements méthodologiques 99
Chapitre 4 : Évaluation du potentiel offert par les applications mobiles d'alerte en France 103
Chapitre 5 : Évaluation du potentiel de performance spatiale des LBAS en France métropolitaine 125
Chapitre 6 : Évaluation de l'acceptabilité des LBAS 151

TROISIÈME PARTIE : Contributions à la géographie de l'alerte : enjeux et perspectives 177
Chapitre 7 : Comment adapter l'offre aux territoires ? Investigations à l'échelle communale 181
Chapitre 8 : Quel regard géographique porter face à la mise en œuvre de la plateforme nationale FR-Alert ? 213
Chapitre 9 : Quelles perspectives d'évolution pour les systèmes d'alerte nationaux ? 243

Conclusion générale 271
Bibliographie 281
Table des matières 309
Liste des figures 316
Liste des tableaux 320
Annexe 1 : Classement de performance par département (tableau 1) et par région (tableau 2) 322
Annexe 2 : Enquête diffusée en ligne 326
Annexe 3 : Résultats des tests statistiques sur l'efficacité perçue des moyens d'alerte 334
Annexe 4 : Cartographie et caractéristiques des zones exposées pour les douze communes 338
Annexe 5 : Grille d'entretiens auprès des acteurs des cinq pays du projet Cap'Alert 342

Avant-propos

Cette thèse a été réalisée entre septembre 2017 et juin 2021 au sein de l'UMR ESPACE à l'Université d'Avignon grâce au soutien de la région Sud-PACA (financeur à 90% de la thèse) et de Mayane (10%). Elle a été dirigée par Johnny Douvinet (professeur des universités).

Durant ces quatre années, j'ai eu le plaisir d'intégrer deux projets de recherche : l'ANR flash *Cap'Alert* (2019-2020) et l'ANR *Cap4MultiCan'Alert* (2020-2021). Le projet Cap'Alert vise à faire un état des lieux de quatre systèmes d'alerte nationaux : Australie, Belgique, États-Unis et Indonésie (pays dans lequel je me suis rendu en février 2020) ; en y menant des entretiens auprès d'acteurs ayant un rôle dans la gestion de l'alerte et des crises. Les résultats du projet Cap'Alert sont en partie repris dans cette thèse (principalement dans le chapitre 1 et 9). Le projet *Cap4Multican'Alert* vise à tester une plateforme d'alerte multicanale à travers des mises en situation expérimentales avec du public. Des résultats préliminaires sont présentés dans cette thèse (principalement dans le chapitre 8).

Résumé

Le 24 septembre 2020, le ministère de l'Intérieur a annoncé la mise en place, au plus tard en 2022, de deux moyens d'alerte centrés sur la localisation des individus en temps réel : le *Cell Broadcast* (CB) et le SMS géolocalisé (LB-SMS). Ces deux LBAS (*Location-Based Alerting System)* permettront des alertes plus massives, plus rapides, et spatialisées (Aloudat, 2010). Cette thèse, qui a devancé un tel choix politique, propose d'estimer le potentiel de ces LBAS, et d'analyser la manière dont ces moyens peuvent améliorer l'alerte à la population en France. À l'aide de protocoles méthodologiques variés et reposants sur les méthodes issues de l'analyse spatiale, nous démontrons le haut potentiel de performance du CB et du LB-SMS à l'échelle nationale. Les taux d'individus alertable par ces solutions sont très haut et le niveau d'alertabilité des communes est très homogène. Ces outils sont aussi bien acceptés par la population. Autrement dit, ces deux solutions offrent de nouvelles opportunités pour venir pallier les faiblesses des moyens traditionnels. Il est toutefois nécessaire d'adapter ces solutions aux contextes sociaux et territoriaux. Leur intégration dans la future plateforme FR-Alert et notamment leur motif d'usage et d'utilisation doivent être réfléchis, en évitant tout fétichisme technologique et en adaptant les organisations à ces mutations, ce qui peut parfois prendre (beaucoup) de temps.

Mots clés : Alerte, LBAS, risque, territoire, individu

Abstract

On September 24th 2020, the Ministry of the Interior announced the introduction in 2022 of two alert methods based on the location of people in real time: Cell Broadcast (CB) and Location-Based SMS (LB-SMS). These two LBAS (Location-Based Alerting System) have the advantage of being more massive, faster, and spatialised ways of alerts (Aloudat, 2010). This research anticipated such a political choice. We estimate the potential of these LBAS, and we analyse how these means can improve the alerting of the population in France. Using a variety of methodological protocols based on spatial analysis, we demonstrate the high potential of CB and LB-SMS at a national scale. The rates of individuals reached by these solutions are very high and these rates are very homogeneous between municipalities. These tools are also well accepted by the population. Thus, these two solutions offer new opportunities to overcome the weaknesses of traditional alerting means. However, it is necessary to fit these solutions to social and territorial contexts. Their integration in the future FR-Alert platform and their use pattern must be thought, avoiding technological fetishism and adapting the organisations to these changes.

Keywords: Alert, LBAS, risk, territory, individual

Remerciements

Je souhaite remercier chaleureusement tous ceux qui m'ont accompagné, de près ou de loin, durant ces très belles 4 années de recherche.

J'ai choisi de faire une thèse dans l'objectif de pouvoir m'éclater sur un sujet pendant quelques années et d'y trouver un espace de liberté. Je n'avais alors aucune idée de ce que je voudrais faire par la suite. Ce n'est désormais plus le cas. Un immense merci à mon directeur de thèse Johnny Douvinet pour la confiance qu'il m'a accordée, pour ses conseils, ses corrections, ses encouragements, sa rigueur. Merci de m'avoir donné l'envie d'être chercheur. Je remercie également Damien Serre pour son regard et ses conseils sur les deux premières années de ma thèse. Je remercie les financeurs de cette thèse : la région Sud-PACA (90%) et Mayane (10%).

Je remercie les membres du jury d'avoir accepté et pris le temps d'évaluer ma thèse : Eric Daudé, directeur de recherche à l'université de Rouen Normandie, Magali Reghezza-Zitt, maître de conférences HDR à l'ENS de Paris, Lena Sanders, directrice de recherche à l'université Paris 1, Frédéric Leone, professeur à l'université Paul Valéry Montpellier III, Damienne Provitolo, directrice de recherche à l'université de Nice Côte D'Azur, Emma Haziza, directrice de Mayane et le lieutenant-colonel Romain Moutard, directeur de programme au Ministère de l'Intérieur.

Je remercie toute l'équipe avignonnaise de l'UMR 7300 ESPACE pour m'avoir accueilli et avoir porté un regard extérieur sur mes travaux lors des séminaires de doctorants ou lors de discussions informelles. Je remercie en particulier Guilhem Boulay, Laure Casanova-Enault, Cyrille Genre-Grandpierre (pour m'avoir poussé à « re-géographicisé » mes problématiques) et Didier Josselin. Je souhaite aussi remercier Alexia Bouffel, Nathalie Brachet, Anthony Dalle et Valérie Salin pour leur accompagnement dans les questions pratico-technico-administratives. Je tiens particulièrement à remercier l'artisan statisticien-sigiste Mathieu Coulon pour ses conseils précieux dans la manipulation des logiciels, mais aussi pour son goût pour la recherche et les discussions thématiques enrichissantes qu'on a pu avoir.

Je remercie Laurence Allard, Karine Emsellem, Catherine Fouchier, Cyrille Genre-Grandpierre et Gilles Martin qui ont assistés aux différents comités de suivi de thèse. Les CST ont été des moments cruciaux pour moi et vos retours constructifs ont été essentiels dans la réalisation de ma thèse.

Avoir intégré des projets de recherche a été une expérience très enrichissante et ultra stimulante. Je remercie l'ensemble de la « *Team-Alert* » mobilisée sur le projet *Cap'Alert* et *Cap4Multican'Alert* : Allison, Béa, Camille, Gillou, Karine-de-Nice, Karine-de-Nîmes (grâce à qui l'opération « *roof-top à Jakarta* » a été couronnée de succès) et bien évidemment Johnny. Les moments passés ensemble ont été géniaux, en plus d'un enrichissement scientifique considérable (et pluridisciplinaire s'il vous plait). J'en profite aussi pour remercier les acteurs interviewés en Indonésie (projet *Cap'Alert*) pour leur disponibilité et leur accueil.

Je remercie toute l'équipe des doctorants qui côtoient ou ont côtoyé la 2^{E}13 durant ma visite : Aurélia, Béatrice, Charlotte, Hadrien, Lauriane, Mélanie, Michel, Micka, Noé, Pierre, Quentin, Rémi, et Romain. Si je me suis autant régalé pendant ma thèse, c'est en grande partie grâce à vous tous. Nos échanges géographico-scientifico-technico-administrativo-sportivo-delirants

ont beaucoup comptés durant ces presque 4 ans. En particulier, nos discussions méthodo-théoriques qui ont été fondamentales dans la construction de mes travaux. Bref, vous avez été, à votre manière, de formidables co-encadrants de thèse. Je souhaite remercier plus particulièrement ceux avec qui j'ai passé le plus de temps au bureau : Hadrien (courage, tu vas la réussir cette 4A au Pan, je te montrerai), Micka (depuis que tu es parti on parle beaucoup moins de recettes « fromage coulant » à 9h30…ça manque) et Quentin (je sais que c'est pas sport de quitter le labo l'année d'une double ascension du Ventoux, mais crois-moi, c'est quand tu devras te farcir la cafetière et le frigo en juillet que je te manquerai le plus).

Je remercie ma famille, Bénédicte, Francis, Marie-Charlotte et Octave. Merci à vous d'avoir nourri mes initiatives (et mon ventre avec ce beau gâteau chocolat-caramel), soutenu mes projets et de m'avoir laissé faire les expériences par moi-même. J'ignore ce que sera ma prochaine initiative (au risque de casser l'ambiance ce ne sera pas les vignes), mais je sais que vous serez là. Merci aussi à Thierry et Marie-Jo ainsi qu'à mes grands-parents Annie et Jean-Jacques. Votre soutien m'est essentiel.

Pour finir, et parce que c'est plus facile de l'écrire que de le dire, merci Tania. Tu m'as tellement apporté. Ton regard, tes encouragements, tes félicitations ont été d'un précieux infini. Merci de prendre soin de moi, comme tu sais prendre soin de tous ceux qui t'entourent. Il n'y a pas de meilleure qualité.

Abréviations

Moyens d'alerte :

AAT Automate d'Appel Téléphonique
AS Application smartphone
CB *Cell Broadcast* (aussi appelé diffusion cellulaire)
CC Capteur Connecté
EMA Ensemble Mobile d'Alerte
LBAS *Location-based alerting system* (système d'alerte centré sur la localisation)
LB-SMS *Location-based SMS*, SMS centré sur la localisation—
NP Notification push
PAP Porte-à-porte
PMV Panneau à Message Variable
SMS Short Message Service

Systèmes et protocoles d'alerte :

BE-Alert Système d'alerte Belge
FR-Alert Futur système d'alerte français
CAP *Common Alerting Protocol* (Protocole d'Alerte Commun)
INATEWS *Indonesian Tsunami Early Warning System* (Système d'alerte précoce indonésien aux tsunami)
IPAWS *Integrated Public Alert and Warning System* (Système d'alerte des USA)
RNA Réseau National d'Alerte
SAIP Système d'Alerte et d'Information des Populations
SAP Système d'Alerte Précoce

Institutions :

COGIC Centre Opérationnel de Gestion Interministérielle des Crises
COS Commandant des Opérations de Secours
COZ Centre Opérationnel Zonal
DNUM Direction Numérique du Ministère de l'Intérieur
DGSCGC Direction Générale de la Sécurité Civile et de la Gestion de Crise
DO Directeur des Opération de secours
EMIZ Etat-Major Interministériel de Zones
IHEMI Institut des Hautes Etudes du Ministère de l'Intérieur
ORSEC Organisation de la Réponse de Sécurité Civile
SDIS Service Départemental d'Incendie et de Secours
SIDPC Service Interministériel de Défense et de Protection Civiles

Outils de gestion des risques :

DDRM Document Départemental des Risques Majeurs
DICRIM Document d'Information Communal sur les Risques Majeurs
EAIP Enveloppe Approchée des Inondations Potentielles
MSGU Médias Sociaux en Gestion d'Urgence
PCS Plan Communal de Sauvegarde
PPR Plan de Prévention des Risques
SLGRI Stratégie Locale de Gestion du Risque d'Inondation
TRI Territoire à Risque Important d'inondation
VISOV Volontaires Internationaux en Soutien Opérationnel Virtuel

Sigles créés dans la thèse :

TA Taux d'Alertabilité
TE Taux d'Equipement
TC Taux de Connectivité
SAN Système d'Alerte National

Introduction générale

Le 24 septembre 2020, à Rouen, le ministre de l'Intérieur a annoncé la mise en œuvre d'une nouvelle plateforme d'alerte à la population sur l'intégralité du territoire français. Attendue pour 2022, cette plateforme intégrera deux technologies : le SMS géolocalisé (LB-SMS) et le *Cell Broadcast* (CB). Ces solutions permettront la diffusion d'alertes centrées sur la localisation des individus en temps réel, contrairement aux moyens d'alerte utilisés jusqu'à présent. Cette annonce fait suite à trois événements : 1) la directive européenne L321/36 du 11 décembre 2018 établissant le code des communications électroniques, qui impose à tous les États membres la mise en place d'un système centré sur la téléphonie mobile pour diffuser des alertes géolocalisées, au plus tard pour juin 2022 ; 2) l'incendie de l'usine Lubrizol le 26 septembre 2019 dans l'agglomération de Rouen, qui a suscité de nombreuses réactions et qui a relancé le débat autour d'un système d'alerte par SMS ; 3) la validation d'un budget de 50 millions d'euros accordé dans le cadre du *Plan de Relance* face à la COVID-19 pour déployer cette plateforme d'alerte.

Commencée en septembre 2017, cette thèse a devancé un tel changement. Nous nous sommes intéressés aux impacts à la fois spatiaux, sociaux et territoriaux du LB-SMS, du CB et des applications smartphone en France métropolitaine et en région Sud-PACA. Ces trois solutions sont considérées comme des LBAS (*Location-Based Alerting System,* i.e. systèmes d'alerte centrés sur la localisation), capables de diffuser « massivement » et « rapidement » une alerte sur les téléphones mobiles des individus, en tenant compte de leur localisation en temps réel (Aloudat, 2010). À ce jour, la France serait le seul pays à avoir fait le choix de recourir conjointement au LB-SMS et au CB, puisque d'autres pays ont fait le choix unique du CB (e.g. Bangladesh, Pays-Bas, USA, Roumanie, Turquie), des SMS (e.g. Australie, Belgique, Islande, Singapour, Tunisie) et plus rarement des applications mobiles (e.g. Allemagne, Finlande, Suisse).

I.1. Contexte de recherche

L'alerte à la population est un objet de recherche étudié et inscrit dans le champ disciplinaire de la gestion des risques (Bean, 2019 ; Créton-Cazanave, 2010 ; Daupras, 2015 ; Demeritt *et al.*, 2013 ; Douvinet, 2018 ; Kouadio, 2016 ; Vinet, 2010). En France, l'alerte est définie par les autorités comme « la *diffusion, par les autorités, en phase d'urgence, d'un* ***signal*** *destiné à* ***avertir*** *les individus d'un* ***danger*** *(…) et nécessitant d'adopter un* ***comportement réflexe de sauvegarde*** » (DGSCGC, 2013). Lorsque l'alerte est donnée, cela doit mener d'une part à une conscience effective du danger qui est en cours, et d'autre part à une réaction appropriée par la population et les services opérationnels. L'alerte est une compétence régalienne, très encadrée en France : les services de l'État contrôlent, administrent et effectuent cette alerte jusqu'à la population, et ce sont les seuls à en avoir le droit et le pouvoir (Boudou *et al.*, 2015 ; Douvinet, 2018 ; Vinet, 2010).

L'efficacité de l'alerte est cependant régulièrement critiquée (Créton-Cazanave *et al.*, 2009 ; Douvinet, 2018 ; Vogel, 2017). Son organisation est source de confusions (Vinet, 2010), et les moyens traditionnels (e.g. les sirènes, les Panneaux à Message Variable (PMV), les Ensembles Mobiles d'Alerte (EMA) ou les Automates d'Appel Téléphoniques (AAT)), paraissent de moins en moins appropriés aux aléas, aux individus et aux territoires (Girard, 2014). L'évolution de l'urbanisation, l'augmentation de la mobilité des individus, les changements dans les modalités de communication ont notamment rendu ces moyens

obsolètes (Vogel, 2017). Au cours de ces dernières années, certains événements n'ont pas fait l'objet d'une alerte diffusée à temps vers les individus exposés, alors même que plusieurs dizaines de personnes sont décédées (e.g. Vendée, 2010 ; Var, 2010 ; Alpes-Maritimes, 2015 ; Aude, 2018).

Face à ce constat, le gouvernement a décidé de moderniser son système d'alerte à la fin des années 2000. Envisagés dès 2005, le LB-SMS et le CB n'ont d'abord pas été retenus, pour des motifs financiers avancés par les opérateurs téléphoniques (Douvinet *et al.*, 2015). Le gouvernement a finalement opté pour la rénovation de son réseau de sirènes. Depuis 2010, le projet SAIP (Système d'Alerte et d'Information des Populations) vise à moderniser les sirènes d'alerte sur le territoire national pour une échéance attendue en 2022. En parallèle, suite aux attentats de 2015, le gouvernement a décidé de mettre en place une application nationale d'alerte aux populations (application SAIP, pour être en cohérence avec le projet de modernisation des sirènes) qui a été lancée en mai 2016, trois semaines avant la tenue de l'Euro de football. Cette application a finalement été abandonnée le 28 mai 2018 suite à de nombreux dysfonctionnements incluant de fausses alertes et des alertes manquées.

L'alerte ne s'organise pas seulement à l'échelon national. En France, les préfets de zones, les préfets de département et les maires peuvent diffuser l'alerte à la population, par application de leur pouvoir de police administrative. À l'échelle communale, les mairies peuvent ainsi faire leurs propres choix d'équipements pour alerter leurs administrés, indépendamment des solutions retenues à l'échelle nationale. Trente-cinq moyens d'alerte sont ainsi recensés en France. Afin de les différencier en fonction de leurs spécificités (échelles de mise en place, caractère officiel ou non, moyen en cours de développement, moyen nécessitant un « partenariat » avec une entreprise privée), nous avons conçu un « tableau périodique » (Figure I.1).

On peut notamment opposer les Moyens d'Alerte Traditionnels (MAT), tels que la sirène, le porte-à-porte ou encore l'ensemble mobile d'alertes, des nouveaux moyens qui utilisent d'autres modes de communication et qui sont apparus durant les vingt dernières années (les réseaux sociaux numériques, les applications smartphone, le LB-SMS, le CB, etc.). Les caractéristiques des moyens d'alerte sont variées : moyens sonores ou visuels ; diversité des échelles de diffusion ; diversité du public cible, etc. Par conséquent, cette diversité induit de la confusion dans le choix des moyens à développer ou à activer par les mairies et abouti à des situations très inégales entre les communes. Cette confusion s'étend également aux citoyens qui peinent à identifier les moyens d'alerte dont disposent les territoires et confondent régulièrement alerte et vigilance (Belin & Moulin, 2016).

Dans ce contexte, où l'alerte est très souvent critiquée en France, et où la variété des moyens rend peu lisibles les modalités d'alerte à l'échelle communale, l'arrivée de nouveaux moyens apparait comme un moment opportun pour étudier les modes de diffusion de l'alerte en France.

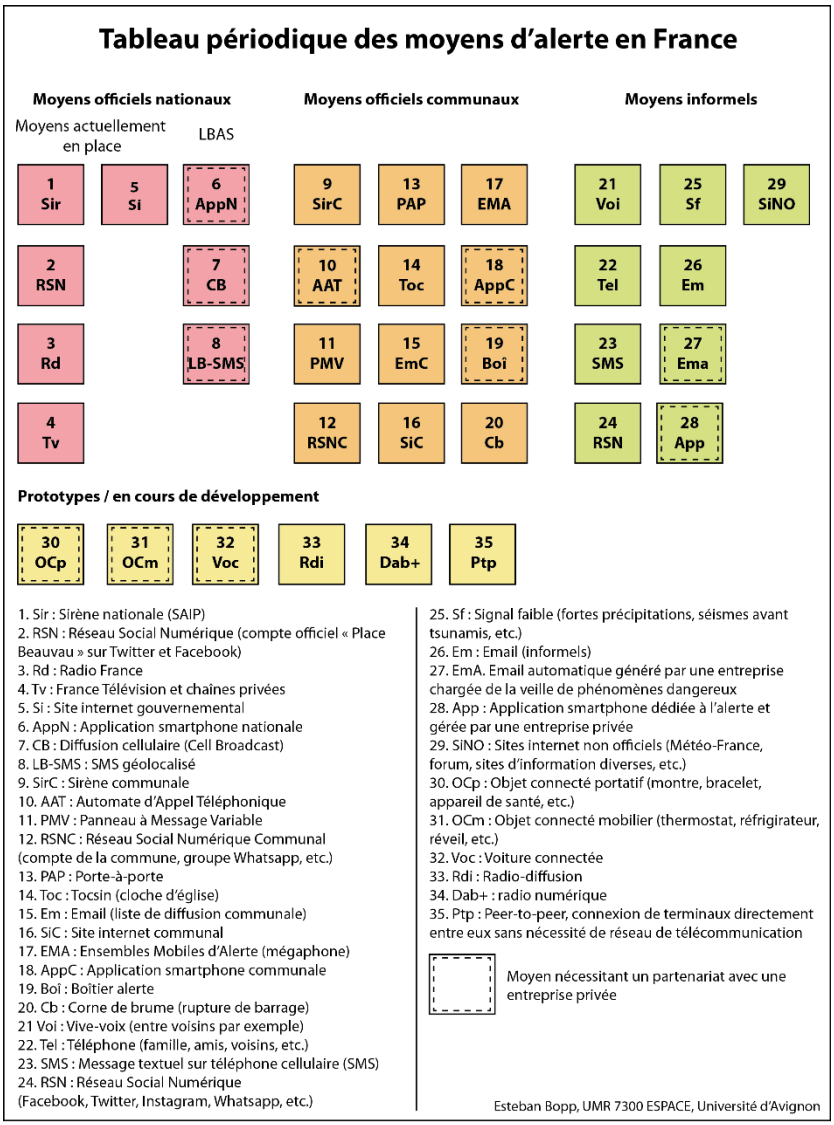


Figure I.1. Tableau périodique des moyens d'alerte utilisables en France

I.2. Problématiques de recherche

La mise en œuvre annoncée des LBAS en France offre des enjeux scientifiques inédits, dans un pays où aucune étude n'a été menée jusqu'à présent pour connaître le potentiel offert par ces nouveaux moyens. Le rapport Deloitte (2014) propose une évaluation qualitative de certains moyens traditionnels, mais sans les inscrire dans un contexte territorial particulier. Les sirènes (en tant que moyen prioritaire) ou les applications smartphones (fort développement à partir des années 2014) ont fait l'objet d'études (Kouadio, 2016 ; Douvinet *et al.*, 2017 ; Douvinet *et al.*, 2019 ; Douvinet, 2020), mais sans considérer les autres moyens disponibles en France dans une approche plus globale.

À l'échelle internationale, certains travaux ont évalué le potentiel d'efficacité des LBAS, par exemple aux Pays-Bas (Jagtman, 2010), aux États-Unis (Gonzales *et al.*, 2016 ; Parker *et al.*, 2015), en Australie (Aloudat & Michael, 2011), aux Maldives (Udu, 2009), au Sri Lanka (Samarajiva & Waidyanatha, 2009) et sur des échelles plus larges en Afrique centrale et en

Afrique de l'est (Sid, 2019). Si ces travaux ont révélé le potentiel des LBAS pour améliorer l'alerte, ils sont pour la plupart restés cloisonnés dans des approches techniques et sociales, ou sur des cas d'usage particuliers associés à un risque (Agahari *et al.*, 2018 ; Azid *et al.*, 2015 ; Gonzales *et al.*, 2016 ; Markwart *et al.*, 2019 ; Shan & Lai, 2015).

Dans le domaine des approches techniques, l'aspect technologique des LBAS est largement étudié notamment leur architecture numérique et leur robustesse (Axelsson & Novak, 2007 ; Azid *et al.*, 2015 ; Cioca *et al.*, 2008 ; Kuantama *et al.*, 2012). Le potentiel de performance technique des LBAS est généralement évalué à l'aide d'approches idiographiques consistant en des tests localisés dans des territoires précis (Jagtman, 2010 ; Sillem & Wiersma, 2006). Cela implique que la technologie doit préexister avant de pouvoir en connaître sa performance. Par ailleurs, les résultats ne portent généralement que sur des portions de territoire réduites et généralement bien reliées aux réseaux de télécommunication. Récemment, des tests de plus grande ampleur ont été réalisés (notamment en 2018 aux États-Unis[1]), mais les résultats ne tiennent pas compte des individus sans téléphone mobile et ne sont pas analysés spatialement. L'approche sociale des LBAS est aussi un domaine étudié, notamment l'acceptation de ces technologies par les individus et la façon dont ils interagissent avec ces solutions (Aloudat *et al.*, 2014 ; Bean *et al.*, 2016 ; Wood *et al.*, 2015). En particulier, les travaux d'Aloudat *et al.*, (2014) évaluent les ressorts de l'acceptation sociale des LBAS. Cependant, tous ces travaux n'ont pas cherché à identifier les facteurs sociaux et/ou spatiaux qui conduiraient à l'acceptation ou la non-acceptation de ces solutions.

Ainsi, peu d'études proposent une vision globale de ces solutions sur un large territoire (Bean *et al.*, 2015), en mêlant à la fois des aspects techniques, sociaux et organisationnels inhérents à l'utilisation de ces solutions (Douvinet *et al.*, 2020). Les méthodes d'évaluation comparatives (CB *versus* LB-SMS par exemple) se sont généralisées, mais elles sont restées cantonnées à confronter les « apports et limites », sans réelle méthode quantitative (Bean, 2019 ; Faggiani *et al.*, 2014 ; Gu and Peng, 2010 ; Mahmud *et al.*, 2012 ; Udu, 2009). Plus encore, l'analyse géographique de ces solutions est trop souvent laissée de côté.

Sur ce point, deux aspects semblent souvent minorés dans la littérature scientifique :

- 1) l'intégration d'un LBAS dans un contexte territorial : comment un LBAS s'insère dans un territoire et s'inscrit dans ses composantes techniques (technologies utilisées dans un système d'alerte, mais aussi dans la vie quotidienne), organisationnelles (gouvernance, système d'alerte et prise de décision), humaines (culture, modes de vie des individus) et environnementales (risques, morphologie territoriale) ?

- 2) les conséquences spatiales du recours à un LBAS : comment les LBAS modifient la spatialité de l'alerte (en termes d'échelles, d'organisations, d'homogénéité dans le niveau d'alertabilité des territoires et de pratiques) ? Des différences spatiales (de performance, d'acceptabilité sociale) sont-elles perceptibles au sein et entre les territoires ? Si l'alerte par LBAS n'est spatialement pas homogène, quelles sont alors les caractéristiques territoriales qui peuvent jouer sur l'efficacité de ces solutions ?

[1] Tri-City Herald (2018). FEMA to conduct test of the Integrated Public Alert and Warning System (https://www.tri-cityherald.com/news/politics-government/article219370660.html)

Ainsi, nous pensons que l'évaluation des LBAS en France doit se faire par une approche globale et géographique. Globale, dans le sens où l'évolution des modalités de diffusion de l'alerte aura des incidences larges qu'il convient de recenser et d'évaluer, notamment sur les aspects organisationnels de l'alerte, mais aussi les aspects sociaux et spatiaux. Géographique, dans le sens où l'alerte se structure sur un territoire et engendre des processus spatiaux qu'il convient là aussi de recenser et d'évaluer, notamment les questions d'inégalités d'alerte et d'adéquation moyen/territoire. À ce propos, nous pensons que la géographie quantitative, dont l'étude des différences spatiales est un des axes majeurs (Sanders, 2011), donne un cadre adapté à l'évaluation géographique des LBAS en France. En particulier des méthodes de statistiques descriptives associées à une démarche nomothétique permettraient d'estimer de manière rigoureuse les incidences des nouveaux moyens d'alerte et d'étudier l'organisation, dans l'espace, de l'ensemble des moyens d'alerte utilisables en France. Au final des approches quantitatives, d'analyse spatiale (Pumain & Saint-Julien, 2010), mais aussi plus qualitatives sont proposées dans cette thèse.

Ainsi, l'objectif principal de cette thèse consiste à évaluer (à travers les échelles) **et à spatialiser** (en fonction des données disponibles) **le potentiel offert par le LB-SMS, le CB et l'application smartphone d'alerte en France, ainsi qu'à mettre en œuvre des protocoles méthodologiques permettant d'observer et de quantifier les conséquences spatiales, sociales et organisationnelles du recours à ces solutions.**

I.3. Objectifs et orientations méthodologiques

Les méthodes employées ont été appliquées à différentes échelles (communes, départements, régions, France métropolitaine). Ces jeux d'échelles sont nécessaires, car les trois LBAS étudiés ont des caractéristiques différentes que ce soit en termes de performance, de couverture spatiale, d'opérationnalisation ou d'acceptabilité (termes qui sont définis dans les chapitres 5, 6 et 8). Six objectifs intermédiaires viennent finalement compléter l'objectif principal :

1) **Spatialiser la couverture des moyens d'alerte traditionnels et estimer leurs limites.** Les sirènes sont un des moyens traditionnels les plus étudiés dans la littérature scientifique (Current & O'Kelly, 1992 ; Douvinet, 2020 ; Douvinet *et al.*, 2019 ; Goto & Murray, 2020 ; Zunkel, 2015) et comme les efforts dans la modernisation du système français reposent surtout sur le redéploiement des sirènes (Vogel, 2017), nous avons également choisi d'étudier ce moyen. Un Système d'Information Géographique (SIG) permet d'étudier les évolutions à l'échelle de la région Sud-PACA (entre l'ancien et le nouveau réseau) et une analyse des communes équipées révèle les priorités opérées en matière d'équipements par les autorités. Des questionnaires et des entretiens affinent aussi notre regard sur les MAT.

2) **Mesurer la pertinence des applications mobiles et évaluer leur capacité à être un véritable moyen d'alerte** en France, en se fondant sur la définition donnée par la DGSCGC (2013). Pour cela, nous proposons une analyse multicritère centrée sur la création de différents indicateurs. Nous souhaitons aller au-delà des approches classiques. Ces dernières se focalisent sur l'architecture numérique ou

sur les fonctionnalités des applications (Bossu *et al.*, 2018 ; Fajardo and Oppus, 2009 ; Hyoungseong *et al.*, 2015 ; Kouadio, 2016 ; Spångmyr, 2014 ; Tang *et al.*, 2013). Ces approches ne permettent pas la comparaison des applications ni la définition du mode opératoire d'une « bonne » application d'alerte.

3) **Estimer la performance spatiale des LBAS et mesurer les différences qui émergent à l'échelle régionale et métropolitaine.** Les méthodes d'évaluation de la performance du LB-SMS et du CB reposent souvent sur des tests techniques sur un territoire donné (Jagtman, 2010 ; National Research Council, 2013) sans proposer de lecture spatiale des résultats. Ces derniers sont généralement présentés sous la forme de données simplifiées (nombre de téléphones ayant reçu le SMS, nombre de téléphones mobiles situés dans la zone de test...). Or, comme ces technologies ne sont pas encore en place en France, l'évaluation de leur performance spatiale doit passer par des **méthodes d'estimation indirectes reposant sur un SIG,** pour spatialiser et comparer les résultats.

4) **Évaluer l'acceptabilité des LBAS, en tenant compte de facteurs sociaux et territoriaux, et comparer leur efficacité perçue avec celle des moyens d'alerte traditionnels.** L'acceptabilité sociale, qui correspond à l'intérêt des individus pour une innovation non encore expérimentée (2016), n'a jamais été évaluée pour les LBAS. Nous avons développé une enquête auprès de la population pour quantifier cette acceptabilité et nous verrons si le modèle d'acceptation technologique, testé en Australie (Aloudat *et al.*, 2014), convient pour répondre à cet objectif, ou s'il faut l'adapter.

5) **Vérifier l'adéquation de l'offre aux caractéristiques territoriales et investiguer la possibilité de créer un outil d'aide à l'équipement des communes en moyens d'alerte.** Cela nécessite la mise en œuvre d'un protocole inédit, car la façon dont les caractéristiques des territoires jouent sur l'adaptation des moyens n'a jamais été expérimentée à l'échelle communale. Une méthode exploratoire avec un SIG est proposée afin d'estimer l'impact des composantes territoriales (morphologie urbaine, risque, population) sur l'efficacité des moyens d'alerte et d'estimer si l'offre doit être déployée « partout et pour tous ».

6) **Analyser l'intégration des LBAS dans les systèmes d'alerte nationaux,** et identifier si la mise en place d'un LBAS est une conséquence de l'évolution des systèmes, ou s'ils en sont à l'origine. En 2019 et en 2020, j'ai participé au projet *Cap'Alert*, financé par l'Institut des Hautes Études du Ministère de l'Intérieur (IHEMI), qui visait à identifier les « bonnes » pratiques de l'alerte dans quatre pays (Australie, Belgique, États-Unis et Indonésie) et en tirer des conclusions pour améliorer le système français (Douvinet *et al.*, 2020). Ce travail a permis d'étudier les systèmes d'alerte nationaux des quatre pays, puis de mener des entretiens individuels avec des acteurs en charge de l'alerte dans chacun de ces pays. L'un des objectifs du projet, commun à cette thèse, vise l'observation des différences et similitudes des systèmes, ainsi que les causes et conséquences de l'intégration (ou de la non-intégration) d'un LBAS dans le système d'alerte national.

Ces six objectifs visent à apporter des réponses à différentes questions de recherche, ce qui a nécessité d'une part de recourir à une variété de méthodes et d'outils (Figure I.2) et d'autre

part, de proposer des analyses à différentes échelles (international, France métropolitaine, région Sud-PACA, commune).

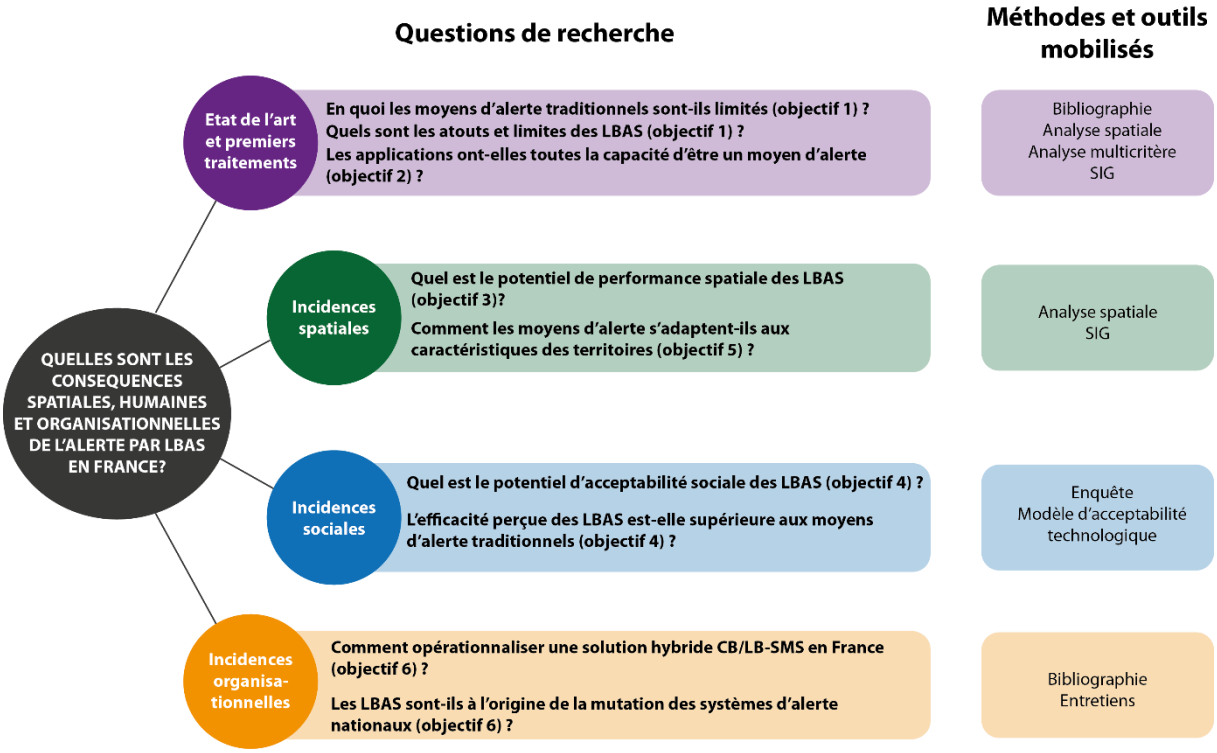


Figure I.2. Objectifs, questions de recherche et protocole méthodologique associé

I.4. La région Sud-PACA : un site d'étude privilégié

La région Sud-PACA, structure finançant le contrat doctoral de cette thèse à 90%, est un site d'étude privilégié de par la diversité de son territoire (peuplement, dynamiques territoriales, exposition aux risques naturels). Beaucoup de données ont été récoltées sur la région (sirènes SAIP, BD-TOPO de l'IGN®, antennes de télécommunication, emprise des risques, arrêtés Cat-nat) et consécutivement, une partie de nos traitements sont proposés à cette échelle.

5,06 millions d'individus habitent la région Sud-PACA en 2021 (7,6% de la population française). Les habitants sont répartis de manière hétérogène sur un territoire de plus de 30 000 km² (9ème région française en termes de superficie). Les densités de population sont élevées le long du littoral méditerranéen et dans la vallée du Rhône. Par contraste, une large partie nord-est de la région est montagneuse (Alpes) et peu peuplée. Ces contrastes se vérifient entre les six départements de la région, tant au niveau de la population, qu'au niveau de l'exposition aux risques (Tableau I.1). La région est exposée à de multiples risques, tant naturels (crues rapides, feu de forêt, tsunami, séisme, glissement de terrain, laves torrentielles, avalanche), que d'origines anthropiques (accident industriel, accident nucléaire, rupture de barrage, transport de matières dangereuses). Toutes les communes sont exposées à au moins un risque naturel (Marçot *et al.*, 2011). L'exposition est plus importante pour les communes littorales et fortement peuplées.

La répartition du nombre d'arrêtés de catastrophes naturelles est d'ailleurs révélatrice de l'exposition des communes (Figure I.3). Celles qui sont densément peuplées sont aussi celles qui ont le nombre d'arrêtés de catastrophe naturelle le plus élevé. Parmi les secteurs fortement peuplés et fortement impactés par les catastrophes, on retrouve le littoral de la Côte d'Azur (Nice, Cannes, Mandelieu-la-Napoule), le littoral du Var (Hyères, Toulon, La Seyne-sur-Mer), la métropole marseillaise et son agglomération, la partie ouest du Vaucluse et la vallée de la Durance (Figure I.3).

Tableau I.1. Population et nombre d'arrêtés de catastrophe naturelle des départements de la région Sud-PACA

Département (numéro)	Préfecture	Population (en milliers) et taux régional (%)	Nombre d'arrêtés de catastrophe naturelle (1982-2020)
Alpes-de-Haute-Provence (04)	Digne-les-Bains	164 (3,2%)	555
Hautes-Alpes (05)	Gap	141 (2,8%)	207
Alpes-Maritimes (06)	Nice	1 086 (21,3%)	1 959
Bouches-du-Rhône (13)	Marseille	2 034 (40,2%)	1 187
Var (83)	Toulon	1 068 (21,1%)	995
Vaucluse (84)	Avignon	560 (11,0%)	1 096

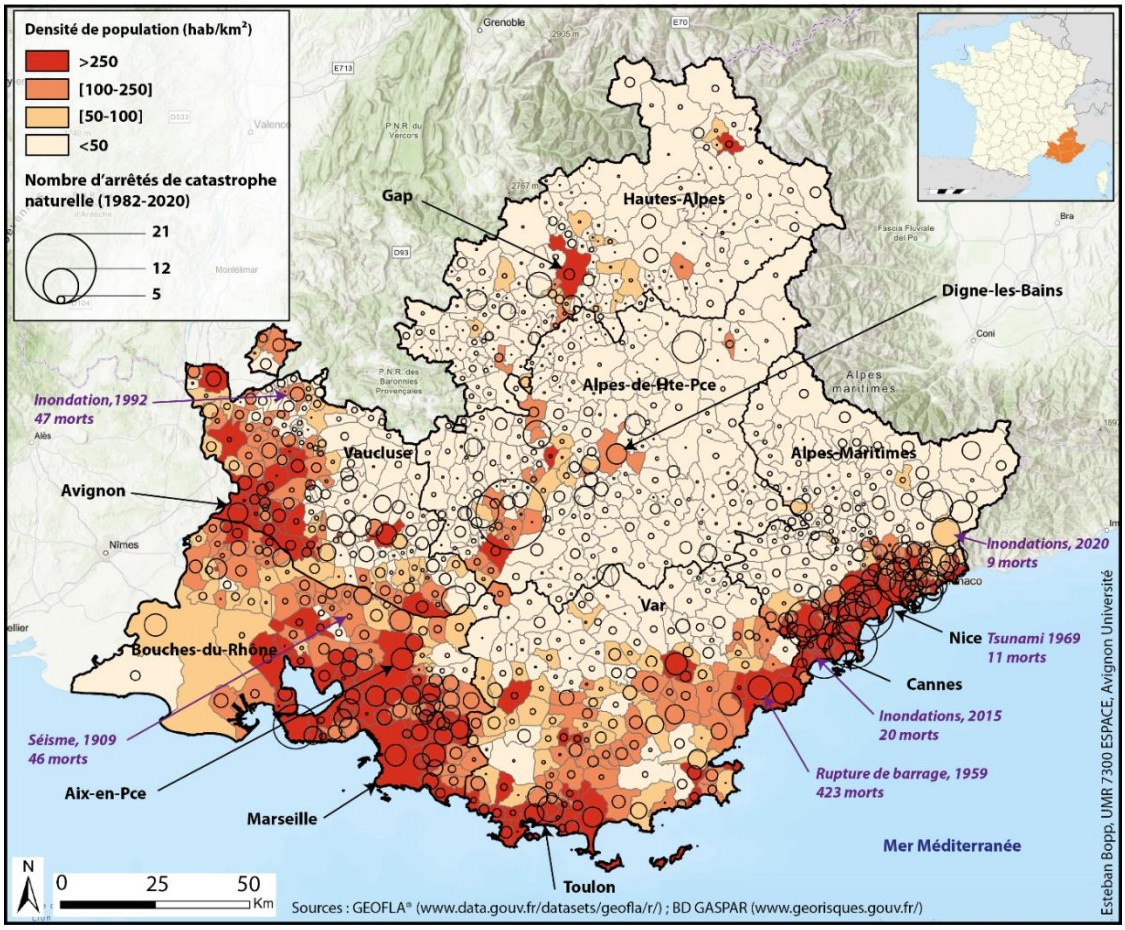


Figure I.3. Densité de population, nombre d'arrêtés de catastrophe naturelle par communes et dernières grandes catastrophes ayant affecté la région Sud-PACA

La crue rapide est un des risques prédominant dans la région. Environ 19% de la population régionale vit en zones inondables. Une école sur cinq et plus de 13% des maisons de retraite sont localisées en zone inondable (Marçot *et al.*, 2011). Des crues meurtrières ont régulièrement affecté la région ces dernières années : la crue de l'Ouvèze (84) en 1992 (47 morts), les inondations dans le Var en 2010 (27 morts), dans les Alpes-Maritimes en 2015 (20 morts) et 2020 (9 morts). D'autres risques sont également à considérer : les tsunamis (11 morts en 1979 suite au glissement sous-marin de l'aéroport de Nice), les séismes (46 morts en 1909 à Lambesc dans les Bouches-du-Rhône), les avalanches (avec des épisodes meurtriers chaque année) et les risques d'origine anthropiques (423 morts lors de la rupture du barrage de Malpasset en 1959 dans le Var).

I.5. Structuration du manuscrit

Cette thèse se structure en trois parties.

La **première partie** pose les constats, les limites et les opportunités de la diffusion de l'alerte en France. La notion d'alerte est analysée, en particulier ses dimensions temporelles, spatiales, subjectives et systémiques qui la rendent complexe (**chapitre 1**). Un focus est ensuite réalisé sur les sirènes d'alerte à la population qui restent à ce jour le moyen d'alerte prioritaire en France (**chapitre 2**). Dans ce chapitre, nous répondons au premier objectif en expliquant les logiques qui ont guidé les choix d'équipement des communes en sirènes SAIP, et en analysant en quoi les sirènes sont limitées pour garder le statut de moyen d'alerte prioritaire. Toujours en réponse au premier objectif, les apports et limites des moyens d'alerte centrés sur la localisation des individus ont été listés (**chapitre 3**). Ce chapitre décrit le fonctionnement des principaux LBAS, recense les pays utilisant un tel système, synthétise leurs avantages (délais de diffusion, alerte massive et spatialisée, possibilité d'implication des individus) et enfin leurs limites (vulnérabilité, mise à l'écart des individus technophobes).

La **deuxième partie** évalue le potentiel des LBAS en France. Un premier focus est fait sur les applications d'alerte qui sont foisonnantes en France et qui doivent être évaluées. Pour répondre à notre 2ème objectif, ces solutions d'alerte sont classées afin d'identifier celles qui peuvent prétendre à être un moyen d'alerte tel que défini par la DGSCGC en France (**chapitre 4**). Une analyse de la performance (taux d'individus alertables sur un territoire donné) est ensuite réalisée sur l'ensemble des communes de France métropolitaine pour le CB, le LB-SMS et les notifications push d'applications d'alerte (**chapitre 5**). Les résultats sont analysés spatialement pour identifier d'éventuels points de faiblesse et inégalités dans la performance spatiale de ces solutions (réponse à l'objectif 3). L'acceptabilité sociale des trois LBAS est ensuite évaluée à l'aide d'un questionnaire (**chapitre 6**). Les résultats sont comparés aux moyens d'alerte traditionnels et en fonction de facteurs sociaux et territoriaux des répondants afin de répondre à notre 4ème objectif.

La **troisième partie** cherche à souligner notre contribution à la « géographie de l'alerte » et à identifier les perspectives d'évolution des systèmes. Les trois chapitres de cette partie se structurent sur une échelle différente (communale puis nationale et enfin internationale). L'adéquation moyen/territoire est étudiée sur un échantillon de 12 communes (**chapitre 7**). L'objectif est d'expérimenter une méthode d'aide à la réflexion pour guider les maires dans leur choix d'équipement en moyen d'alerte. Les deux derniers chapitres visent à répondre à notre 6ème objectif sur l'intégration des LBAS dans les systèmes d'alerte nationaux. Le **chapitre**

8 se structure à l'échelle nationale et propose des pistes pour opérationnaliser la plateforme d'alerte attendue pour 2022 en France. Il interroge notamment les motifs d'usage (quels aléas ?), les acteurs autorisés à diffuser une alerte, les échelles de diffusion et le format des messages. Enfin, le **chapitre 9** analyse la manière dont les systèmes d'alerte nationaux ont évolué à l'échelle internationale depuis les années 1980. Une liste de recommandations et les possibilités d'évolution future des systèmes d'alerte post-2022 sont également proposées.

PREMIÈRE PARTIE

Diffuser une alerte à la population en France : constats, limites et opportunités

La chaîne d'alerte en France résumée par ©Philippe Geluck

INTRODUCTION DE LA PREMIÈRE PARTIE

La sécurité civile française propose une définition stricte de l'alerte à la population en lui donnant un cadre spatial et temporel clairement identifié (DGSCGC, 2013) : 1) l'alerte est binaire (activée ou non) ; 2) elle est déclenchée quand un événement dangereux est imminent ou en cours et elle prend fin lorsque la menace n'a plus lieu ; 3) l'activation de l'alerte se fait selon l'échelle de la crise et par principe de subsidiarité ; 4) par son caractère exceptionnel, l'alerte doit induire des comportements réflexes de sauvegarde chez les individus. Malgré cette définition, l'alerte n'en est pas moins une notion polysémique, dont le sens varie selon les acteurs qui l'emploient.

Dès lors, pour poser le contexte de cette thèse, il est nécessaire de dresser un état des lieux des modes de diffusion de l'alerte en France, et de discuter des évolutions nécessaires ou à venir. La logique qui a prévalu à l'organisation de cette première partie est la suivante :

1) La procédure de diffusion de l'alerte en France est complexe, car elle induit différentes temporalités et spatialités, et les définitions varient selon les besoins et/ou les prérogatives de chaque acteur. Il semble donc nécessaire de faire un point sur la notion même de l'alerte (**chapitre 1**) ;

2) La modernisation depuis 2010 du système d'alerte à la population français n'a pas eu pour vocation de changer la doctrine de l'alerte, alors que des changements sociétaux profonds ont marqué le début du XXe siècle. Le système est resté centré sur un outil phare : la sirène. En dépit de ses limites, soulevées dans des rapports sénatoriaux et dans divers travaux scientifiques, l'idée est d'apporter de nouvelles connaissances, en particulier sur les possibles logiques d'équipement des communes en sirènes, et sur le taux de couverture spatiale **(chapitre 2**) ;

3) Depuis plus d'une dizaine d'années, de nouveaux outils d'alerte centrés sur la localisation des individus en temps réel sont apparus (les SMS géolocalisés, le *cell broadcast*, les applications smartphone…). La France se voit contrainte par l'Europe de mettre en place des moyens de diffusion de l'alerte par géolocalisation des individus en temps réel (directive L321/36 du 11 décembre 2018 du code des communications électroniques européen). Ces moyens pourraient marquer un tournant dans la façon de diffuser une alerte en France : leurs atouts et leurs limites sont donc analysés (**chapitre 3**).

Chapitre 1

L'alerte : une notion multidimensionnelle à appréhender à différentes échelles en France

Introduction du chapitre 1 24
1.1 Une notion polysémique et subjective 24
1.2 Plusieurs temporalités emboîtées 29
1.3 Une notion multiscalaire 35
1.4 Une notion à aborder sous un angle systémique.....39
1.5 Positionnement retenu dans le cadre de cette thèse 44
Conclusions du chapitre 1 45

Introduction du chapitre 1

Selon l'*International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies* (IFRC), l'objectif de l'alerte est d'avertir les individus d'un danger imminent au moyen d'un message (IFRC, 2008). Cette définition est toutefois trop simpliste, car elle ne précise pas les bornes temporelles dans lesquelles s'inscrivent la diffusion de l'alerte (« à quel moment ? »), ni ses limites spatiales (« à quelle échelle ? »), ni les acteurs impliqués (« qui fait quoi ? »). Elle n'évoque pas non plus les objectifs organisationnels (« dans quels buts ? ») ni les aspects techniques (« avec quels outils ? »), ni la nature des dangers pour lesquels l'alerte doit être diffusée. Dès lors, ce chapitre 1 a pour objectif de présenter toutes les dimensions à prendre en compte, en tant que géographe, pour circonscrire la notion d'alerte. Une première analyse insiste sur la subjectivité de la définition puis l'alerte est questionnée temporellement et spatialement (en termes d'organisation et de structure). La dimension systémique de l'alerte est également mise en évidence, et cette réflexion amène finalement à un premier constat : il faut aborder l'alerte sous un angle environnemental, technique, humain, social et culturel.

1.1 Une notion polysémique et subjective

1.1.1 Un sens variable selon la nature et la cinétique du danger

Provenant du mot italien *All'erta*, qui signifie « être sur ses gardes » (Créton-Cazanave, 2010), l'alerte est intuitivement associée à un danger (aléas naturels ou industriels) ou à une menace de sécurité publique. Pourtant, le terme d'alerte souffre d'une utilisation abusive, notamment dans les cas où la vie d'un individu n'est pas en danger (« alerte batterie faible » par exemple). L'objectif de l'alerte est alors variable en fonction de la nature du danger : de l'évitement à un désagrément de la vie quotidienne, à la sauvegarde des vies humaines. Pour éviter la surutilisation du terme d'alerte, on pourrait distinguer les dangers présentant des risques pour les vies humaines (où le terme d'alerte serait opportun) de ceux ne présentant aucun risque pour les vies humaines. Pour ce second cas, le terme d'avertissement (défini par le dictionnaire Larousse comme « *action de faire savoir* ») pourrait être privilégié.

En France, le Ministère de l'Intérieur s'appuie sur la cinétique, l'intensité et la prévisibilité des aléas pour distinguer les aléas justifiant la diffusion d'alertes, de ceux qui n'en justifient pas (DGSCGC, 2013). Le Tableau 1.1, issu du Guide ORSEC du Ministère de l'Intérieur (DGSCGC, 2013), liste les dangers pour lesquels une alerte est opportune et ceux pour lesquels l'alerte n'est pas nécessaire. Toutefois, certains risques naturels échappent à cette classification (séismes, tempête de neige, sécheresse, etc.). La Figure 1.1, adaptée des travaux menés sur les phénomènes multirisques de Gill et Malamud (2014) ainsi que de la classification des aléas par Leone *et al.* (2010), identifie les aléas naturels pour laquelle une alerte est à la fois possible et opportune. La figure identifie deux seuils : un en dessous duquel l'alerte n'est pas possible et un autre au-dessus duquel l'alerte n'est pas opportune. En théorie, il n'est pas possible de diffuser une alerte pour les aléas ayant une cinétique soudaine, car ils ne laissent pas le temps nécessaire à leur prévision/détection et à la diffusion du message

d'alerte (même si des avancées technologiques remettent en cause ce constat[2]). Par ailleurs, les aléas ayant une cinétique lente ne sont en théorie pas dangereux pour les vies humaines, l'alerte perd donc de son opportunité au-delà d'un certain seuil.

Tableau 1.1. Dangers associés (ou non) à une alerte d'après la DGSCGC (2013)

Événements inclus dans l'alerte	Événements exclus de l'alerte
Menaces Attentats, Intrusions aériennes malveillantes	**Menaces** Détournement et attaques de navires, Intrusions et attaques liées à l'Internet
Risques anthropiques Risques technologiques, Rejets radioactifs, Feux, explosion, effondrements	**Risques anthropiques**
Risques naturels Feux de végétation, Tempête, tornades, cyclones, Avalanches dites « prévisibles », Tsunamis, Inondations à cinétique rapide, Coulées de laves, Mouvement de terrain rapide	**Risques naturels** Inondations lentes, Mouvements de terrain lent (par reptation ou solifluxion)

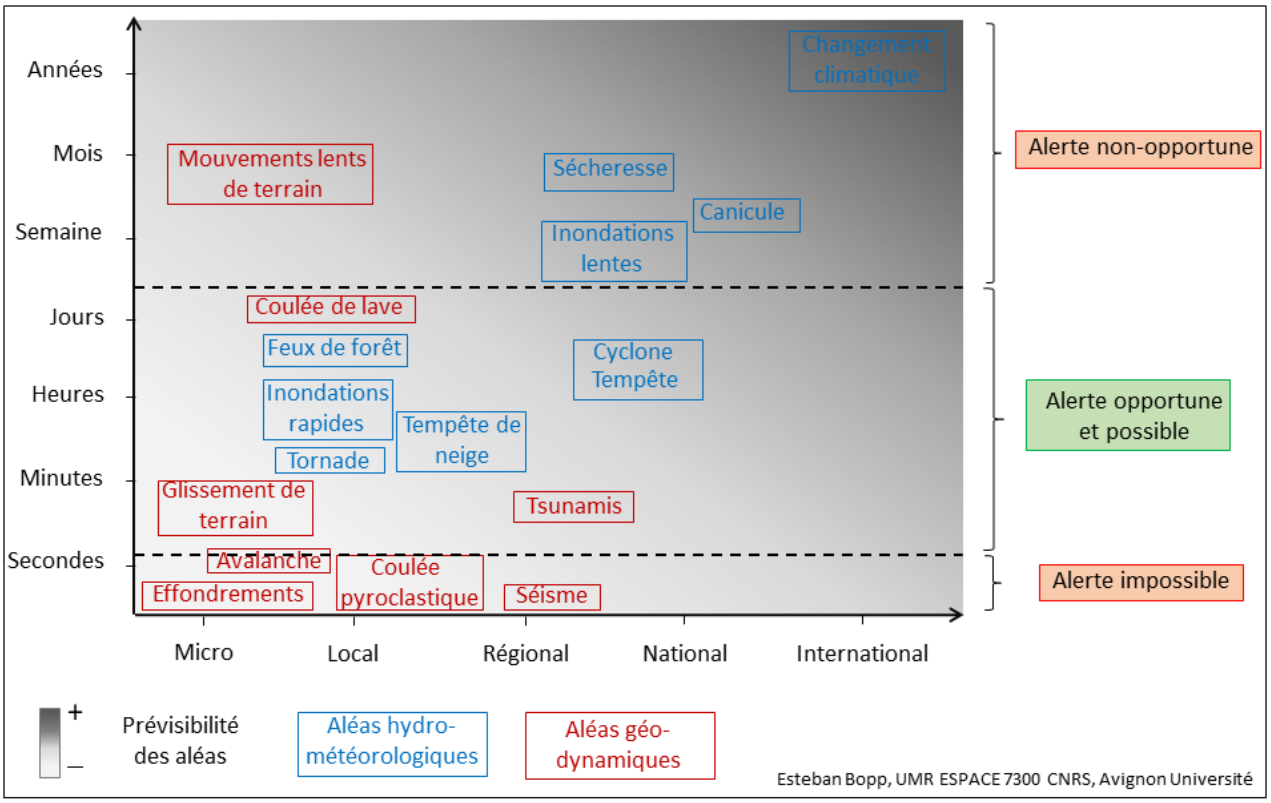


Figure 1.1. Opportunité et possibilité de la diffusion d'une alerte selon une classification spatio-temporelle des aléas naturels, modifié d'après Gill et Malamud (2014) et Leone *et al.* (2010)

Un autre danger doit être évoqué, car il échappe à toute logique de cinétique et de prévisibilité : l'enlèvement. L'alerte enlèvement est un outil de recherche à disposition des autorités pour

[2] Voir les travaux de d'Alphonsa et Ravi (2016) sur la détection des ondes sismiques de type « S » pour diffuser une alerte quelques secondes avant l'arrivée des ondes « P », destructrices.

retrouver des enfants enlevés (Délèze, 2013). Il s'agit d'un dispositif répondant à une situation d'urgence et qui prévoit la diffusion au grand public d'informations pouvant aider tout individu à identifier l'agresseur et la victime. En France, le dispositif est fonctionnel depuis 2006 et il affiche un taux d'enfants retrouvés de 95,8%[3]. L'alerte est déclenchée par le procureur de la République et est diffusée dans les médias et dans les lieux publics. Il s'agit de la seule forme d'alerte relevant du Ministère de la Justice, les alertes concernant tous autres dangers sont du ressort du Ministère de l'Intérieur.

Pour résumer : l'alerte peut être différenciée en fonction de la gravité des événements, de leur cinétique et de leur prévisibilité. Les événements graves, rapides et suffisamment prévisibles, sont ceux qui sont couverts par la doctrine d'utilisation. Selon la cinétique des aléas, l'alerte peut être impossible (cinétique soudaine) ou non opportune (cinétique lente).

1.1.2 Un sens variable selon les acteurs et leurs prérogatives

L'alerte est une phase de la gestion de crise qui implique de nombreux acteurs. Il faut à la fois interpréter le danger, transmettre l'information aux autorités, et diffuser en masse le message à la population. De fait, une multitude d'acteurs aux compétences propres interviennent tout au long de ce processus. Selon Affeltranger et Meschinet de Richemond (2003), l'alerte répond à des objectifs différents, en fonction de la nature des acteurs et de leur propre perception de la notion. Ces auteures recensent d'ailleurs **6 dimensions de l'alerte** :

- **Scientifique et technique** : l'objectif est de fournir une prévision du phénomène de qualité. Le prévisionniste cherche à être reconnu en tant qu'expert.
- **Opérationnelle et organisationnelle** : la crise, les prises de décisions, les délais de transmission de l'alerte, la gestion de l'information et de la communication du public sont des enjeux primordiaux pour les autorités.
- **Sociale et culturelle** : le message doit être compris par les destinataires, il doit être calibré de telle manière à ce que le public cible suive les consignes.
- **Économique et financière** : Les pertes humaines et tout dommage doivent être réduits au maximum.
- **Politique** : La procédure doit correspondre aux dispositions légales. La satisfaction sociale et l'absence de contestation sont également recherchées.

Ainsi, chaque acteur répond à son propre objectif. Si l'objectif de préserver les biens et les personnes est primordial, les autres objectifs (satisfaction sociale, prévision du phénomène, gestion de la crise, gestion de la communication, etc.) ont également leur importance et doivent être pris en compte pour appréhender et comprendre pleinement la notion et ses enjeux sous-jacents. Plus le nombre d'acteurs intervenant durant l'alerte est conséquent, plus les objectifs peuvent se télescoper. Les maires, par exemple, peuvent faire face à des informations parfois contradictoires entre les prévisionnistes et la Préfecture (Daupras, 2015). Des décalages existent ainsi entre les maires qui doivent affronter la crise sur le terrain et les Préfectures qui peinent à prendre conscience de la gravité du phénomène (Douvinet *et al.*, 2011 ; Leone *et al.*, 2010 ; Vinet, 2003, 2010). La multiplication des acteurs ralentit l'ensemble de la procédure,

[3] Alerte enlèvement, Ministère de la Justice : http://www.alerte-enlevement.gouv.fr/index.php?rubrique=10445

car les messages qui véhiculent d'un acteur à l'autre mettent plus de temps à parvenir au destinataire final : la population (Comfort, 2007 ; Reynolds and Seeger, 2005).

a. L'alerte selon les autorités compétentes

Du point de vue de l'État, l'alerte a donc pour unique objet « *d'appeler les populations à adopter un comportement réflexe de sauvegarde* » de manière à ce que les individus se mettent en sécurité (DGSCGC, 2013). Cette mise en sécurité des individus peut se traduire par deux actions qui vont dépendre de la nature et de l'intensité du phénomène destructeur : l'évacuation vers un lieu sûr ou le confinement dans un bâtiment. De fait, l'alerte est une procédure réservée aux événements graves, pouvant porter des atteintes aux individus. L'État précise que l'alerte doit alors être déclenchée « à bon escient » pour être reconnue des populations et susciter les bons comportements même en l'absence de signes annonciateurs de l'événement. Par ailleurs, l'alerte ne peut être déclenchée pour un événement « imminent » ou en « cours de réalisation » c'est-à-dire un événement dont la survenue et le potentiel destructeur sont considérés comme inéluctables.

Cette caractéristique permet d'éviter une « fausse alerte » (c'est-à-dire une alerte déclenchée pour un événement qui n'a finalement pas lieu, ou pas dans les proportions imaginées), bien que la fenêtre temporelle entre le moment de l'alerte et l'arrivée des phénomènes dommageables soit d'autant plus réduite. L'État justifie son choix dans la mesure où l'alerte doit conserver son « caractère mobilisateur » sur les populations qui doivent alors être en mesure de distinguer les messages de vigilance du signal d'alerte.

À ce titre, l'État distingue l'alerte de deux notions régulièrement utilisées dans le domaine de la gestion des crises : la vigilance et l'information des populations. La vigilance est un processus de montée en puissance face à l'arrivée d'un risque de plus en plus probable. Elle est assurée par les prévisionnistes qui surveillent l'aléa, grâce à divers outils et informent les préfectures de l'évolution d'un aléa. Depuis 2001, la vigilance des phénomènes hydrométéorologiques est communiquée au grand public par Météo-France via le relais des médias. L'information des populations a pour objet de diffuser des consignes de comportement par anticipation ou concomitamment à un danger et de notifier la fin de l'alerte (ministère de l'Intérieur, 2013).

L'État évalue l'efficacité d'une alerte à « *sa faculté à parvenir jusqu'aux personnes concernées par l'événement, à être réceptionnée et comprise de* [tous] » (DGSCGC, 2013, p9). L'État précise que la réactivité des populations, ainsi que les comportements qu'ils mettent en œuvre ne sont pas des éléments permettant d'évaluer l'efficacité de l'alerte puisqu'ils dépendent des opérations de sensibilisation au risque menées en amont des événements et des messages informatifs qui accompagnent l'alerte.

b. Un point de vue difficilement partagé par la population

Il existe un décalage fort entre les doctrines gouvernementales de gestion des risques et la perception qu'en ont les populations (Barthelemy and Courrèges, 2011 ; Gisclard, 2017). La confusion récurrente entre les vigilances météorologiques et l'alerte montre à quel point la notion d'alerte, tel qu'entendu par la sécurité civile, est incomprise de la population (Belin and Moulin, 2016). Pour les habitants d'un territoire, l'alerte est un synonyme « d'avertissement » et tout le monde peut en émettre une sur n'importe quel support de diffusion (Daupras *et al.*,

2015 ; Douvinet, 2018). La compétence étatique dans le domaine n'est pas si claire, et le terme d'alerte est de plus en plus « désacralisé », au profit d'une utilisation courante plus souple.

La structuration pyramidale et descendante de l'alerte ainsi que son caractère « exceptionnel » et « rare » (DGSCGC, 2013) entre en contradiction avec la « société de l'information » (Curien and Muet, 2004) qui se caractérise par une multiplication de la communication entre individus sur des plateformes hétéroclites qui sont apparues au grès des différentes révolutions numériques (*cf.* chapitre 3). Désormais, une quantité d'information colossale est à portée de tous, à n'importe quel moment de la journée. En 2018 à Joncquières (84), une explosion en série de bonbonnes de gaz a provoqué un emballement sur les réseaux sociaux sans pour autant que les services de l'État ne jugent opportune la diffusion d'alerte ou d'information étant donné que le danger était circoncis au site et qu'aucun riverain n'était menacé. Par ailleurs, le citoyen peut s'informer à sa guise sur le sujet de son choix, quand bien même la qualité de l'information reste incertaine (VISOV, 2015).

Désormais, en période de crise, l'État n'est plus le seul détenteur de l'information et sa parole peine à peser (Douvinet *et al.*, 2017). Souvent, la parole étatique arrive en retard par rapport à l'immédiateté des réseaux sociaux, des sites Internet et de certains médias radiophoniques et télévisuels. À cela s'ajoute une défiance grandissante des citoyens envers les institutions publiques (Algan *et al.*, 2019) et le décalage État-citoyen dans l'information préventive et dans l'alerte est de plus en plus important. Par le passé, l'État avait cherché à afficher sa volonté d'informer le citoyen en cas de crise (décret 90-918 du 11 octobre 1990). Mais l'information du citoyen se traduit également par sa responsabilisation (Becerra et Peltier, 2010) sans pour autant que les questions de responsabilité juridique ne soient tranchées (Bellurot *et al.*, 2013).

c. Des « nuances » à intégrer selon la traduction de l'alerte

Il existe également des nuances entre le terme « alerte » et les définitions anglo-saxonnes de « *warning* » et de « *alert* ». Selon Bean (2019 p20-21), la nuance entre « *warning* » et « *alert* » est vague : « *Some people refer to an alert as a signal that something has happened that requires attention. A signal can be written or verbal, but also visual or tonal. A flag or siren can serve as an alert. (...). By contrast, a warning is usually described as a written or verbal message that includes informational content about a hazard* ». Ainsi, la définition anglo-saxonne de « *warning* » s'approche plutôt de ce que la DGSCGC appelle « l'information » (phase de diffusion d'information aux populations durant la crise) et le terme « *alert* » semble plutôt correspondre à la définition de l'alerte retenue par la sécurité civile.

Pour résumer : la notion d'alerte est également subjective, car sa définition et sa finalité varient en fonction des acteurs. La doctrine gouvernementale de l'alerte, extrêmement rigide et normée, n'est pas en phase avec les perceptions qu'en ont les populations, qui peuvent alors se tourner vers des sources d'informations moins fiables en l'absence de communication officielle.

1.2 Plusieurs temporalités emboîtées

1.2.1 De la détection du danger à l'activation du signal

L'alerte peut être envisagée en deux phases distinctes dans le *continuum* temporel d'un événement : l'alerte montante et l'alerte descendante. L'alerte montante est diffusée par un individu ou un groupe d'individus, témoins d'un phénomène dangereux. Ces individus peuvent être des spécialistes dans la détection des phénomènes (prévisionnistes) ou non (un citoyen lambda). En cela, l'alerte montante est bien un processus complexe et relativement peu procédurier. L'alerte descendante, i.e. l'alerte à la population, est un processus qui est en revanche bien plus structuré, en particulier en France. Sa diffusion émane des autorités compétentes (maires, préfets, ministre de l'Intérieur), et elle « descend » vers les individus qui font face à une situation de danger. Ces deux temporalités doivent donc être dissociées, d'autant plus qu'elles n'impliquent pas les mêmes acteurs.

a. L'alerte montante

L'alerte montante peut être qualifiée de « directe », dans le sens où il n'y a pas d'intermédiaire entre la détection du phénomène et la diffusion de l'alerte. D'un point de vue temporel, l'alerte montante est une phase qui débute à partir du moment où un aléa est détecté, et elle s'achève lorsqu'une autorité reçoit l'information. En complément de capteurs (qui peuvent envoyer de manière automatisée le franchissement d'un « seuil d'alerte »), deux catégories d'acteurs peuvent émettre une alerte montante : les prévisionnistes (dont il s'agit du cœur de métier) et les citoyens.

Dans la plupart des pays, les autorités s'appuient sur des prévisionnistes pour structurer l'alerte montante (Garçon *et al.*, 2009). Cette catégorie d'acteurs regroupe les organismes qui ont une bonne connaissance technique des aléas et des phénomènes associés, et qui sont équipés en instruments de mesure et capteurs capables de détecter rapidement un danger. En France, on peut citer Météo-France (aléas hydrométéorologiques) le CENALT (tsunami), les observatoires volcanologiques et sismologiques, etc. Dans le cadre des risques industriels, les établissements sont eux-mêmes chargés de prévenir les autorités en cas d'incidents (Baert, 2005). C'est donc en toute logique qu'en période de crise, les autorités se tournent vers ces acteurs majeurs pour recevoir des informations fiables du terrain (Pielke, 1999). D'une manière officielle, ce sont des spécialistes des aléas qui sont alors chargés de l'alerte montante.

Cependant, une autre catégorie d'acteur, souvent ignorée par les autorités, peut jouer un rôle essentiel durant l'alerte montante : les citoyens. Plusieurs scientifiques ont souligné la valeur des informations provenant des citoyens en période de crise. Goodchild (2007) a introduit le concept de « citoyen-capteur » et justifie ainsi l'intégration des individus dans l'organisation de l'alerte par sa capacité à interpréter le phénomène dangereux et à communiquer. En effet, les citoyens sont les premiers à constater, mesurer et subir les impacts des phénomènes dommageables sur le terrain (Cavalière *et al.*, 2016 ; Gisclard, 2017 ; Martin and Blay, 2014 ; Preis *et al.*, 2013). Ce sont aussi eux qui par une très bonne connaissance de leur lieu de vie détectent en premier les « signaux faibles » de l'aléa. Le concept d'Information Géographique Volontaire (VGI pour *Volunteered Geographic Information*) est également utilisé pour définir les individus communiquant en période de crise et fournissant des données géographiques

sur les phénomènes qu'ils perçoivent (Bégin *et al.*, 2013 ; Senaratne *et al.*, 2017). Les Réseaux Sociaux Numériques (RSN) constituent bien évidemment des plateformes privilégiées pour diffuser des informations en période de crise (Alexander, 2014 ; Cao *et al.*, 2018 ; Cavalière *et al.*, 2016 ; De Longueville *et al.*, 2009 ; Laverdet *et al.*, 2018). Ainsi, à l'heure où les outils de communications se sont démultipliés, le citoyen apparaît comme une nouvelle force dans la détection des aléas et l'émission d'alerte montantes.

Les exemples de prise en compte du citoyen dans la remontée d'information face aux aléas naturels sont pourtant rares : le projet CoCliCô[4] (Collecte de Clichés Côtiers), qui assure un suivi participatif de l'avancement de l'érosion du littoral normand par des citoyens chargés de prendre périodiquement des photographies des plages, ou le projet « Sentinelles » font figure d'exceptions. Ce dernier constitue en un réseau citoyen de surveillance des crues sur le bassin de la Brévenne et de la Turdine (69). Les citoyens sont chargés de prévenir des élus référents lorsque le cours d'eau dépasse un seuil de vigilance, puis d'alerte (Riegel, 2018).

D'une manière générale, l'alerte montante est bien moins encadrée que l'alerte descendante. Si des canaux de communication dédiés existent entre le couple « Autorité – Prévisionniste », la diversité des aléas et des effets induits sur le terrain nécessite une certaine souplesse dans l'organisation de l'alerte montante. Pour certains aléas météorologiques, la mise en vigilance est une forme d'alerte montante progressive (chaque changement de couleur de vigilance marque le dépassement d'un seuil), quand pour d'autres aléas ayant une cinétique rapide la rapidité de diffusion de l'alerte est essentielle (risque de tsunami ou d'éruption volcanique par exemple). Du côté des individus, les messages peuvent être envoyés vers les services de secours, les autorités, ou vers d'autres individus (proches, amis, inconnus). Ce genre d'alerte est diffusée via des supports variés (réseaux sociaux numériques, SMS, téléphone, sites Internet, etc.) et cela nécessite une réorganisation des services chargés de la gestion de crise qui doivent identifier la véracité des messages, le type d'information qu'il contient, le lieu d'où il provient, etc. C'est pourquoi de nombreux services de secours en France emploient aujourd'hui des « *Community Managers* » : des individus chargés de communiquer et d'analyser les messages postés sur les supports numériques (notamment les RSN). En temps normal, les *community managers* s'efforcent de repérer les « signaux faibles » (des messages qui pourraient révélés l'occurrence prochaine d'un phénomène destructeur) et en temps de crise de remonter les informations en provenance du terrain (intensité du phénomène, demande d'intervention des secours, type de dégâts, etc.).

Enfin, si l'on sort du cadre des risques naturels et/ou anthropiques, le concept de « lanceur d'alerte » peut également être identifié comme une forme d'alerte montante. Le terme de lanceur d'alerte est plutôt employé pour identifier un individu qui, ayant connaissance d'un danger, un risque ou un scandale, médiatise une information censée rester confidentielle (Chateauraynaud et Torny, 1999). Cette confidentialité de l'information communiquée donne aux lanceurs d'alerte un caractère « transgressif » (Schehr, 2008), ce qui n'est généralement pas le cas pour un individu communiquant une information sur un aléa (naturel ou technologique) qu'il aurait détecté. L'alerte s'inscrit alors dans une temporalité longue à travers un processus médiatique, politique et juridique complexe, ce qui la distingue théoriquement d'une alerte centrée sur un phénomène naturel ou technologique dangereux.

[4] https://projetcoclico.jimdofree.com/pr%C3%A9sentation-du-projet/

b. L’alerte descendante

L’alerte descendante peut être qualifiée « d’indirecte », dans la mesure où il existe plusieurs intermédiaires entre le phénomène dangereux et l’autorité qui émet l’alerte. La diffusion de l’alerte à la population en France revient aux autorités (gouvernements, pouvoirs locaux), en vertu de leur obligation d’assurer la sécurité des citoyens, et non plus aux prévisionnistes. De fait, l’alerte à la population est une procédure généralement très encadrée (Sorensen, 2000) et qui relève de la sphère politique (Leone *et al.*, 2010). L’alerte descendante s’appuie sur des outils, des acteurs, des canaux d’informations spécifiques, parfois régis dans les textes de loi. Le nombre d’individus autorisés à diffuser une alerte à la population est limité.

L’organisation de l’alerte à la population en France est un bon exemple pour illustrer à quel point la procédure est très encadrée (Figure 1.2.). Seules trois catégories d’acteurs sont autorisées à diffuser une alerte officielle sur le territoire français : le maire, à l’échelle de sa commune, le préfet (de département ou de zone) et le ministre de l’Intérieur. Tout autre message émanant d’une autre source ne peut être qualifié d’alerte au sens ou l’entend la Direction Générale de la Sécurité Civile et de Gestion de Crise (DGSCGC).

Le guide ORSEC du ministère de l’Intérieur précise par ailleurs que l’alerte peut avoir la forme d’un signal court (alarme), ou plus détaillé (SMS, message vocal), l’objectif étant de capter l’attention des populations. Le signal doit être suffisamment singulier pour correspondre à un moment de rupture où l’événement dommageable est inéluctable et où il faut interrompre ses activités pour agir et se mettre en sécurité. Le message d’alerte doit impérativement comporter la mention « ALERTE ORSEC » (DGSCGC, 2013) et il est diffusé par des services détenteurs de tout moyen de communication à destination du public : radios et télévisions du service public ou secteur privé, centres d’ingénierie et de gestion du trafic, collectivités territoriales, gestionnaires de réseaux.

Le choix de la zone d’alerte (i.e. la zone dans laquelle sera diffusé un message d’alerte) doit être déterminé en prenant en compte plusieurs critères (Douvinet, 2018). Il faut identifier :

- la nature du danger (*cf*. 1.1.2) ;
- les enjeux (nature des sites exposés, importance de la population…) ;
- la zone de compétence de l’autorité responsable du déclenchement de l’alerte ;
- les zones couvertes par les moyens d’alerte et des zones non couvertes.

Le croisement de ces informations détermine la zone où le message d’alerte doit être diffusé. Cette zone ne se limite pas forcément à la zone physiquement impactée par le phénomène destructeur (d’autant plus lorsque le périmètre de la zone impactée est incertain). Ainsi, l’émission d’une alerte officielle vers la population est une procédure rigoureusement encadrée. De cette manière, l’État garde l’entière compétence dans la diffusion des alertes et remplit son rôle de sécurité civile (Vinet, 2007).

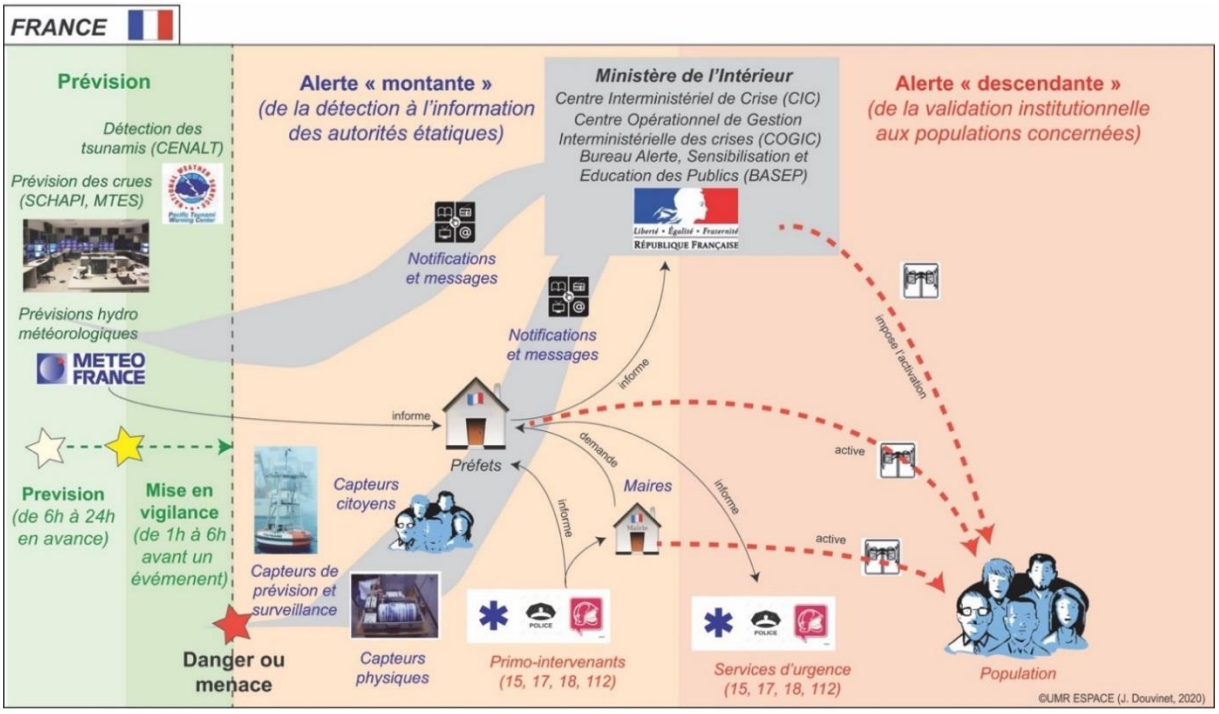


Figure 1.2. Organisation du système d'alerte français (Douvinet *et al.*, 2020)

Pour résumer : L'alerte montante et l'alerte descendante sont complémentaires. Elles jouent un rôle combiné dans la chaîne de décision : pour que les autorités puissent diffuser une alerte aux populations, des informations fiables dans les deux temporalités doivent leur parvenir.

1.2.2 Un point de rupture entre la prévention et l'action

L'alerte peut également s'envisager comme un « point de rupture » entre le domaine de la prévention et la mise en action. Cette vision a pour effet d'accentuer le caractère exceptionnel, soudain et inattendu du danger ou de la menace. Cette définition est partagée par Douvinet (2018) et par Provitolo *et al.* (2015), pour qui l'alerte est un point de rupture entre le temps du risque et le temps de la catastrophe, mais aussi par Leone et al (2010), pour qui l'alerte marque le basculement dans la crise, et par Vinet (2007), qui souligne que l'alerte se différencie de la prévention parce qu'elle relève uniquement de la sphère politique. Cette vision de l'alerte est également partagée par le Ministère de l'Intérieur en France qui perçoit l'efficacité d'une alerte dans sa capacité à s'inscrire comme une rupture, aussi brutale que la menace est réelle, dans le quotidien des individus (DGSCGC, 2013). L'alerte est donc un « stimulus » (Douvinet, 2018) qui vise à déclencher des comportements de sauvegarde de la part des individus (DGSCGC, 2013), et ces mesures se traduisent de deux façons : 1) l'évacuation d'une zone de danger ; 2) la mise à l'abri et le confinement.

Envisager l'alerte comme un « point de rupture » revient également à circonscrire l'alerte dans une temporalité courte. L'alerte ne peut être diffusée que dans une fenêtre temporelle qui varie selon la cinétique et la prévisibilité du phénomène destructeur attendu. Cette fenêtre temporelle débute au moment où l'on est certain qu'un phénomène destructeur va impacter un territoire, autrement dit le moment où la probabilité d'occurrence d'un aléa arrive à 100%. Cette borne temporelle correspond au seuil de rupture à partir duquel on bascule dans le

temps de la crise. Dès lors, l'alerte revêt une dimension binaire (Douvinet, 2018) : elle est activée ou ne l'est pas. Par la suite, la fenêtre temporelle de l'alerte prend fin au moment où le phénomène destructeur impacte le territoire et où la diffusion d'une alerte ne remplit plus son rôle (à savoir prévenir les individus). Selon la cinétique de l'aléa, cette fenêtre temporelle peut être très réduite, ce qui nécessite une réactivité très forte des équipes et autorités en charge de la diffusion de l'alerte.

Cette définition permet à nouveau de distinguer l'alerte de la vigilance. La vigilance précède l'alerte. Elle débute au moment où l'on détecte un événement qui pourrait impacter un territoire et prend fin au moment où il est certain que l'événement va se produire sur le territoire, ce qui marque le début de la fenêtre temporelle de l'alerte (Figure 1.3). La vigilance est concomitante au temps de la prévention, elle peut être quantifiée via différents seuils de vigilance qui traduisent la probabilité d'occurrence d'un phénomène ou son intensité attendue.

La courte temporalité de l'alerte implique que la diffusion du message soit unidirectionnelle, du haut (les autorités) vers le bas (les individus cibles). Ainsi, l'individu est « *dessaisi de toute compétence à produire une anticipation sur les phénomènes dangereux et est assigné à être récepteur/utilisateur de la prévision produite par les instances légitimes* » (Créton-Cazanave, 2010, p14). Cette vision de l'alerte n'identifie pas les individus comme acteur à part entière de la gestion de crise (autrement dit, ils sont perçus comme de simples récepteurs du message, et non comme des entités agissant pourtant au cours d'une crise). Les experts intervenant durant le processus de vigilance, les autorités (issue de la sphère politique) et les services de secours, sont à l'heure actuelle les seuls acteurs identifiés au cœur de la gestion de crise.

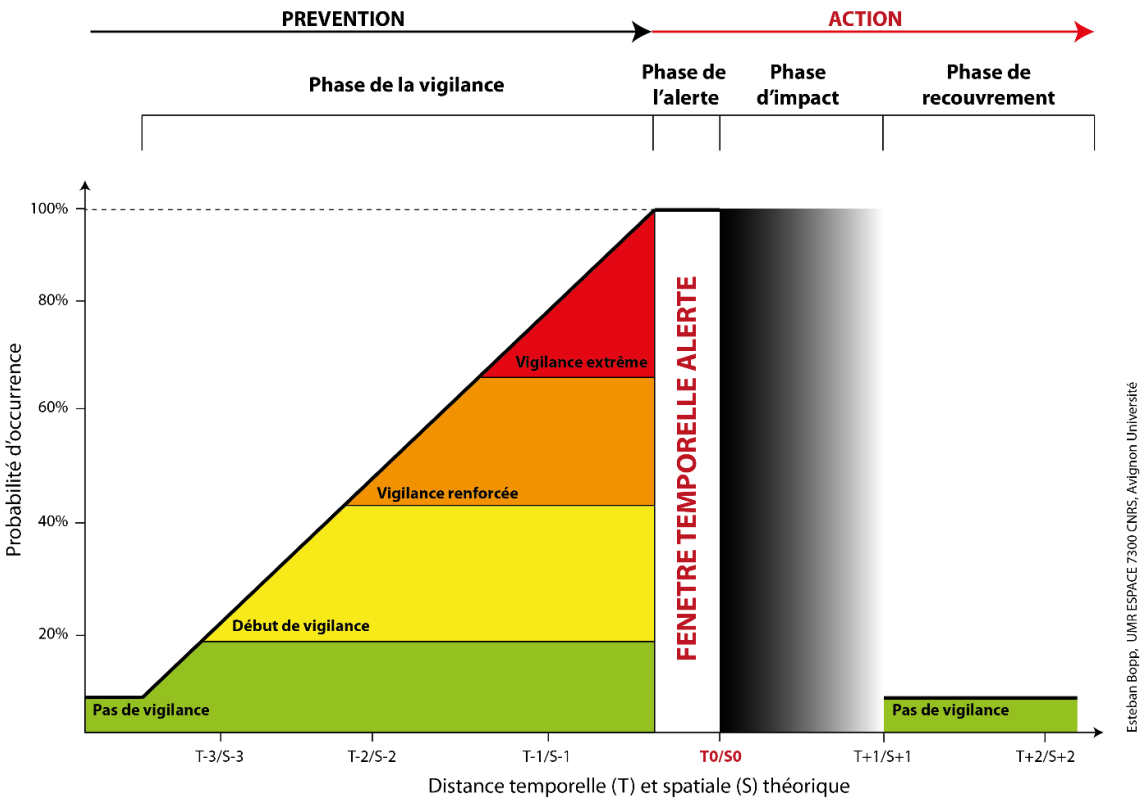


Figure 1.3. Évolution temporelle d'une crise en fonction de la probabilité d'occurrence d'un phénomène destructeur et de sa distance temporelle et spatiale théorique au territoire

Toutefois, d'autres visions de l'alerte prennent en compte le rôle des individus en temps de crise et le sens *bottom-up* (du bas vers le haut) des messages d'alerte. La sphère temporelle de l'alerte peut également être élargie. Il faut donc élargir cette première définition de l'alerte et proposer une définition cohérente aux bornes temporelles clairement délimitées.

1.2.3 Un processus qui doit pourtant s'inscrire dans la continuité du quotidien

D'autres chercheurs préfèrent élargir les bornes temporelles de l'alerte. Créton-Cazanave (2010) et Daupras (2015) proposent notamment une vision de l'alerte en tant que processus de mise en action. La notion de processus implique une modification de la forme et de la position d'un phénomène dans un référentiel au cours du temps (Mucchielli *et al.*, 1998). Elle souligne la dimension temporelle et évolutive de l'alerte. Selon Créton-Cazanave (2010), l'alerte est un « *processus d'interprétation de l'environnement et d'élaboration de sens pour l'action, plutôt* [qu'un] *processus de diffusion d'un signal destiné à produire des comportements attendus* ». La dimension interprétative donnée à l'alerte souligne l'enjeu d'élaboration et de partage de sens face à une situation, souvent confuse, pour fonder et coordonner l'action. L'objectif est de transformer un phénomène dangereux perçu dans l'environnement en signe de danger vis-à-vis duquel il est nécessaire d'agir. L'alerte, en tant que processus d'interprétation, s'étend dès lors sur des temporalités plus longues que lorsqu'elle est considérée comme un point de rupture. Elle devient un objet complexe durant lequel vont se succéder plusieurs étapes bien distinctes.

Daupras (2015), liste dans sa thèse cinq étapes dans le processus d'interprétation :

- La collecte de données ;
- La formalisation de prévisions ;
- La transmission des prévisions ;
- La prise de décision et la diffusion du message d'alerte ;
- L'action.

L'alerte s'étend ainsi à l'évaluation de la situation (Créton-Cazanave, 2010). Elle englobe la phase de la vigilance et devient un processus sociotechnique de mise en action (Daupras, 2015) notamment dans la mesure où la transformation des observations en message d'alerte implique des éléments techniques, des calculs, des interprétations, mais aussi des procédures organisationnelles et une part d'imprévisibilité (Affeltranger & Meschinet de Richemond, 2003). Cette définition est partagée par certains pays anglo-saxons. Aux États-Unis, le NWS (*National Weather Service*) émet à titre d'exemple des « *watches* » si les conditions sont favorables à la survenue d'un aléa hydrométéorologique, et des « *warning* » lorsque le phénomène est effectivement détecté. Pour autant, les « *warning* » du NWS ne sont pas des alertes officielles. Le NWS n'a pas la main sur les outils d'alerte, mais peut seulement diffuser l'information vers les autorités et vers le grand public au travers des médias. Cette terminologie « *watch/warning* » se rapproche très clairement des vigilances météorologiques diffusées par Météo-France en France.

Pour résumer : les bornes temporelles de l'alerte varient selon la définition retenue. Pour certains, l'alerte se limite à la phase de diffusion du signal. D'autres assouplissent les bornes temporelles de l'alerte en l'identifiant comme un processus collectif dans lequel l'enjeu est d'élaborer du sens, de justifier une action, de rendre concrète une menace. En pratique, ces deux visions ne s'opposent pas, mais amènent de la confusion dans la définition de la notion.

1.3 Une notion multiscalaire

Si l'alerte se caractérise dans le temps, c'est également un objet spatial, dans le sens où elle s'appuie et se structure sur un territoire, qu'il soit exposé de façon directe ou qu'il soit associé à des dommages indirects (une explosion sur un site industriel peut par exemple générer des conséquences négatives jusqu'à l'échelle départementale). Le territoire est clairement délimité et administré par des autorités (Brunet *et al.*, 1992). C'est également un espace social et un espace vécu, dans le sens où il est un lieu de vie, de valeurs, de connaissance d'un groupe d'individus (Di Méo, 2010), et un espace à risque (Veyret *et al.*, 2005). La combinaison de ces trois dimensions (structuration politico-administrative, espace vécu, espace à risque) fait du territoire un objet spatial idoine pour la structuration de l'alerte.

1.3.1 La subsidiarité comme principe de base

L'existence de différentes strates administratives (communes, intercommunalités, cantons, départements, provinces, régions, zones de défense, pays, organisations internationales) et l'échelle variable de la zone impactée sont deux facteurs qui ont conduit les États à organiser l'alerte par principe de subsidiarité. La subsidiarité est un principe selon lequel les décisions politiques, législatives ou administratives doivent être prises au niveau le plus proche de ceux qui sont concernés par cette décision (Drago, 1994).

Lorsqu'une situation excède les compétences d'une strate administrative, la strate supérieure récupère la compétence. Ainsi, les compétences en matière d'alerte sont généralement distribuées à un petit nombre d'acteurs à chaque strate administrative et ses acteurs déclenchent l'alerte si un danger menace directement leur territoire.

La France n'échappe pas à cette organisation de l'alerte par principe de subsidiarité. Quatre strates administratives sont retenues : l'État, la Zone de défense, le département et la commune. À chaque strate, un seul acteur se voit attribuer la compétence de la diffusion de l'alerte (Tableau 1.2). Il endosse le rôle de Directeur des Opérations de secours (DO). L'échelle de la zone impactée par l'aléa permet d'identifier le DO. En principe, dès que les impacts d'un aléa dépassent les limites d'une strate administrative, la strate administrative supérieure prend le relai et l'identité du DO change.

En adaptant la gestion de crise à l'échelle de l'aléa, le principe de subsidiarité permet une flexibilité dans la manière de gérer la crise et de diffuser l'alerte. Toutefois, plusieurs obstacles doivent être mentionnés : (1), il est complexe de déterminer l'échelle réellement impactée par un aléa et les événements circoncis à une seule commune sont rares ; (2) des canaux de communications doivent être établis entre les différentes strates administratives pour éviter que deux acteurs de deux strates différentes prennent simultanément la direction des opérations de secours ; (3), le changement de DO au cours d'un même événement peu

s'accompagner d'une perte d'information essentielle sur la crise (4), aux échelles les plus larges (département, zone, pays), le DO doit prendre des décisions pour un territoire qu'il ne connait que globalement, sans connaître les spécificités locales qui peuvent parfois aggraver le danger.

Tableau 1.2. Les strates administratives de l'alerte en France

Strate administrative	Nombre d'entités à chaque strate	Directeur des Opérations de Secours
Nationale	1	Premier ministre
Zonale	12 (dont 5 dans les outremers)	Préfet de zone
Départementale	101	Préfet
Communale	34 968 (01/01/19)	Maire

1.3.2 Des échelles décisionnelles multiples en France

a. La commune, un échelon central

La commune est le premier échelon en France où l'alerte s'organise de manière structurée. Il s'agit d'un échelon particulièrement bien adapté pour structurer l'alerte pour deux raisons. Premièrement la commune dispose d'une structuration administrative et une gouvernance adaptée pour gérer une crise et diffuser l'alerte : un maire (constitué de pouvoirs de police et pouvant prendre la direction des opérations de secours), un conseil municipal (pouvant être intégré à la cellule de crise), des agents municipaux (y compris des policiers, gendarmes et pompiers) qui peuvent appliquer les décisions du maire. Deuxièmement, l'échelle communale permet d'ajuster l'alerte aux spécificités locales, ce qui ne peut pas être fait lorsqu'une alerte est lancée à une échelle plus importante. L'alerte, pour être efficace, doit être adaptée au contexte local : celui de l'aléa (type de risque et phénomènes induits), mais aussi, et surtout, celui des individus qui peuplent la commune, leurs habitudes, leurs activités, leurs biens. Plusieurs chercheurs soulignent l'importance d'adapter la gestion des risques au contexte local et de centrer les opérations de réduction des risques sur les individus plutôt que sur les aléas (Britton, 2017 ; Gaillard *et al.*, 2010 ; Lavigne *et al.*, 2010 ; Spialek and Houston, 2018 ; Vieweg *et al.*, 2008). Les systèmes d'alerte communaux ne doivent pas échapper à cette règle.

Il faut cependant noter que les systèmes d'alerte à l'échelle de la commune doivent s'adapter au manque de moyen et au manque d'acteurs clés caractéristique de cette échelle. Ainsi, il est rare d'observer un système complet (Aléa-Prévisionniste-Autorité-Individu) à l'échelle communale et bien souvent, le prévisionniste est établi à une échelle supérieure. Certaines structures privées proposent leurs services pour jouer ce rôle à l'échelle communale et accompagner les autorités dans leur prise de décision d'alerter ou non la population (Vinet, 2010). Le prévisionniste est en quelque sorte mutualisé, mais l'information qu'il fournit perd alors en précision. Or, les autorités communales peuvent parfois avoir besoin d'informations plus précises. Si des outils informatiques existent aujourd'hui pour bénéficier d'une prévision à l'échelle communale (comme les outils Vigicrues Flash et APIC pour Avertissement Pluies Intenses à l'échelle Communale ; De Saint-Aubin *et al.*, 2016), le maire et ses équipes doivent

parfois aller constater eux-mêmes la situation sur le terrain (se substituant ainsi au prévisionniste) avant de prendre la décision de diffuser l'alerte (Daupras, 2015).

b. Le département, un échelon qui reste tourné vers le local

À partir du moment où un phénomène dangereux est susceptible d'impacter plus d'une commune, le préfet départemental prend la direction des opérations de secours au profit du maire qui en est dessaisi (art. L2215-1 du code général des collectivités territoriales). À cette échelle, la gestion de la crise est davantage organisée qu'à l'échelle communale : une salle est dédiée aux cellules de crises au sein des Préfectures, des acteurs sont formés à la gestion de crise et des exercices sont régulièrement réalisés (en théorie). La fréquence des crises y est également plus régulière qu'au sein des communes (le territoire exposé étant plus vaste). Il s'agit donc d'un échelon relativement « aguerri » aux techniques de crises (Fréalle, 2018).

Le préfet peut décider de diffuser directement une alerte à la population en passant par les moyens nationaux (les sirènes, les réseaux sociaux et les médias) ou ordonner aux maires de diffuser une alerte à la population (DGSCGC, 2013). On reste ainsi dans une échelle décisionnelle « locale » : le territoire est bien connu et les risques sont globalement bien identifiés (échelle de réalisation du Dossier Départemental sur les Risques Majeurs qui recense tous les risques à l'échelle départementale). De plus, les maires gardent un rôle proactif à cette échelle puisque le préfet reste en concertation avec eux en période de crise (le préfet est ainsi informé de la situation sur le terrain). Ainsi, l'organisation de la crise et de l'alerte est plus rigoureuse qu'à l'échelle des communes tout en s'appuyant fortement sur ces dernières lorsque la crise survient. Il faut cependant souligner que ces atouts (proximité avec le local et organisation rigoureuse de la crise) n'empêchent pas certains ratés dans la gestion de crise. L'aspect communicationnel notamment est primordial entre le préfet et les maires, mais n'est pas toujours opérationnel ce qui occasionne de l'incertitude et des difficultés dans la prise de décision (Haidar, 2006).

c. La zone, un échelon dédié à la crise

La zone est une circonscription administrative spécifique aux questions de sécurité civile et de défense nationale. Le territoire national est découpé en 12 zones de défense (7 en métropole). Le préfet de zone assure la direction des opérations de secours au sein du Centre Opérationnel Zonal (COZ) lorsque les moyens départementaux sont dépassés au cours d'une crise ou qu'une crise touche simultanément plusieurs départements (Dautun, 2007). Les préfets départementaux sont alors placés sous l'autorité directe du préfet de zone.

d. L'État responsable de la gouvernance nationale de l'alerte

L'alerte est une responsabilité étatique. L'État, à qui incombe la sécurité civile, doit penser et organiser l'alerte à l'échelle de son territoire. La difficulté réside en la prise en compte, au sein d'un système efficace, de la diversité des risques, des phénomènes induits par les risques (un risque d'inondation n'a pas les mêmes conséquences selon l'endroit où il se produit) et des individus. Dans certains pays plus que dans d'autres, les différences de culture, de pratiques, de langage entre les individus complexifient davantage l'organisation de l'alerte. Par ailleurs, l'existence de conflits (interne ou avec d'autres pays) accroit la vulnérabilité de la gestion des risques et de l'alerte (Enia, 2008 ; Leone *et al.*, 2010).

Malgré l'existence d'un socle commun d'acteurs (prévisionniste, autorité, individu), diverses formes d'organisation de l'alerte existent selon les États. Les pays fédéraux comme l'Allemagne ou les États-Unis délèguent généralement l'organisation de l'alerte à leurs différents États fédéraux. Dans ces pays, l'organisation de la crise est dite « horizontale », c'est-à-dire qu'en matière de gestion de crise, l'État laisse l'autonomie à chaque pouvoir fédéral qui peut ainsi s'associer à différents acteurs locaux pour organiser la crise et l'alerte (Assemat *et al.*, 2015). Au contraire, les États centralisés et unitaires (France, Indonésie, Suède, etc.) ont quant à eux une organisation verticale, c'est-à-dire qu'ils adaptent le niveau de réponse à l'échelle de la crise en privilégiant la réactivité de « l'action collective » (Assemat *et al.*, 2015). On a donc d'une part un système d'alerte étatique organisé à l'échelle d'un pays et dont le modèle est imposé à l'ensemble des territoires qui le constitue, et d'autre part un système d'alerte organisé et géré par des autorités locales autonomes qui jouent alors un rôle primordial dans la diffusion de l'alerte sans toutefois en avoir le monopole intégral (Schaller, 2016). Cette typologie proposée L'Institut National des Hautes Études de la Sécurité et de la Justice (INHESJ, 2015) suite à des travaux de Nacéra Amraoui (2009) montre comment l'opérationnalisation de l'alerte s'adapte à l'organisation administrative et politique des États.

e. Des tentatives de coopération à l'échelle internationale

À ce jour, aucune structure internationale n'est autorisée à diffuser une alerte (officielle) à la population. Bien qu'il soit fréquemment admis que des organisations internationales, comme l'ONU (Organisation des Nations Unies), l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) ou le GIEC (Groupe d'Expert Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat) « alertent l'opinion publique », il s'agit avant tout d'un « avertissement » et ces organisations n'ont aucun pouvoir pour diffuser une alerte à la population *via* les canaux de communication officiels sur quelque territoire que ce soit. Toutefois, des organisations internationales se sont constituées dans un objectif de prévision et de gestion des catastrophes. Certaines de ces organisations mettent en commun le savoir-faire, les structures, les outils de plusieurs pays pour pouvoir détecter à temps des aléas dangereux et avertir les pays exposés qui se chargent alors de l'alerte officielle. Ces organisations viennent améliorer de façon complémentaire aux prévisionnistes nationaux, la prévision des aléas ayant une cinétique spatiale de portée internationale.

En Asie, un continent très exposé à des aléas dangereux, plusieurs organisations de ce type existent, toutes calées sur un aléa ou groupe d'aléa particulier :

- l'IOTWMS (*Indian Ocean Tsunami Mitigation System*) permet de partager des informations et données sur tout tsunami détecté (ou suspecté) par un des pays membres ;
- l'ASMC (*ASEAN Specialised Meteorology Center*) partage des informations et des données sur les aléas d'origine hydrométéorologiques à tous les pays membres ;
- l'AEIC (*ASEAN Earthquake Information Center*) partage des informations et données sur tout séisme dont l'épicentre se situe dans un des pays membres.

Chacune de ces organisations a des canaux de communication avec les prévisionnistes et autorités de chacun des pays membres. Ils améliorent ainsi la diffusion d'alerte face à des événements dangereux de portée spatiale internationale (tsunami, cyclone, séisme, activité volcanique, etc.). Ainsi, bien qu'aucune structure internationale ne soit en capacité de diffuser une alerte officielle, les organisations internationales de prévision des aléas jouent un rôle essentiel dans l'organisation et la diffusion d'alertes officielles à l'échelle nationale. Les grandes catastrophes du début du XXIe siècle (tsunami de 2004 dans l'océan indien, séisme

d'Haïti en 2010, etc.) ont montré que la coopération internationale est indispensable pour prévoir des phénomènes ayant une échelle spatiale de portée internationale.

Pour résumer : le principe de subsidiarité nécessite d'organiser l'alerte à différentes échelles spatiales. Il en résulte des systèmes d'alerte gigognes, spécifiques à grande échelle (locale) puis de plus en plus larges jusqu'à l'échelle nationale. Certaines formes de coopération internationale existent, mais seulement sur le volet « détection/prévision » des aléas.

1.4 Une notion à aborder sous un angle systémique

L'alerte est organisée au sein d'un système. En géographie, la notion de « système » se définit comme un ensemble d'éléments interdépendants, en perpétuelle interaction, et organisés en structure stable (Pumain, 2004). Un système est perçu comme une décomposition du réel en niveau d'organisation autonome et interdépendant entre lesquels se forment des boucles de rétroactions (Pumain, 2004). L'alerte est bien systémique, dans le sens où elle est composée d'éléments (les individus, les autorités décisionnaires, l'aléa, etc.) organisés et autonomes et qui vont entrer en relations à partir du moment où un phénomène dangereux est détecté. Tout système naît à partir d'un seuil d'émergence, vit et meurt (Brunet *et al.*, 1992). Le système d'alerte « nait » à partir d'un seuil où l'aléa devient potentiellement dangereux, « vit » lors de l'activation de l'alerte montante puis descendante et « meurt » à l'annonce de la fin de l'alerte.

1.4.1 Un ensemble d'éléments en interaction lorsque survient le danger

L'aléa est un phénomène exogène et aléatoire. Au-delà d'un certain seuil, l'aléa devient un risque pour une société, ce qui va « activer » le système d'alerte et ses « nœuds » qui vont entrer en interaction dans un ordre immuable :

- Le prévisionniste (P) détecte la survenue du risque (R) ;
- Le prévisionniste (P) prévient l'autorité (A) ;
- L'autorité (A) alerte l'individu (I) ;
- L'individu (I) agit vis-à-vis du risque (R) qui le menace.

Des outils sont utilisés entre chacun de ces nœuds (capteurs automatisés, moyens de communication, outils d'alerte). Le système d'alerte s'organise à chaque strate territoriale où une gouvernance est mise en place (Figure 1.4.).

Si les autorités, les individus et les risques sont liés à chaque territoire, les prévisionnistes peuvent être mutualisés au sein d'une grande variété de systèmes d'alerte. C'est le cas par exemple de Météo-France qui assure en France la prévision des aléas météorologique à l'échelle nationale tout en diffusant des informations aux maires et préfets faisant face à une situation dangereuse. Ainsi, il existe une certaine souplesse au sein des systèmes d'alerte, ce qui n'empêche pas que tous les éléments du système entrent en interaction en période de crise. Dans les cas où une information ne circule pas d'un nœud à un autre, le système est rompu et l'objectif (alerter les citoyens) n'est pas atteint. On parle d'alerte manquée. Les causes peuvent être techniques (dysfonctionnement des canaux de détection/communication) ou humaines (sous-évaluation du phénomène, décision politique, etc.).

L'organisation territoriale et systémique de l'alerte qui se répète à différentes échelles spatiales peut faire penser à une dimension fractale : des éléments identiques (aléas, prévisionniste, autorité, individu) se répètent à différentes échelles de manière déterministe, i.e. régulière (Pumain, 2014). Les différents systèmes d'alerte sont reliés par des communications entre les autorités, les prévisionnistes et des autorités du système supérieur vers les individus du système inférieur (Figure 1.5).

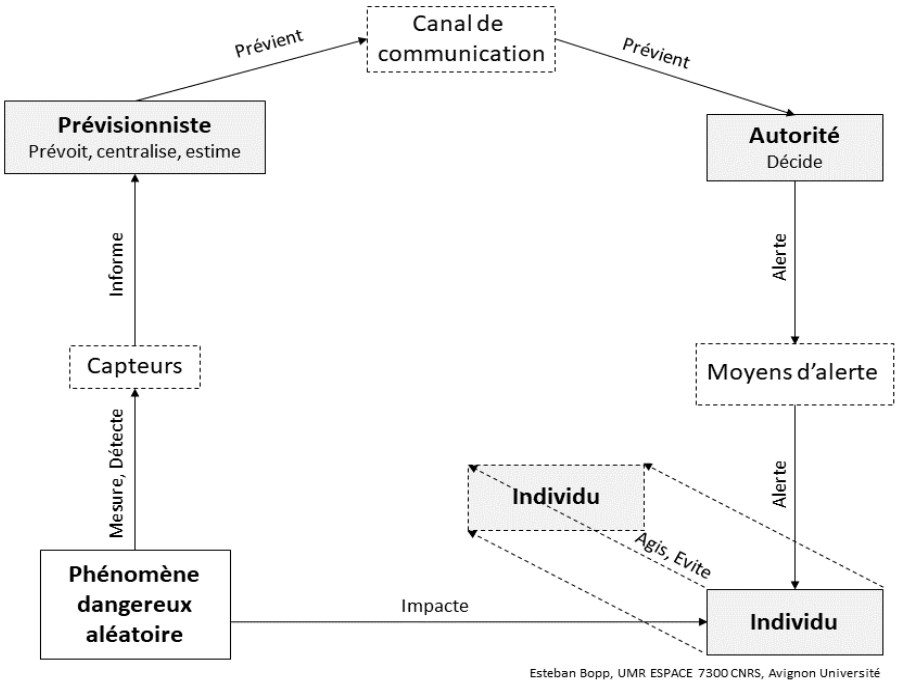


Figure 1.4. Organisation d'un système d'alerte théorique

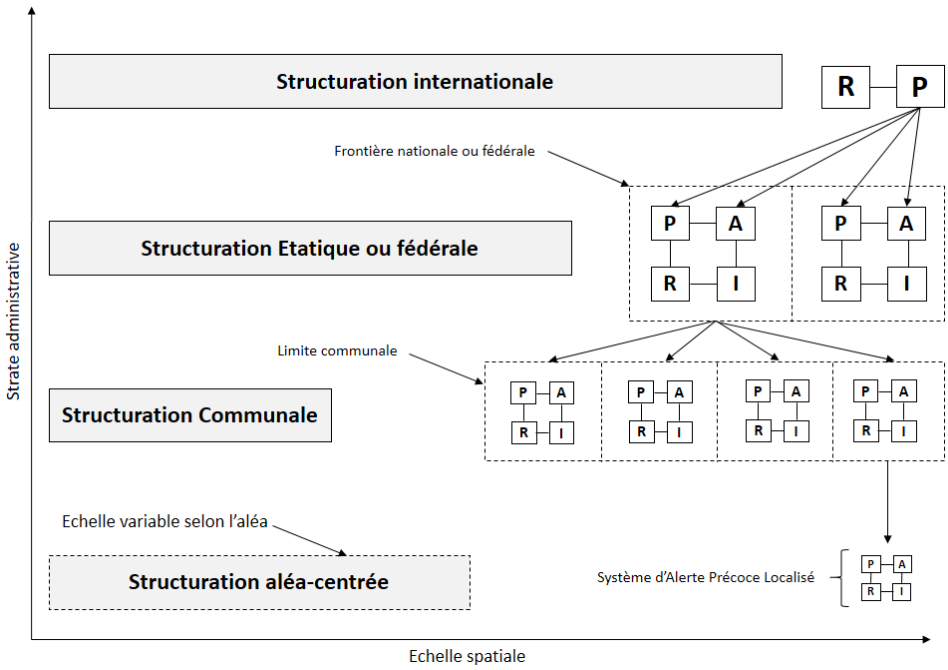


Figure 1.5. Les différentes structurations de l'alerte possible selon l'échelle spatiale des territoires (R = Risque ; P = Prévisionniste ; À = Autorité ; I = Individu)

1.4.2 Le système d'alerte précoce : un système aléa-centré

Le Système d'Alerte Précoce (SAP) est un système d'alerte centré sur l'impératif de détecter un aléa préalablement bien identifié et ayant un potentiel destructeur important. Le SAP peut être perçu comme un système d'alerte « miniaturisé » et simplifié à l'extrême pour répondre à une logique d'urgence face à un aléa ayant une cinétique très rapide et une prévisibilité temporelle difficile. (García, 2012). Il est adapté dans sa structure pour répondre à la faible prévisibilité de l'aléa en ayant des outils de détection automatisés, et en optimisant les communications entre les acteurs (prévisionniste, autorité, citoyen). Parfois même, l'information passe directement du capteur au citoyen, sans validation préalable du prévisionniste ou de l'autorité ce qui permet un gain de temps considérable pour le citoyen (Taufiq *et al.*, 2018). Par exemple, dans la vallée de l'Arbas qui est soumise à des risques d'inondation rapide, l'entreprise Ogoxe a développé des boitiers d'alerte à destination des riverains exposés. Le boitier d'alerte est automatiquement connecté à des capteurs hydrométriques qui jalonnent le bassin versant et l'information est directement communiquée sur les boîtiers lorsque la station mesure le dépassement d'un certain seuil.

Ainsi, le SAP vient compléter une organisation de l'alerte multirisque globale souvent peu efficace pour anticiper des phénomènes localisés et dangereux. En effet, plus l'organisation de l'alerte se fait à une échelle globale, moins elle est territorialisée, c'est-à-dire adaptée à des contextes locaux pouvant être particulier et nécessitant des organisations d'alerte spécifique. C'est pourquoi de nombreux SAP sont développés dans le monde : comme dans les Alpes, face à des risques de crues rapides et de coulées de boue (Badoux *et al.*, 2009 ; García, 2012), au Népal, face à des risques de rupture de barrage (Bricker *et al.*, 2017), en Indonésie, face au risque de tsunami (Comfort *et al.*, 2012) et au risque de séisme (Taufiq *et al.*, 2018), etc.

Selon les Nations-Unies, un SAP doit inclure quatre éléments emboîtés (Basher, 2006) :

- Une connaissance approfondie du risque (aléas, enjeux, vulnérabilité) ;
- Un service de veille et d'alerte ;
- Une fonction de diffusion et de communication ;
- Une capacité de réponse (qui passe par la prévention).

Le SAP est entièrement organisé comme un système : le prévisionniste (capteurs) assure le service de veille tandis que l'alerte est soit automatisée, soit une compétence d'une autorité locale (généralement communale) et des outils sont nécessaires pour diffuser les informations et l'alerte. Le système doit être extrêmement réactif pour émettre une alerte dans les meilleurs délais. C'est pourquoi il est très important d'avoir une bonne connaissance du risque pour lequel le SAP a été mis en place ainsi que des actions pour réduire les effets négatifs du phénomène. Le SAP n'est donc pas un outil destiné à « gérer l'imprévu ». Il n'est pas adaptatif et n'a pas la « souplesse » des organisations d'alerte multirisques établies à des strates administratives supérieures.

1.4.3 Un système contingent à son environnement

Un système d'alerte à la population ne peut ignorer l'environnement social, politique, culturel, naturel d'un territoire sur lequel il prend forme. La théorie de la contingence repose sur l'hypothèse que les organisations dont les structures internes répondent au mieux à leur

environnement sont mieux adaptées et ont un fonctionnement plus efficace (Bruns and Stalker, 1961). Cette théorie s'oppose à l'existence d'un modèle organisationnel applicable de manière uniforme et indépendante à l'environnement. Des capteurs automatisés et des moyens d'alerte hyper performants sont par exemple inutiles si les organisations ne sont pas adaptées à une information de manière rapide (voire spontanée) à la population.

Pour qu'un système d'alerte soit adapté à son environnement, il doit s'appuyer sur quatre principes (ou aspects) inhérents aux territoires : les Techniques utilisées, l'Humain, l'Environnement et les Organisations (on parle d'approche THEO ; Figure 1.6).

- L'aspect technique pose la question des outils d'alerte que l'on peut utiliser (capteurs, outils de traitement des données, outils de communication, moyen d'alerte). Ces derniers ne doivent pas dépasser le niveau d'équipement du territoire au risque d'être inappropriés (existence de réseaux de télécommunication, démocratisation de la téléphonie mobile, de l'accès à Internet, etc.).
- L'aspect humain, ou social, est primordial. Il s'agit d'observer et d'évaluer les pratiques culturelles, le niveau de culture du risque, le niveau de confiance envers les institutions, le niveau de richesse et/ou de pauvreté, les modes de communication, etc.
- L'aspect environnemental concerne les aléas (nature ? cinétique ? dangerosité ?), l'aménagement global du territoire (fortement urbanisé ? rural ? périurbain ? occupation du sol ?) ainsi que l'aménagement face aux risques (existence de mesures structurelles de mitigation ? d'abris ? niveau de vulnérabilité structurelle du bâti ? etc.).
- L'aspect organisationnel concerne les modalités de gouvernance du territoire (quelle structure hiérarchique ? combien de strates administratives ?) ainsi que les modalités de gestion de crise (quels acteurs sont autorisés à diffuser l'alerte ?, qui fait quoi ?, etc.).

Chacun de ces aspects doit être étudié pour ensuite bâtir un système d'alerte pleinement contingent à son environnement. À l'échelle internationale, on observe en effet des différences entre les systèmes d'alerte. Sur l'aspect technique, les outils utilisés varient d'un pays à l'autre. L'équipement en outils de prévision et de veille des aléas est inégal et figure même comme un enjeu majeur pour de nombreux pays en développement (Hoedjes *et al.*, 2014), tandis que le recours à des moyens d'alerte centrés sur la localisation des individus en temps réel est là aussi inégal, y compris entre les pays développés (Bopp *et al.*, 2021). Sur l'aspect humain, toutes les sociétés n'ont pas la même culture du risque ni les mêmes croyances. En Indonésie, l'alerte peut être véhiculée à l'échelle locale par des « leaders communautaires » qui n'ont aucun pouvoir administratif, mais qui disposent d'une aura importante auprès de certaines populations. Certaines franges de la population doivent également être prises en compte au sein des systèmes afin que l'alerte soit véhiculée et comprise par tous (handicaps physiques, moteurs, population nomade, individus sans domicile fixe, quartiers informels, etc.). Dans certains pays musulmans, les dispositifs sonores d'appel à la prière des mosquées peuvent servir de moyens d'alerte (Mellas, 2012). Sur l'aspect environnemental, l'exposition des pays à des risques de nature différente conduit à différencier les systèmes de veille et d'alerte, même si on est plus dans de l'adaptation localisée des systèmes (à l'échelle infranationale). Localement et lorsque le risque est important, le système d'alerte peut être renforcé par un SAP (Bricker *et al.*, 2017). Les consignes peuvent également varier selon la nature de l'habitat (évacuation verticale dans les zones urbaines denses et évacuation horizontale dans les zones rurales et/ou quartiers informels sans étages, etc.). Sur le point organisationnel, des différences notables existent entre les pays fédéraux, où les États disposent d'une certaine autonomie pour organiser le système d'alerte à leur échelle, et les pays centralisés où une

doctrine nationale s'applique de manière uniforme sur l'ensemble du territoire (Assemat *et al.*, 2015). Le nombre de strates administratives impliquées dans la diffusion de l'alerte varie également entre les pays (4 en France, 3 en Belgique par exemple).

Ainsi, la théorie de la contingence s'applique à l'alerte : le système d'alerte est bâti en fonction de la nature des risques présents sur le territoire ainsi qu'en fonction de son environnement politico-administratif et socioculturel.

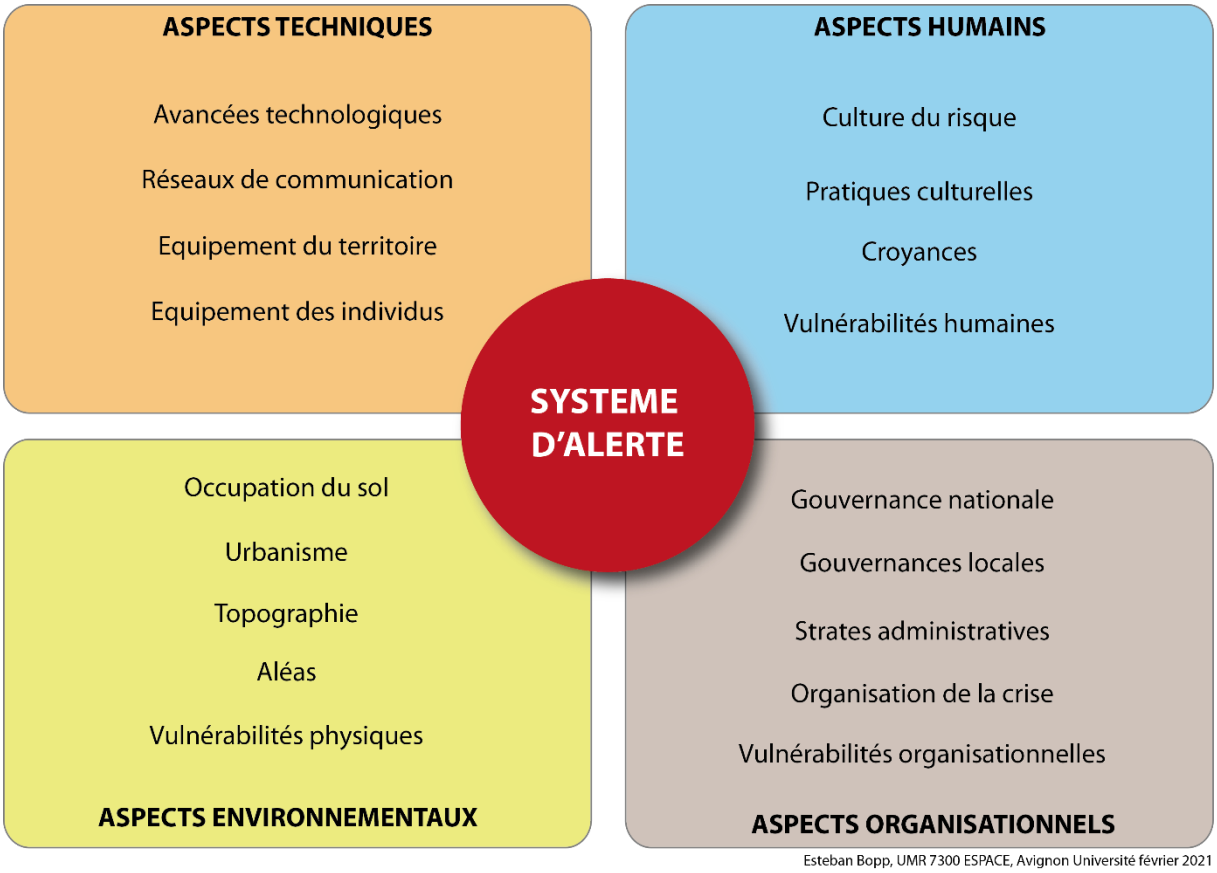


Figure 1.6. Aspects techniques, humains, environnementaux et organisationnels sur lesquels doit s'appuyer un système d'alerte pour être efficace

Pour résumer : l'alerte est systémique dans le sens où sa structuration territoriale met en relation différentes entités (aléa, prévisionniste, autorité, citoyen) qui interagissent les uns avec les autres : le SAP en étant la parfaite illustration. L'alerte doit également être contingente à l'environnement technique, humain, environnemental et organisationnel du territoire sur lequel elle se structure.

1.5 Positionnement retenu dans le cadre de cette thèse

1.5.1 Les contradictions de l'alerte

Ce chapitre a mis en lumière la complexité de la notion d'alerte. À l'évidence, la difficulté à circonscrire le terme réside dans le fait qu'il est entouré de différentes contradictions. Nous en dénombrons au moins six :

- **Une contradiction terminologique** : le terme d'alerte s'est aujourd'hui imposé dans le langage courant et se retrouve ainsi désacralisé alors que les institutions cherchent justement à lui donner un sens fort, pour marquer la rupture qu'il induit et provoquer des réactions réflexes de mise en sauvegarde de la part des individus. Il y a donc un décalage entre le sens donné à l'alerte par les individus et celui donné par les autorités.

- **Une contradiction temporelle** : l'alerte peut être perçue comme un point de rupture face à l'arrivée d'un danger, mais d'autres y incluent la phase de vigilance et de montée en puissance des institutions à mesure que le danger se rapproche. Dans le premier cas, l'alerte commence au moment où les autorités diffusent le signal (ou le message) d'alerte. Dans le second cas, la phase de réflexion et d'incertitude menant à la prise de décision est prise en compte.

- **Une contradiction d'échelle** : l'alerte est une doctrine nationale. Même dans les pays fédéraux, les États doivent respecter des protocoles nationaux. Pourtant, le risque est en très grande majorité localisé et circoncis à une petite partie du territoire. Dès lors, comment appliquer des protocoles nationaux sur une portion d'espace réduite, où la situation est toujours plus complexe que celle qui a été théorisée à l'échelle nationale. Il existe donc un décalage entre la doctrine nationale de l'alerte et la réalité du terrain.

- **Une contradiction de contenu** : Pour certains, l'alerte est un signal censé déclencher des actions réflexes. Pour d'autres, l'alerte doit être un message d'information expliquant clairement la situation. Si la France distingue les moyens d'alerte (sirène) des moyens d'alerte et d'information (panneau à message variable par exemple), cette distinction n'est pas toujours claire et une alerte peut à la fois être un simple signal sonore ou la diffusion d'un message informatif et donnant des consignes de comportement. Ces deux formes d'alerte sont pourtant différentes dans la terminologie anglo-saxonne Bean (2019).

- **Une contradiction dans les réactions souhaitées** : les institutions prônent à la fois la nécessité de « prendre le temps », « d'analyser la situation » avant de prendre la décision d'alerter, alors que dans certaines situations, l'alerte doit être diffusée le plus vite possible, pour mettre en place les actions de sauvegarde. Cette contradiction est mise en exergue par le débat sur l'automatisation, ou non, de l'alerte. Certains acteurs pensent que l'alerte doit être automatisée pour des aléas ayant une cinétique rapide (tsunami par exemple) quand d'autres pensent qu'un garde-fou est toujours nécessaire et que l'alerte doit rester une décision humaine quand bien même cette étape est chronophage.

- **Une contradiction philosophique** : deux doctrines ont tendance à s'opposer. La première où l'alerte est robuste, unidirectionnelle (du haut vers le bas) avec un protocole clairement défini pour éviter au maximum les erreurs et guider la prise de décision en période de crise. L'autre vision consiste en une alerte plus souple, multidirectionnelle, qui doit s'adapter à chaque situation et aux modes de communication contemporains.

1.5.2 Définition retenue dans le cadre de cette thèse

Ces multiples contradictions imposent de clarifier ce que l'on entend par « alerte » tout au long de ce manuscrit. On retiendra les grands principes suivants :

- **L'alerte est exclusivement destinée à informer la population d'un danger** et l'alerte montante est une étape préalable nécessaire à la diffusion d'une alerte.
- L'alerte **doit être validée par une autorité** et elle peut être relayée par des prévisionnistes ou par quiconque possédant des canaux de diffusion étendus (citoyen compris) ;
- **L'alerte peut être un à la fois un signal** (face à un aléa connu et dans un territoire à forte culture du risque) **ou un message** précisant des consignes de mise en sécurité ;
- L'alerte peut être diffusée par **n'importe quel moyen** du moment qu'il **fait sens** auprès de la population.

Nous définissons l'alerte comme suit : **l'alerte est une phase durant laquelle une autorité décide de prévenir ou d'informer la population d'un danger**. Elle débute au moment où l'autorité prend la décision d'alerter (même si cette décision est tardive, ou précoce) et prend fin au moment où l'alerte cesse d'être diffusée. Elle s'étend au territoire (quelle que soit son échelle) où à la zone (infraterritoriale) où il est nécessaire de prévenir les individus d'un danger (son échelle spatiale peut être contingente à celle de l'aléa, mais peut aussi aller au-delà). L'autorité est une entité clairement définie, dont la compétence de diffuser une alerte fait sens pour les citoyens. Dans cette thèse, nous soutenons que le pouvoir de diffuser une alerte peut être élargit à d'entre entités que celles identifiées aujourd'hui par la DGSCGC. L'alerte est donc une phase temporellement et spatialement aléatoire, qui dépend avant tout d'un processus décisionnel humain s'appuyant sur la temporalité et l'échelle d'un danger. En d'autres termes, l'alerte est humaine et donc forcément subjective.

Conclusions du chapitre 1

L'alerte est une notion subjective, peu évidente à limiter dans le temps et dans l'espace, et les dimensions (sociales, culturelles, territoriales) sous-jacentes sont nombreuses et reliées. En dévoilant les nombreuses contradictions qu'il comporte, ce chapitre 1 permet de confirmer toute l'ambiguïté et toute la complexité d'un tel processus. Néanmoins, plusieurs éléments apparaissent évidents. L'alerte est une prise de décision politique en France puisqu'elle a pour objet la protection des populations face à une menace, et que la sécurité civile est une compétence gouvernementale. L'alerte est systémique dans le sens où le quartique « risque-prévisionniste-autorité-population » forme un système. C'est même une condition *sine qua non* à l'émission d'une alerte. L'alerte est un objet géographique dans le sens où elle est territoriale (se structure sur un territoire), spatiale (dépend de la spatialité du risque, des individus et des

moyens d'alerte) et sociale (pour prévenir les individus et faire en sorte que le message soit compréhensible par ces derniers). L'alerte est aussi un objet temporel, dans le sens où elle a un début et une fin, même si ses bornes temporelles peuvent être ambigües selon la vision qu'ont certains acteurs de la notion. Chaque système d'alerte est différent, même si la finalité (prévenir les individus d'un danger) reste la même. Pour être efficace, le système doit s'adapter à son territoire, à son organisation politico-administrative, à son contexte socioculturel et à la nature des risques qui menacent le territoire.

Une fois ce cadre posé, notre réflexion va s'orienter sur les moyens de diffusion de l'alerte à la population. De nouvelles technologies remettent en cause les modes de diffusion traditionnels de l'alerte en France (qu'il convient d'étudier). Le chapitre 2 fera un focus sur les sirènes d'alerte à la population qui est le moyen d'alerte prioritaire en France tandis que le chapitre 3 présente les nouvelles modalités de diffusion de l'alerte que l'on voit apparaître dans certains pays (mais pas encore en France) et qui ouvrent de nouvelles opportunités pour améliorer l'efficacité du système d'alerte français.

Chapitre 2

Les disparités spatiales de l'alerte par sirènes

Introduction du chapitre 2 48
2.1. Les sirènes : un moyen issu d'une longue tradition régalienne 48
2.2. Que dire de la localisation des sirènes ? Zoom en Sud-PACA 50
2.3. Est-on en mesure d'expliquer les choix d'équipement ? 53
2.4. Un statut de « premier moyen d'alerte » nettement discutable 61
2.5. Éléments de discussion 65
Conclusion du chapitre 2 70

Introduction du chapitre 2

Les sirènes d'alerte ont été déployées en France après la fin de la Seconde Guerre Mondiale, sous couvert d'une défense passive. Elles ont pour objectif d'alerter la population pour annoncer la survenue d'un danger susceptible de porter atteinte à l'intégrité physique des individus. Le signal associé (un son modulé) est destiné à interrompre les activités, par une mise en éveil immédiate, et il est censé induire un comportement « approprié » de la part des individus. La priorité allouée aux sirènes fait l'objet de nombreux débats en France : plusieurs rapports ont pointé des limites techniques (Hirel, 2002; Vogel, 2017) ; les sirènes ont rarement été utilisées depuis leur instauration (Douvinet, 2020) ; leur signal l'indique pas la nature du danger (Creton-Cazanave, 2010). En 2021, l'État considère encore les sirènes comme LE moyen d'alerte prioritaire : déployées initialement dans le Réseau National d'Alerte (RNA), entre 1954 à 2010, elles constituent le cœur du projet SAIP (*Système d'Alerte et d'Information des Populations*), attendu en juin 2022, et un budget de 83 millions d'euros a été accordé en 2010 pour en moderniser le fonctionnement.

Face à un tel choix politique, ce chapitre propose d'analyser la distribution des sirènes et de mettre en avant les disparités spatiales que cette distribution engendre. La première section dresse un rapide historique sur l'alerte par sirènes en France. La deuxième section décrit la répartition spatiale des sirènes dans la région Sud-PACA, choisie comme site test, tandis que la troisième section cherche à expliquer l'équipement des communes de cette même région. La quatrième section aborde les limites des sirènes. Une discussion portant sur la stratégie gouvernementale et sur les inégalités spatiales d'un autre moyen d'alerte traditionnel (l'automate d'appel téléphonique) conclut ce chapitre.

2.1. Les sirènes : un moyen issu d'une longue tradition régalienne

2.1.1. Le RNA : un réseau « obsolète »

Le Réseau National d'Alerte (RNA) a été instauré par une ordonnance du Général de Gaulle en 1959, raccordant l'ensemble des sirènes installées à la fin de la Seconde Guerre Mondiale et créant ainsi le premier moyen d'alerte national. À travers cette ordonnance, l'État cherche assumer sa mission de sécurité civile dans un contexte où « *la France valorise à l'excès les politiques de sécurité civile* » (Padioleau, 2003). L'État crée aussi une nouvelle échelle d'alerte puisqu'il est désormais possible de diffuser une alerte en simultané sur tout le territoire français (en plus du territoire communal). En 2010, ce réseau RNA est composé de 4 291 sirènes sur la France métropolitaine. Le signal d'alerte est harmonisé, sans distinction de danger, à savoir un son modulé d'1 minute 41 secondes répété trois fois. L'État possède 51% des sirènes RNA, les communes et EPCI 38%, les SDIS 11% (Douvinet, 2020).

En 2002, le rapport du sénateur Hirel pointe l'obsolescence et l'inadaptation du RNA. En effet, le réseau hérité des années 1950 ne s'est pas adapté à l'évolution démographique et urbaine qui a caractérisé le territoire français durant la seconde moitié du XXe siècle et au début du XXIe siècle, ni à l'évolution de la nature des risques et de leur localisation (Vogel, 2017). Le

matériel est également vieillissant, voire plus du tout opérationnel : un rapport de la société Deloitte (2014) pointait que 28% des armoires de commande dataient d'avant 1970 et n'avaient pas été rénovées. La moyenne d'âge des sirènes dans le Vaucluse était de 47 ans en 2016 (Douvinet *et al.*, 2019). De plus, le RNA était coûteux à entretenir (Vogel, 2017). La doctrine d'utilisation du RNA restait également imprécise (décret n°90-394 du 11 mai 1994 relatif au code national de l'alerte) et les sirènes ont rarement été utilisées comme moyen d'alerte. Enfin, la « *granulométrie spatiale des sirènes* » (Vogel, 2017) était insuffisante pour être utilisée de manière uniforme à l'échelle locale, car bon nombre de communes ne sont pas équipées. Ce constat a donc motivé l'État à moderniser son réseau de sirènes.

2.1.2. Le réseau SAIP : un réengagement étatique dans les sirènes

Le projet SAIP vise à pallier les limites du réseau RNA. Initié en 2010, la mise en œuvre du futur réseau est attendue pour 2022 et le volet « sirène » du projet[5] consiste en l'installation de nouvelles sirènes *ex nihilo,* et en la rénovation d'anciennes sirènes RNA (les sirènes RNA non intégrées au SAIP étant laissées sous la responsabilité des communes qui peuvent, ou non, les conserver). En 2022, le futur réseau SAIP devrait comptabiliser 5 431 sirènes. Toutes les sirènes du réseau SAIP sont interconnectées et activables à distance *via* l'infrastructure nationale partageable de télécommunication (INPT ; Vogel, 2017).

Ces dernières années, les sirènes SAIP ont été activées plus que ne l'avaient été les sirènes du réseau RNA (activées 6 fois en 60 ans ; Douvinet, 2018). Le 26 septembre 2019, deux sirènes SAIP ont sonné pour alerter les riverains d'un incendie en cours à l'usine Lubrizol© à Rouen (étant associé à des communiqués de presse et un relai sur les médias locaux et nationaux). Depuis, d'autres sirènes ont également sonné, par exemple à Cannes et à Nice le 23 novembre 2020, puis le 30 novembre 2020, face à des épisodes pluvieux extrêmes.

L'équipement des communes en sirènes SAIP s'est fait selon une logique de priorisation de territoire *via* l'identification de 1 743 bassins de risques en France (Vogel, 2017 ; Tableau 2.1) : 640 bassins, jugés prioritaires, devaient être équipés entre 2010 et 2020 de 2 832 sirènes et 1 103 bassins, jugés moins prioritaires, doivent être équipés entre 2020 et 2022 de 2 699 sirènes (Douvinet, 2020). À ce jour, nous ignorions si ces objectifs et ces délais seront tenus (selon nos informations, plus de 2 300 sirènes SAIP sont raccordées début 2021).

Tableau 2.1. Nombre de sirènes prévues dans le projet SAIP à l'échelle nationale (modifié d'après Douvinet, 2020 et Vogel, 2017)

Niveau de priorité	Nbr. de bassins de risques	Nbr. de sirènes prévues	…dont les anciennes sirènes RNA	…dont les nouvelles sirènes d'État	…dont les sirènes communales	…dont les sirènes PPI
Vague 1 (2010-2020)	640	2 832	1 286	932	614	0
Vague 2 (à partir de 2020)	1 103	2 699	191	854	533	1 121
Total	1 743	5 431	1 377	1 786	1 147	1 121

[5] Le projet prévoyait aussi la création d'une technologie d'alerte centrée sur la localisation des individus (par Cell Broadcast ou SMS géolocalisé), mais ce volet a été abandonné en 2012 faute d'accord avec les opérateurs téléphoniques. Il a été relancé suite aux annonces du 24 septembre 2020.

Toutefois, les limites des bassins de risques n'ont pas été rendues publiques, et les critères justifiant les choix des communes à équiper sont vagues. Les seuls indices dont nous disposons viennent du sénateur Vogel (2017) qui précise que : « *Les choix de déploiement* [des sirènes] *prennent* (…) *en compte les priorités issues des crises récentes* » et du site du ministère de l'Intérieur[6] qui affirme que les bassins de risque correspondent à de « *zones identifiées les plus à risques, croisant l'intensité du risque et la densité de la population concernée* ». Dès lors, il semble plus que nécessaire de questionner la distribution spatiale de ces sirènes.

Pour résumer : Le projet SAIP traduit un maintien de la politique étatique, qui considère la sirène d'alerte comme l'outil prioritaire. Ce projet vise à répondre à l'obsolescence de l'ancien réseau RNA en raccordant, modernisant et relocalisant des sirènes à l'échelle nationale. Les choix d'équipement des communes n'ont pas été explicités et doivent être recherchés empiriquement.

2.2. Que dire de la localisation des sirènes ? Zoom en Sud-PACA

En comparant la distribution des sirènes (RNA, SAIP), on cherche dans un premier temps à observer les évolutions entre les deux réseaux. Nous avons localisé les sirènes dans la région Sud-PACA, en utilisant les données fournies par la DGSCGC en 2018 (RNA), puis en 2020 (SAIP). En 2021, cette région est déjà équipée des sirènes qui étaient prévues dans le projet, mais des sirènes ont été nouvellement installées suite aux inondations autour de Cannes (2015).

2.2.1 Des évolutions inégales selon les départements

La région Sud-PACA était équipée de 304 sirènes RNA, réparties sur 204 communes, situées essentiellement le long des côtes méditerranéennes et le long de la vallée rhodanienne. En 2020, la région Sud-PACA est équipée de 254 sirènes SAIP (soit un différentiel de 50 sirènes), réparties dans 129 communes (soit une baisse de 75 communes équipées). 149 sirènes correspondent à des anciennes sirènes RNA, rénovées, et 105 sont des nouvelles sirènes. 147 sirènes RNA ont été « délaissées » à la charge des communes, sans que l'on sache si toutes ces sirènes seront conservées, et si oui, sur quelle période de temps (Tableau 2.2).

Trois départements disposent d'un nombre de sirènes SAIP supérieur à celui du réseau RNA : les Hautes-Alpes (+3) et Alpes-de-Haute-Provence (+7), qui sont deux départements restant faiblement équipés, et le Var (+31). Les trois autres départements ont une dotation en baisse : les Bouches-du-Rhône (-16), les Alpes-Maritimes (-17) et surtout dans le Vaucluse (-58). Deux départements bénéficient d'une forte dotation en nouvelles sirènes SAIP : les Bouches-du-Rhône (+44) et le Var (+40). Les choix opérés dans le département du Vaucluse interrogent (Figure 2.1.) : c'est celui qui a perdu le plus de sirènes (passant de 85 sirènes RNA à 28 sirènes SAIP), et il n'a bénéficié que d'une seule nouvelle sirène SAIP, qui est venue compléter

[6] Site du ministère de l'Intérieur https://www.interieur.gouv.fr/Alerte/Alerte-ORSEC/Qu-est-ce-que-le-SAIP (consulté le 08/02/2020)

les 26 sirènes conservées. La commune d'Avignon par exemple disposait de 9 sirènes RNA, qui ne sont plus dans le réseau SAIP, mais qu'elle a maintenues comme moyen d'alerte communal.

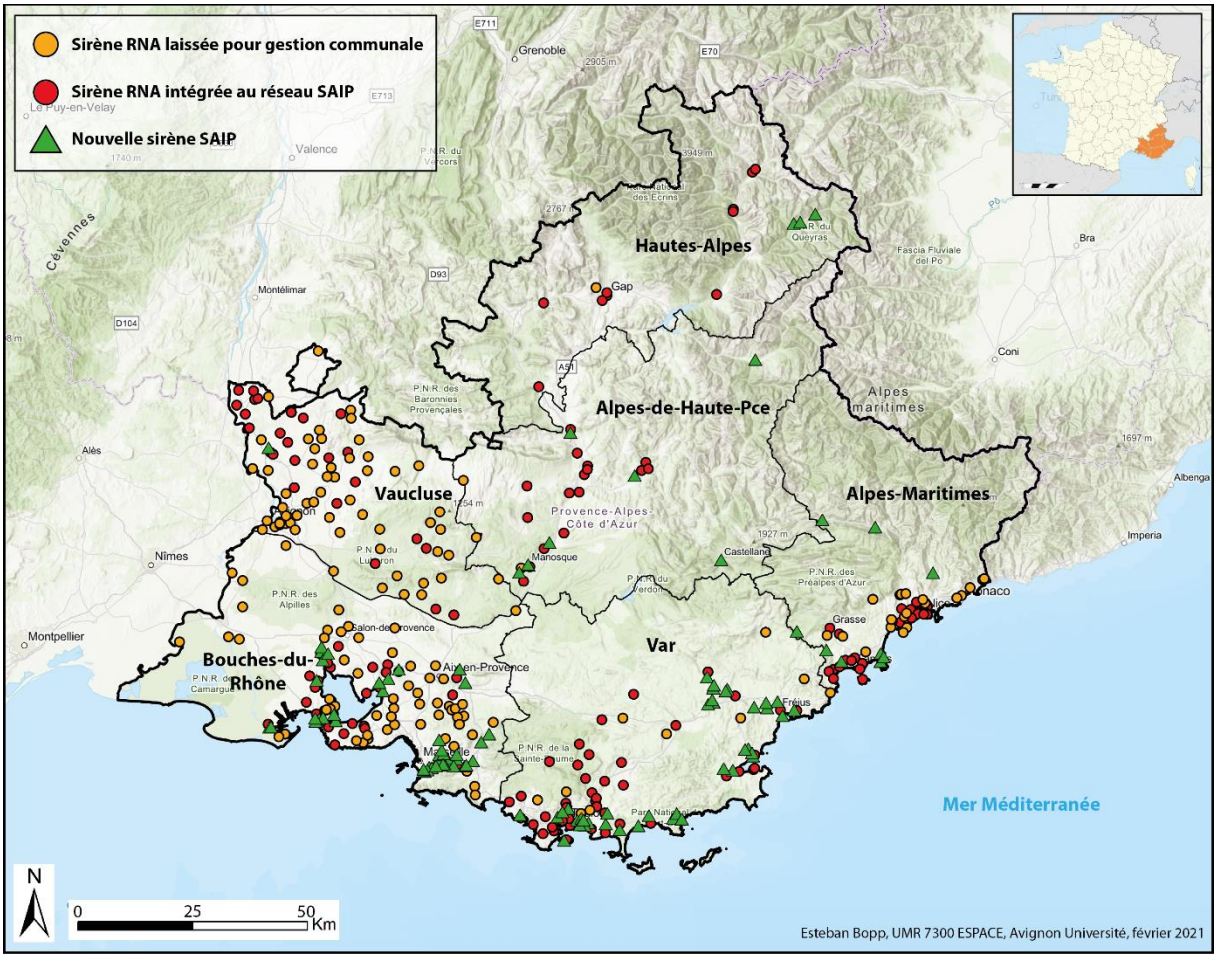


Figure 2.1. Répartition des sirènes RNA et SAIP en région Sud-PACA

Tableau 2.2. Nombre de sirènes et communes équipées dans la région Sud-PACA

Numéro départ.	Nombre de sirènes par commune				Nombre de communes équipées			
	RNA (2010)	RNA > SAIP	Nouvelles SAIP	SAIP (2022)	RNA (2010)	RNA > SAIP	Nouvelles SAIP	SAIP (2022)
04	17	16	8	24	12	12	7	16
05	10	10	3	13	6	6	2	8
06	53	27	9	36	15	6	7	12
13	86	26	44	70	59	18	14	24
83	53	44	40	84	42	36	19	47
84	85	26	1	27	70	22	1	22
Total	304	149	105	254	204	100	50	129

2.2.2 Une localisation plus proche du barycentre régional de la population

Une analyse centrographique réalisée sur les semis des points des sirènes montre que près de 19 km séparent le barycentre des sirènes RNA (orange) de celui des sirènes SAIP (rouge), situé plus au sud-est (Figure 2.2). Mais le barycentre des sirènes SAIP est bien plus en adéquation avec la localisation de la population résidente : le barycentre des sirènes SAIP est situé à 3 km du barycentre de la population (en faisant un semi de points des données carroyées à 200m de l'INSEE (2015)) tandis que le barycentre des 304 sirènes RNA était situé à 20,5km du barycentre de la population. La redistribution spatiale s'axe donc sur la distribution de la population, même si la mesure de la position moyenne n'est évidemment pas suffisante pour analyser ces positions spatiales (Lefever, 1926). Ce résultat est toutefois logique, car l'une des limites des sirènes RNA était que leur localisation n'était plus adaptée à la répartition actuelle des populations, les territoires ayant fortement évolué entre la fin de la Seconde Guerre Mondiale et aujourd'hui (Guerin-Pace, 1992 ; Oliveau et Doignon, 2016).

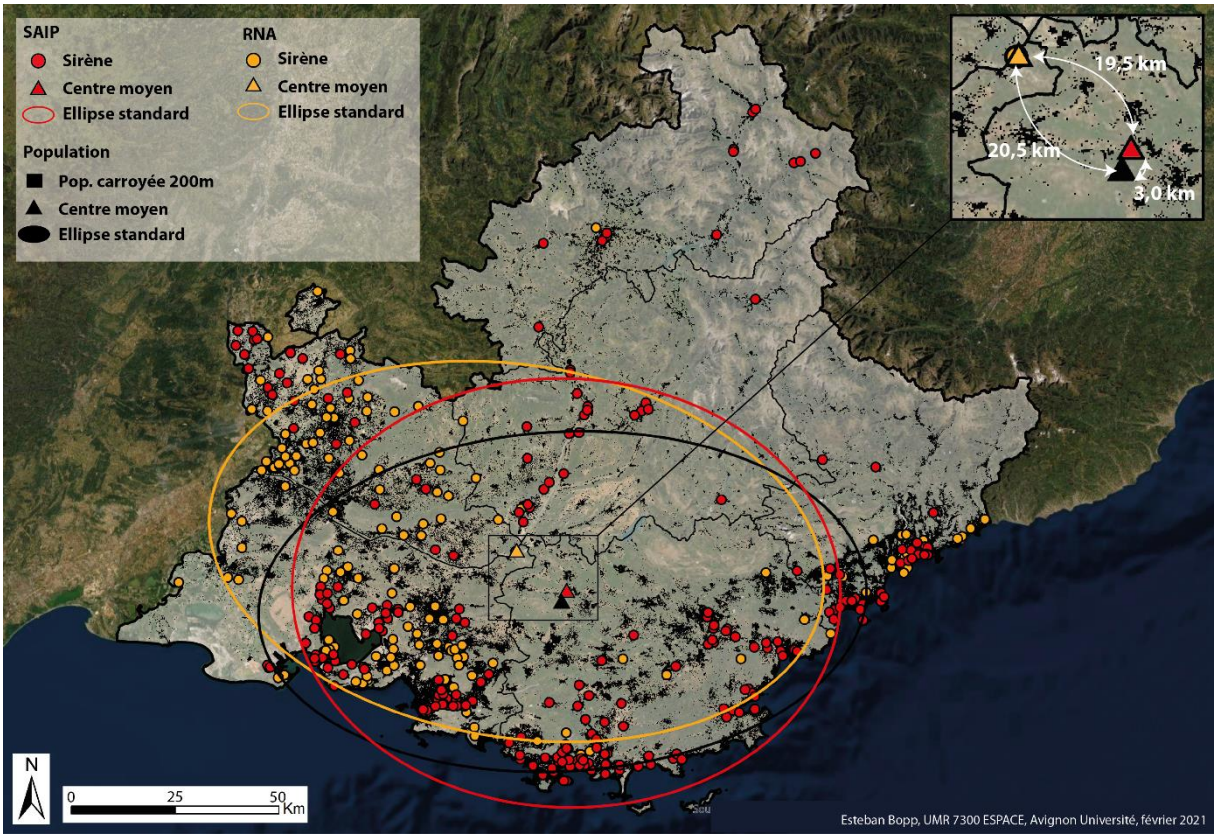


Figure 2.2. Analyse centrographique de la répartition spatiale des 254 sirènes SAIP, des 305 sirènes RNA et de la population de la région Sud-PACA

Pour résumer : la relocalisation des sirènes semble liée à la distribution de la population en région Sud-PACA, mais de fortes disparités d'équipements existent d'un département à l'autre. Il semble alors opportun d'analyser les catégories de communes équipées en sirène SAIP en région Sud-PACA et de la comparer aux communes équipées des anciennes sirènes RNA pour tenter d'identifier les critères qui ont joué dans les choix d'équipement des communes en sirènes SAIP.

2.3. Est-on en mesure d'expliquer les choix d'équipement ?

Pour compléter l'approche descriptive précédente, et pour essayer d'identifier les logiques qui ont joué sur la distribution des sirènes, cette étude se poursuit en étudiant la relation avec cinq variables potentiellement explicatives dans les choix d'équipement des communes en sirènes SAIP : 1) le nombre d'habitants ; 2) le nombre d'arrêtés de catastrophe naturelle sur la période 1983-2020 (comme le suggère le sénateur Vogel qui parle de priorisation des bassins à équiper selon les « crises récentes ») ; 3) le nombre de risques identifiés ; 4) l'existence d'un Plan de Prévention des Risques (PPR), et 5) le classement en Territoire à Risque Important d'inondation (TRI). Les trois dernières variables permettraient de savoir si l'équipement est bien priorisé sur les « zones les plus à risque », comme le suggère le site du ministère de l'Intérieur. Pour chacune des variables, nous avons comparé les communes non équipées (RNA/SAIP), et celles dotées de sirènes RNA ou SAIP.

2.3.1. Une relocalisation au profit des communes les plus peuplées

a. Une baisse significative du nombre de communes équipées dans les grandes aires urbaines…

Le passage du réseau RNA au réseau SAIP est associé à une réduction du nombre de sirènes en région Sud-PACA (-50), et à une réduction du nombre de communes équipées (-75). Cette baisse est la plus élevée pour les communes appartenant à de grandes aires urbaines de plus de 500 000 habitants (-39 sirènes et -56 communes équipées). La baisse est aussi observée pour les autres catégories de communes, mais dans des proportions faibles (Tableau 2.3). Le fait que ce soit les communes appartenant à de grandes aires urbaines qui enregistrent la plus forte réduction du nombre de sirènes est surprenant puisque l'équipement des communes est censé tenir compte des densités de population selon le site du ministère de l'Intérieur. Ce constat peut également sembler contradictoire vis-à-vis de l'analyse centrographique.

Les proportions sont toutefois conservées : les communes appartenant à de grandes aires urbaines restent les plus représentées parmi les communes équipées, et également celles qui bénéficient de la plus grande dotation en sirènes SAIP (Figure 2.3). Les communes rurales ou appartenant à des petites et moyennes aires urbaines restent celles qui sont le moins équipées (avec des pourcentages respectifs de 15,5, 20,2 et 9,3% en région Sud-PACA), alors que le nombre de communes appartenant à une grande aire urbaine dépasse les 50% (Figure 2.3).

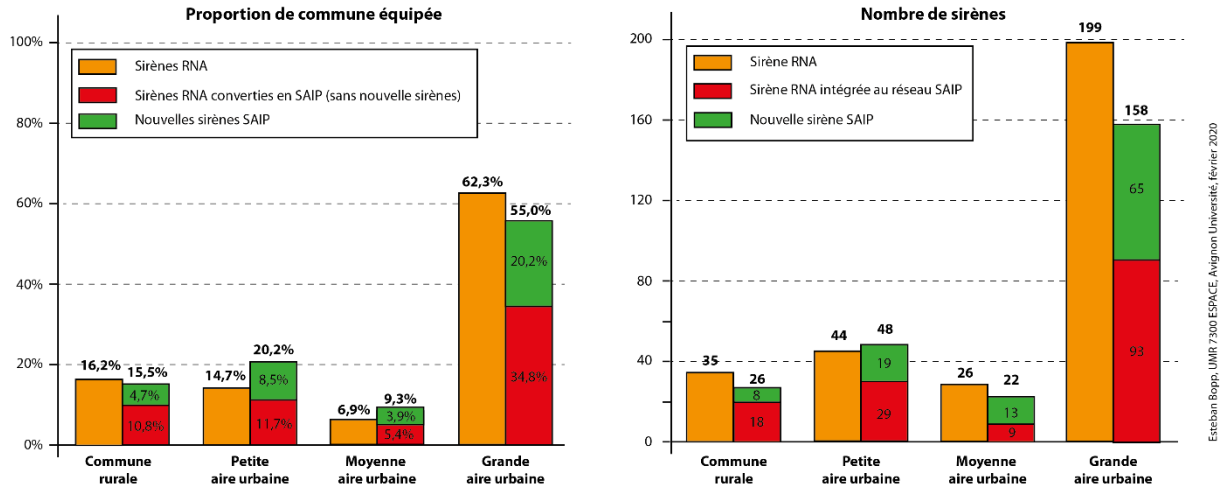


Figure 2.3. Proportion de communes équipées et nombre de sirènes SAIP et RNA en fonction du type d'aire urbaine d'appartenance des communes (nomenclature INSEE, 2016)

b. …mais un nombre d'individus vivant dans une commune équipée qui reste stable

Le passage du réseau RNA au réseau SAIP n'induit pas une forte diminution dans le nombre d'individus vivant dans une commune équipée d'une sirène (-1,6% ; Tableau 2.3). Ce chiffre augmente même pour les communes appartenant à une grande aire urbaine : malgré la perte de 39 sirènes, le nombre d'individus vivant dans une commune équipée est 3,5% supérieur à la couverture du réseau RNA. On peut alors parler d'une « optimisation » dans la relocalisation des sirènes. Les sirènes SAIP se concentrent davantage dans les communes fortement peuplées : les trois communes les plus peuplées de la région (Marseille, Nice, Toulon) sont celles qui disposent le plus de sirènes SAIP (19 pour Marseille, 14 pour Nice, 9 pour Toulon). 40% des communes appartenant au premier quartile des communes les plus peuplées de la région Sud-PACA sont désormais équipées en sirènes SAIP. La concentration dans les communes peuplées induit en revanche une inégalité d'équipement entre les communes. Celles qui sont moins peuplées sont clairement sous dotées : sur les 237 communes appartenant au quartile des communes les moins peuplées de la région Sud-PACA, une seule est équipée en sirène SAIP.

La concentration des sirènes au profit des communes fortement peuplées est aussi avérée en observant le nombre moyen de sirènes par communes équipées. Les communes appartenant à une grande aire urbaine sont dotées de 2,25 sirènes en moyenne, contre 1,57 sirène en moyenne pour les communes équipées d'une sirène appartenant à une grande aire urbaine (Tableau 2.3). Enfin, le coefficient de corrélation (Spearman) est plus marqué entre le nombre de sirènes SAIP et le nombre d'habitants (rho=0,59) qu'entre le nombre de sirènes RNA et le nombre d'habitants (rho=0,46). Finalement, le nombre d'habitants est bien un paramètre pouvant expliquer l'équipement des communes en sirènes SAIP, mais il n'est pas exclusif.

Tableau 2.3. Évolution du nombre de sirènes, de communes équipées, du nombre moyen de sirènes par commune et du taux d'habitants vivant dans une commune équipée lors du passage du réseau RNA au réseau SAIP

		Commune hors AU	**Petite AU** (<50 k hab.)	**Moyenne AU** (50 k – 500 k hab.)	**Grande AU** (>500 k hab.)	**Total**
Nombre de communes		430	104	70	127	946
Cumul du nombre d'habitants		388 437	331 633	435 725	3 866 103	5 021 928
Nombre de sirènes	RNA	35	44	26	199	304
	SAIP	26	48	22	158	254
	Diff	-9	+4	-4	-41	-50
Nombre de communes équipées	RNA	33	30	14	127	204
	SAIP	20	26	12	71	129
	Diff	-13	-4	-2	-56	-75
Part des communes équipées (%)	RNA	7,7%	28,8%	20,0%	37,1%	32,1%
	SAIP	4,7%	25,0%	17,1%	20,8%	26,8%
	Diff	-3,0%	-3,8%	-2,9%	-16,3%	-5,3%
Nombre moyen de sirènes par commune	RNA	1,06	1,47	1,86	1,57	1,49
	SAIP	1,30	1,85	1,83	2,23	1,79
	Diff	+0,09	+0,38	+0,06	+0,68	+0,30
% d'habitants vivant dans une commune équipée	RNA	22,2%	69,2%	88,4%	59,4%	59,9%
	SAIP	19,0%	63,5%	48,6%	62,9%	58,3%
	Diff	-3,2%	-5,7%	-39,8%	+3,5%	-1,6%

2.3.2. La relocalisation des sirènes n'est pas expliquée par le nombre d'arrêtés de catastrophe naturelle…

La base Gestion Assistée des Procédures Administratives relatives aux Risques (GASPAR) du Ministère chargé de l'Environnement contient l'ensemble des déclarations communales de l'état de catastrophe naturelle depuis le 1er janvier 1983. Une commune qui aurait subi des dommages suite à un phénomène naturel peut demander, *via* la constitution d'un dossier, ce classement en état de catastrophe naturelle. En région Sud-PACA, 832 communes (soit 88% des communes de la région) ont déjà été classées au moins une fois en état de catastrophe naturelle sur la période 1983-2018, et la moyenne du nombre d'arrêté est élevée (6,3) par rapport à la moyenne nationale (4,9).

Les communes équipées en sirènes SAIP ont été classées en état de catastrophe 10,9 fois en moyenne, et ce chiffre est identique pour les communes équipées en sirènes RNA (Tableau 2.4). Parmi le premier quartile des communes ayant le plus été classées en état de catastrophe naturelle, 27,9% sont équipées en sirène SAIP, contre 8,6% pour les autres communes. Avec le réseau RAN, 44,5% des communes appartenant au premier quartile des communes ayant le plus été classées en état de catastrophe naturelle étaient équipées, 17,5% pour les autres communes. La relation entre le nombre de sirènes SAIP et le nombre d'arrêtés de catastrophe

naturelle est faible (rho=0,32), tout comme le nombre de sirènes RNA et le nombre d'arrêtés de catastrophe naturelle (rho=0,29). De plus, cette faible relation est à relativiser puisque la corrélation entre le nombre d'habitants et le nombre d'arrêtés de catastrophe naturelle est plutôt forte (rho=0,67) en région Sud-PACA.

Les communes équipées en sirènes (RNA, SAIP) ont bien un nombre d'arrêtés de catastrophe naturelle moyen supérieur à la moyenne de la région Sud-PACA. En revanche, le nombre d'arrêtés de catastrophe naturelle ne semble pas être un facteur déterminant dans la stratégie de relocalisation des sirènes, et ces résultats viennent donc infirmer les propos du sénateur Vogel (2017), qui affirmait que l'équipement des sirènes avait été réfléchi en « priorisant les territoires victimes de crises récentes ». Pour valider cette idée, il faudrait toutefois connaître de ce que le gouvernement considère comme « crise récente » (quel événement est considéré comme une crise ? Quel événement n'en est pas une ? Que signifie le terme « récent » ?). En complément, les autorités peuvent avoir décidé de ne retenir qu'un nombre réduit de catastrophes « majeures », ce qui expliquerait le fait que la relation entre le nombre d'arrêtés de catastrophe naturelle et le nombre de sirènes soit si faible lorsque l'on analyse l'ensemble de la série statistique (i.e. l'ensemble des arrêtés depuis 1982). Par exemple, l'aval du bassin versant de l'Argens (25 morts en 2010) et celui de la Maravenne (7 morts en 2014) sont bien équipés en sirènes SAIP, alors qu'ils n'étaient pas équipés en sirènes RNA.

Nous avons souhaité explorer davantage ce paramètre, en ne conservant que les arrêtés de catastrophe naturelle postérieurs à 2009 (2010 étant le lancement du projet SAIP). On observe un écart entre le nombre moyen d'arrêtés de catastrophe naturelle des communes équipées en sirènes SAIP (3,05), par rapport aux communes équipées en sirènes RNA (2,48), mais la différence n'est pas non plus exceptionnelle. Il est probable que le seuil retenu pour identifier les territoires ayant récemment été impactés par les crises se fonde sur des critères bien plus subjectifs, mais qui sont impossibles à vérifier avec la base GASPAR.

Tableau 2.4. Nombre d'arrêtés moyens et valeurs du coefficient de corrélation de Spearman entre le nombre d'arrêtés et le nombre de sirènes selon l'équipement des communes de la région Sud-PACA en sirènes RNA ou SAIP

		RNA		SAIP	
		Commune équipée (n=200)	**Commune non équipée (n=746)**	**Commune équipée (n=128)**	**Commune non équipée (n=818)**
Arrêté Cat-Nat (1983-2020)	Nombre moyen d'arrêtés CatNat	10,91	5,12	10,89	5,62
	Corrélation nombre d'arrêtés / nombre de sirènes (Spearman)	0,29		0,32	
Arrêté Cat-Nat (2010-2020)	Nombre moyen d'arrêtés CatNat	2,48	1,21	3,05	1,23
	Corrélation nombre d'arrêtés / nombre de sirènes (Spearman)	0,19		0,27	

Enfin, la Figure 2.4. permet de combiner la variable « population » avec la variable nombre d'arrêtés de catastrophe naturelle afin de comparer les communes équipées en sirènes SAIP

de celles que ne le sont pas. Cette figure met en évidence la liste des communes fortement peuplées et fortement impactées par des catastrophes naturelles (Cagnes-sur-Mer, Villeneuve-Loubet, Arles, Avignon, Ansouis) qui ne sont pas équipées en sirènes SAIP (en violet sur la figure). À l'inverse, des communes peu peuplées et qui se caractérisent par une absence de sinistralité (La Palud-sur-Verdon, Lamotte-du-Rhône, Aiguille, Beaurecueil, etc.) sont pourtant bien équipées en sirènes SAIP (en rose sur la figure). Ainsi, la combinaison de ces deux variables n'est pas suffisante pour expliquer les choix d'équipement des communes en sirènes SAIP en région Sud-PACA. D'autres variables doivent être explorées.

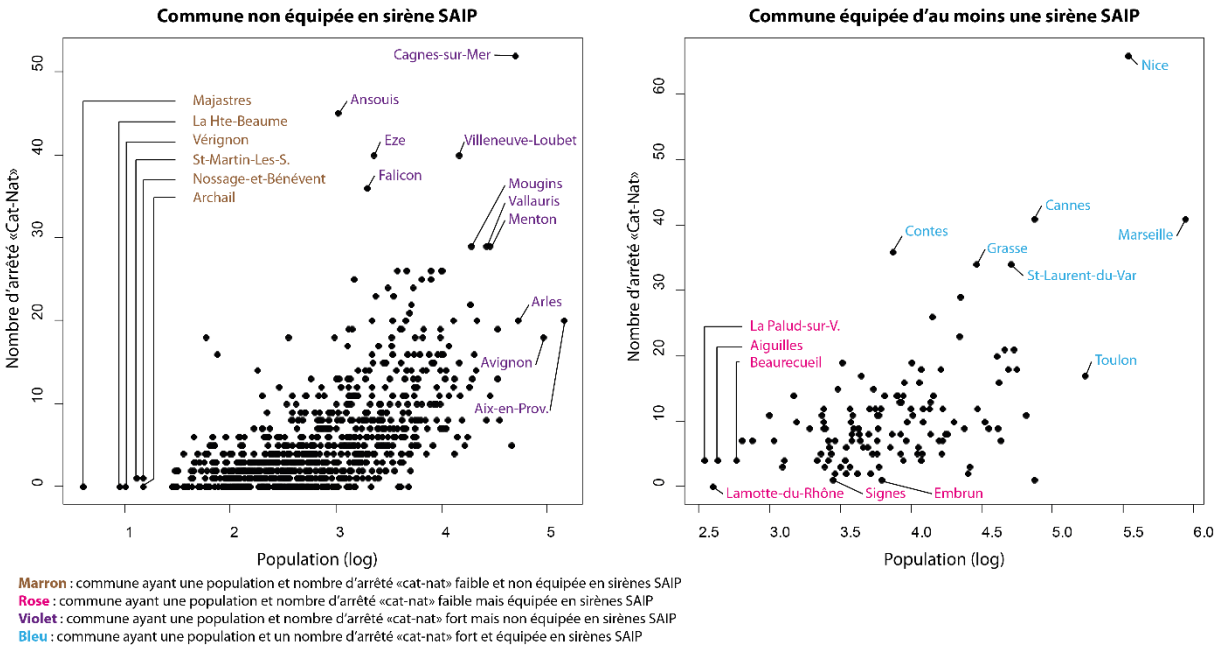


Figure 2.4. Nuage de points des communes de la région PACA non équipées en sirène SAIP (à gauche) et équipées (à droite) en fonction du nombre d'arrêtés "Cat-Nat" (en abscisse) et du logarithme de la population (en ordonnées).

2.3.3. …ni par le nombre de risques

Le nombre de risques par commune (issu des Dossiers Départementaux des Risques Majeurs) a été corrélé à la localisation des sirènes. En région Sud-PACA, une commune est exposée en moyenne à 4,7 risques majeurs, avec une étendue qui varie entre 1 et 8 risques. Le nombre moyen de risques pour les communes équipées en sirènes SAIP est de 5,6, contre 5,4 pour les communes équipées en sirènes RNA, soit une légère augmentation, mais qui parait nettement insuffisante pour expliquer les choix de relocalisation des sirènes. Dans le détail, 36,1% des communes exposées à 6 risques et plus sont équipées en sirènes SAIP, contre 7,5% des communes exposées à 5 risques et moins. Un tel seuil existait déjà pour les sirènes RNA : 45% des communes exposées à 6 risques et plus étaient équipées par une sirène RNA, contre 14,7% des communes exposées à 5 risques et moins. L'écart entre ces taux d'équipement selon l'exposition aux risques est un peu plus marqué pour les sirènes RNA que pour les sirènes SAIP. Par ailleurs, la corrélation entre le nombre de sirènes SAIP et le nombre de risques est faible (rho=0,32) tout comme l'était la relation entre le nombre de sirènes RNA et le nombre de risques (rho=0,31). Il est donc impossible d'avancer que le

nombre de risques auxquels sont exposées les communes est une variable explicative des choix d'équipement des communes en sirènes SAIP.

2.3.4. Les PPR ou les TRI : des variables toujours aussi peu explicatives

L'existence d'un Plan de Prévention des Risques, qui a pour objectif de légiférer l'urbanisation dans les zones exposées, ou la classification de la commune en Territoire à Risque Important d'inondation (TRI), qualifiant les territoires où les risques d'inondation sont les plus forts au sens de la Directive européenne Inondation (Bopp, 2016), traduit la prise en compte du risque dans la réglementation et la planification, et ils pourraient jouer sur la distribution des sirènes.

Sur les 485 communes dotées d'un PPR en région Sud-PACA, 105 sont équipées en sirènes SAIP (21,6%), mais 165 étaient équipées en sirènes RNA (34,0%). À l'inverse, 37 communes sur les 461 non dotées d'un PPR sont équipées d'une sirène SAIP (8,0%) et 48 étaient dotées d'une sirène RNA (10,4%). Les communes avec un PPR affichent donc un taux d'équipement en sirènes supérieur aux communes non couvertes par cette réglementation. Toutefois il ne s'agit pas là d'une causalité forte : les 485 communes équipées d'un PPR concentrent 87,8% de la population de la région Sud-PACA et nous avons observé précédemment que le nombre d'habitants des communes était un facteur d'équipement en sirènes.

Sur les 144 communes classées en TRI, 60 sont équipées en sirènes SAIP (41,7%), alors que 89 étaient équipées en sirènes RNA (61,8%). Sur les 802 communes non classées en TRI, 112 sont équipées en sirènes SAIP (14,0%) et 147 étaient équipées en sirènes RNA (18,3%). Les communes classées en TRI affichent elles aussi un taux d'équipement en sirène supérieur aux communes non classées en TRI. On constate toutefois une très nette diminution du taux d'équipement des communes classées en TRI quand on passe du RNA au SAIP, alors même que cette classification (en TRI) date de 2012. Or, le fait que l'équipement soit supérieur pour les communes classées en TRI peut également s'expliquer par le fait que ces communes se caractérisent par un nombre d'habitants plus important que les autres communes de la région (68,6% de la population de la région réside dans une des 144 communes classées TRI).

Devant un tel résultat, il est illusoire d'avancer que ces critères ont été pris en compte dans la méthode de priorisation des bassins de risques et dans le choix des communes à équiper en sirènes SAIP. Deux pistes d'explication peuvent être avancées : 1) il n'y a pas de coordination entre les différentes politiques de gestion des risques, à cause notamment d'un cloisonnement ministériel (l'alerte relève du ministère de l'Intérieur, tandis que la gestion des risques relève du ministère chargé de l'Environnement) ; 2) la localisation des sirènes ne peut être expliquée par la simple étude des relations bivariées, et c'est dans cette direction que nos travaux se poursuivent.

2.3.5. Vers une lecture synthétique de la distribution des sirènes SAIP

L'objectif de cette approche synthétique est double : 1) opposer des communes équipées en sirènes SAIP pour voir si des profils apparaissaient et si les variables précédemment étudiées jouent de manière combinée ; 2) identifier des communes ne répondant à aucune variable explicative, parmi celles retenues, et dont l'équipement en sirènes SAIP renverrait à d'autres logiques non identifiées dans ce chapitre.

Une Classification Hiérarchique sur Composantes Principales (appelée CHCP) a été réalisée sous *Rstudio* (Husson *et al.*, 2010). Étant donné que les variables explicatives de l'équipement en sirène SAIP sont des données quantitatives et/ou qualitatives, une Analyse Factorielle des Données Mixtes (AFDM ; Pagès, 2004) a été opérée au préalable, à la suite de laquelle nous avons retenu les 4 premiers facteurs (ce qui a permis de conserver 91% de l'inertie initiale). Une Classification par Ascendance Hiérarchique (CAH) a été réalisée sur les coordonnées de ces 4 facteurs, et en regardant l'inertie du dendrogramme obtenu, 4 classes de communes ont été conservées, puis cartographiées (Figure 2.6). Les résultats de l'AFDM sont représentés graphiquement (Figure 2.5) : la population, le nombre d'arrêtés de catastrophe naturelle et le classement en TRI (dans une moindre mesure) contribuent fortement à la première dimension tandis que l'absence de PPR contribue très fortement à la 2e dimension (ainsi que le nombre de risques dans une moindre mesure).

Une première classe (en noir) n'est composée que de deux communes : Marseille et Nice, qui se caractérisent par une population et un nombre d'arrêtés de catastrophe naturelle très élevés (deux variables qui contribuent fortement à la première dimension de l'AFDM). La deuxième classe (en rouge) est composée de 24 communes qui se caractérisent par l'absence de PPR (variable contribuant fortement à la 2e dimension) et par un nombre important d'arrêtés « cat-nat », mais qui est contrebalancé (sur la dimension 1) par une population moins élevée que la moyenne des communes équipées. La troisième classe (en vert) est composée de 56 communes qui se caractérisent par un équipement en PPR, une population et un nombre d'arrêtés de catastrophe naturelle plutôt élevée, et par l'absence de communes classées en TRI. La quatrième classe (en bleu) est composée de 47 communes dotées de PPR, mais non classées en TRI, également moins peuplées et avec un nombre d'arrêtés de catastrophe naturelle relativement faible. La Figure 2.6 localise les classes de communes à l'échelle de la région Sud-PACA.

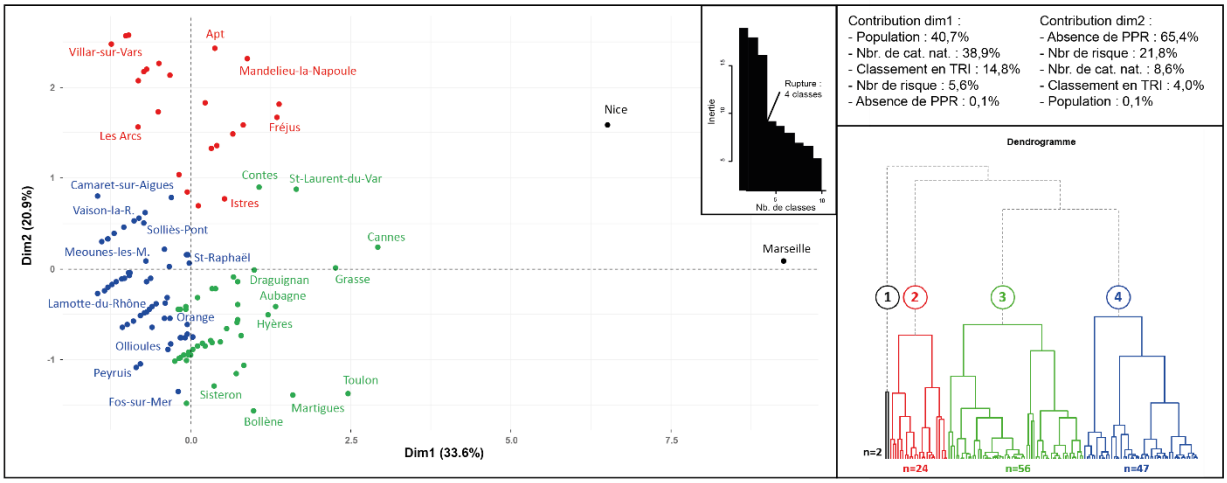


Figure 2.5. Analyse factorielle des données mixtes et classification par ascendance hiérarchique des communes équipées en sirènes SAIP selon cinq variables explicatives

Nous avons ensuite cherché à observer si des communes équipées ne répondent à aucune variable explicative. Pour les variables quantitatives (nombre d'habitants, le nombre d'arrêtés de catastrophe naturelle et le nombre de risques), on considère qu'une variable est « remplie » à partir du moment où la valeur de la commune est supérieure aux médianes de ces valeurs sur l'ensemble de la région Sud-PACA. Pour les variables catégorielles, la variable est remplie

si la commune est dotée d'un PPR ou classée en TRI. Toutes les communes répondent à minima à deux variables sur cinq et 27 communes (sur 129) répondent positivement aux cinq variables. Ainsi, il n'existe pas de communes équipées en sirène SAIP qui échappe aux variables explicatives que nous avons retenues.

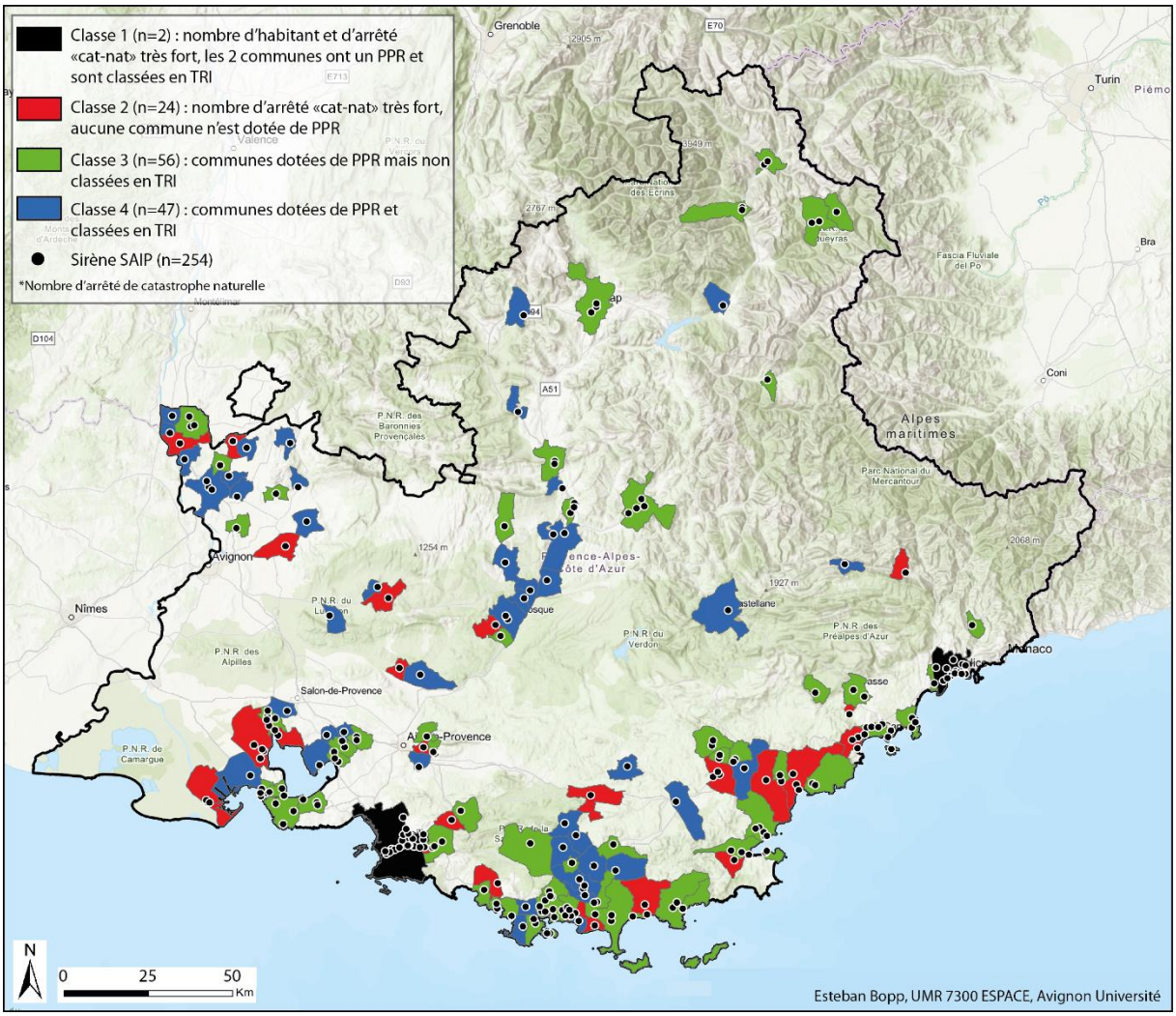


Figure 2.6. Cartographie des 4 classes de communes tirées de la CAH des communes équipées en sirènes SAIP en région Sud-PACA

Pour résumer : Le passage du réseau RNA au réseau SAIP s'est accompagné d'une logique de priorisation de l'équipement des sirènes pour les communes fortement peuplées. Alors que le nombre de sirènes et de communes équipées a été réduit, le nombre d'individus vivant dans une commune équipée évolue peu à l'échelle de la région Sud-PACA. Le nombre d'arrêtés de catastrophe naturelle, le nombre de risques, la dotation d'un PPR ou le classement en TRI caractérisent les communes équipées en sirènes SAIP par rapport aux communes non équipées, mais ne permettent cependant pas d'expliquer les choix d'équipement des communes en sirènes SAIP par rapport aux communes anciennement équipées en RNA. Ces choix d'équipement restent donc en partie opaques et pourraient se rattacher à des décisions purement politiques et sans critères objectifs.

2.4. Un statut de « premier moyen » nettement discutable

2.4.1. Des « trous dans la raquette » qui subsistent à travers les échelles

Au sein des communes équipées, la répartition des sirènes n'assure pas nécessairement une couverture totale de l'ensemble des habitants. Pour compléter notre analyse, nous avons alors estimé un taux d'alertabilité pour les sirènes, qui consiste à rapporter le nombre de résidents en capacité d'être atteint par l'alarme, sur l'ensemble de la population communale. Plus le taux d'alertabilité est élevé, plus la sirène est en mesure de jouer son rôle.

a. Définition et calcul du taux d'alertabilité par sirènes

Plusieurs travaux ont déjà étudié le périmètre d'audibilité autour des sirènes (Douvinet, 2018 ; Mathews *et al.*, 2017 ; Zunkel, 2015b), mais les seuils d'audibilité retenus sont variables. Le principe consiste à appliquer un « buffer » autour de chaque point émetteur, et de compter le nombre d'habitants présents dans ce rayon. Si la méthode comporte des limites (précisées quelques paragraphes plus bas) elle permet néanmoins d'avoir une idée générale de la performance spatiale des sirènes. Pour délimiter le rayon d'audibilité, il faut calculer un rayon d'audibilité minimale, et utiliser le coefficient d'atténuation acoustique, qui est de 6 décibels (dB) par doublement de la distance, selon Bruitparif[7]. Deux autres paramètres ont été pris en compte pour identifier l'isoligne d'audibilité minimale : 1) l'atténuation du son à travers un obstacle (un mur d'une épaisseur de 10 cm) qui est de 47 dB et qui simule l'atténuation d'un son provenant de l'extérieur pour un individu situé dans un bâtiment (en position résidentielle) ; 2) le volume sonore ambiant, estimé en moyenne à 30dB (équivalent du volume sonore dans une chambre ou dans un bureau silencieux). En fonction du milieu environnant, le bruit ambiant peut atteindre des valeurs bien supérieures, comme à proximité des axes routiers (on peut atteindre 50, voire 70db en période de pointe), ou inférieure (le son est estimé à moins de 20db en campagne, d'après une discussion orale avec Pierre Aumond, chercheur en acoustique à l'IFSTTAR[8]). Cette valeur mériterait d'être affinée et ajustée selon les contextes.

En additionnant l'atténuation du sol et le volume sonore ambiant, on obtient un niveau minimal de 77 dB. Cela signifie que dès que le volume sonore sera inférieur à 77dB, nous estimons que la sirène n'est plus clairement audible, ce qui se traduit par la formule suivante :

$$Cd = \frac{(VSS - (ATo + VSA))}{6}$$

$$Cd = \frac{(140 - (47 + 30))}{6}$$

Avec Cd : le coefficient de doublement de distance ;
VSS le volume sonore de la sirène à 1 mètre ;
ATo à l'atténuation du son à travers un obstacle ;
VSA le volume sonore ambiant.
Le coefficient de doublement de distance *Cd* est égal à 10,5. Il faut donc doubler la distance 10,5 fois pour obtenir le rayon d'audibilité minimale de la sirène qui est de 1 413m (Figure 2.7).

[7] De l'émission du son à la propagation d'un bruit, Bruitparif : https://www.bruitparif.fr/propagation/, consulté le 09/04/2020
[8] Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux.

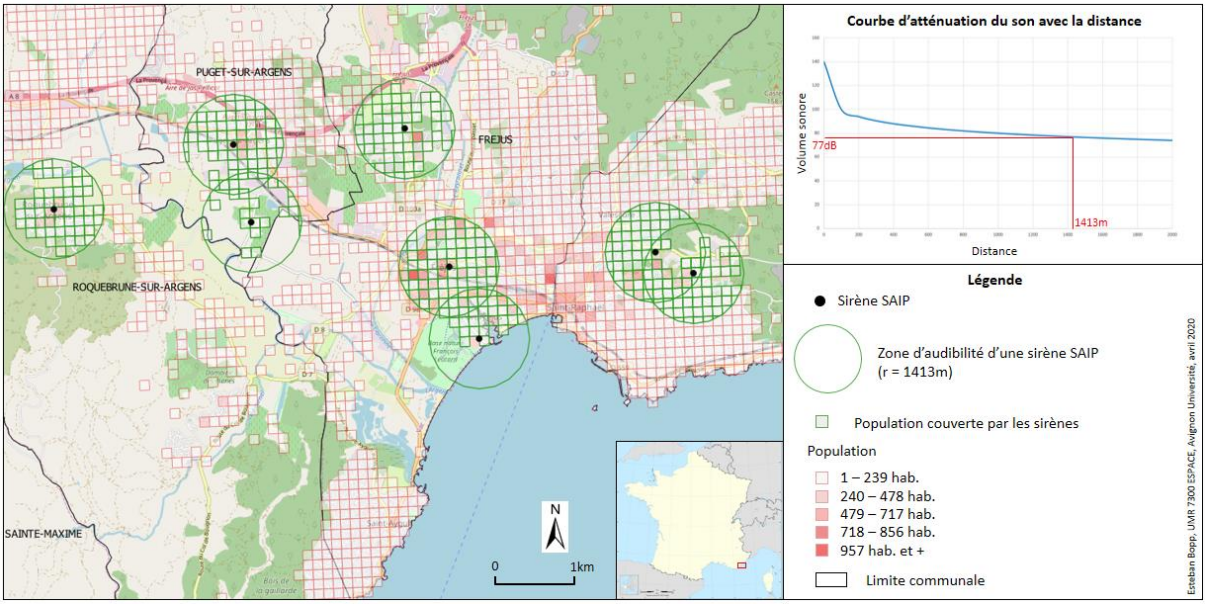


Figure 2.7. Application de la méthode à la commune de Fréjus (83)

Les données carroyées à 200m (INSEE, 2015) permettent ensuite de répartir la population en fonction de leur lieu de résidence. Ces données fournissent des informations sur le nombre et l'âge des individus pour chaque carreau, excepté pour les carreaux de moins de 11 habitants, où les données sont alors estimées pour protéger le secret statistique. Pour calculer les taux d'alertabilité à l'échelle de la commune, l'ensemble des individus âgés de plus de 17 ans situés à l'intérieur de la zone d'audibilité des sirènes ont été additionnés, puis rapportés à l'ensemble des individus âgés de plus de 17 ans résidants dans la commune.

La méthode reste sujette à caution pour plusieurs raisons : 1) elle ne prend en compte que les résidents, alors que la mobilité domicile-travail conduit à une fluctuation dans le recensement des personnes présentes au cours de la journée ; 2) cette méthode ne prend pas non plus en compte les touristes, qui peuvent pourtant accroître le nombre de présents dans une commune à certaines périodes de l'année ; 3) l'audibilité d'une sirène varie selon les conditions locales. La météo et le sens du vent, l'humidité de l'air et la pression atmosphérique jouent sur la portée des sons en extérieur (Attenborough & Renterghem, 2021). L'existence d'obstacles naturels (relief) ou artificiels (bâtiments) va aussi jouer sur l'atténuation, la diffraction et la déviation des ondes sonores (Borchi *et al.*, 2016). Un individu situé dans un bâtiment à murs épais ou dans un environnement bruyant peut aussi ne pas entendre la sirène quand bien même il se situerait dans son périmètre d'audibilité. Toutefois, le calcul du taux d'alertabilité nous permet d'estimer la part de la population « couverte » de manière plus fine que de considérer les habitants d'une commune équipée comme alertables par sirènes.

b. Application à la région Sud-PACA

En appliquant cette méthode, on estime que 38,2% des individus localisés dans la région Sud-PACA seraient « alertables » par les 254 sirènes SAIP (soit 1,9 million d'habitants environ), et environ 3,1 millions d'habitants ne peuvent donc pas être alertés par ce moyen, ce qui est un chiffre plus précis que le nombre de résidents d'une commune équipée. 81% des communes ont un taux d'alertabilité équivalent à 0 (due à l'absence de sirènes), et les valeurs sont disparates pour les 19% restants. Le taux d'alertabilité moyen pour les communes équipées est de 58,1%. Le premier quartile est de 29,8%, et le troisième de 83,8%. 2 communes ont

d'ailleurs un taux d'alertabilité de 100% : Aiguille (05 ; 428 habitants) et Saint-Mandrier-sur-Mer (83 ; 5 766 habitants). Si on traduit autrement les chiffres, cela signifie qu'un quart des communes équipées en sirènes SAIP peuvent en théorie alerter moins de 30% de la population résidente. Il semble dès lors nécessaire de développer des moyens d'alerte complémentaires, y compris dans les communes déjà pourvues de sirènes.

Ainsi, le taux d'alertabilité par sirène est inégal entre les communes de la région Sud-PACA, mais également au sein des communes équipées ou une part variable de la population n'est pas située dans l'aire d'audibilité des sirènes (excepté pour les 2 communes précédemment citées). Cette inégalité prend d'autant plus de sens quand on classe les communes en fonction du type d'aire urbaine d'appartenance (Figure 2.8). Seulement 6,9% des individus résidant dans des communes hors aires urbaines seraient alertables alors que 46,8% des individus résidant dans de petites aires urbaines (inférieure à 50 000 habitants) le sont, soit un écart de 39,9%. C'est d'ailleurs dans ces petites aires urbaines que les sirènes SAIP sont les plus performantes, car le taux d'alertabilité des communes appartenant à des aires urbaines, comprises entre 50 000 et 500 000 habitants, est de 29,6%, et celui des communes appartenant à des aires urbaines supérieures à 500 000 habitants est de 38,6% (respectivement 17,2% et 8,2% de moins que les communes appartenant à des aires urbaines inférieures à 50 000 habitants).

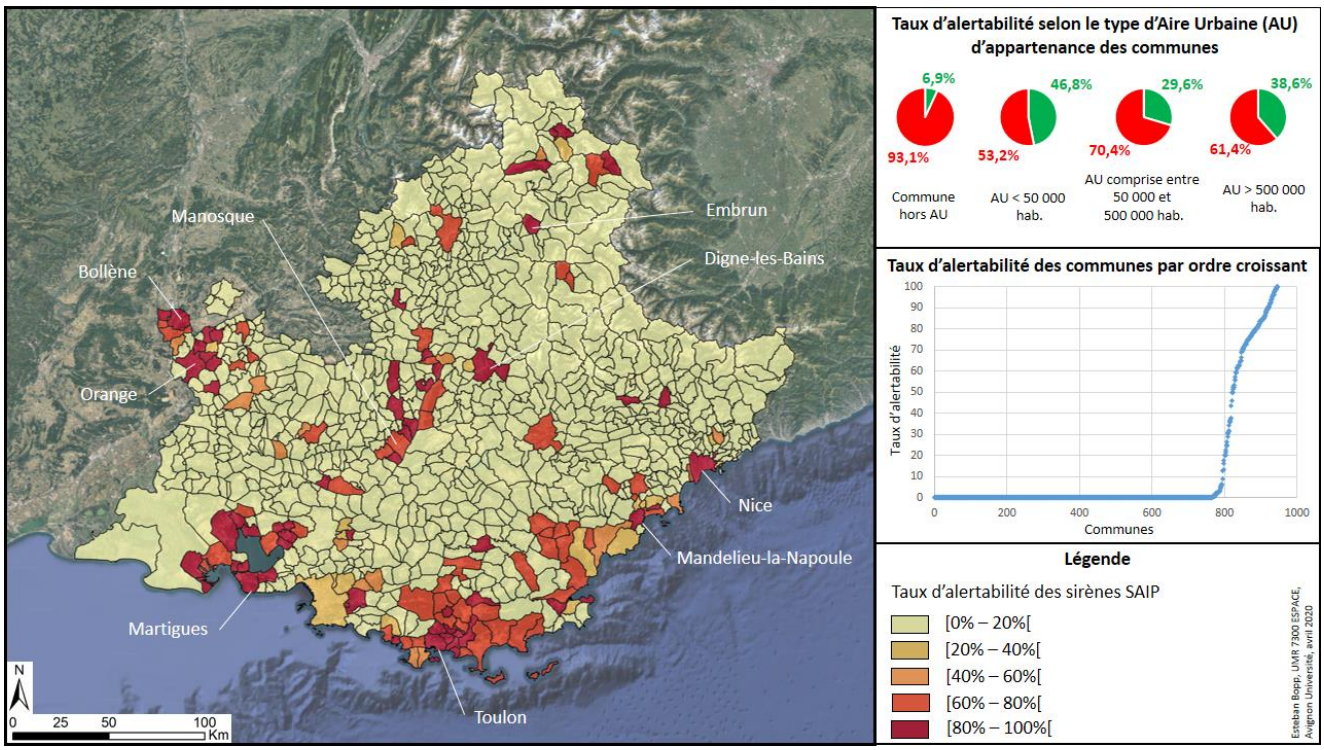


Figure 2.8. Carte du taux d'alertabilité par les sirènes SAIP en région Sud-PACA

2.4.2. Une solution peu opérationnelle

Même si la sirène est le moyen d'alerte prioritaire en France, les décideurs ne l'activent pas nécessairement et pas toujours à bon escient. L'exemple de l'accident industriel de l'entreprise Lubrizol est révélateur de la vision qu'ont les acteurs opérationnels de cette solution. Le 26 septembre 2019 à 2h40, un incendie est constaté sur le site de l'entreprise Lubrizol à Rouen

(76). Le préfet de Seine-Maritime informe la population de la situation sur les réseaux sociaux (à 4h50) et par des communiqués de presse (5h15 et 6h45). Mais les sirènes n'ont été activées qu'à 7h45 du matin, soit plus de cinq heures après le début de l'accident.

Lors d'un entretien que nous avons mené avec le Préfet en septembre 2021, M. Durand explique ce choix pour 2 raisons : 1) la peur de créer une réaction de panique si les sirènes avaient sonné en pleine nuit ; 2) la crainte d'avoir à gérer une évacuation anarchique alors que l'enjeu était d'éviter la moindre congestion sur le réseau routier menant à l'entreprise pour faciliter l'accès aux services de secours. Durant cet événement, l'activation de la sirène à 7h45 avait ainsi pour objet d'appuyer les consignes de confinement (envoyée précédemment par point presse). La sirène n'est cependant pas censée révéler un danger déjà bien identifié et sur lequel les autorités avaient déjà communiqué. L'activation de la sirène permet ici d'indiquer à la population que la situation a été prise en compte par les autorités, mais n'est pas utilisée comme un moyen d'alerte, i.e. un moyen qui « *diffuse un signal caractéristique et intrusif réputé annoncer un danger et destiné à prescrire un comportement réflexe de sauvegarde* » (DGSCGC, 2013).

Cette « peur de la panique » est souvent mise en avant dans les discours sur la non-utilisation des sirènes (Douvinet, 2020). Pourtant, les chercheurs démentent ce « mythe », en précisant que face à un danger, l'aide mutuelle et la recherche de proximité de personnes et de lieux familiers prédominent, bien plus que des mouvements de panique chaotiques et déraisonnés (Mawson, 2005). L'un des problèmes est que la sirène ne diffuse pas de consigne et que seuls 22% de la population déclare savoir quoi faire lorsque les sirènes retentissent (selon un sondage IFOP réalisé en 2013, et cité par Vogel, 2017). Une enquête réalisée en 2016 durant un exercice de sécurité civile à Sorgues (84) afin d'observer les réactions comportementales lors du déclenchement d'une sirène PPI confirme ce constat (Douvinet, 2018). Pire, cette enquête démontre que même les individus connaissant les bonnes pratiques ne les mettent pas en œuvre lorsque la sirène sonne : si 72 et 75 individus (sur les 280 interrogés) savent qu'il faut s'informer ou se calfeutrer dès que la sirène sonne, seulement 61 disent l'avoir fait lorsque les sirènes ont été activées (Figure 2.9).

Ces résultats montrent que cette solution ne peut être efficace que si l'information préventive est correctement réalisée au préalable par les pouvoirs publics, et que si les individus savent pleinement à quelle menace la sirène fait référence et comment il faut réagir. Or, l'information préventive sur les risques naturels a souvent été pointée du doigt (Becerra *et al.*, 2013 ; Bellurot *et al.*, 2013 ; Blesius, 2013) et les études épidémiologiques montrent qu'une part de la mortalité durant les catastrophes est liée à des comportements inadaptés et donc à une méconnaissance des consignes de mise en sécurité (Boissier, 2013 ; Vinet *et al.*, 2019, 2012). Dès lors, la sirène qui se veut le moyen prioritaire en France apparaît surtout comme un moyen complémentaire et ne peut être raisonnablement activée sans l'envoi en parallèle (voir en amont) d'informations et de consignes comportementales.

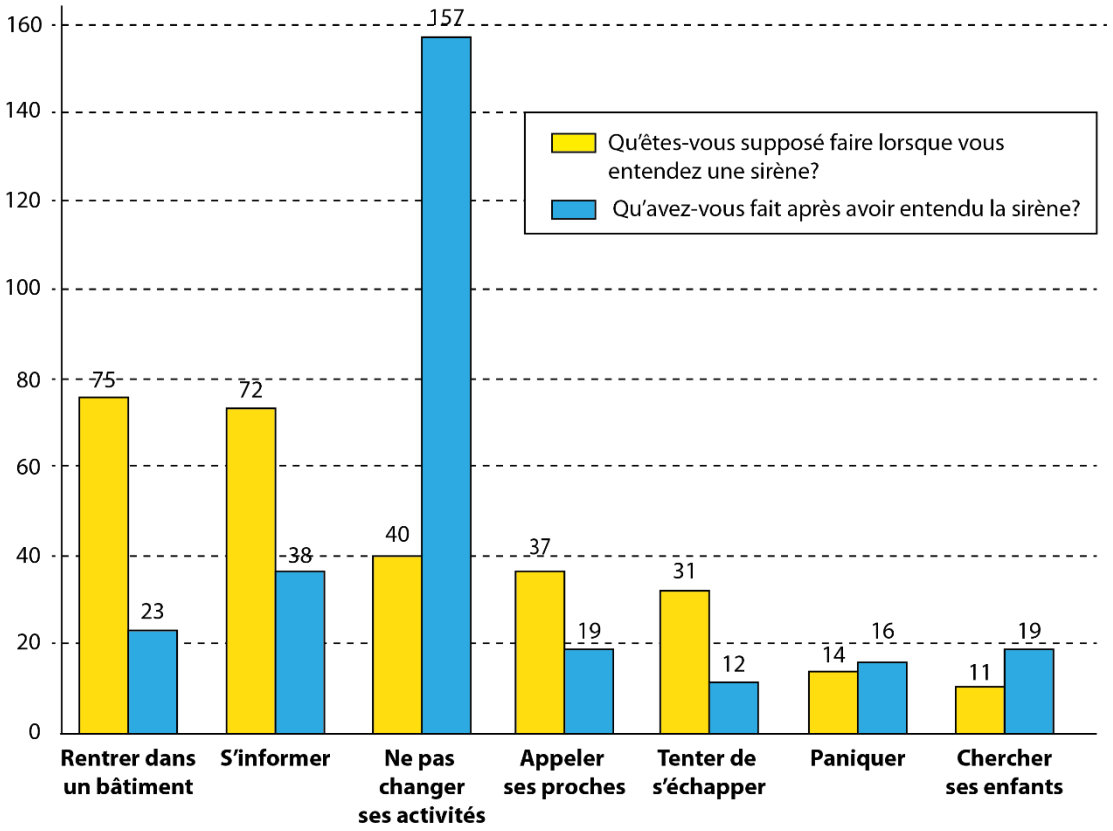


Figure 2.9. Décalages entre les actions mises en œuvre en cas d'alerte réelle et les actions mises en œuvre lors d'un exercice où des sirènes ont été activées (n=280 dont 27 individus au courant de l'exercice ; modifié d'après Douvinet, 2018).

Pour résumer : Malgré une confiance des services de l'État dans les sirènes d'alerte, force est de constater que les inégalités en termes d'équipement (échelles régionale et communale) et d'audibilité (aux échelles fines) viennent s'ajouter aux réticences d'utilisation des acteurs et à la méconnaissance des consignes à appliquer pour les individus. Dès lors, il est bien difficile de considérer la sirène comme un moyen d'alerte prioritaire à l'échelle nationale.

2.5. Éléments de discussion

2.5.1. Optimiser l'emplacement des sirènes ?

En guise de discussions, nous avons d'abord cherché à optimiser l'emplacement des sirènes en région Sud-PACA en tenant compte de la densité de population (Figure 2.10). Nous avons créé un quadrillage régulier au sein duquel chaque carré a une longueur et une largeur de 1 060m (il est ainsi circoncis à l'intérieur d'un cercle de rayon r=1 413m, ce qui signifie qu'une sirène est théoriquement audible en tout point du carré). Nous avons ensuite compté le nombre d'individus dans chacun des carrés et retenu les 254 carrés les plus densément peuplés.

Avec cette méthode, 47,88% des individus pourraient être alertables en région Sud-PACA (soit 9,69% en plus par rapport à la localisation actuelle des sirènes SAIP). Il faudrait 16 987 sirènes

pour alerter la totalité de la population (en gardant le rayon de 1413m), ce qui est évidemment inenvisageable. Mais 74,53% des individus pourraient être alertables avec un nombre de 1000 sirènes réparties sur les plus fortes densités. En revanche, un tel choix accentue la localisation au profit des pôles densément peuplés : Marseille (81 sirènes), Nice (35 sirènes), Toulon (19 sirènes), Aix-en-Provence (10 sirènes), Avignon (9 sirènes), Cannes (8 sirènes) et Antibes (8 sirènes) seraient logiquement équipées, et certaines le sont déjà dans le projet SAIP.

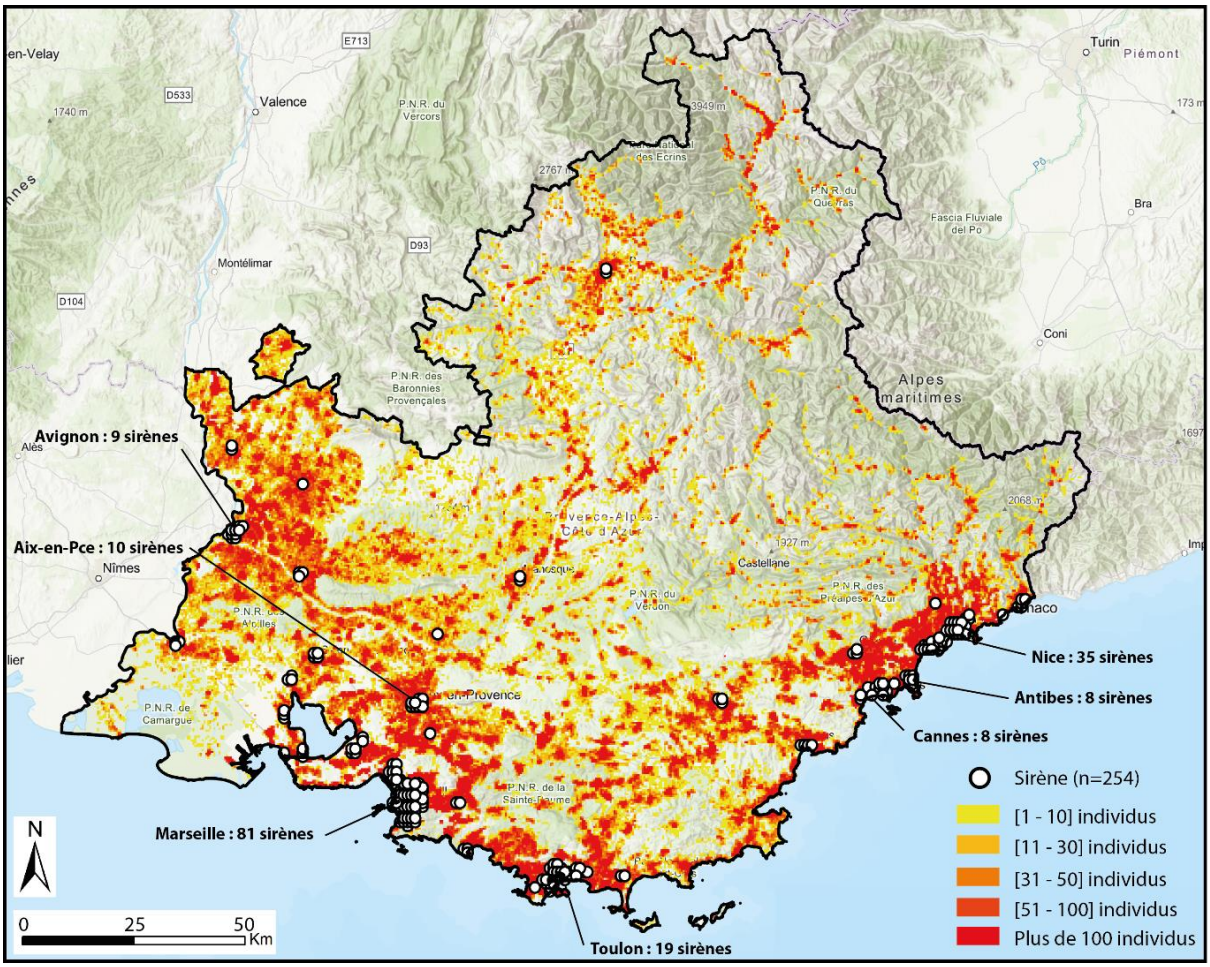


Figure 2.10. Localisation optimisée de 254 sirènes selon la densité de la population (carroyage de 1059m de côté)

Dans une telle configuration, la sirène deviendrait un objet exclusivement urbain. Or l'utilisation d'une sirène dans des territoires ruraux, moins denses et pas forcément moins exposés aux risques, serait parfaitement justifiée. C'est pourquoi l'optimisation devrait avant tout être pensée à l'échelle communale, en cherchant à localiser les sirènes de manière à optimiser le nombre d'individus résidant dans l'aire d'audibilité des sirènes.

2.5.2. L'équipement des communes en AAT : des logiques identiques ?

En complément, nous avons étudié la portée spatiale d'autres outils d'alerte traditionnels, en particulier les Automates d'Appel d'Alerte (AAT). Ces solutions, également appelées « Logiciel d'Appels en Masse » (LAM), sont des solutions très prisées à l'échelle communale (mais aussi dans le secteur privé, car des entreprises y ont recours pour alerter/informer leurs employés).

Proposées par des entreprises spécialisées dans l'alerte et/ou l'avertissement, ces solutions offrent une plateforme logicielle d'alerte à laquelle ont accès les décisionnaires pour alerter leurs administrés. Le décisionnaire peut déclencher une alerte pour un scénario prédéfini à l'avance, puis diffuser l'alerte à tout ou partie de son territoire. Les individus reçoivent ensuite l'alerte (sous la forme d'un SMS ou d'un message vocal) sur leur téléphone, fixe ou cellulaire. Lorsque l'alerte n'est envoyée que sur une partie du territoire communal, les individus sont alertés si leur lieu de résidence se situe dans la zone d'alerte. L'AAT n'est donc pas un moyen d'alerte fondé sur la localisation des individus en temps réel, mais seulement sur la localisation déclarée. D'ailleurs, les individus doivent donner leur accord pour pouvoir recevoir un message d'alerte, conformément à la réglementation RGPD depuis 2016.

a. Des moyens qui ne sont pas adaptés dans toutes les circonstances

Les avantages d'un tel outil sont évidents : ils permettent de diffuser une information ou une alerte de manière rapide et personnalisée (Hébert, 2008). Ils sont efficaces pour une grande diversité d'événements (cinétique rapide comme lente) et leur utilisation peut aller au-delà des périodes de crise. Ils permettent de cibler de façon précise les individus à alerter ou informer : soit géographiquement (quartier, rue), soit *via* des listes de diffusion (liste des parents ayant un enfant inscrit à l'école de la commune par exemple). Toutefois, les AAT restent limités pour les événements ayant une cinétique très rapide, car la procédure de déclenchement de l'alerte peut être trop longue surtout si l'événement n'a pas été anticipé. Par ailleurs, ces solutions ne permettent pas d'alerter les individus de passage dans la commune, car ils ne figurent pas dans l'annuaire. Le moyen est d'ailleurs plus adapté la nuit ou le week-end, quand les individus sont chez eux, plus qu'en jour ouvré où les individus sont sur leur lieu de travail (et donc pas forcément exposés à un risque qui ne les menace pas directement). Le système reste par ailleurs vulnérable aux coupures des réseaux (électricité, lignes téléphoniques). Enfin, ces solutions sont coûteuses pour les collectivités (et entreprises) qui doivent payer annuellement un abonnement au service auquel il faut ajouter un coût lors de l'utilisation.

b. Des solutions hétérogènes

Nous avons remarqué de nombreux points de ressemblance concernant les caractéristiques techniques des AAT. Les solutions existantes sur le marché proposent :

- Un appel des individus par « effet cascade » (si l'individu ne répond pas ou n'acquitte pas un message, il est automatiquement appelé sur d'autres numéros) ;
- Un suivi statistique (message entendu, lu ou non reçu) ;
- Un renouvellement de la diffusion du message paramétrable) ;
- La possibilité de coupler la diffusion des messages avec d'autres canaux (dont les panneaux à messages variables, les courriels, les sirènes vocales, les SMS, etc.).
- La possibilité de déclencher la campagne d'information/d'alerte via plusieurs vecteurs (PC fixe, PC portable, tablette, smartphone).
- La possibilité de créer des listes de diffusion thématique ou interne ;
- Le recours à une interface cartographique avec des outils de sélection pour créer des zones d'alerte et d'information.
- La systématisation d'un retour d'expérience après chaque campagne d'alerte.
- L'assistance *via* un système d'astreinte pour accompagner les mairies sur l'utilisation de la plateforme en temps de crise.

En revanche, certains points de dissemblance sont à noter :

- Dans le cadre d'une alerte par appel téléphonique, le nombre d'appels simultanés par heure peut varier entre 170 000 et 300 000 selon les solutions proposées. La durée du message vocal influe sur le nombre d'appels simultanés possible.
- La plupart des solutions fonctionnent sur le mode « *opt-in* » (une inscription préalable sur la plateforme), mais certains se fondent sur le mode « *opt-out* » (les individus inscrits dans l'annuaire sont automatiquement enregistrés dans la plateforme). Pour le mode « *opt-in* », l'individu doit être proactif s'il souhaite recevoir une alerte et il est donc impératif que la commune communique sur l'existence de cette solution si elle veut toucher un nombre d'individus important.
- Certaines solutions proposent en plus une interface de type « cellule de crise » permettant de bénéficier d'une main courante numérique tandis que d'autres solutions se concentrent exclusivement sur la communication d'alerte et d'information.

Le prix des solutions est variable et ne dépend pas nécessairement de la taille de la commune. La Figure 2.11 présente la variabilité des prix des solutions d'AAT selon le nombre d'habitants de la commune (ou de l'intercommunalité). On observe que le prix est en général progressif avec le nombre d'habitants, mais pas de manière constante (nuage de point similaire à une fonction racine carrée). C'est pourquoi le prix est proportionnellement plus élevé pour les communes peu peuplées que pour les communes fortement peuplées (Figure 2.11). Ainsi, parler de l'AAT revient en réalité à brasser un nombre de solutions d'alerte centrées sur la téléphonie relativement différente.

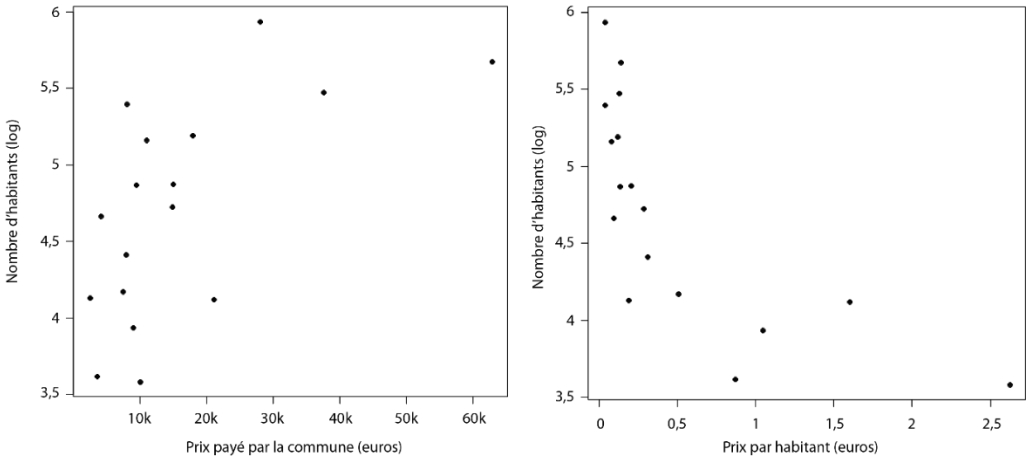


Figure 2.11. Prix d'achat d'un AAT et prix par habitant selon le nombre d'habitants de 17 collectivités (communes et intercommunalités)

c. Des équipements à nouveau en faveur des communes fortement peuplées

Grâce aux données fournies par la Préfecture du Vaucluse (84), mises à jour par un travail de recherche sur Internet (consultation du site officiel et du DICRIM des communes), nous avons pu dresser la liste des communes équipées d'un AAT dans le Vaucluse. Dans ce département, 44 communes sur 151 sont équipées d'un AAT en 2020, notamment le long du Rhône et dans une moindre mesure de la Durance (Figure 2.12). Environ 65,2% des habitants du Vaucluse résident dans une commune équipée d'un AAT, et les communes sont significativement plus peuplées que les communes non équipées (test de Wilcoxon-Mann-Whitney, P<0,0005***).

De nouveau, les communes équipées d'un AAT ont un nombre d'arrêtés de catastrophe naturelle significativement plus élevé que les communes non équipées (avec 8,36 en moyenne pour les communes équipées d'un AAT, contre 7,02 pour celles non équipées, P<0,005**).

Nous avons ici cherché à savoir si l'équipement des communes en AAT dépendait des budgets communaux. Le site du Centre de documentation Économie Finances[9] (CEDEF) propose des données sur les budgets de l'année 2018 pour toutes les communes françaises (même si elles restent assez minimalistes). Les dépenses d'investissement par habitant correspondent aux achats de matériels, aux aménagements divers, aux acquisitions effectuées par la commune et qui ne rentrent pas dans les charges courantes (Leforestier & Niel, 2018). L'achat d'un AAT s'inscrit dans cette ligne budgétaire et plus le niveau d'investissement par habitant est élevé, plus la commune pourrait être en capacité d'acquérir un AAT. Or, on constate qu'il n'y a pas de différence entre les communes équipées en AAT et les communes non équipées (P=0,084).

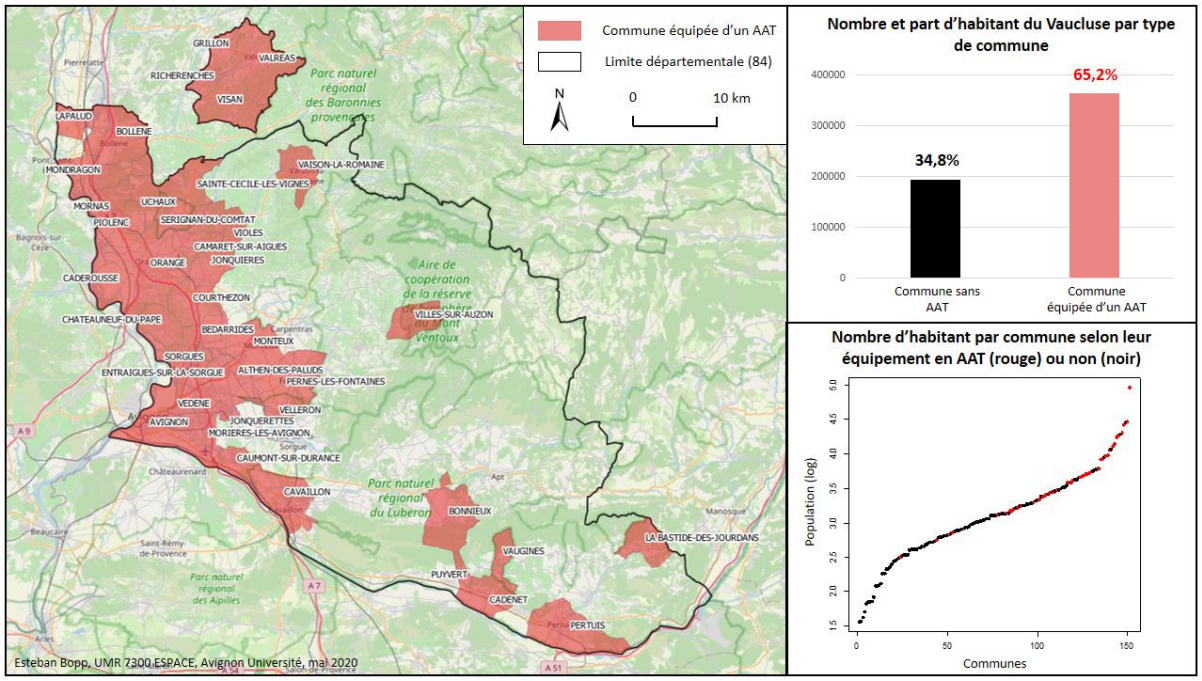


Figure 2.12. Communes équipées en Automate d'Appel Téléphonique (AAT) dans le Vaucluse

Ce résultat est par ailleurs à nuancer puisque trois EPCI (Établissement Public de Coopération Intercommunale) ont fait le choix de mutualiser leurs ressources pour avoir un AAT mutualisé : la CCAOP, Communauté de Communes d'Aygues-Ouvèze en Provence (8 communes), la COGA, Communauté d'Agglomération du Grand Avignon (9 communes), et la CCPRO, la Communauté de communes du Pays Réunis d'Orange (5 communes). Une étude plus fine des budgets de chaque commune et de celui des EPCI permettrait de creuser davantage cette question de l'équipement en AAT, à condition de disposer des données.

[9] https://www.economie.gouv.fr/cedef/chiffres-cles-budgets-collectivites-locales

Conclusion du chapitre 2

La sirène semble être trop limitée pour prétendre être le moyen d'alerte prioritaire en France, et ce malgré la modernisation en cours du parc de sirènes à l'échelle nationale. Parmi les 129 communes équipées en sirènes SAIP en région Sud-PACA :

- 94,6% sont peuplées de plus de 1 000 habitants ;
- 86,8% ont un nombre d'arrêtés de catastrophe égal ou supérieur à 5 ;
- 82,2% ont un nombre de risques égal ou supérieur à 6 ;
- 81,4% ont un PPR (contre 51,3% des communes de la région) ;
- 46,5% sont classées en TRI (contre 15,2% à l'échelle de la région).

Pourtant, si la modernisation s'est prioritairement axée sur les communes fortement peuplées en région Sud-PACA, il n'a pas été possible d'identifier d'autres variables explicatives dans les choix d'équipement des communes en sirènes SAIP par rapport aux communes équipées des anciennes RNA : les variables « nombre d'arrêté de catastrophe naturelle », « nombre de risques », « existence d'un PPR » et « classement en TRI » caractérisaient également les communes équipées en sirènes RNA.

De plus, le nombre de communes équipées a été réduit entre le réseau RNA et le réseau SAIP et le nombre de résidents vivant dans l'aire d'audibilité d'une sirène (38,19% de la population régionale) est bien trop faible pour en faire de la sirène un moyen d'alerte de masse. Des disparités d'équipement selon le profil des communes ont également été constatées : la sirène d'alerte est un moyen très inégalitaire à l'échelle de la région. S'ajoute à cela une difficulté pour les individus de traduire le signal d'alerte en actions de sauvegarde, et des réticences du côté des opérationnels, qui craignent des réactions de panique non contrôlables (et pourtant peu avérées) chez les citoyens.

Il est surtout impératif de mettre en place des solutions alternatives à la sirène pour pouvoir alerter de manière claire, rapide et simple la population. La sirène peut rester utile en tant que moyen d'alerte complémentaire, mais d'autres solutions, davantage centrées sur les individus et sur leurs pratiques, doivent aujourd'hui être envisagées. Le chapitre 3 en présente les atouts et les limites, pour compléter cette partie I, qui dresse un état des lieux des constats et des besoins en matière d'alerte à la population en France.

Chapitre 3

Apports et limites de l'alerte centrée sur la localisation des individus

Introduction du chapitre 3 72
3.1 Des technologies aux caractéristiques différentes 72
3.2 Des solutions en plein essor à l'échelle internationale 81
3.3 Des avantages indéniables 86
3.4 Des solutions perfectibles 91
Conclusion du chapitre 3 96

Introduction du chapitre 3

Les moyens d'alerte centrés sur la localisation des individus (LBAS pour *Location-based Alerting System*) utilisent un service fondé sur la localisation des individus en temps réel pour leur diffuser des alertes s'ils se situent sont dans une zone à risque. Sont considérés comme LBAS des solutions telles que la diffusion cellulaire (*Cell Broadcast*), les SMS géolocalisés (LB-SMS pour *location-based short message service*), des applications mobiles, l'alerte par satellites ou certains objets connectés. Beaucoup de pays ont déployé un LBAS à l'échelle nationale (États-Unis, Australie, Japon, Belgique…), y compris des pays en voie de développement (Sri Lanka, Puerto Rico, Oman, Sierra Leone, Bangladesh). Un tel système sera aussi en place en France (FR-Alert), pour respecter la Directive du Code Européen des Communications Électroniques voté le 11 décembre 2018. Ce changement était demandé depuis de nombreuses années par plusieurs parlementaires (Étienne & Courteau, 2009; Vogel, 2017), et c'est surtout une opportunité qu'il faut saisir, à l'heure où l'alerte par sirènes est trop limitée pour prétendre être un moyen de masse.

Au-delà des bénéfices techniques attendus, il est nécessaire d'identifier les atouts et les faiblesses offertes par les LBAS. La première section fait une synthèse des principes de fonctionnement des technologies faisant appel à la géolocalisation, et la deuxième dresse un état des lieux (en 2020) du recours à ces solutions à l'échelle internationale. Les avantages en matière d'alerte (une diffusion massive et rapide ; des messages compréhensifs) sont ensuite mis en évidence à l'aide de divers retours d'expérience dans la troisième section, tandis que les limites (une vulnérabilité structurelle et contextuelle) sont au cœur de la quatrième section.

3.1 Des technologies aux caractéristiques différentes

La localisation des individus peut se faire par différentes technologies : par bornage GSM, par satellite ou par Internet (Küpper, 2005). La localisation par satellite (i.e. GNSS, pour *Géolocalisation et Navigation par un Système de Satellites*) est la première technique de géolocalisation à avoir été utilisée au début des années 1960 (Aloudat, 2010). Le GPS (*Global Positioning System*) a été lancé en 1964, pour une utilisation militaire, avant d'être disponible dans le domaine civil à partir des années 1990. Ce système a permis le développement d'une grande diversité d'applications, comme les services d'urgence pour localiser des individus en difficulté (Spiekermann, 2004). Le récepteur détecte plusieurs satellites (au moins 4) dont les positions exactes sont connues avec précision. Il mesure simultanément la distance qui le sépare de ces satellites, ce qui lui permet de connaître la position, l'altitude, sa vitesse de déplacement et l'heure.

De son côté, la technologie cellulaire utilise des stations (des antennes de télécommunication) qui communiquent avec le récepteur cible situé à l'intérieur d'une cellule. Chaque antenne est rattachée à une cellule qui lui est propre et dont la surface est variable. La principale technique de localisation d'un téléphone cellulaire est l'identification cellulaire (Cell-ID), mais d'autres méthodes existent comme par exemple la triangulation (Figure 3.1), plus précise (Ahriz Roula, 2010). La méthode Cell-ID consiste à récupérer les identifiants des antennes auxquelles le

terminal est connecté ; la connaissance de la position de l'antenne à laquelle est connecté le terminal permet de localiser le terminal à l'échelle de la cellule.

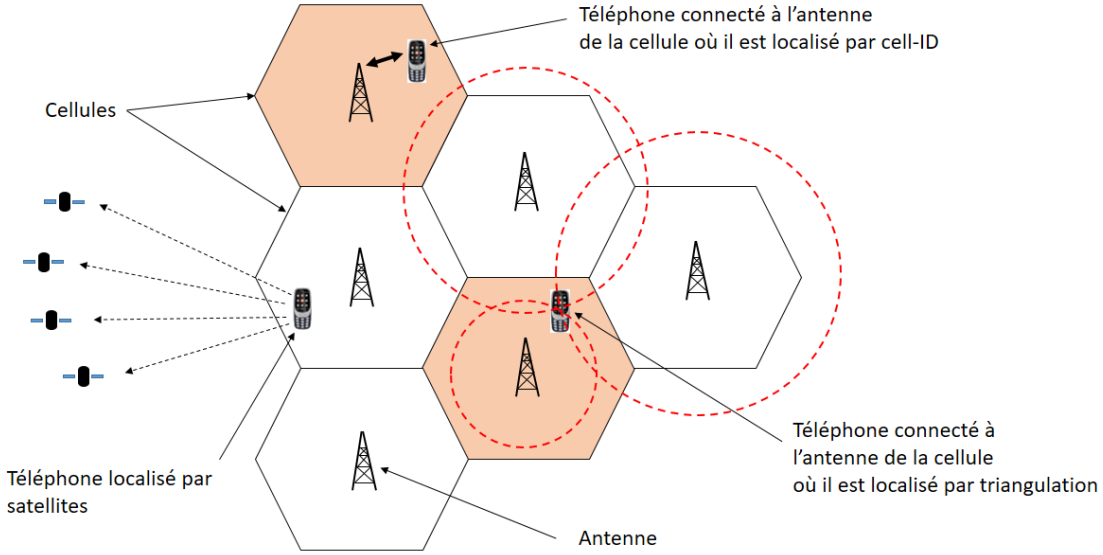


Figure 3.1. Trois techniques de géolocalisation des téléphones à l'échelle de la cellule

Si ces technologies reposent sur des infrastructures différentes, elles sont parfois confondues, en particulier le CB et les SMS géolocalisés (Vogel, 2017). Dès lors, nous proposons de revenir plus en détail sur les caractéristiques techniques et sur les principes de fonctionnement de ces outils, tous centrés sur la localisation des individus.

3.1.1 Le Cell Broadcast (CB)

La diffusion cellulaire (Cell Broadcast, CB) consiste en la diffusion, sur les terminaux mobiles en capacité de supporter la technologie, d'une notification dans une zone prédéfinie appelée « zone de diffusion cellulaire » (Figure 3.2 ; European Telecommunication Standard Institute, 1996). Cette technologie est opérationnelle depuis 1997 (Udu, 2009), et elle ne nécessite pas la connaissance préalable des numéros des téléphones cibles (Aloudat and Michael, 2011 ; Aloudat *et al.*, 2007). Le message passe par les antennes de télécommunication sous forme d'ondes radio *via* un équipement dédié au CB, puis il est ensuite diffusé à tous les mobiles situés dans la cellule : on parle ici d'un mode de diffusion « *point-to-area* » (Sillem & Wiersma, 2006). Son spectre a une capacité d'environ 64 000 canaux différents, avec possibilité de dédier un canal à chaque type de message (Aloudat, 2010 ; Chochilouros *et al.*, 2008). Par conséquent, le CB n'est pas soumis au risque de congestion comme peuvent l'être les messages diffusés sur les canaux traditionnels de télécommunication (Jagtman, 2010 ; Sillem *et al.*, 2006).

Le principal avantage du CB est de pouvoir alerter rapidement un nombre élevé d'individus (Jagtman, 2010 ; Jayasinghe *et al.*, 2006 ; Song *et al.*, 2014). La connexion à un réseau de télécommunication (2G, 3G, 4G et plus) reste nécessaire pour diffuser le message. L'unité de base pour la zone de diffusion est la cellule (espace couvert par une antenne relais), mais la zone de diffusion peut inclure plusieurs cellules, ce qui permet de diffuser l'alerte sur de larges emprises spatiales (Sillem & Wiersma, 2006). Le téléphone doit néanmoins être en capacité

de supporter la technologie pour pouvoir recevoir des notifications (Samarajiva and Waidyanatha, 2009), ce qui est le cas des smartphones iOS, Android et Windows vendus depuis 2012. Les notifications peuvent être accompagnées d'une alarme sonore spécifique, qui ne s'arrête qu'une fois le message vu par l'utilisateur, y compris si le téléphone est en mode veille ou en mode avion. La technologie permet aussi de détecter la nationalité des utilisateurs des smartphones *via* leur numéro de téléphone, et donc la réception d'une alerte traduite dans la langue de l'utilisateur. Par ailleurs, l'autorité émettrice est en capacité de paramétrer à l'avance l'heure de diffusion du message.

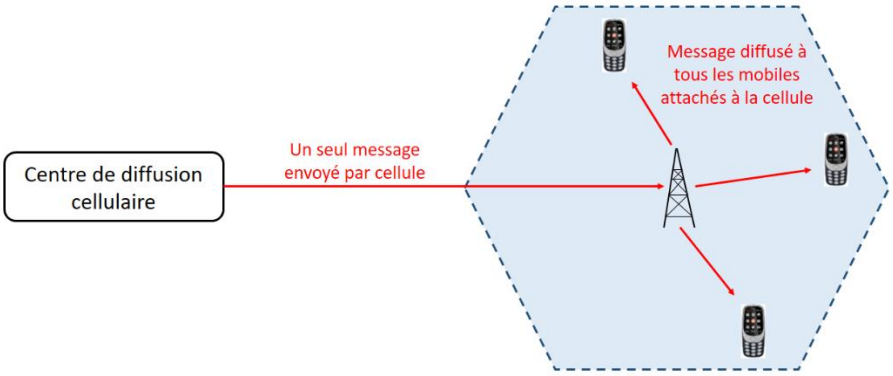


Figure 3.2. Architecture d'une alerte diffusée par CB (modifié d'après BEREC, 2019)

En revanche, il n'est pas possible pour le décisionnaire de savoir combien d'individus ont reçu et lu le message d'alerte, contrairement aux SMS géolocalisés. Un individu sortant de la zone de diffusion cellulaire (ou zone d'alerte) n'est pas non plus averti : il n'a donc aucun moyen de savoir s'il est en sécurité (sauf précisions dans le contenu du message, sur la localisation d'un abri par exemple). Le CB est aussi techniquement vulnérable en cas de défaillance technique (coupure de réseaux) et il ne fonctionne pas dans les secteurs où les réseaux de télécommunications passent mal (Song *et al.*, 2014). En dernier lieu, le CB ne doit pas être utilisé en cas d'attaque terroriste, car le son activé sur le téléphone portable lors de la réception du message peut révéler la position d'individus cachés au(x) terroriste(s).

3.1.2 Les SMS géolocalisés (LB-SMS)

Le SMS géolocalisé (LB-SMS pour « *Location-Based Short Message System* ») permet l'envoi d'un SMS à n'importe quel téléphone situé dans une zone prédéfinie comme « zone d'envoi » (Leo *et al.*, 2015). Le message passe par les canaux traditionnels de télécommunication (2G, 3G, 4G et plus) *via* les antennes relais (Figure 3.3), puis il est délivré à chacun des téléphones mobiles rattachés à l'antenne : on parle d'un mode de diffusion « *point-to-point* » (Sillem & Wiersma, 2006). Comme le CB, l'unité de diffusion de base du SMS géolocalisé est la cellule et la zone d'alerte peut englober plusieurs cellules. En revanche, contrairement au CB, il n'est pas nécessaire d'avoir une infrastructure dédiée, le coût de mise en œuvre est donc plus faible. Sur le plan technique, le LB-SMS comporte plusieurs avantages (Akanmu & Rabiu, 2012 ; Bonaretti & Fischer-Preßler, 2021) : les décisionnaires peuvent savoir combien d'individus ont reçu / acquitté (ou non) le message sur différentes échelles de temps ; ils peuvent envoyer plusieurs messages, ce qui permet d'envoyer des messages en début et en fin de crise par exemple ; les individus sont avertis lorsqu'ils pénètrent ou quittent la zone d'envoi.

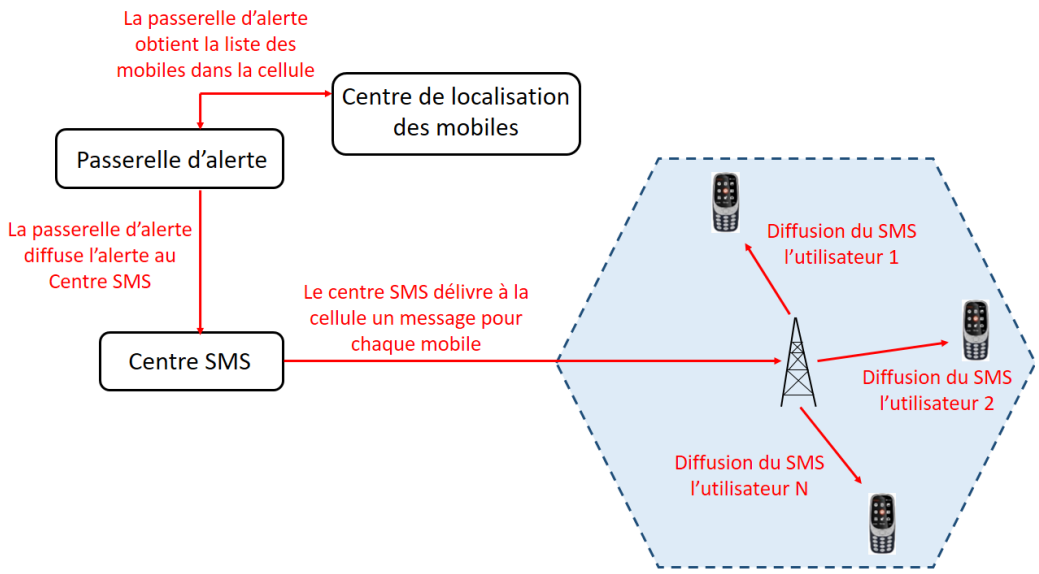


Figure 3.3. Architecture d'une alerte diffusée par SMS géolocalisé (modifié d'après le rapport du BEREC, 2019)

Vu son principe de fonctionnement, le LB-SMS est sensible au risque de congestion, ce qui est problématique, d'autant plus que les périodes de crise sont caractérisées par une forte augmentation de la communication (Pries *et al.*, 2006). Ce risque est en réalité lié à l'envoi des « paquets » de messages envoyés par les opérateurs, et du nombre d'individus rattachés aux antennes de télécommunication. C'est pourquoi le nombre d'individus pouvant être alertés simultanément n'est pas aussi important qu'avec le CB. En revanche, la consommation de bande passante d'un SMS est faible et le risque de congestion n'est à considérer que dans les cas où il faudrait alerter en même temps un grand nombre de personnes. Si le réseau est temporairement indisponible, le message est stocké puis délivré quand le réseau redevient disponible (Aloudat, 2010). Ainsi, le LB-SMS est un outil d'alerte efficace localement ou quand le nombre d'individus à informer est limité, mais son usage est en revanche déconseillé pour une diffusion à large échelle ou quand les individus à alerter sont très nombreux.

Pour résumer : Le CB et les LB-SMS sont deux technologies de diffusion cellulaire, mais elles ne reposent pas du tout sur les mêmes infrastructures et n'ont pas les mêmes avantages ni les mêmes inconvénients. Le choix annoncé en France (une solution hybride) doit permettre de pallier les limites identifiées pour chacune d'entre elles.

3.1.3 L'alerte par satellites

Il est également possible d'utiliser le Système Global de Navigation par Satellite (GNSS) pour diffuser une alerte sur des terminaux mobiles (Choy *et al.*, 2016 ; Dixon *et al.*, 2008 ; Mathur *et al.*, 2005). Le message d'alerte transite par un réseau de satellites (SBAS pour *Satellite-Based Augmentation System*), qui renvoie le message en tenant compte de la position du récepteur. On considère l'alerte par satellites « robuste » sur le plan technique pour plusieurs raisons. 1) Ce système est moins vulnérable que les systèmes terrestres en périodes de crise (grâce à une absence de dépendance aux routeurs et/ou aux antennes) ; 2) Le réseau de satellites est contrôlé par des institutions qui ont recours à des dispositifs de sécurité lourds (Mathur *et al.*, 2005) ; 3) Ce système est indépendant de la couverture des

télécommunications, ce qui ne le rend pas sujet au risque de congestion ; 4) on peut envoyer l'alerte, quelle que soit la position de l'utilisateur sur le territoire, sans avoir des « zones d'ombre » (Choy *et al.*, 2016). Ce système est donc particulièrement adapté pour alerter des territoires où la couverture des réseaux de télécommunication est nulle (zones blanches) ou pour effectuer des opérations de sauvetage en mer (Mathur *et al.*, 2005). Il serait même moins coûteux à mettre en place en comparaison avec d'autres systèmes d'alerte terrestres (Choy *et al.*, 2016).

Les satellites peuvent aussi servir pour l'alerte montante. Le programme européen Copernicus (lancé en 1998 et visant à collecter par satellites des données actualisées sur l'état de la planète) contient un volet « urgence » qui fournit aux acteurs impliqués dans la gestion des crises des informations géospatiales précises et rapides dérivées de la télédétection par satellites. Le programme comprend trois systèmes d'alerte montante : *l'European Flood Awarness System* (EFAS) qui remonte des données en temps réel sur l'emprise des zones inondées ; le Système européen d'information sur les feux de forêt (EFFIS) qui remonte des informations spatiales en temps réel sur la localisation des feux ; l'Observatoire Européen de la Sécheresse (EDO), qui remonte des informations sur l'état des sols en Europe (Copernicus, 2016[10]).

Les satellites peuvent aussi servir pour l'alerte descendante. Le système de positionnement Galileo (développé par l'Union européenne et dont le déploiement s'est achevé en 2020) localise les individus munis d'un téléphone mobile et peut leur diffuser des alertes. Lancé en 2017, le projet GRALLE (*Galileo-based Reliable Automatic Low-Latency Emergency Warning Service*) a visé à mettre en place un système d'alerte fiable en se basant sur l'infrastructure de satellites Galileo. Un test a récemment été réalisé en Australie où des individus volontaires localisés dans trois localités différentes ont reçu de manière quasi simultanée plusieurs messages d'alerte diffusés par les satellites[11]. L'alerte par satellite pourrait bien remplacer à moyen terme l'alerte par les LBAS centrés sur les réseaux de télécommunication (*cell broadcast*, SMS géolocalisé et application smartphone).

3.1.4 L'alerte par application mobile

Une application mobile est un logiciel développé pour un téléphone portable, se connectant à l'Internet (smartphone, tablette). Elle peut être préinstallée sur le mobile, ou être proposée en téléchargement (gratuit ou payant). Beaucoup de chercheurs ont déjà souligné l'utilité de ces solutions pour l'alerte face à un danger (Douvinet *et al.*, 2017 ; Hyoungseong *et al.*, 2015 ; Kouadio, 2016 ; Shih *et al.*, 2013 ; Tang *et al.*, 2013, 2014) et notamment en cas d'actes terroristes (Baytiyeh, 2018 ; Fabito *et al.*, 2016). Ces solutions offrent l'avantage d'apporter des informations bien plus riches et précises que les solutions de type message (LB-SMS et CB) : suivre un itinéraire d'évacuation sur un plan (Rahman *et al.*, 2012), ou recevoir des consignes détaillées, des images des événements, appeler les secours, informer ses proches que l'on est en sécurité, etc. (Bopp *et al.*, 2019 ; Douvinet *et al.*, 2015 ; Kouadio, 2016).

Les applications mobiles pour alerter les individus se sont fortement développées à partir des années 2010 à l'échelle internationale, avec une expansion avérée en France à partir de 2014

[10] Emergency Management Service, Commission Européenne (2016) : https://www.copernicus.eu/sites/default/files/documents/Copernicus_EmergencyMonitoring_Feb2017_0.pdf

[11] Gralle, un nouveau projet européen pour sauver des vies. Thallès (2018) : https://www.thalesgroup.com/fr/monde/espace/news/gralle-nouveau-projet-europeen-sauver-des-vies

(Kouadio, 2016). De nombreuses solutions existent aujourd'hui sur le marché (Bopp *et al.*, 2019). Elles sont gérées par certaines collectivités (communes de Nice, Athis-Mons, Hyères en France), par des ONG (le CSEM, Centre Sismologique Euro-Méditerranéen par exemple), ou par des entreprises privées (Prédict Service, Signalert, Deveryware, etc.).

Deux options sont possibles pour diffuser un message d'alerte sur les smartphones équipés d'une application (Figure 3.4 ; Figure 3.5). La première option consiste à envoyer le message à tous les smartphones équipés de l'application, sans prendre en compte de la localisation des individus. Si cette option implique une consommation importante de bande passante lors de l'émission des messages, elle a l'avantage de respecter la vie privée des utilisateurs, car elle ne nécessite pas une localisation en temps réel des appareils. La deuxième option utilise la localisation en temps réel des utilisateurs de l'application. Les messages d'alertes sont envoyés en fonction de cette localisation. Cette option minimise le nombre de messages à envoyer (contrairement à la première option), mais elle accroit considérablement les charges de réseaux, et pose des questions sur la vie privée des utilisateurs (BEREC, 2019).

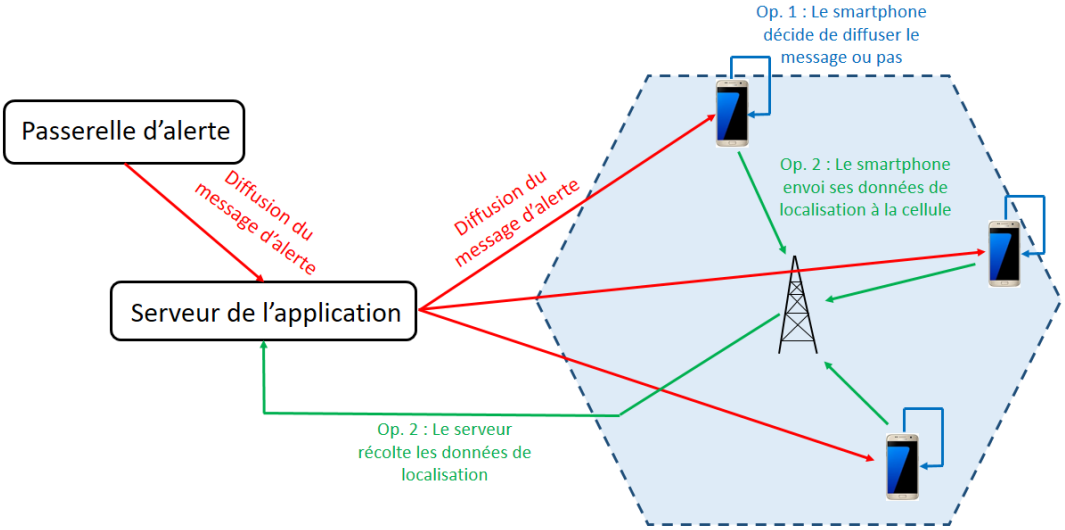


Figure 3.4. Architecture d'une alerte envoyée sur les smartphones équipés d'une application mobile par les réseaux mobiles (modifié d'après le rapport du BEREC, 2019)

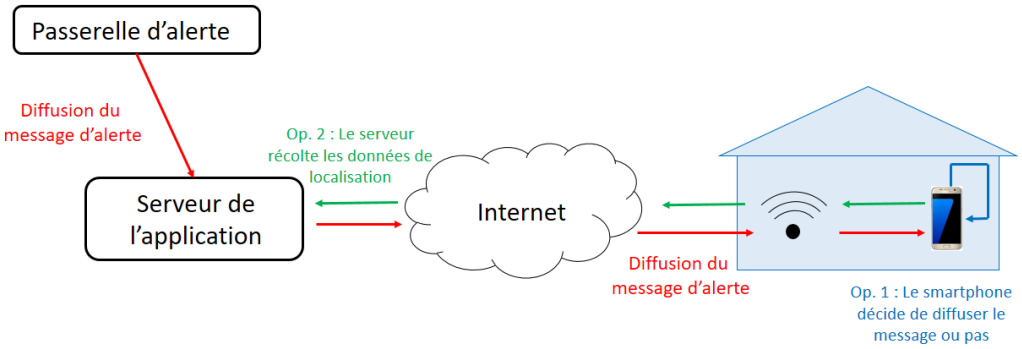
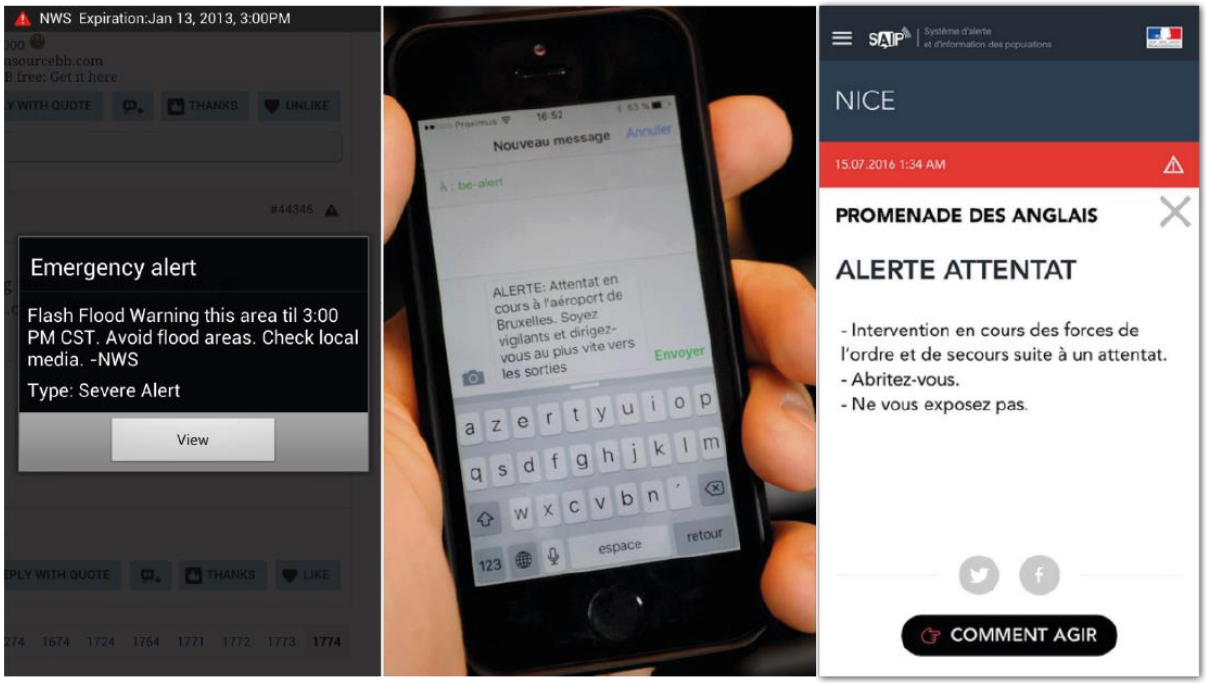


Figure 3.5. Architecture d'une alerte envoyée sur les smartphones équipés d'une application mobile par la Wifi (modifié d'après le rapport du BEREC, 2019)

Quoi qu'il en soit, l'alerte passant par des applications mobiles a besoin d'une connexion à l'Internet pour fonctionner (à minima la 3G ; Wurster *et al.*, 2015). La connexion du mobile à la

Wifi doit également être suffisante pour recevoir une alerte *via* les applications (sans nécessité de connexion aux réseaux de télécommunication longue portée). Le message d'alerte peut s'afficher sous forme de notification *push.* Il s'agit d'un message qui apparaît sur une partie de l'écran d'accueil, informant l'individu ou l'invitant à ouvrir l'application pour avoir connaissance du contenu du message d'alerte (Loreti *et al.*, 2018). La plupart des applications « envoient » une notification vers l'écran principal du smartphone, même lorsqu'elles sont fermées. Mais certaines applications nécessitent tout de même d'être ouvertes (en toile de fond) : c'était le cas par exemple de l'application d'alerte SAIP. Dans d'autres cas, l'application ne propose pas de notification *push* et l'alerte s'affiche sur la page d'accueil de l'application ou dans l'un de ses onglets (Figure 3.6), ce qui nécessite que l'utilisateur la consulte pour être alerté.



Cell Broadcast | SMS géolocalisé | Application smartphone

Figure 3.6. Exemples de messages d'alerte sur 3 LBAS

3.1.5 L'alerte par objets connectés

Pour finir sur ce tour d'horizon des outils d'alerte centrés sur la localisation, nous assumons le fait d'ajouter ici l'alerte par IoT (*Internet of Things* ou Internet des Objets). Les objets connectés sont des objets reliés à Internet et ils ont la faculté de capter des informations provenant de leur environnement, de stocker les données captées, éventuellement de les traiter, puis de les transmettre vers un serveur (Uribe, 2017). Ils peuvent également recevoir des informations et des ordres et effectuer des tâches. Selon Haas *et al.* (2017), il s'agit de la troisième phase de la révolution numérique (après l'apparition du numérique et de l'Internet).

L'Internet des Objets (IoT) est défini par Benghozi *et al.* (2008) comme étant « *un réseau de réseaux qui permet, via des systèmes d'identification électronique normalisés et unifiés, et des dispositifs mobiles sans fil, d'identifier directement (…) des entités numériques et des objets physiques* » (p10, l2-5). Des objets du quotidien peuvent être dotés de capacités de détection, de mise en réseau, d'identification et de traitement, qui leur permettent de communiquer entre eux et avec d'autres appareils (Whitmore *et al.*, 2015). Il s'agit d'un « système de système »

(Benghozi *et al.*, 2008 ; Figure 3.7) et ces objets étendent davantage l'ubiquité de l'Internet (Bandyopadhyay *et al.*, 2011). Ils offrent surtout de nouvelles opportunités en matière d'alerte à la population, puisque les individus sont indirectement localisés par des capteurs portatifs.

Le domaine des objets connectés est en plein développement depuis une dizaine d'années. En 2015, la sociologue Laurence Allard écrivait que 80 milliards d'objets connectés étaient attendus pour 2020 à l'échelle mondiale (Allard, 2015). Jusqu'à 2018, les dépôts de brevets dans le domaine de l'IoT étaient en forte augmentation d'une année sur l'autre, mais l'année 2019 a enregistré un recul de près de 80% du nombre de brevets déposés (8 305 en 2019 contre 41 437 en 2018 selon l'Office Européen des Brevets).

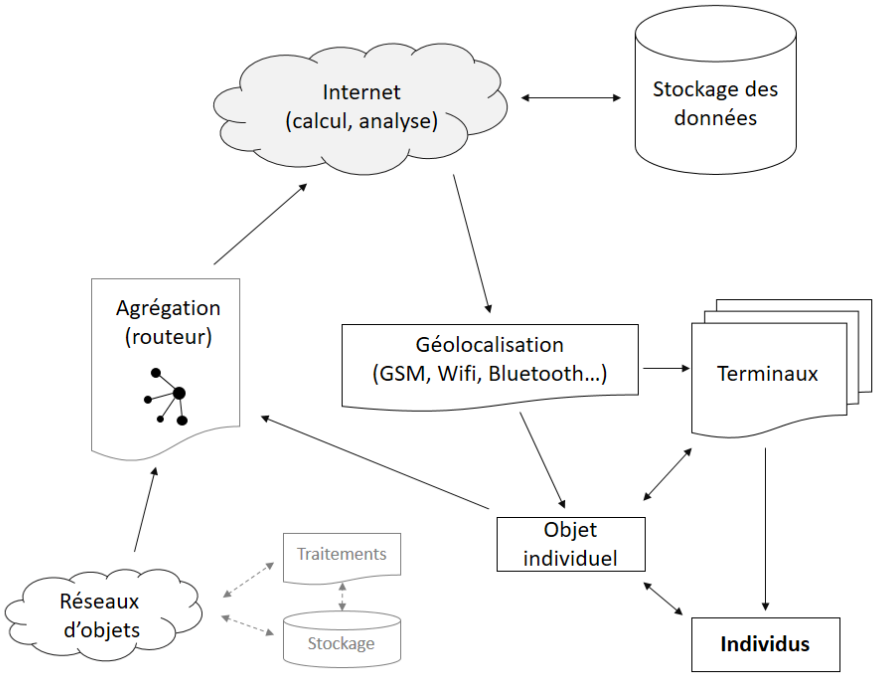


Figure 3.7. Architecture systémique de communications d'objets connectés vers les individus

Les modes de connexion à l'Internet des objets sont diverses. Les connexions dites « *Indoor* » (au sein d'un bâtiment) sont bien adaptées (Wifi et Bluetooth). Les connexions extérieures (de type GSM, 3G et 4G) sont possibles (Vochin *et al.*, 2017), mais les réseaux longue portée et hauts débits sont moins adaptés que des réseaux de courte portée et bas débit. En effet, les objets connectés n'ont besoin que des quelques Mo de bande passante pour fonctionner, et il n'est pas utile d'avoir une connexion à haut débit, souvent plus onéreuse.

C'est pourquoi des réseaux spécialement adaptés pour l'IoT ont été développés depuis 2014 en France. Parmi les plus connus, on peut citer les réseaux LoRa, ZigBee et SigFox. Ce dernier couvre 94% de la population résidente fin 2020. À titre d'exemple, la ville de Cannes a lancé en 2019 un marché pour équiper certains cours d'eau de 100 capteurs connectés à un réseau LoRa pour alerter les riverains en cas d'inondation. On observe une bonne couverture des grandes métropoles françaises, mais celle-ci est plus partielle dans les territoires ruraux de montagne, notamment dans le Massif central, les Alpes, le Jura et les Vosges (Figure 3.8).

L'un des intérêts majeurs des objets connectés est d'ailleurs leur intégration dans un Système d'Alerte Précoce (Ray *et al.*, 2017 ; *cf.* chapitre 1). Les capteurs peuvent détecter les signaux faibles et remonter très rapidement des informations sur les aléas (Alphonsa and Ravi, 2016 ; Fang *et al.*, 2015 ; Poslad *et al.*, 2015 ; Ramasamy *et al.*, 2018). Ils améliorent la rapidité de

la chaîne d'alerte, et peuvent diffuser des alertes automatisées sans dépendre d'un protocole de validation préalable (Du and Zhu, 2012). Mais à ce jour, l'IoT reste principalement utilisé dans le domaine de la détection des aléas. L'IoT en tant que moyen d'alerte n'est envisagé que dans des domaines spécifiques : la santé (Anzanpour *et al.*, 2015 ; Chen *et al.*, 2018 ; Yang *et al.*, 2016) ; le transport la voiture connectée (Barba *et al.*, 2012 ; Buchenscheit *et al.*, 2009 ; Marosi *et al.*, 2018 ; Raper *et al.*, 2007). Cette piste est en revanche marginale dans le domaine de l'alerte à la population. Le fait que tous les individus ne possèdent pas d'objets connectés (hors smartphone) peut expliquer ce constat : en France, seulement 16% de la population est équipé d'un objet connecté en 2019 selon le Baromètre du Numérique.

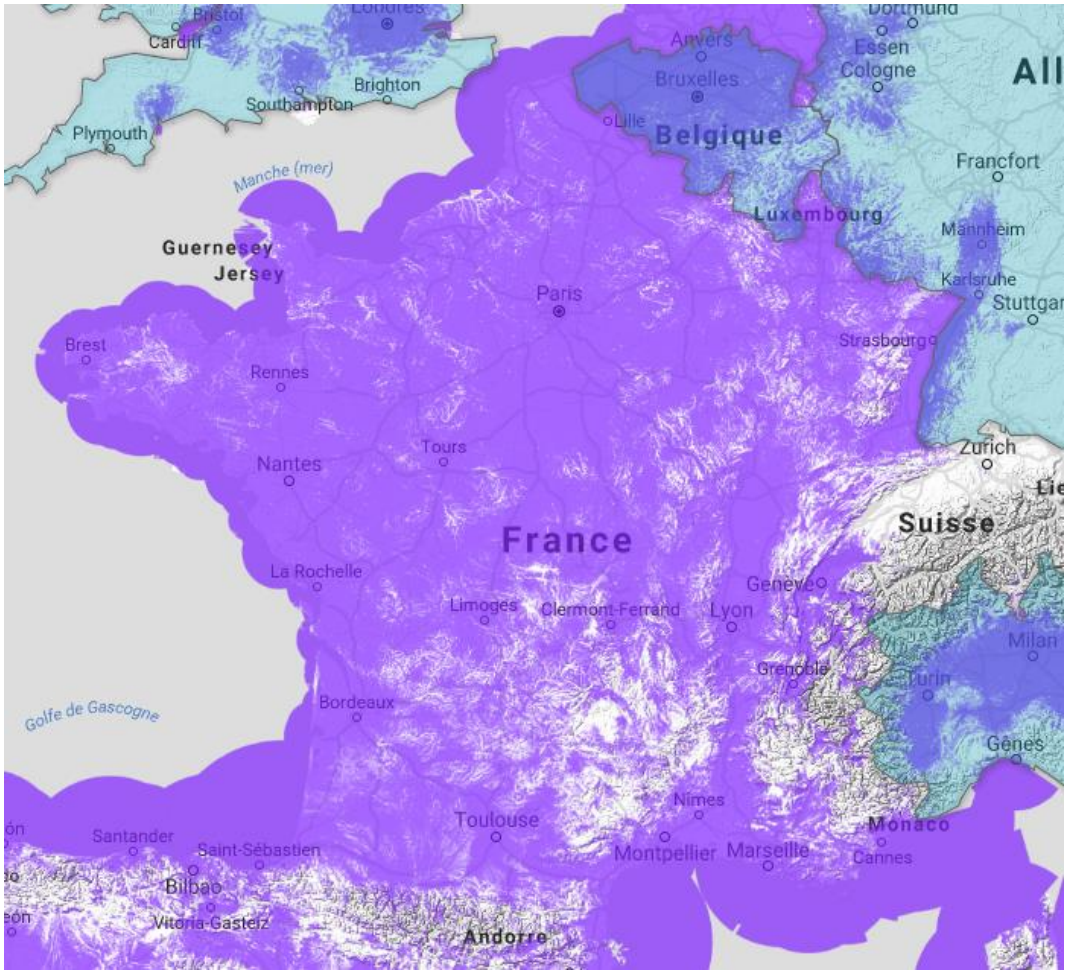


Figure 3.8. Couverture du réseau bas débit courte portée SigFox® en France (d'après SigFox®, sigfox.com/en/coverage)

Pour résumer : Il existe différentes techniques permettant de diffuser des alertes en tenant compte de la localisation des individus en temps réel. Leur émergence est directement liée à la démocratisation des terminaux mobiles qui sont devenus un objet courant de la vie quotidienne. Certains pays se sont rapidement saisis de cette opportunité, et il convient de faire un état des lieux à l'échelle internationale.

3.2 Des solutions en plein essor à l'échelle internationale

Pour réaliser un état lieux des LBAS déployés à l'échelle internationale, nous avons consulté différents documents : des rapports techniques (5G Americas, 2018 ; BEREC, 2019 ; GSMA, 2015 ; United Nations Development Programme, 2018 ; Vivier *et al.*, 2019), des travaux monographiques (Al-dalahmeh *et al.*, 2018 ; Douvinet, 2018 ; Mahmud *et al.*, 2012 ; Meiyan *et al.*, 2015 ; Tiruneh, 2010 ; Tobago Emergency Management Agency, 2017 ; Udu, 2009), et des pages Wikipedia[12]. Compte tenu de la qualité hétérogène des informations et d'un équipement en perpétuelle évolution, le recensement est proposé pour 2020. Nous ne sommes pas non plus en mesure de savoir si les populations ont donné leur accord préalable (en s'inscrivant sur une plateforme) pour bénéficier du LBAS. Il serait par ailleurs intéressant de cibler davantage la recherche sur certains pays africains, et ceux du Proche et du Moyen-Orient, car les informations portées à notre connaissance sont peu nombreuses.

3.2.1 Une accélération du recours aux LBAS depuis 2012

Sur les 46 LBAS recensés, 24 correspondent à des CB, 18 des LB-SMS, et 4 sont des applications mobiles (Figure 3.9). Tous les LBAS ont été déployés à partir de 2006, et 90% sont apparus après 2012, qui semblent être une année charnière (Douvinet *et al.*, 2020). Néanmoins, les situations sont très variables entre les pays (Tableau 3.1.) On recense du CB au Japon (2007), au Chili (2012), en Corée du Sud (2014), en Lituanie (2012), aux Pays-Bas (2012) ou aux Philippines (2015), tandis que l'Australie (depuis 2010), la Belgique (2017), l'Islande (2019), le Kenya (2018), le Sri Lanka (2014) et la Turquie (2020) sont des pays qui ont choisi l'alerte par LB-SMS. De façon plus limitée, des applications mobiles sont utilisées en Allemagne (Katwarn, 2015), en Finlande (112 Suomi, 2015), en Israël (Red Color, 2014) et en Suisse (Alertswiss, 2018).

En Europe, le standard EU-Alert lancé par l'ETSI (*European Public Warning Service*) valorise le CB et secondairement le LB-SMS (Vivier *et al.*, 2019), et le nombre de CB nationaux va donc augmenter jusqu'en 2022. En 2020, 5 pays avaient déjà adopté le standard EU-Alert (Pays-Bas, Grèce, Lituanie, Roumanie, Italie), et les 20 autres pays membres vont agrandir cette liste, sans doute par obligation plus que par un réel intérêt. Par ailleurs, ce n'est pas parce que les LBAS existent que les efforts doivent s'arrêter. Aux États-Unis, l'efficacité technique de la plateforme IPAWS est contrebalancée par le manque de retours sur l'efficacité sociale (quelle acceptabilité par la population), voire opérationnelle (est-ce que le dimensionnement de la crise a été réduit grâce à l'alerte à la population ?).

Des catastrophes naturelles marquantes pourraient être à l'origine de l'apparition des LBAS, à l'image des changements impulsés aux États-Unis suite à l'ouragan Katrina, ou en Belgique, avec la mise en place de Be-Alert en 2017 suite aux attentats de Bruxelles fin 2016. Cette relation est cependant difficile à confirmer sans un état des lieux exhaustif et approfondi à l'échelle internationale. Par exemple, Be-Alert a certes été opérationnel à partir de 2017, mais cette solution a été imaginée dès 2010 (projet pilote), et il a fallu 7 ans de réflexions et de portage pour sa mise en œuvre.

[12] Cell Broadcast (https://en.wikipedia.org/wiki/Cell_Broadcast), Wikipedia, consulté le 27 mars 2020
Warning System (https://en.wikipedia.org/wiki/Warning_system), Wikipedia, consulté le 27 mars 2020

Tableau 3.1. Liste des LBAS recensés par pays à l'échelle internationale (en 2020)

Pays	Système d'alerte	LBAS utilisé	Date de déploiement
Arabie Saoudite	Saudi-Alert	CB	2020
Australie	Emergency Alert Australia	SMS	2012
Allemagne	Katwarn	Application mobile	2012
Bangladesh	FFWC	CB	2009
Barbade	National Emergency Management System	SMS	?
Belgique	Be-Alert	SMS	2017
Biélorussie	BWS	SMS	2019
Bolivie	Trilogy Emergency Relief Application	SMS	2016
Brésil	Natural Disaster Monitoring and Alert	SMS	2018
Canada	Alert Ready	CB	2018
Chili	LAT-Alert	CB	2012
Corée du Sud	Korean Public Alert Service	CB	2014
EAU	UAE-Alert	CB	2016
Équateur	Ecuador Emergency Service System	SMS	?
Finlande	112 Suomi	Application Mobile	2015
Grèce	GR-Alert	CB	2019
Hong Kong	HK EAS	CB	2020
Islande	112 Island	SMS	2019
Israël	National Message	CB	2010
Italie	IT-Alert	CB	2020
Jamaïque	Mass Notification Early Warning	SMS	?
Japon	J-Alert	CB	2007
Kazakhstan	MAPGK	SMS	2016
Kenya	M-Salama	SMS	2018
Lituanie	LT-Alert	CB	2012
Luxembourg	GouvAlert.lu	AS	2018
Mexique	National Civil Protection System	SMS	2015
N^{elle}-Zélande	Emergency Mobile Alert	CB	2017
Oman	Oman-Alert	CB	2018
Pays-Bas	NL-Alert	CB	2012
Pérou	SISMATE	SMS, CB	2010, 2020
Philippines	Emergency Cell Broadcast System	CB	2015
Puerto Rico	Wireless Emergency Alert	CB	2012
Rép. Dominicaine	Alert Information System	SMS	2008
Roumanie	RO-Alert	CB	2018
Royaume-Uni	ACT app	Application Mobile	2017
Russie	PUON	CB	2015
Sierra Leone	Trilogy Emergency Relief Application	SMS	2013
Singapour	Location-Aware Based Population Alert System	SMS	2015
Sri Lanka	Disaster Emergency Warning Network	CB	2009
Suède	Viktigk Meddelande till Allmänheten	SMS	2017
Suisse	Alertswiss	Application Mobile	2018
Taiwan	Taiwanese Public Warning Cell Broadcast Service	CB	2014
Trinité-et-Tobago	Emergency Short Message Service	SMS	?
Tunisie	We Care Tunisia	SMS	2020
Turquie	Turkcell	CB	2012
USA	Wireless Emergency Alerts	CB	2012

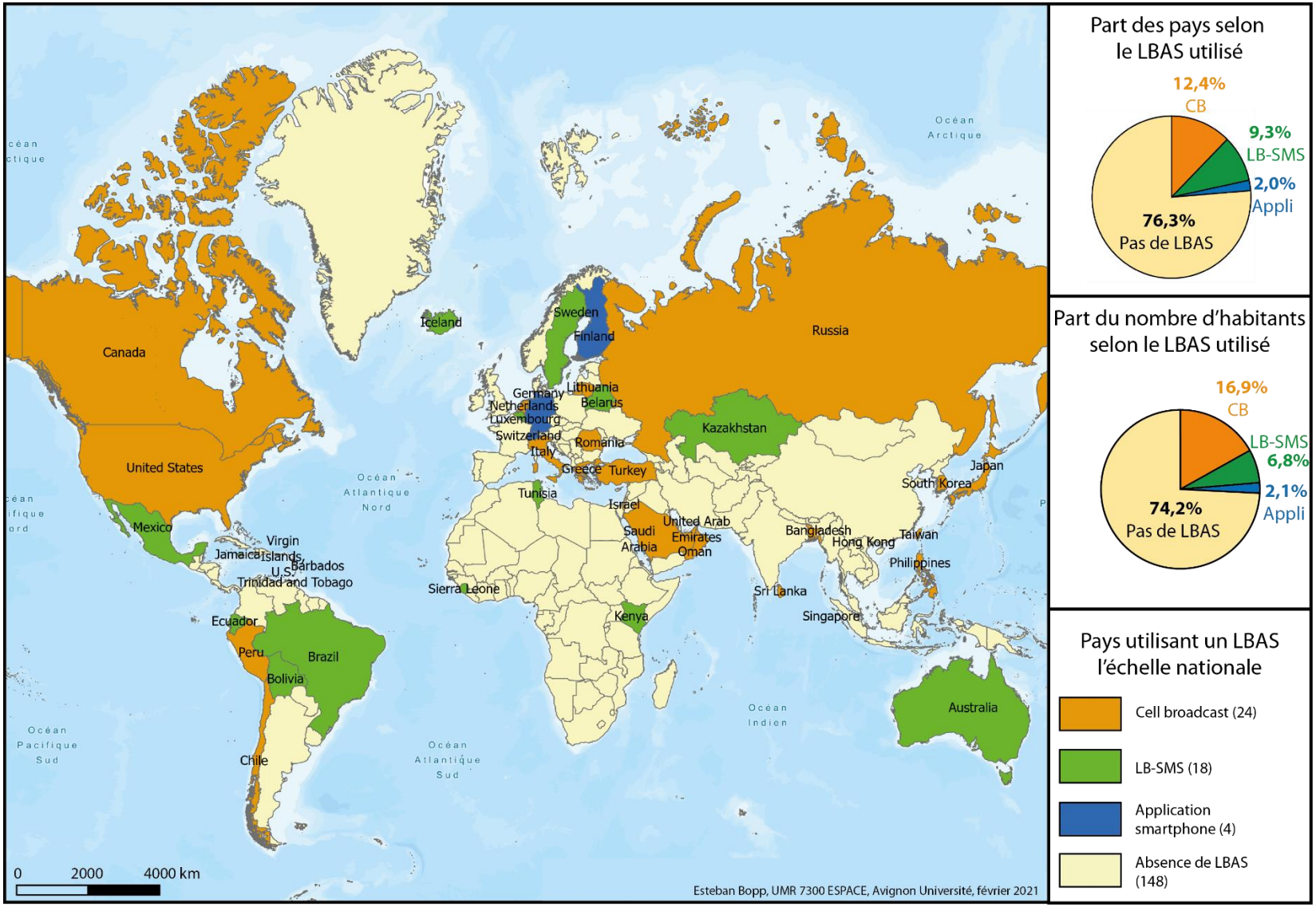


Figure 3.9. Pays utilisant un moyen d'alerte centré sur la localisation à l'échelle nationale

3.2.2 Les pays fortement peuplés et ayant une mortalité élevée face aux catastrophes ont tendance à choisir le CB

La différence entre les Indices de Développement Humain (IDH) des pays dotés d'un CB, et ceux dotés d'un LB-SMS, est faible (+0,07 pour les pays dotés du CB ; Tableau 3.2). L'écart est toutefois plus significatif quand on prend en compte la population des pays : ceux équipés d'un système par CB sont plus peuplés que ceux équipés d'un système par LB-SMS (+25,41 millions d'habitants en moyenne ; Tableau 3.2). La représentation graphique des outils selon les pays et leur population montre que les ellipses standards se différencient (Figure 3.10) : les pays équipés par un LB-SMS se caractérisent par une forte variabilité de leur IDH, tandis que les pays équipés par un CB se caractérisent par la variabilité du nombre d'habitants. Les pays équipés par une application mobile se caractérisent par leur forte variabilité du nombre d'habitants, même si l'étude devient vite limitée à cause du nombre de solutions (4) recensées. La majeure partie des pays équipés d'un LBAS se situent dans l'intervalle d'IDH [0,8 - 0,95] et de population [0 - 50 million] indépendamment de la solution.

Tableau 3.2. Relations entre l'IDH et la population couverte par un LBAS (hors application)

		CB	LB-SMS
IDH	Min.	0,614 (Bangladesh)	0,419 (Sierra Leone)
	Q1	0,827	0,739
	Moyenne	0,854	0,785
	Q3	0,914	0,903
	Max.	0,939 (Hong-kong)	0,938 (Australie)
Pop.	Min.	2,79 (Lituanie)	0,29 million (Barbade)
	Q1	9,44 millions	6,14 millions
	Moyenne	54,88 millions	29,47 millions
	Q3	65,77 millions	17,98 millions
	Max.	328,20 (USA)	209,50 (Brésil)

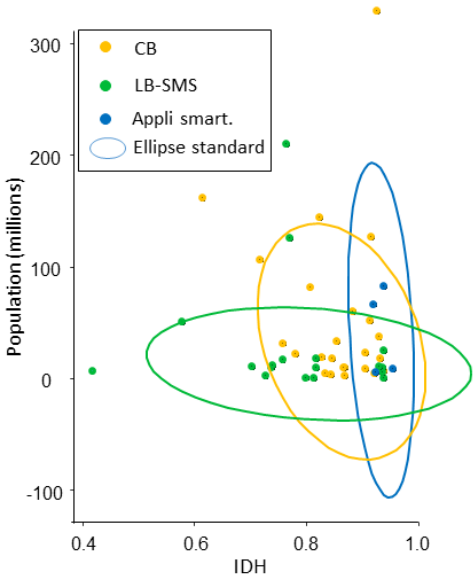


Figure 3.10. Nuage de point de la population et de l'IDH des pays équipés d'un LBAS à l'échelle nationale et ellipses standard selon le LBAS utilisé

Nous avons aussi étudié le nombre de catastrophes (1970-2020) et le nombre de décès dus à des catastrophes sur la même période, en utilisant la base de données EM-Dat, qui recense toute catastrophe ayant au moins fait 10 morts et/ou 100 affectés (Figure 3.11). Le nombre de catastrophes est plus élevé pour les pays équipés d'un CB (283 catastrophes en moyenne), par rapport aux pays dotés du LB-SMS (90), d'une application smartphone (60) ou ceux non équipés d'un LBAS (82). Le nombre de décès est là aussi nettement plus élevé pour les pays équipés d'un CB (43 489 morts), que pour les pays équipés du LB-SMS (3 696 morts), d'une application smartphone (2 969 morts) ou ceux non équipés d'un LBAS (13 048 morts). Ainsi, les pays équipés d'un CB à l'échelle nationale se démarquent clairement par le nombre de catastrophes auxquels ils ont été exposés et par leur nombre de morts dû à une catastrophe, et ils ne répondent pas uniquement à une injonction réglementaire ou à un choix technique.

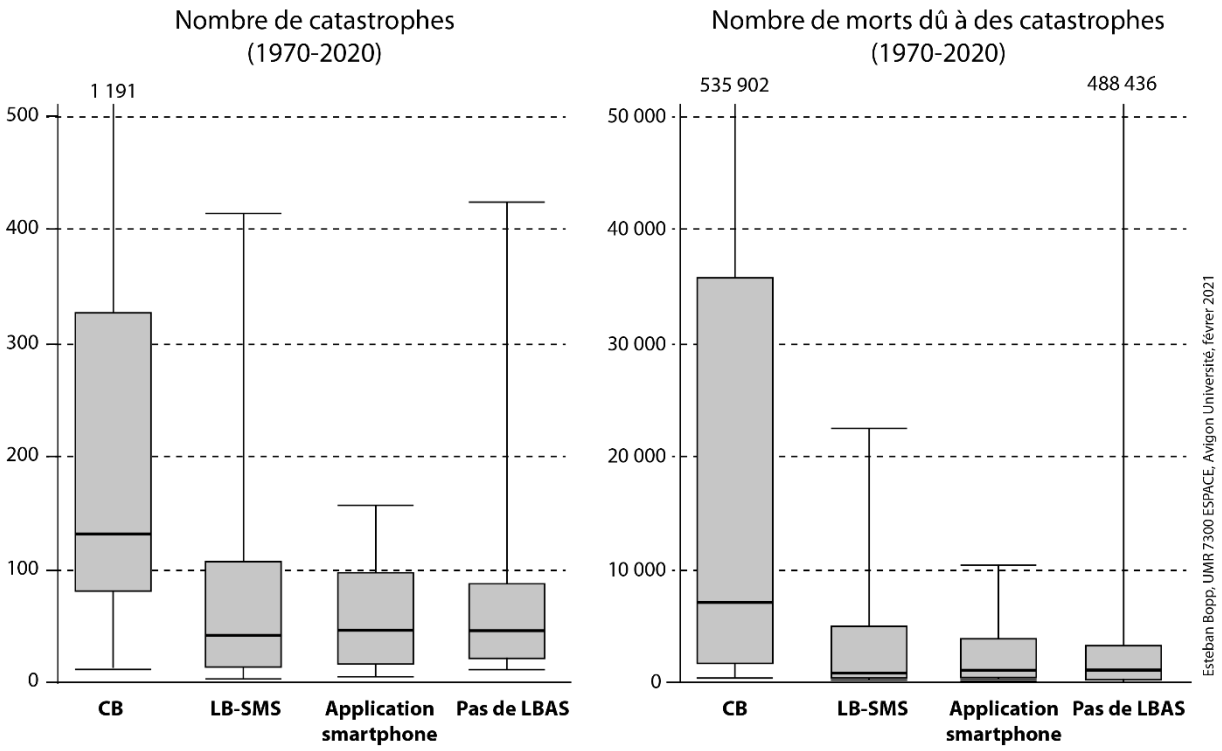


Figure 3.11. Boîte à moustache du nombre de catastrophes et du nombre de morts enregistré par chaque pays du monde entre 1970 et 2020 selon le type de LBAS utilisé à l'échelle nationale (d'après les données de l'EM-Dat : https://www.emdat.be/)

Pour résumer : Le recours à un LBAS à l'échelle nationale est en pleine expansion depuis 2012. Les pays plutôt peuplés ayant un IDH fort et ayant subi de lourdes pertes humaines face aux catastrophes ont tendance à choisir le CB quand les pays moins peuplés et ayant un IDH plus faible ont tendance à choisir le LB-SMS. Cependant, certains pays ont fait des choix d'équipement qui échappent à cette logique.

3.3 Des avantages indéniables

Afin de dépasser une lecture purement technique, l'étude des apports et des limites des LBAS se poursuit en intégrant dans la réflexion les dimensions identifiées dans le chapitre 1, à savoir le volet humain (ou social), contextuel, organisationnel et opérationnel.

3.3.1 Raccourcir les délais de diffusion et de réception de l'alerte

Les LBAS permettent aux autorités d'envoyer une alerte de manière simple et rapide. À travers un serveur central accessible *via* n'importe quel ordinateur, les autorités peuvent, en quelques minutes, diffuser des messages préenregistrés à la population (Nagarajan *et al.*, 2012). Lors du colloque Cap'Alert organisé en 2019 à l'Université d'Avignon, l'un des membres du Centre de Gestion de crise en Belgique nous confiait qu'avec son smartphone, il avait la possibilité d'envoyer (sur ordre d'une autorité compétente) un SMS d'alerte à tout ou partie de la Belgique en moins de cinq minutes. Des tests réalisés à Avignon Université le 13 janvier 2021 (journée d'expérimentation du projet *Cap4MulticanAlert*) ont montré la rapidité dans la réception et dans la diffusion d'un message SMS auprès d'étudiants et personnels de l'université (quelques secondes pour l'envoi et la réception d'un message préenregistré).

En cas d'extrême urgence, les LBAS peuvent aussi, à l'image des objets connectés, raccourcir les délais en supprimant la partie décisionnelle de la chaîne d'alerte. Dans le cadre d'une alerte sismique, Alphonsa et Ravi (2016) ou Auclair et Bertil (2009) ont bien montré qu'un réseau de capteurs automatisés pouvait alerter des individus quelques secondes avant l'arrivée même d'un séisme, grâce à la détection des ondes S (ondes non détectables par un humain et qui se déplacent plus rapidement que les ondes P destructrices). L'alerte automatisée (sans prise de décision politique) reste néanmoins rare et réservée à des risques ayant une cinétique ultra rapide. À titre d'exemple, en Indonésie, bien que le bureau chargé de la surveillance des aléas météorologiques et géodynamiques (BMKG) dispose d'un outil numérique appelé « *Warning Reciful System* », qui permet d'envoyer automatiquement des SMS dès qu'un aléa à cinétique rapide est détecté (typiquement un tsunami), la validation « humaine » de la détection de l'aléa doit être néanmoins faite par un centre opérationnel en veille permanente.

3.3.2 Alerter massivement et plus précisément

Grâce à la très forte démocratisation de la téléphonie mobile depuis le début du XIXe siècle, il est désormais possible de diffuser massivement des alertes à la population à l'échelle de la population. En 2018, un message test CB, envoyé par les autorités étatsuniennes, a atteint 75% de la population du pays, soit près de 180 millions d'individus. Aux Pays-Bas, 85% de la population ont pu être atteints lors d'un test en 2019 (soit environ 12,6 millions d'individus). Il s'agit là de chiffres importants, notamment dans les pays où la couverture spatiale des sirènes est insuffisante pour faire de l'alerte massive à la population.

La géolocalisation des individus à l'échelle de la cellule garantit également une précision spatiale assez fine des alertes (Figure 3.12, a). La plus petite zone d'alerte possible est la cellule pour les LBAS cellulaires et quelques mètres carrés pour un LBAS par satellite. Cela limite le nombre d'individus qui reçoivent une alerte alors qu'ils sont situés hors de la zone de danger ainsi que le nombre d'individus qui sont situés dans la zone de danger, mais qui ne reçoivent pas l'alerte. Il est également possible de différencier le contenu du message selon

l'endroit où est situé l'individu (toujours à l'échelle cellulaire). Ainsi, il peut être demandé à un individu situé proche du danger d'évacuer, mais à un autre individu situé plus loin du danger de se confiner (et inversement). Pour cela, il faut que les autorités délimitent ces différentes zonalités d'alerte. Le LB-SMS donne la possibilité de connaître avec exactitude le nombre d'individus atteints et ceux qui n'ont pas vu ou reçu le message (Figure 3.12, a). Quand les individus reçoivent l'alerte, ils peuvent en accuser réception et l'information remonte vers les autorités impliquées dans la gestion de crise. Les autorités peuvent alors renvoyer plusieurs fois l'alerte vers ceux ne l'ayant pas reçu jusqu'à ce qu'ils l'aient vu. En dernier lieu, il est possible d'alerter en temps réel les individus pénétrant dans la zone d'alerte et ceux qui en sortent.

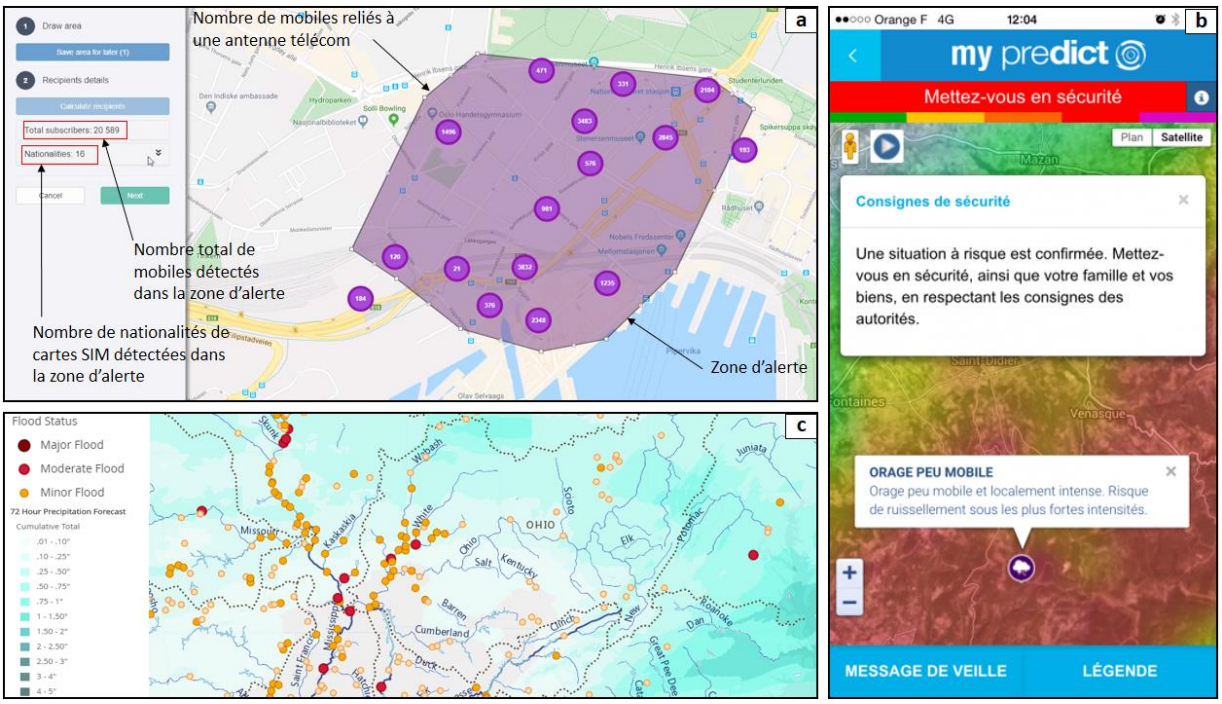


Figure 3.12. Trois visuels de géolocalisation pour l'alerte (a : capture de la plateforme de lancement d'alerte d'Everbridge® ; b : localisation d'un aléa avec des consignes associées sur l'application MyPredict® ; c : USA Flood Map de Esri®, plateforme de suivi en temps réel des précipitations et des crues sur des réseaux équipés en capteurs connectés)

3.3.3 Accompagner l'alerte d'un message d'informations

Du côté des citoyens, les messages reçus grâce aux LBAS sont plus riches d'information que le signal sonore d'une sirène (Sillem *et al.*, 2006). La langue des messages d'alerte peut varier en fonction de la nationalité de la carte SIM de l'utilisateur. Des illustrations (photographies et cartes localisant le danger) et liens de redirection peuvent également être diffusés (notamment *via* une application mobile). Cela augmente la richesse des informations mises à disposition des individus confrontés à une situation de danger (Figure 3.12, b). En 2019, une étude menée par Grant et Smith à l'université de Hull a démontré que la localisation de la zone affectée par un danger était l'élément le plus important que les individus souhaitent voir dans un message d'alerte (pour 60% des participants à un test sur la diffusion d'une alerte CB). Selon une enquête menée en novembre 2020 à Avignon Université (projet Cap4MulticanAlert), 94% des enquêtés ont déclaré souhaité avoir la localisation du danger dans le message d'alerte. Les

autres contenus jugés importants lors du test CB à l'université Hull sont intéressants : 58% des participants souhaitent avoir des informations sur la sévérité de la menace, 51% sur les consignes à tenir et 40% sur la durée de la crise (Grant and Smith, 2019). Par ailleurs, le recours aux capteurs connectés accroit la qualité des prévisions voire assure un suivi en temps réel de la situation sur le terrain (Figure 3.12, c). Les autorités peuvent améliorer la qualité de l'alerte tant au niveau de son contenu qu'à la temporalité de sa diffusion. Ces différents résultats sont davantage détaillés dans le chapitre 8.

3.3.4 Inciter à l'implication des individus dans la chaîne d'alerte

En l'état actuel, les LBAS restent utilisés comme des outils d'alerte « *top-down* », parfaitement adaptés à l'organisation nationale et pyramidale des systèmes d'alerte à l'échelle mondiale. Les citoyens sont alors cantonnés dans un rôle de « simple récepteur », quand bien même ils disposent avec leur téléphone d'un pouvoir de communication considérable et trop souvent sous-estimé par les acteurs opérationnels. Mais le recours à l'utilisation de moyens d'alerte numérique et communiquent ne pourraient-ils pas renverser les codes, ou au moins rendre possible la structuration d'une forme d'alerte montante qui ne viendrait pas des prévisionnistes, mais des citoyens eux-mêmes ? D'autant plus que les individus sont les premiers observateurs des phénomènes impactant leur territoire et ils peuvent remonter leurs observations grâce aux téléphones mobiles (Douvinet *et al.*, 2017).

La recherche scientifique s'est attachée à mettre en avant ce potentiel. Dès 2007, Goodchild introduit le concept de citoyen-capteur et de VGI (« *Volunteered Geographic Information* ») qui traduit la capacité des citoyens à remonter des données à travers leurs téléphones mobiles ou les réseaux sociaux (Goodchild, 2007). Les médias sociaux en gestion d'urgence (MSGU) sont un champ scientifique largement étudié depuis les années 2010 (Alexander, 2014 ; Cao *et al.*, 2018 ; Cavalière *et al.*, 2016 ; De Longueville *et al.*, 2009 ; Laverdet *et al.*, 2018 ; Houston *et al.*, 2015 ; Martin and Blay, 2014 ; Wellington Region Emergency Management Group, 2012)). Preis *et al.* (2013) ont même démontrés que les médias sociaux pouvaient être un excellent indicateur de l'intensité d'un phénomène. En se fondant sur le cyclone Sandy au moment où il impacta le New Jersey (USA) en 2012, les chercheurs ont observé une très forte corrélation négative des courbes de pression du cyclone et du nombre de photographies publiées dans le média social Flickr « taguant » le cyclone (Figure 3.13, a). Ils ont ainsi démontré qu'il est possible de calculer l'intensité d'un phénomène naturel au travers des réactions qu'il suscite dans les médias sociaux.

Il est donc possible d'exploiter ce genre d'information pour améliorer la précision des alertes montantes, sans nécessairement modifier les doctrines en place ni la verticalité du système d'alerte. Il faut pour cela mettre en place des canaux de communication officiels (application smartphone, comptes dédiés sur les réseaux sociaux) afin de capter les informations provenant du terrain et des individus. Les individus seraient alors investis d'un rôle proactif durant les phases de crises, ce qui pourrait améliorer la conscience collective des risques (Gourine, 2013).

Certaines applications mobiles mettent d'ailleurs le citoyen au cœur du dispositif d'alerte : on parle d'application « proactive » (Bopp *et al.*, 2019 ; Kouadio, 2016). La plupart des applications proactives guident l'utilisateur dans leur remontée d'information (Figure 3.14, a). L'utilisateur choisit l'aléa qu'il est en train d'observer (Figure 3.14, b) ; il peut décrire l'intensité et prendre une photo pour l'illustrer (Figure 3.14, c). La plupart des applications mobiles

localisent automatiquement cette remontée d'informations (Figure 3., d), et ils contribuent donc à augmenter les ressources de données disponibles pour les gestionnaires, et à augmenter leur conscience situationnelle (appréhension d'un événement à distance).

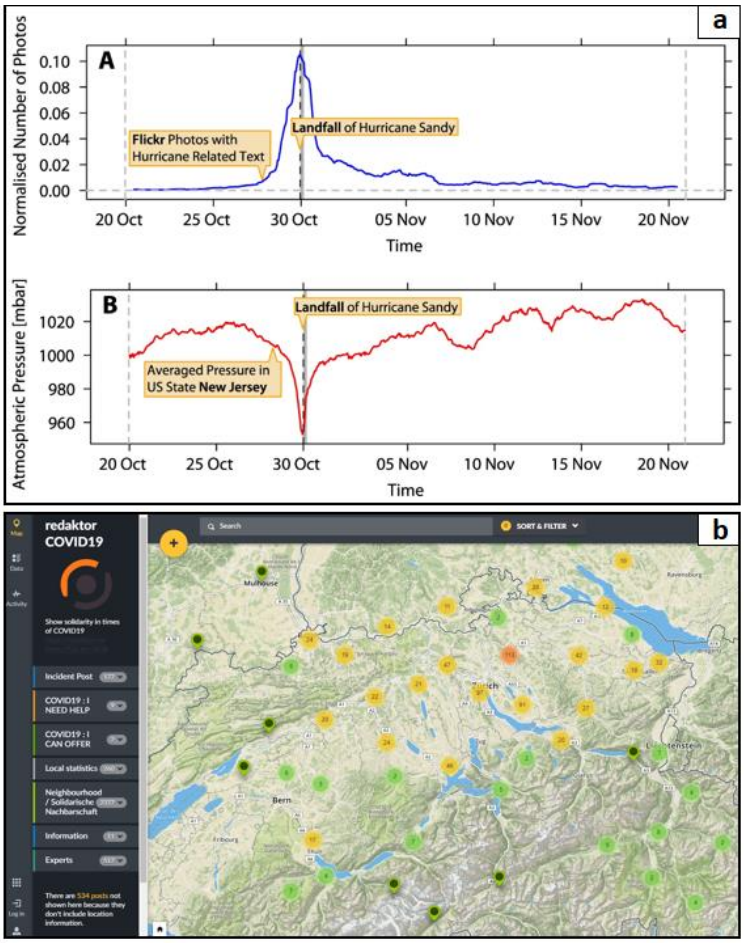


Figure 3.13. Deux exemples de remontée d'information à travers les MSGU (a : la corrélation négative des courbes de l'ouragan Sandy et des photos reliées à l'ouragan postées dans Flickr® (Preis *et al.*, 2013) ; b : capture d'écran de la plateforme Ushahidi lors de la pandémie du Covid-19 en Suisse (http://ushahidi.com, 26/03/2020)

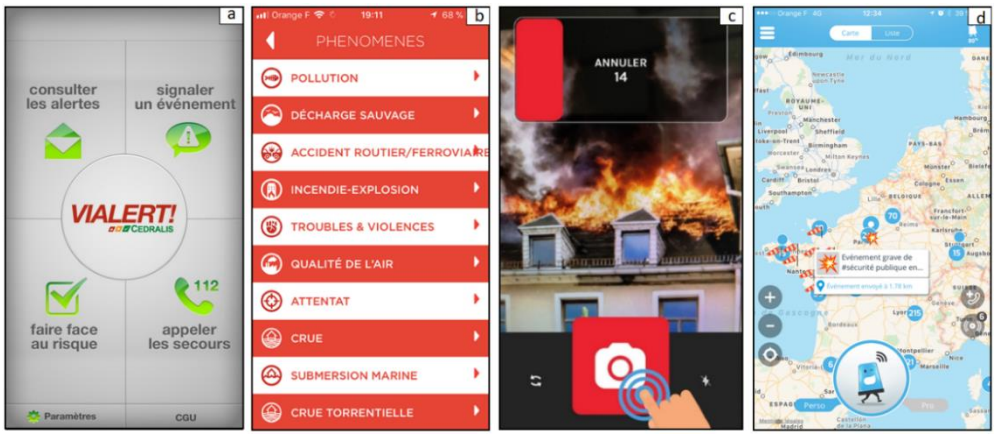


Figure 3.14. Quatre exemples d'interface de remontée d'information via une application mobile (a : Interface d'accueil de l'application Vialert ; b : Choix des aléas sur l'application Signalert ; c : Photographie de l'aléa sur l'application Swelp ; d : géolocalisation des remontées d'autres utilisateurs sur l'application Quidam)

3.3.5 Des retours opérationnels concluants

Les Pays-Bas ont été le premier pays européen à se doter de la technologie CB (Wiersma *et al.*, 2008). Des tests effectués entre 2005 et 2007 ont montré des taux de pénétration faibles au départ (entre 0 et 29% des mobiles visés selon les tests), expliqués par des erreurs dans la diffusion de certains messages et des téléphones peu compatibles (Jagtman, 2010). Après corrections, des tests réalisés en 2008 ont affiché des taux de pénétration meilleurs (72% ; Jagtman, 2010). En 2012, les États-Unis ont lancé le « *Wireless Emergency Alerts* » qui permet de diffuser des alertes via CB. Ce système a été intégré dans IPAWS (*Integrated Public Alert and Warning System*) et il a été utilisé pour la première fois, et avec succès, en 2012 lors d'un « *Tornado Warning* » à Elmira proche de New York (GSMA, 2013). La même année, la ville de New York a utilisé *IPAWS* lors du passage de l'ouragan Sandy (Scott, 2016).

La Belgique a fait le choix du LB-SMS, après abandon des sirènes en 2016 (Douvinet, 2018b). En novembre 2017, un SMS a été envoyé à tous les individus situés dans un rayon de 20km autour de la ville de Drogenbos, où un conteneur de batteries lithium était en feu (Douvinet, 2018). En octobre 2019, un test grandeur nature a été réalisé au cours duquel plus de 400 000 SMS, 50 000 appels vocaux et 120 000 emails ont été envoyés, et impliquant 204 communes. De nombreuses communes ont affiché un taux de réussite technique à 99,9%[13] (Comines-Warneton, Estines, Wemmel, Wezembeek-Oppem).

En Australie, *l'Emergency Alert* a été utilisé dès 2011 lors d'inondations qui frappèrent l'État du Queensland (Brisbane City Council, 2011). Malgré un message insuffisamment explicite (ce qui a engendré des phénomènes de confusion et de panique), le recours au SMS d'alerte est aujourd'hui une solution largement utilisée dans ce pays. Le système a d'ailleurs été utilisé plusieurs fois en 2020, lors des incendies en janvier et des inondations en juin.

En Suisse, l'application mobile *Alertswiss* a été développée pour compléter les 7 700 sirènes nationales. Un test national impliquant la diffusion d'une alerte sur l'ensemble des canaux (sirènes, application et site internet) a eu lieu en février 2019. L'application compte plus de 100 000 téléchargements en 2020 d'après GooglePlay. Un nouveau test en 2020 a été effectué durant lequel 98% des sirènes ont bien fonctionné, mais des retards de diffusion de l'alerte sur l'application ont été notés. En Allemagne, l'application Katwarn est utilisée pour alerter la population depuis 2016. Lors de la fusillade du 22 juillet 2016 à Munich, l'application a diffusé un message demandant à la population de se confiner chez elle, et elle a été utilisée plus de 50 fois lors de l'épidémie de la COVID-19.

Pour résumer : Le recours aux LBAS apparaît donc comme une solution efficace au vu des retours d'expérience que nous avons analysés. Si les premières utilisations ont révélé certains problèmes (paramétrage des antennes-relais, contenu des messages), ces systèmes d'alerte centrés sur la localisation sont aujourd'hui inévitables tant les avantages sont indéniables, ne serait-ce qu'en termes de population atteignable et de temporalité d'alerte.

[13] En termes de taux de téléphones mobiles atteints.

3.4 Des solutions perfectibles

Malgré les nombreux avantages des LBAS relevés dans ce chapitre, il est également important de mettre en lumière certains éléments qui restent à améliorer.

3.4.1 Des solutions vulnérables

a. Une vulnérabilité structurelle importante

Les LBAS fonctionnent à partir de réseaux (réseaux électriques, réseau Internet, antennes de télécommunication) qui sont vulnérables aux aléas. Durant l'ouragan Irma qui frappa Saint-Martin les 5 et 6 septembre 2017, l'ensemble des communications Internet et mobile furent impossibles, car les réseaux électriques et les réseaux de télécommunications avaient été durement touchés (Moatty *et al.*, 2019 ; Rey *et al.*, 2019). La coupure a duré de quatre jours à trois mois selon les endroits. Il s'agit là d'un problème central relatif à l'utilisation des réseaux numériques en période d'urgence (Douvinet *et al.*, 2017). Paradoxalement, ce sont d'anciens moyens de communication qui sont les plus fiables juste après une catastrophe, et notamment les communications par ondes radio (Higgins and Smith, 1985). Ces solutions ont déjà été testées avec succès pour la communication post-catastrophe (Hajdarevic and Konjicija, 2015 ; Nollet and Ohto, 2013). Gaël Musquet, cofondateur de l'association Hand (*Hackers Against Natural Disasters*) affirmait dans Ouest-France[14] au retour d'une mission à Saint-Martin que : « *Dès qu'il n'y a plus d'énergie, toutes les communications sont rompues. Avec des moyens simples comme la radio amateure ou des antennes mobiles rapides à monter et exploiter, en communiquant par satellite, il est possible d'éviter de telles situations, à moindre coût* ».

Le caractère systémique des TIC et des objets connectés (qualifié « effet réseau » ; Weill and Souissi, 2010) accroît aussi cette vulnérabilité structurelle. La vulnérabilité des réseaux de communication face aux aléas se manifeste le plus souvent par un manque en alimentation électrique occasionné par une coupure de courant (Kwasinski and Krein, 2007). Cette vulnérabilité varie selon les aléas. Une étude de l'OCDE affirme qu'en cas de crue historique de la Seine, un quart des infrastructures électriques pourraient être impactées en Île-de-France, la surface d'impact étant 1,5 fois supérieure à la surface inondée (OCDE, 2014). Cette vulnérabilité structurelle est d'autant plus importante que les réseaux de télécommunication constituent un système de système, et un seul point de vulnérabilité suffit à porter atteinte à l'entièreté du réseau (Kwasinski, 2010). Kwasinki (2010) suggère d'identifier les principaux points de faiblesses, pour y mettre en place une diversification en alimentation électrique via des générateurs. En région Sud-PACA 33,4% des antennes de télécommunication sont situées en zone inondable. L'inondation n'est pas le seul aléa menaçant les réseaux électriques et les réseaux de télécommunication. Cette vulnérabilité doit être prise en compte et les points de vulnérabilité des réseaux doivent être identifiés afin de les redonder. C'est ce que s'attache à faire l'application locale de la Directive Inondation, mais les collectivités ont plusieurs fois remonté des difficultés à discuter de ces questions avec les gestionnaires de réseaux (Bopp, 2016).

[14] Ouest-France, consulté le 30 mars 2020 : https://www.ouest-france.fr/normandie/catastrophes-un-normand-saint-martin-5489923.

b. Des risques de congestion qui subsistent dans les grandes agglomérations

Si le CB n'est pas soumis à ce risque, le LB-SMS y est très vulnérable. Sans aller jusqu'à une impossibilité totale de diffuser des messages SMS d'alerte, le temps d'acheminement du SMS vers le mobile dépend du nombre d'individus devant être alertés sur chaque cellule. Ainsi, la congestion est davantage un problème de temporalité de diffusion de l'alerte que de nombre d'individus alertés. L'application mobile est également soumise au même problème, si ce n'est plus, car la consommation en bande passante est nettement supérieure pour faire fonctionner une application que pour recevoir un simple SMS. Ces problèmes rendent limités l'utilisation de ces solutions à très petite échelle (nationale par exemple), au contraire du CB. L'envoi le 17 mars 2020 d'un SMS d'alerte sur les dangers liés au Covid-19 par le gouvernement français a été délivré de manière très inégale parmi la population, et le temps d'acheminement a pris entre 6h et 24h (estimations observées par les opérateurs). En fonction des opérateurs, des décalages de plusieurs heures peuvent être constatés, tout en sachant que les opérateurs peuvent, en amont, décider de décaler la diffusion des messages SMS, sans l'indiquer publiquement.

Afin de voir si des différences existaient spatialement, nous avons cartographié les risques de congestion à l'échelle de la région Sud-PACA (Figure 3.15), en fonction du nombre d'individus résidant dans chaque cellule. Les estimations ont été déterminées pour chaque antenne-relais via la méthode des polygones de Voronoï (Audric *et al.*, 2018). La grande majorité des cellules ne présentent pas de risque, mais dans certaines cellules densément peuplées, situées dans les principales agglomérations (Marseille, Toulon, Cannes notamment), on détecte d'éventuels problèmes. Plus la densité de population est élevée, plus la superficie couverte par les cellules doit être faible, pour éviter le rattachement d'un trop grand nombre d'individus à une antenne relais. Cela nécessite donc un maillage resserré dans les grandes agglomérations.

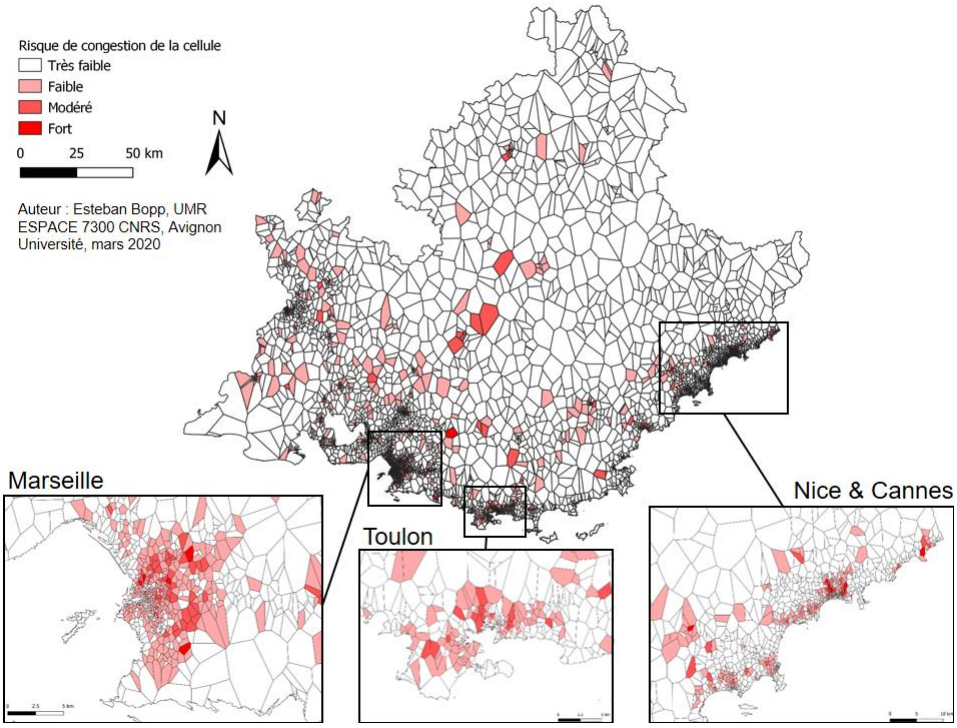


Figure 3.15. Risque de congestion des cellules de télécommunication en région PACA

c. Alerte manquée *vs*. fausse alerte

L'utilisation des LBAS n'échappe pas non plus à un risque de diffusion d'une alerte trop tardive (alerte manquée) ou de fausses alertes. Lors de l'attentat du 14 juillet 2016 à Nice, l'ancienne application SAIP (2016 – 2018) a émis une alerte vers 1h30 du matin alors que l'attaque s'est déroulée entre 22h et 22h20. Ce problème a été provoqué par la mise à jour des serveurs devant diffuser l'alerte, l'ordre d'alerter ayant déjà été envoyé sans possibilité de l'annuler. L'alerte est arrivée sur les téléphones à la fin de la mise à jour soit plus de trois heures après la fin de l'attentat. Début 2020 au Canada, une fausse alerte diffusée *via* le CB, reportant un incident dans une centrale nucléaire, a provoqué une indignation de la part des populations locales qui avaient ingéré des pastilles d'iode à la lecture du message. Le message a été envoyé par erreur au cours d'un exercice. À Hawaï, lors d'un exercice de crise (janvier 2018), un message d'alerte CB mentionnant une menace balistique a été envoyé à l'ensemble de la population. Cela a créé un sentiment de panique à travers toute la population d'autant plus que le message n'a été démenti que 45 minutes après la fausse alerte.

d. Piratage

Des failles dans la sécurité des LBAS pourraient aussi être explorées, et l'envoi malveillant de fausses alertes à la population est ainsi tout à fait envisageable. En France, l'Agence Nationale de la Sécurité des Systèmes d'Information (ANSSI), rattachée au SGDSN (Secrétariat Général de Défense et de Sécurité Nationale), a pour mission de défendre les systèmes d'information de l'État. Elle est dotée notamment du CERT-FR (centre gouvernemental de veille, d'alerte et de réponse aux attaques informatiques), qui dirige un système d'alerte focalisé sur le risque cyber à l'échelle de la France. Le prochain système d'alerte FR-Alert pourrait donc bénéficier des services de l'ANSSI et des services de surveillance du CERT-FR pour réduire les risques de piratages et d'envoi d'alerte malveillants à la population. C'est d'ailleurs ce qui s'est passé le 1er décembre 2020, lors de l'envoi du SMS incitant la population à télécharger l'application mobile TousAntiCovid *:* une action de « *fisching* » a été observée dès le 4e jour après la première diffusion du message. Le *fishing* (hameçonnage) consiste à leurrer un internaute (ou utilisateur d'un appareil connecté) pour l'inciter à communiquer des données personnelles en se faisant passer par un tiers de confiance (dans cet exemple, par l'État).

La possibilité de récupération des données privées est également un sujet qui doit être pris en compte (Egelman *et al.*, 2013). Aux Pays-Bas, deux mois après le lancement de l'application NL-Alert, le gouvernement a demandé aux citoyens de désinstaller l'application mobile, car des données personnelles avaient été piratées[15]. Le problème a été résolu depuis, mais il a pu entacher la confiance envers cette solution (qui vient compléter le CB déjà déployé). Récemment, un consortium de scientifiques a publié un article de vulgarisation à propos de l'application Stop-COVID intitulé « *Le traçage anonyme, dangereux oxymore* » (Bonnetain *et al.*, 2020). Cet article montre comment les données récoltées par l'application sont « pseudonymisées » (et non anonymisées). D'une manière générale, les technologies de géolocalisation donnent aux objets un caractère intrusif également mal perçu par la population (Weill and Souissi, 2010).

[15] Crisis.nl, consulté le 8 mai 2020 : https://crisis.nl/nl-alert/nieuws/update-over-onderzoek-datalek/

Pour résumer : La vulnérabilité structurelle, le risque de congestion et le risque de piratage sont des risques bien connus et souvent rappelés dans les publications techniques et/ou scientifiques concernant les LBAS. Il faut ajouter à cela le fait que les LBAS, comme n'importe quel moyen d'alerte, n'empêchent pas le risque pour les opérationnels de rater des alertes ou de diffuser de fausses alertes. Mais d'autres menaces et problématiques liées à l'usage des LBAS ne sont pas systématiquement considérées dans les rapports et articles publiés : il convient de les rappeler.

3.4.2 Des solutions pas toujours ubiquitaires

Malgré un fort taux de pénétration des mobiles en France (95% en 2019 selon le Baromètre du Numérique), une certaine partie de la population ne sera jamais alertée par un LBAS, car elle ne possède pas de téléphone mobile et/ou de smartphone. Le terme de « non-usagers » (Kellner *et al.*, 2010 ; Wyatt, 2010) désigne les individus qui n'utilisent pas une technologie. Selon Jauréguiberry (2012), les nombreuses études statistiques cherchant à cerner les variables expliquant l'usage d'une innovation ont montré que « *les non-usagers sont moyennement plus pauvres, plus isolés, plus vieux, ont de plus faibles compétences techniques et ont moins fait d'études* ». Goniewicz et Burkle (2019) précisent que face aux risques naturels, les individus dépourvus de technologie de communication sont aussi les plus vulnérables.

La question des inégalités d'usage est davantage prégnante que celle des inégalités d'accès (Jauréguiberry, 2012). Granjon (2010) définit la fracture numérique comme « *un ensemble d'écarts de pratiques constitutives d'inégalité sociale* ». Parmi les « non-usagers », Kellner *et al.*, (2010) différencient : les « *abandonnistes volontaires* » (ils n'utilisent plus la technologie par choix personnel) ; les « *abandonnistes involontaires* » (qui ont été obligés de stopper l'utilisation de la technologie) ; les « *exclus* » qui n'ont pas accès par manque d'infrastructure ou de moyens ; les « *résistants* », qui n'ont jamais utilisé la technologie par choix (Granjon, 2010). Pour Kellner *et al.* (2010), les trois principaux facteurs de non-usage des TIC sont l'absence de besoin, le manque d'intérêt et le manque de motivation.

Bergier (2016) préfère parler de « non-possession ». Selon le chercheur, la non-possession est davantage choisie que subie (pour 84% d'un échantillon de 527 personnes ne possédant pas de portables). Ce fait s'explique par la grande méfiance qu'inspirent ces objets (37% de l'échantillon), par le fait que les téléphones mobiles sont perçus comme inutiles (35% de l'échantillon) ou par leurs coûts trop élevés (33% de l'échantillon). L'exposition aux ondes (22%) et l'incapacité réelle ou supposée à utiliser ces outils (14%) sont également avancées par les individus n'utilisant pas volontairement les téléphones mobiles. Bergier (2016) souligne néanmoins que la non-possession de téléphone mobile n'empêche pas les individus de rester connectés via d'autres outils de communication (ordinateur et téléphone fixe notamment).

Concernant les objets connectés, la non-possession volontaire semble plus forte encore. Pour Ardelet *et al.* (2017), les consommateurs font preuve d'ambivalence à leurs égards : les objets connectés facilitent le quotidien, améliorent la performance de l'être humain, offrent des opportunités de relations sociales et procurent du plaisir d'un côté, mais de l'autre, ils sont perçus comme complexes et chronophages, débilitants (destinés à des personnes assistées), favorisant le repli sur soi et inquiétants.

Par ailleurs, étant donné l'existence de zones blanches et de zones à faible connectivité en milieu rural, la question de « l'alertabilité » (taux d'individus alertables) des territoires ruraux

isolés en cas d'utilisation d'un LBAS pourrait se poser. Même si les technologies de communications participent à la revitalisation des zones rurales (Brachotte, 2011), l'existence d'espaces ruraux inalertables pourrait remettre en question l'adoption d'un LBAS à l'échelle nationale.

3.4.3 Les dangers d'un monde « hyperconnecté »

L'utilisation massive des téléphones mobiles et la connexion des objets du quotidien ont fait émerger des problématiques touchant aux modes de vie, à la santé et à la sécurité globale. La question des libertés privées est fréquemment soulevée dans les recherches portant sur les impacts des TIC (Arts *et al.*, 2015 ; Chin *et al.*, 2012 ; Egelman *et al.*, 2013 ; Sutanto *et al.*, 2013) et des objets connectés (Ardelet *et al.*, 2017 ; Palen *et al.*, 2009). Certains chercheurs ont également souligné la faible fiabilité des données remontant des citoyens volontaires (ou citoyens capteurs), notamment en période de crise (Bégin *et al.*, 2013 ; Cavalière *et al.*, 2016 ; Frerson *et al.*, 2015 ; Senaratne *et al.*, 2017). Dès lors, comment garantir un usage raisonné des LBAS ? Dans le cadre des objets connectés, Weill et Souissi (2010) proposent d'accélérer la mise en place d'une gouvernance mondiale au moyen d'organismes de standardisation. D'ailleurs, au début des années 2000, l'approche du « *Privacy by Design* » (Langheinrich, 2001) proposait d'intégrer l'objectif de la protection des données personnelles dès la phase de conception des objets.

La démocratisation des TIC a conduit à la création d'une très grande quantité de données et d'information. La viralité de contenus interactifs, de plus en plus « addictifs », mène à une impression de « trop-plein » dont le terme « infobésité » se fait écho (Sauvajol-Rialland, 2014). Les smartphones cherchent l'attention de l'utilisateur par des notifications sonores et des affichages visuels qui captent l'attention. Cela a pour conséquence d'augmenter l'inattention et les symptômes d'hyperactivité (Kushlev *et al.*, 2016 ; Sender, 2016). De récentes recherches ont également mis en avant le danger d'outils numériques pour les enfants, avec des cas ressemblant à de l'autisme chez certains enfants ayant eu très tôt un contact prolongé avec ces outils (Freund, 2018 ; Harlé and Desmurget, 2012 ; Leblanc, 2017). Pourtant, le concept de LBAS incite à avoir son téléphone mobile en permanence avec soi, alors même que cette attitude est déconseillée et que l'addiction aux objets numériques est un réel problème (Kwon *et al.*, 2013 ; Samaha and Hawi, 2016).

En dernier lieu, il convient d'évoquer l'impact écologique indirect des LBAS. L'utilisation de minerais (terres rares), nécessaire pour la conception de nombreux outils numériques, a des conséquences graves pour l'environnement (pollution des sols, activités industrielles polluantes) et pour les sociétés (expropriations, exploitations, conflits armés) notamment dans les pays en développement ou émergents (Chine, Congo, Burundi, Afrique du Sud, Madagascar, etc.) où se situent les mines (Pitron, 2018). L'énergie demandée pour le fonctionnement des appareils et le stockage des données dans des data center est elle aussi considérable, d'autant plus qu'elle a été multipliée par 90 depuis les années 2000 (Shehabi *et al.*, 2016). À l'heure où les engagements de la Cop-21 semblent difficilement tenables, il parait paradoxal de mettre en œuvre une politique de gestion des risques et de l'alerte sur des outils ayant un coût énergétique aussi fort.

C'est pourquoi tout système d'alerte centré sur la localisation doit aujourd'hui se calquer sur l'existant (téléphone portable, smartphone, objets connectés), sans pousser à l'achat massif d'outils spécialement dédiés. Le coût énergétique peut être une composante dans le choix de

la solution : le LB-SMS ou le CB sont nettement moins consommateur d'énergie et de données qu'une application mobile par exemple.

Conclusion du chapitre 3

Ce chapitre a permis d'aborder les caractéristiques (techniques, fonctionnelles) et les enjeux relatifs aux outils d'alerte centrés sur la localisation des individus. Reposant sur des solutions numériques mobiles très démocratisées, les LBAS pourraient révolutionner les modalités d'alerte en France. En effet, l'alerte par LBAS est spatialement plus précise, peut fournir des messages explicites et riches en information, et elle peut aussi garantir une procédure moins chronophage. Ces outils offrent également la possibilité aux individus d'émettre des informations vers leurs proches ou vers les autorités.

De nombreux pays, développés ou émergents, se sont tournés vers les LBAS. La Directive européenne de décembre 2018 rend obligatoire l'adoption d'un LBAS pour tous les pays membres de l'Union Européenne d'ici 2022. En France, deux outils ont été discutés : la diffusion cellulaire (CB) ou le SMS géolocalisé (LB-SMS). Après plusieurs mois de réunions et de discussions (entre différents services et différents ministères), le ministre de l'Intérieur a annoncé le 24 septembre 2020 la future mise en place d'une solution hybride, ce qui est, à ce jour, une solution complémentaire intéressante (et ce serait la seule à l'échelle internationale).

Toutefois, le non-usage volontaire ou subi des solutions numériques sur lesquelles repose un LBAS, la vulnérabilité physique des infrastructures, les risques de piratage des serveurs, la congestion des réseaux de télécommunication en période de crise ou les problèmes liés aux libertés privées et l'impact environnemental des LBAS invitent à reconsidérer l'hégémonie de ces solutions, et invitent surtout à ne pas croire aveuglément au mythe de la technologie salvatrice (« fétichisme technologique »).

CONCLUSION DE LA PREMIÈRE PARTIE

L'alerte à la population est une procédure extrêmement encadrée en France, mais qui nécessite une importante modernisation face à l'évolution des modes de vie et de la localisation des individus ainsi que face à l'arrivée de nouveaux risques. Cette modernisation est en cours. Elle a dans un premier temps consisté à moderniser le réseau de sirènes d'alerte. Or ce choix est discutable, car **il ne répond pas vraiment à l'évolution sociétale du début du XXe siècle**, qui est marqué par une forte hausse de la communication *via* des technologies numériques. La modernisation du réseau de sirène délaisse par ailleurs la majorité des communes françaises, y compris des agglomérations fortement peuplées. **Ce choix étatique de considérer la sirène comme un moyen d'alerte prioritaire interroge lorsque l'on observe à quel point l'équipement des communes en sirène est inégalitaire.**

Plus qu'une question d'évolution des modes de vie sociétale, c'est finalement l'accentuation de la menace terroriste et l'électrochoc des attentats de 2015 qui a poussé l'État à se tourner vers des solutions numériques. Dans un premier temps, l'État a développé une application smartphone d'alerte qui a finalement été abandonnée faute d'adaptation des modes de fonctionnement des organisations de crise et d'alerte à cet outil et d'une adoption sociétale bien trop timorée. L'État s'est ensuite tourné vers les réseaux sociaux, mais là aussi cette solution est finalement restée marginale (très peu d'abonnés aux comptes officiels) et semble à nouveau inutilisée aujourd'hui.

Ces échecs peuvent être imputés à une **définition de l'alerte et une doctrine de la gestion de crise qui semble aujourd'hui dépassée face à une société où la communication est devenue « instantanée ».** L'État a réagi à une menace en développant des outils vis-à-vis de cette menace (l'application SAIP et les comptes Alerte Beauvau sur les réseaux sociaux), mais c'est davantage une question **d'évolution des modes de vie des individus qui aurait dû pousser à un changement d'outils et de pratiques**. L'État doit donc trancher aujourd'hui sur au moins quatre des six contradictions de l'alerte révélée dans le chapitre 1 :

- La contradiction terminologique : le terme d'alerte est couramment utilisé par la population là où l'État le sacralise et insiste sur son caractère exceptionnel.
- La contradiction de contenu : l'alerte doit être une information (et non plus un simple signal), car l'alerte n'a pas de sens sans l'information, là où la doctrine étatique distingue les deux procédés.
- La contradiction dans les réactions souhaitées : il faut mettre de côté les « comportements réflexes » mal connus de la population et l'alerte doit systématiquement préciser les consignes à adopter.
- La contradiction philosophique : il faut revoir la doctrine d'alerte unidirectionnelle en s'appuyant (et surtout calibrant) les remontées d'information des citoyens à travers les outils numériques qui vont devenir des outils d'alerte (potentiellement bidirectionnels).

À l'échelle internationale, certains pays ont profité de l'évolution des technologies de communication pour développer des systèmes d'alerte plus performants. Les moyens d'alerte centrés sur la localisation des individus (LBAS) sont apparus. Ils permettent de toucher un grand nombre d'individus dans un temps relativement court, car ils reposent sur les téléphones mobiles et smartphones qui se sont imposés comme des outils du quotidien auprès de la population. C'est par le biais de l'Europe (et son décret du 11 décembre 2018), que la France

se voit contrainte de mettre en œuvre un LBAS à l'échelle nationale pour 2022. Il semble dès lors primordial d'analyser l'efficacité de l'alerte des trois principaux LBAS pouvant être mis en œuvre en France (*cell broadcast*, SMS géolocalisé et application smartphone).

DEUXIÈME PARTIE

Évaluer le potentiel des LBAS en France : développements méthodologiques

Le Gaffophone, un moyen d'alerte sous-estimé ? ©André Franquin

INTRODUCTION DE LA DEUXIÈME PARTIE

La deuxième partie vise un double objectif : 1) mesurer le potentiel des moyens d'alerte centrés sur la localisation des individus en temps réel (LBAS pour *location-based alerting solutions*) pour diffuser l'alerte en France ; 2) identifier les incidences sociales et spatiales, inhérentes à l'utilisation de ces solutions. Le terme de « potentiel » est défini ici comme étant un degré de « capacité », une « possibilité de devenir » (Le Du, 2009), tout en intégrant une « incertitude », à la fois dans la précision des valeurs estimées ou dans les indicateurs proposés (Boulier & Simon, 2010). L'utilisation de ce terme se justifie sur le fait que certains LBAS ne sont pas encore déployés en France, le seul LBAS mis en œuvre ayant été l'application mobile SAIP (mis en place en juin 2016, mais arrêtée le 25 mai 2018). Par opposition, certains LBAS ont fait l'objet de plusieurs travaux de recherche à l'international (Aloudat *et al.*, 2014 ; Bean *et al.*, 2016 ; Jagtman, 2010 ; Parker *et al.*, 2015 ; Wiersma *et al.*, 2008). Leur robustesse et leur fiabilité ont largement été démontrées (Aloudat et Alzoubi, 2010 ; Bhattacharya *et al.*, 2012 ; ETSI, 1996 ; Fragkiadakis *et al.*, 2011 ; INTERSEC, 2019 ; Sillem & Wiersma, 2006 ; Spångmyr, 2014). En revanche, aucune méthode n'a été trouvée pour évaluer à la fois le potentiel spatial (capacité à alerter tout le monde dans une zone géographique donnée) et le potentiel social (l'acceptabilité des solutions par les individus) de plusieurs LBAS sur un même territoire donné et à large échelle.

Dès lors, cette partie propose plusieurs expérimentations pour étudier le potentiel des LBAS à être un moyen d'alerte à l'échelle nationale en France. Il se focalise sur trois LBAS : le *Cell Broadcast* (CB), le SMS géolocalisé (LB-SMS) et l'application smartphone. La logique qui a prévalu à l'organisation de cette deuxième partie est la suivante :

1) Malgré l'abandon de l'application SAIP®, de plus en plus d'applications mobiles dédiées à l'alerte sont apparues en France depuis 2014. Dès lors, comment savoir si toutes ces solutions ont un potentiel d'usage bien réel, et comment faire « un tri dans toutes ces applis » (**chapitre 4**) ?

2) Les travaux réalisés à l'échelle internationale négligent souvent les disparités spatiales consécutives à l'utilisation de ces solutions. Dès lors, comment estimer le potentiel de performance spatiale des LBAS à large échelle ? Est-on en mesure ensuite de spatialiser les résultats, d'identifier des disparités et de les expliquer (**chapitre 5**) ?

3) Déployer une solution qui géolocalise les individus en temps réel peut par ailleurs ne pas être accepté par les usagers. Aussi, comment évaluer le potentiel d'acceptabilité des LBAS par les individus ? Est-ce que certains facteurs sociaux ou territoriaux jouent sur cette notion même d'acceptabilité (**chapitre 6**) ?

Chapitre 4

Évaluation du potentiel offert par les applications mobiles d'alerte en France

Introduction du chapitre 4 104
4.1 Méthode et données utilisées 104
4.2 Résultats : des applis nombreuses, mais peu participatives 110
4.3 Discussion (1) d'ordre méthodologique 117
4.4 Discussions (2) d'ordre thématique 120
Conclusion du chapitre 4 123

Introduction du chapitre 4

En France, différentes applications mobiles prétendent informer ou alerter la population en cas de danger. Ces solutions, logicielles et matérielles, offriraient l'avantage de 1) réduire le délai de communication et d'information entre les institutions et les individus (Slingsby *et al.*, 2013) ; 2) donner la possibilité à tout un chacun d'émettre ou de recevoir une alerte dans un environnement en instance de subir des dégâts (Goodchild, 2007) ; 3) d'alerter les personnes en déplacement et pas seulement les résidents (Kouadio, 2016) ; 4) de rendre plus équivoque le message d'alerte, en allant au-delà d'un simple son diffusé par une sirène (Douvinet *et al.*, 2017). Toutefois, la place des « applis » en tant que moyen d'alerte n'est pas très claire. Leurs caractéristiques varient fortement d'une appli à l'autre : couverture spatiale, nature des aléas, modes de communication, prix, ergonomie, etc., et cet éclectisme ne permet pas aux individus de s'en saisir massivement. Le nombre d'applications d'alerte s'accroît de manière importante depuis 2014 (Kouadio, 2016), ce qui entraîne une logique concurrentielle entre les prestataires, et surtout une certaine « illisibilité » de l'offre pour les individus. L'appropriation sociale des applications est rarement étudiée (Lindsay, 2011) et les études portent davantage sur l'aspect technique des applis d'alerte (Chatzimilioudis *et al.*, 2012; Fragkiadakis *et al.*, 2011) que sur leur opérationnalité (capacité d'une appli à être réellement utilisé comme un moyen d'alerte) ou sur la façon dont le contenu est perçu par le public. Les quelques études ayant un regard un tant soit peu global sur l'apport des applis durant la phase de crise et d'alerte restent spécifiques à une seule application, et les résultats ne sont pas généralisables (Bossu *et al.*, 2018 ; Fajardo and Oppus, 2009 ; Konckier, 2016 ; Shan and Lai, 2015 ; Spångmyr, 2014).

Dès lors, nous avons mis en œuvre un protocole d'évaluation multicritères pour observer le potentiel d'un échantillon de 50 applications à être utilisée comme un véritable moyen d'alerte en France. Les critères retenus combinent à la fois la capacité des applications à envoyer une alerte ciblée, leur attractivité, la capacité des individus à émettre de l'information et le nombre d'aléas considérés (Bopp *et al.*, 2019). Ces critères visent à classer, puis hiérarchiser les « applis » selon les objectifs auxquels doivent répondre les moyens d'alerte d'une part (au sens de la sécurité civile), mais aussi en fonction de leur potentiel d'appropriation auprès des usagers, pour aller au-delà des indicateurs standards (Deloitte, 2014). La méthode et les critères sont détaillés dans la première section. Les résultats obtenus sont analysés dans la deuxième section. Les limites du protocole et de nouvelles pistes de réflexion sont ensuite débattues dans une dernière section.

4.1 Méthode et données utilisées

La méthodologie choisie se fonde sur les principes généraux des Méthodes de Hiérarchisation Multicritères (MHM), qui se distinguent en fonction des objectifs visés (Maystre *et al.*, 1994) et des préférences allouées aux critères au sein d'un processus d'évaluation (Roy & Vincke, 1981). La méthode de la somme pondérée a été privilégiée parmi l'ensemble des méthodes existantes (Balziarini *et al.*, 2011 ; Saaty, 1984). Quatre indicateurs ont été paramétrés pour définir ce que serait une application opérationnelle pour l'alerte en France.

Pour qu'une application puisse être considérée comme un moyen d'alerte opérationnel en France, elle doit offrir la possibilité à un usager : 1) de recevoir une alerte, 2) d'émettre un signal vers les centres de décision et les autres utilisateurs, 3) d'être alerté pour l'ensemble des risques présents sur le territoire sur lequel il se situe, 4) de bénéficier d'un outil attractif garantissant une utilisation sur le long terme. Cette approche revient à optimiser une fonction d'utilité attachée à chaque action potentielle des usagers. Elle aboutit *in fine* à une agrégation des paramètres et à un indice unique.

4.1.1 Nature des indicateurs retenus

a. Le potentiel d'alerte des applications

Pour répondre à la définition de l'alerte retenue par la DGSCGC, une application d'alerte doit être intrusive (i.e. que l'émission d'une alerte marque une rupture dans le quotidien) et proposer des alertes compréhensives et ciblées sur la localisation. Certains paramètres des applications répondent bien à ce type d'exigence. À titre d'exemple, des applications peuvent envoyer une notification *push* (un message apparaissant sur l'écran même si l'application n'est pas ouverte et correspondant au caractère intrusif d'une alerte), ou géolocaliser les utilisateurs en temps réel. La géolocalisation des utilisateurs permet l'envoi d'alertes et/ou d'informations ciblées selon la position du détenteur du smartphone vis-à-vis du danger (cf. chapitre 3).

Une « bonne » application d'alerte doit également être en mesure de fournir des informations dynamiques et interactives aux utilisateurs (localisation sur une carte des dangers en temps réel, possibilité de relayer les informations et les alertes vers les réseaux sociaux, etc.). Ces informations additionnelles sont une des valeurs ajoutées des applications par rapport aux moyens d'alerte traditionnels et peuvent améliorer la compréhension des alertes par les individus. En effet, les individus cherchent en premier lieu à être informés de la nature et de la localisation du danger (Wood *et al.*, 2015).

b. Le potentiel des applications à permettre les interactions

Une application d'alerte opérationnelle doit aussi faciliter les interactions entre les usagers et les centres de décision (Budhathoki *et al.*, 2010 ; Horita *et al.*, 2013 ; Okolloh, 2009). Divers travaux ont montré que les individus avaient une meilleure perception des risques lorsqu'ils étaient intégrés durant la phase de conception (Gaillard *et al.*, 2010 ; García, 2012 ; Kouadio, 2016 ; Gisclard, 2017). En cas de crise, 4 thèmes de communication sont ainsi mis en exergue (Baytiyeh, 2018) : (1) l'envoi et la demande d'aide ; (2) le partage d'informations et de documents ; (3) l'information des proches afin de les rassurer ; (4) l'empathie.

Grâce aux applications mobiles, les citoyens sont dotés d'un « pouvoir » d'observation et de transmission grâce à leurs smartphones, et le concept de « citoyen-capteur » développé par Goodchild (2007) prend alors tout son sens. Les informations remontées par des individus correspondent à des « signaux faibles », si un événement vient tout juste d'apparaître et si les centres de décision n'en sont pas au courant.

Une « bonne » application peut finalement devenir un véritable outil d'aide pour les services et les organismes de gestion de crise (Riccardi, 2016). En ce sens, un simple mode de communication descendant, provenant du centre de décision vers les utilisateurs, est moins

pertinent qu'un mode de diffusion ascendant, ou pair-à-pair, possible grâce au déploiement d'un réseau mesh (Figure 4.1).

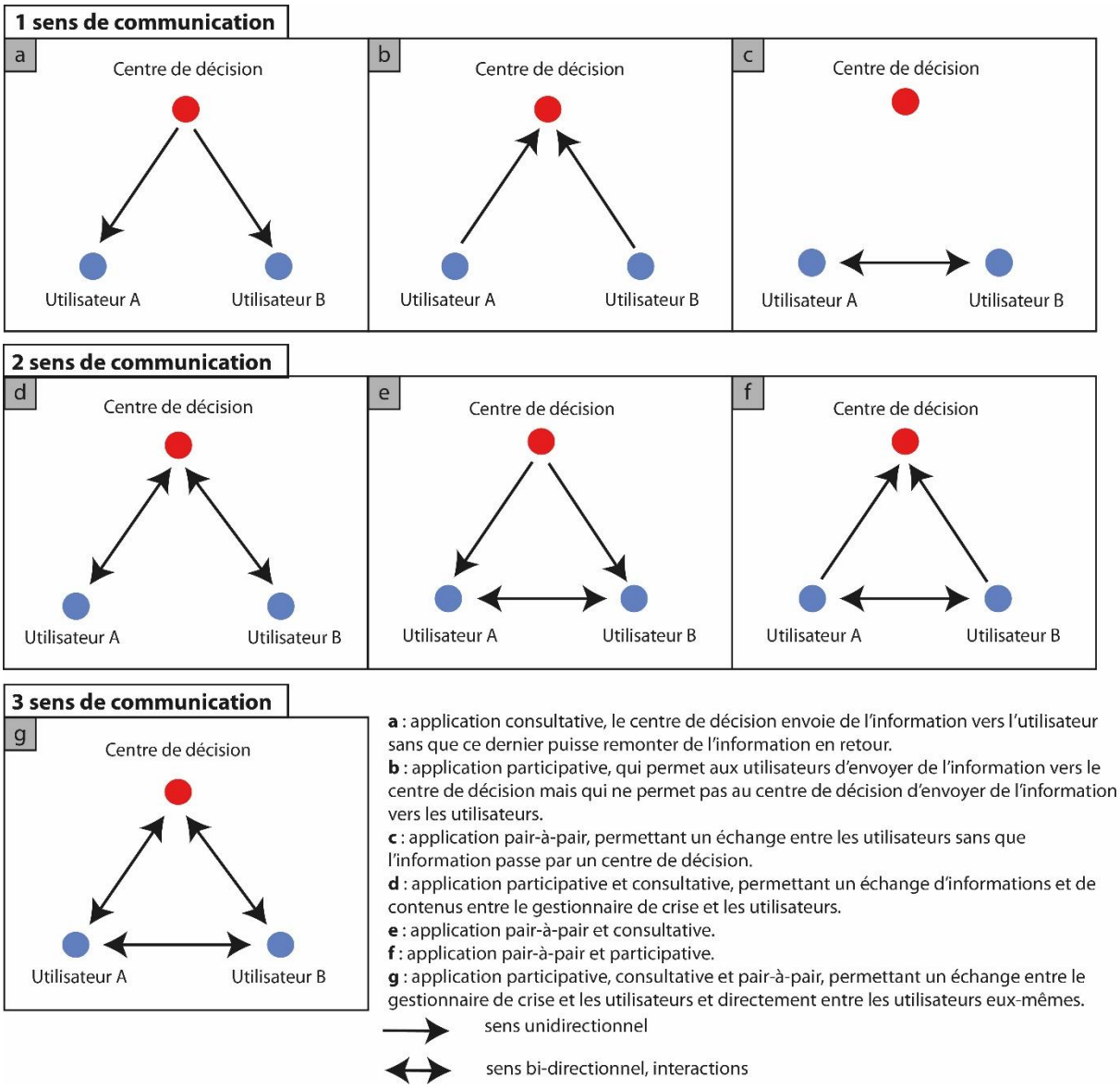


Figure 4.1. Les 7 différents sens de communication des applications smartphone d'alerte entre utilisateurs et centre de décision

c. Une réponse à la logique « multi-aléas »

Une application d'alerte opérationnelle doit intégrer une logique multi-aléas pour englober la diversité des événements pouvant survenir sur un territoire. Différents aléas peuvent menacer le même territoire et un événement peut en déclencher d'autres (Liu *et al.*, 2017 ; Marzocchi *et al.*, 2012 ; Nadim & Liu, 2013). Par conséquent, disposer d'une application mobile dédiée à un seul aléa présente un usage limité lorsqu'on souhaite mener une gestion globale des risques. Sur ce point, 12 risques majeurs ont été retenus par le Ministère chargé de l'Environnement, et sont définis comme représentant « *une menace sur l'Homme et son environnement direct, sur ses installations, la menace dont la gravité est telle que la société*

se trouve absolument dépassée par l'immensité du désastre »[16]. Huit risques sont d'origine naturelle (inondation, séisme, mouvement de terrain, avalanche, feux de forêt, cyclone, éruption volcanique et tempête) et quatre sont d'origine anthropique (risque nucléaire, risque industriel, transport de matières dangereuses, rupture de barrage).

d. Le potentiel d'attractivité

Pour finir, une appli d'alerte opérationnelle doit rester « installée » dans la durée et être régulièrement utilisée. Selon Adoue (2015), l'usager sera en mesure de déterminer dès la première utilisation si l'application mobile peut lui être utile ou non : « *En présence de deux applications offrant des fonctionnalités similaires, l'usager opère un tri reposant à la fois sur la qualité et la quantité d'informations fournies et sur des critères d'ergonomie et de facilité d'utilisation* » (Adoue, 2015). Selon Weinlich *et al.* (2014), le design d'une application joue aussi grandement dans son attractivité, notamment dans le choix des couleurs. Certains chercheurs relient à ce titre le design à l'ergonomie, qui a pour objectif « *d'assurer la compatibilité entre les caractéristiques des utilisateurs et les caractéristiques des produits et systèmes techniques en vue de faciliter leur usage* » (Barcenilla & Bastien, 2009, p. 312).

Toutefois, le design ou la connaissance des applications sont deux facteurs délicats à évaluer. En effet, il est difficile de mesurer en toute objectivité le rôle joué par le design d'une application, car c'est un paramètre flou dont l'évaluation fluctue en fonction des goûts des utilisateurs. Cependant, la note attribuée par l'utilisateur à l'application (entre 0 et 5) est un indicateur fiable de la satisfaction de l'usager sur le produit qu'il a téléchargé. Ce paramètre a été pris en compte après une discussion avec Rémy Bossu (du Centre Sismique Européen et Méditerranéen), cofondateur de l'application Lastquake (Bossu *et al.*, 2018).

Des critères comme la gratuité ou l'absence de publicité, la présence de services additionnels (bulletin météorologique, condition du trafic en temps réel, annonce de festivités sur les communes, etc.) ont été également pris en compte pour juger le potentiel d'attractivité des applications. Ces derniers donnent une utilité supplémentaire à une application qui, si elle a pour seul but de donner l'alerte, peut servir rarement et être « oubliée » ou désinstallée par l'utilisateur. En revanche, le nombre de téléchargements n'est pas un critère fiable, car les applications n'ont pas le même public cible (une application développée à l'échelle d'une ville peut difficilement avoir un nombre de téléchargements à une application développée à l'échelle mondiale) et les usagers peuvent avoir désinstallé l'application pour différentes raisons : gain de mémoire, désintérêt, dysfonctionnement du produit, etc.

4.1.2 Agrégation des paramètres et création d'indicateurs

a. Un système de cotation par points

Les indicateurs, évaluant un état donné à un instant « t », ont été estimés à partir de divers paramètres tirés de la littérature scientifique et du séminaire SMARS (Les Smartphones et les Réseaux Sociaux comme outils d'aide pour l'alerte face aux inondations) qui s'est tenu à Avignon en 2015 (Tableau 4.1 ; Figure 4.2). Pour chaque application, une note quantifiée entre 0 et 1 a été attribuée à chaque indicateur. Un poids plus élevé a été accordé à des paramètres jugés primordiaux face à l'urgence d'une situation, et qui nécessite l'envoi et la réception d'une

[16] Site du ministère de la Transition Ecologique : https://www.ecologie.gouv.fr/prevention-des-risques-majeurs (consulté le 15/02/2019)

alerte : la géolocalisation de l'utilisateur en temps réel, le mode de réception du message d'alerte, et l'absence d'erreurs durant la phase de test de l'application (Tableau 4.1). Certains paramètres jugés primordiaux pour l'attractivité de l'application ont également été pondérés : gratuité de l'application, note attribuée par les utilisateurs (Tableau 4.1).

Tableau 4.1. Notation et pondération des paramètres primordiaux

Paramètre	Notation	Sens donné à la pondération	Références
Géolocalisation de l'utilisateur (total possible : 2)	0	Pas de géolocalisation	(Douvinet *et al.*, 2015; Fajardo and Oppus, 2009; Fernández-Bilbao *et al.*, 2009; Kouadio, 2016; Weinlich *et al.*, 2014)
	0,5	Manuelle (une seule adresse)	
	1	Manuelle (plusieurs adresses)	
	1,5	Automatique	
	2	Automatique et manuelle	
Mode de réception de l'alerte (total possible : 3)	0	Message dans un onglet spécifique	(Aloudat *et al.*, 2014; Chatzimilioudis *et al.*, 2012; Douvinet *et al.*, 2015)
	1	Message sur la page d'accueil	
	2	Notification push	
	3	Notification push + accusé de réception	
Erreurs dans la réception de l'alerte (total possible : 2)	0	Erreurs graves nuisant à la bonne réception de l'alerte	Pas de références
	1	Erreurs peu graves	
	2	Pas d'erreurs	
Type d'information remontante (total possible : 2)	0	Dysfonctionnement de services	(Coleman *et al.*, 2009 Riccardi, 2016)
	1	Aléa déjà détecté par les spécialistes	
	2	Alerte sur un danger non détecté	
Erreurs dans l'émission de l'alerte (total possible : 2)	0	Erreurs graves nuisant à la bonne émission de l'alerte	Pas de références
	1	Erreurs peu graves	
	2	Pas d'erreurs	
Gratuité (total possible : 3)	0	Application payante	(Adoue, 2015; Sanyas, 2012)
	1	Application payante / version d'essai gratuite	
	2	Application gratuite / version payante	
	3	Application entièrement gratuite	
Représentation cartographique des aléas (total possible : 2)	0	Pas d'interface cartographique	(Shan and Lai, 2015; Weinlich *et al.*, 2014)
	1	Interface cartographique basique	
	2	Visualisation carto des aléas en temps réel	
Application multithématique (total possible : 2)	0	Application uniquement dédiée à l'alerte	(Douvinet *et al.*, 2015a)
	1	Suivi des risques en temps réel	
	2	Autre utilité/services que l'alerte	
Note des utilisateurs (total possible : 3)	[0;3]*	Moyenne des notes données par les utilisateurs de l'application (*initialement comprise entre 0 et 5, mais ramenée entre 0 et 3)	(Bossu *et al.*, 2018 ; Radu, 2004)

Les paramètres pondérés à 2 ou 3 points suggèrent que les applications peuvent y répondre partiellement. Les paramètres non pondérés ne suivent pas cette logique. Ils correspondent à des paramètres non primordiaux, mais participants à la qualité et à l'attractivité de l'application d'alerte et ont une logique binaire de type « oui » = 1 point ; « non » = 0 point (Figure 4.2).

b. Une agrégation simplifiée pour plus de lisibilité

Après avoir testé plusieurs méthodes de combinaison, dont l'analyse multicritère hiérarchique développée par Saaty (1984), la méthode des sommes pondérées est celle qui a été retenue. Cette méthode permet d'évaluer un objet en prenant en compte différents critères dont la pondération vient souligner l'importance. La méthode est très avantageuse, car elle est simple d'utilisation (Balziarini *et al.*, 2011) et la valeur obtenue pour un paramètre ne pénalise pas l'ensemble de l'indicateur (donc de l'indice) obtenu pour une application.

Les paramètres ont été sommés puis agrégés pour obtenir un indice global compris entre 0 et 4 et représentant la somme des quatre indicateurs sélectionnés. Toutefois, la méthode reste imparfaite : les paramètres et leur pondération ont été attribués sur les résultats de la littérature scientifique et non sur des valeurs quantifiées plus précises ; des applications peuvent obtenir la même note en ayant pourtant des profils radicalement différents ; les résultats sont très sensibles à la comparaison entre paramètres (Maystre *et al.*, 1994 ; Tixier *et al.*, 2002) et l'ajout de nouveaux paramètres peut entraîner une perte de priorité pour les paramètres existants.

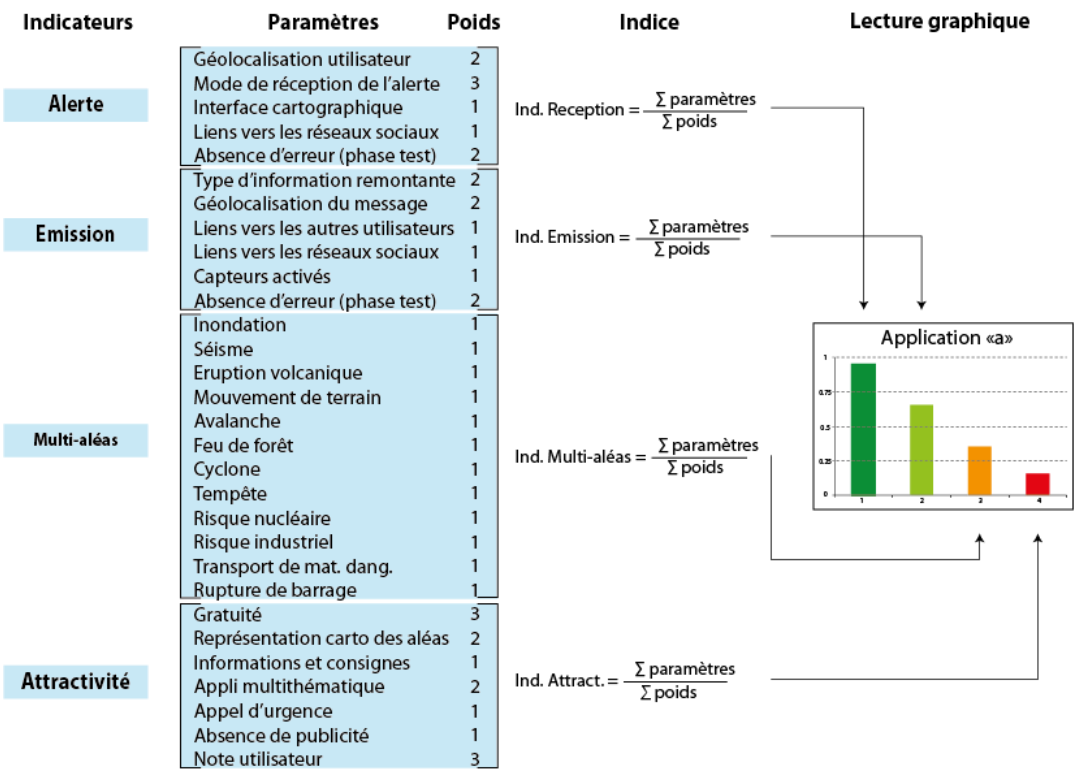


Figure 4.2. Représentation graphique de la méthode et du processus de calcul choisis

Pour résumer : Le potentiel des applications d'alerte est évalué au moyen d'une méthode d'analyse multicritère reposant sur quatre indicateurs : la capacité des applis à alerter les utilisateurs, à faciliter des interactions, à prendre en compte tous les risques majeurs présents en France, et à être attractive. Ces indicateurs sont évalués de manière séparée, avant d'aboutir à une « note globale ».

4.2 Des applis qui intègrent bien les fonctionnalités d'alerte, mais qui sont peu interactives

Le protocole a été testé sur 4 « applis », puis il a été expérimenté sur 50 applications opérantes en mars 2018 en France. Les applications ont toutes été téléchargées puis testées en utilisant le mode « usager ». Le cas échéant, des recherches documentaires ont permis de compléter les données lacunaires. Recensé à partir de moteurs de recherche connus[17] *via* des mots clés dédiés à l'alerte (*alerte ; disasters ; catastrophes ; emergency ; risques ; warning*), l'échantillon a permis de sélectionner une diversité d'applications. Sur les 50 applications téléchargées, 38 ont pour but principal l'alerte et l'information sur les risques, et 12 l'intègrent de façon secondaire.

4.2.1 Analyse détaillée par indicateurs

a. L'indicateur « alerte » (I_A)

Cet indicateur obtient une moyenne de 0,58 (avec un écart-type de 0,27), un mode de 0,56 et une médiane de 0,56. Si ces valeurs centrales sont proches, les scores obtenus sont toutefois très dispersés (Figure 4.3). Six applications ont des valeurs nulles, tandis que huit ont des valeurs supérieures à 0,90. Les paramètres « géolocalisation » et « réception du message d'alerte » jouent fortement sur les scores obtenus, ce qui est lié à la pondération opérée. De façon plus détaillée, si la grande majorité des applications permettent de localiser le lieu d'habitation des usagers, 31 applications localisent les utilisateurs automatiquement (en temps réel). Le relai vers les réseaux sociaux est disponible dans 22 applications et 36 applications permettent à l'utilisateur de visualiser le risque sur une interface cartographique. Lors de la phase test, 14 applications ont montré des erreurs ou des dysfonctionnements parfois importants, et pour huit d'entre elles, ces erreurs ont un impact fort sur la qualité de la réception de l'alerte. Les tests en laboratoire ont aussi permis de voir que 25 applications utilisent la notification *push*, ce qui permet à l'utilisateur de recevoir des alertes de façon automatisée.

b. L'indicateur « émission » (I_E)

Cet indicateur est plus discriminant. Il obtient une moyenne de 0,29 (avec un écart-type de 0,37), puis un mode et une médiane de 0. Ces valeurs statistiques confirment l'importance des valeurs nulles (30 applications), et les scores progressent rapidement ensuite (avec un décile 9 de 0,78). Les 20 applications n'ayant pas un score nul, sont dites « participatives », car elles permettent aux utilisateurs de diffuser de l'information et de participer en un sens à la gestion de crise et à l'alerte. L'information remontante peut être « libre » (l'utilisateur indique ce qu'il veut), ou « structurée » (l'utilisateur passe par plusieurs menus à choix multiples, comme le renseignement du type d'aléa observé, son intensité, les dégâts occasionnels, etc.). 16 applications donnent à l'utilisateur le rôle de « lanceur d'alerte » lorsqu'il est témoin d'un aléa, mais plus rares sont celles qui détectent automatiquement les aléas et demandent aux usagers d'apporter des renseignements complémentaires (4). Les 30 autres applications ne

[17] Google play© et App Store©.

prennent pas en compte le rôle des utilisateurs comme ressource d'information en période de crise. Elles sont dites « consultatives ». Elles obtiennent dès lors un score nul à l'indicateur d'émission ce qui pénalise fortement leur indice global, qui est en moyenne de 1,60.

La localisation de l'information et l'utilisation des capteurs pour détailler les observations sont des fonctionnalités courantes des 20 applications participatives (Tableau 4.2). Mais le partage d'informations vers les Réseaux Sociaux Numériques (RSN) ou vers les autres utilisateurs de l'application est sous-utilisé. Lors de la phase test, des erreurs lors de la remontée d'information ont été constatées (par exemple, une impossibilité de sélectionner le type d'aléa, une géolocalisation non fonctionnelle, etc.) : ce point concerne 17 applications sur 20, ce qui nous semble insatisfaisant.

Tableau 4.2. Fonctionnalités permettant l'émission d'informations par l'utilisateur

Fonctionnalités des applications permettant l'interactivité	**Nombre (sur 20)**
Géolocalisation automatique de l'information envoyée par l'utilisateur	19
Utilisation d'un capteur du smartphone (appareil photo, enregistreur vocal, boussole, etc.) pour compléter l'information	17
Relais des informations vers les RSN	7
Relais des informations vers d'autres utilisateurs de l'application (pair-à-pair)	11

c. L'indicateur « multi-aléas » (I_{MA})

Cet indicateur obtient une moyenne de 0,39 (avec un écart-type de 0,38), un mode de 0,08 et une médiane de 0,25. Les valeurs centrales sont très dispersées, et la courbe de distribution confirme une fonction « log normale ». Huit applications ont des valeurs nulles, tandis que 11 applications atteignent la valeur maximale (1). 22 applications sont « multi-aléas », mais seulement 11 prennent en compte tous les « risques majeurs » identifiés. Quinze applications testées sont mono-aléas, et elles ne permettent d'alerter les usagers que pour un seul aléa (en majorité l'aléa sismique ou l'aléa inondation). Les aléas considérés sont majoritairement naturels (79% sur l'échantillon étudié) et beaucoup moins anthropiques (21% ; Tableau 4.3).

Tableau 4.3. Classement des aléas pris en compte sur les 50 applications mobiles étudiées

Type d'aléas	**Nombre d'applis**	**Type d'aléas**	**Nombre d'applis**
Inondation	29	Avalanche	18
Cyclone	24	Éruption volcanique	17
Tempête	24	Mouvement de terrain	15
Séisme	23	Rupture de barrage	11
Feux de forêt	20	Risque industriel	10

d. L'indicateur « attractivité » (I_{Attr})

L'indicateur d'attractivité obtient une moyenne de 0,63 (avec un écart-type de 0,12), un mode de 0,70 et une médiane de 0.62. Toutes les applications répondent en partie à cet indicateur, la note la plus basse étant de 0,35. Aucune application ne répond parfaitement à l'ensemble

des paramètres d'attractivité, la meilleure note étant de 0,90. De façon plus détaillée : une application est payante et 49 sont gratuites (dont 14 ont une version payante en supplément) ; 11 solutions envoient des publicités, ce qui nuit à l'aisance de navigation et à l'attractivité ; 34 applications permettent de visualiser, sur une carte et en temps réel, les risques en cours ; 23 donnent accès à des informations et à des consignes de sécurité ; 22 ont des fonctionnalités pour contacter directement les secours ou rassurer les proches. Dans l'ensemble, les utilisateurs donnent de bonnes notes aux applications. Ces dernières obtiennent une moyenne de 4,02 sur 5, la note la plus basse étant 3,2 sur 5 et la plus haute 4,7 sur 5.

e. Analyse des corrélations entre indicateurs

En complément, l'analyse des corrélations entre indicateurs selon le coefficient de Spearman permet de voir une absence de corrélation significative entre les indicateurs (Tableau 4.4). Les indicateurs sont donc bien indépendants les uns des autres.

Tableau 4.4. Matrice des corrélations entre les différents indicateurs (rho de Spearman)

	I_A	I_E	I_{MA}	I_{Attr}
I_A	1	-0,12	-0,08	-0,16
I_E	-0,12	1	0,14	0,09
I_{MA}	-0,08	0,14	1	0,09
I_{Attr}	-0,16	0,09	0,09	1

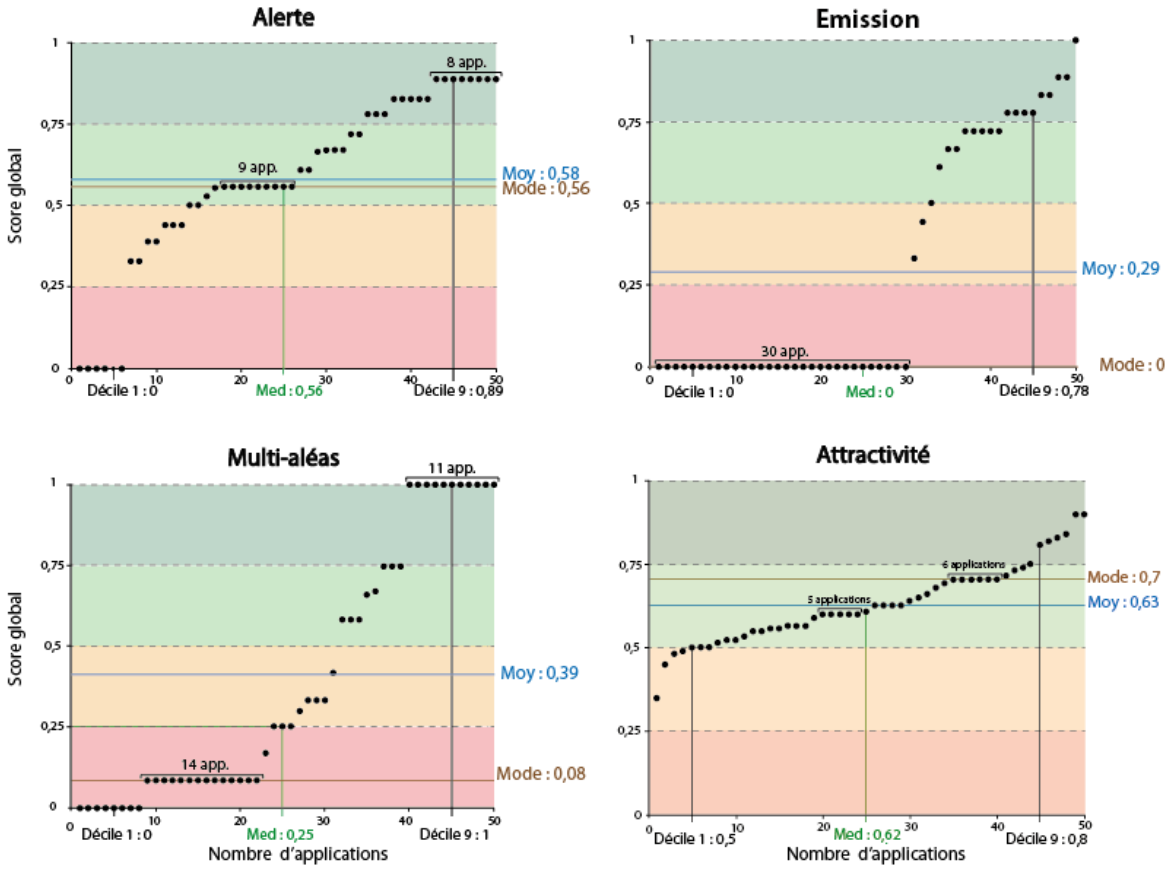


Figure 4.3. Classement par ordre croissant des scores obtenus pour les 4 indicateurs

4.2.2 Lecture globale : peu d'applis réellement opérationnelles

a. Classement des applications et analyse de l'indice global (I_G)

La lecture des notes globales apporte d'autres enseignements (Figure 4.4) : 5 applications ont leurs quatre indicateurs supérieurs à 0,5 (sur 1), et leur score global est supérieur à 3 sur 4. Ces « meilleures » applications sont toutes participatives (Tableau 4.5). L'application ELERT se détache très nettement, avec un score I_G de 3,59, et avec HelpMe et Vialert, ce sont les trois seules applications qui se détachent du lot. Les 5 moins bonnes applications ont toutes au moins un indicateur nul, et 4 d'entre elles sont uniquement consultatives. Les applications Alerta Huracan et Alerte inondation sont les seules applications à avoir un I_G inférieur à 1.

Tableau 4.5. Classement des 5 meilleures et 5 moins bonnes applications d'alerte

Position	Application	I_{AI}	I_E	I_{MA}	I_{Attr}	I_G
1	ELERTS	0,89	1	1	0,70	3,59
2	HelpMe	0,44	0,89	1	0,90	3,23
3	Vialert	0,67	0,72	1	0,70	3,09
4	Qwidam	0,61	0,72	1	0,56	2,89
5	FEMA	0,53	0,83	0,58	0,80	2,75
…						
46	Riskalertes	0,56	0	0,25	0,40	1,21
47	Athis-Mons	0	0,44	0	0,74	1,19
48	Asteroid alert	0,33	0	0	0,68	1,01
49	Alerta Huracan	0,33	0	0,08	0,52	0,93
50	Alerte inondation	0	0	0,08	0,75	0,83

Trente-six applications sont caractérisées par au moins un indicateur nul et 29 applications ont un indice global ne dépassant pas la moyenne (2 sur 4). Au final, il existe donc bien des applications ayant un potentiel d'alerte et d'information selon notre protocole expérimental, mais leur nombre est limité.

La distribution des indices globaux pour les applications testées forme par ailleurs une courbe à ascendance faible et régulière (Figure 4.5). Les déciles 1 (1,14) et 9 (2,69) ne peuvent être considérés comme des valeurs extrêmes traduisant une certaine homogénéité entre les indices globaux des différentes applications. Certaines solutions sont *in fine* pénalisées, car elles ont deux, voire plusieurs indicateurs faibles. Et les scores obtenus ne dépendant pas de la date de création des applications (8/15 applications créées après 2014 ont des scores faibles), ni de la nature des aléas ou des échelles de couverture.

Figure 4.4. Synthèse des résultats pour les 50 applications testées

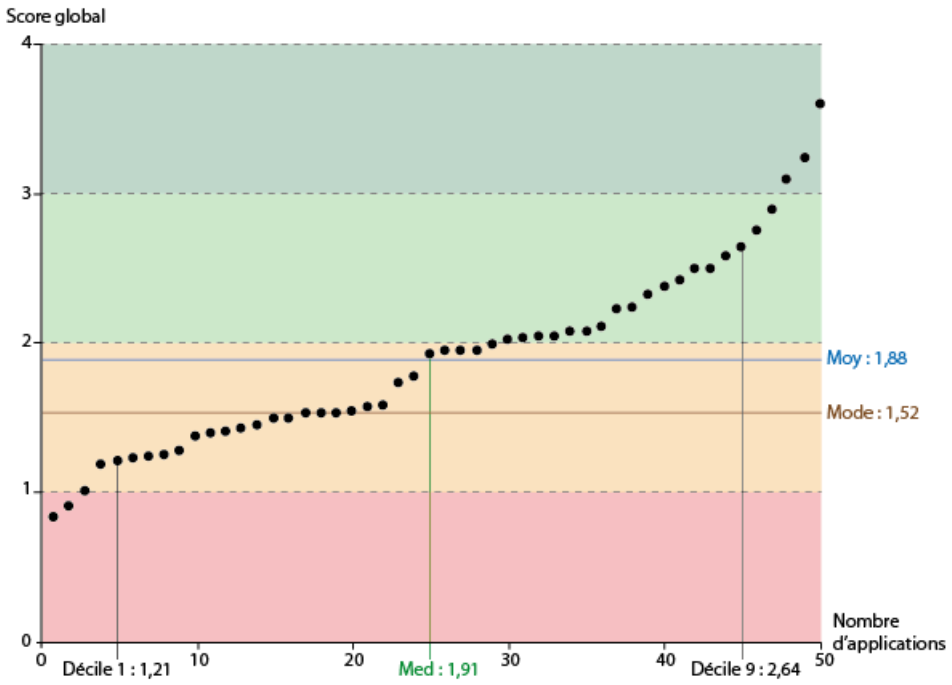


Figure 4.5. Classement par ordre croissant des indices globaux obtenus par les 50 applications testées

b. Analyse des résultats selon les structures gérantes des applications

Les structures à l'origine du développement des applications sont en majorité de nature privée (34 applications concernées ; Tableau 4.6). Elles ont donc pour but de démocratiser le plus largement possible leur produit, d'où une prédominance d'applications également utilisables à des échelles internationales, ou continentales. Parmi les 16 applications développées par des structures publiques, cinq seulement ont été déployées à une échelle communale. Dans ces rares cas, elles sont gérées par des services spécifiques créés au sein des mairies. D'après nos informations, aucune de ces applications n'a toutefois activé une vraie alerte.

Tableau 4.6. Structures gérantes des applications testées

Structures gérantes	Nombre d'applis.	Score global	Valeur min	Valeur max
Application institutionnelle	**16**	**2,01**	**1,04**	**2,64**
- *Gouvernementale*	*4*	*2,26*	*1,92*	*2,64*
- *Locale (communale)*	*5*	*1,91*	*1,04*	*2,50*
- *ONG*	*7*	*1,86*	*1,27*	*2,43*
Application issue du secteur privé	**34**	**1,87**	**1,60**	**2,08**

Par ailleurs, l'hypothèse que les résultats des quatre indicateurs obtenus par les applications sont conditionnés en fonction du type de structure qui les gère s'avère peu évidente (Figure 4.6). Une analyse en composante principale (ACP) a été réalisée pour tenter d'observer si les résultats des applications gérées par des structures privées présentent des similitudes et s'ils se distinguent des applications gérées par des structures publiques. L'ACP indique qu'il est difficile de distinguer les applications privées et publiques, d'autant que la part d'inertie de l'axe

1 n'est que de 33.68%, ce qui signifie que le plan de l'ACP ne permet pas de mettre en avant une réelle distinction sur ce point.

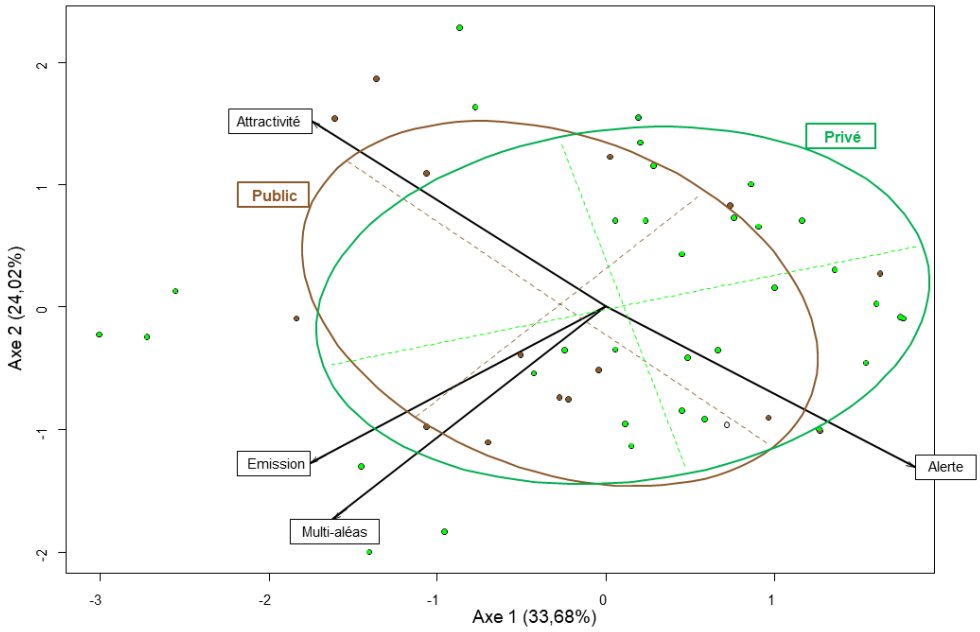


Figure 4.6. Analyse en composante principale en fonction du caractère public ou privé des structures gérantes des applications

c. Des applications limitées par deux indicateurs : I_E et I_{MA}

Ces résultats indiquent qu'en l'état actuel des choses, peu d'applications peuvent prétendre jouer un rôle dans l'alerte à la population au regard des indicateurs et paramètres retenus. Les indicateurs « émission » et « multi-aléas » sont très discriminants puisque 40 applications sur 50 ont au moins un de ces deux indicateurs inférieurs à 0,1 sur 1. À eux deux, ils conditionnent largement les résultats globalement médiocres de nombreuses applications. En effet, la plupart des solutions proposées actuellement ne sont pas adaptées pour développer un système d'alerte robuste centré sur la géolocalisation des utilisateurs en temps réel. Or, si la méthode utilisée peut être mise en cause pour relativiser ce constat, il n'en résulte pas moins que les applications smartphones restent aujourd'hui un outil limité pour alerter la population, en particulier au regard du nombre de téléchargements faible de ces applications en France, et des problématiques liées au recueil des données personnelles. Sans oublier que la solution nationale (SAIP), mise en œuvre en juin 2016, a été abandonnée en mai 2018 en France…

Pour résumer : D'une manière globale, la majorité des applications répondent assez bien à l'indicateur d'alerte et l'indicateur d'attractivité, mais l'indicateur d'émission et l'indicateur multi-aléa sont discriminants. Un trop grand nombre d'applications sont bâties sur un modèle « *top-down* », ce qui empêche toute interaction avec les utilisateurs.

4.3 Discussion (1) d'ordre méthodologique

La méthode mise en œuvre précédemment, ainsi que les résultats obtenus, a été l'une des premières avancées majeures de la thèse. L'idée de cette mise en débat est alors de proposer un recul critique sur nos propres travaux, deux ans après leur réalisation, tout en élargissant les discussions aux évolutions contextuelles et à l'impact de la crise sanitaire liée à la COVID-19.

4.3.1 Le rôle joué par la pondération des paramètres

La pertinence des applications smartphones proposant la diffusion d'une alerte à la population n'avait jamais été questionnée jusqu'à présent. Aussi, la méthode et les indicateurs proposés ici doivent plus être considérés à travers une démarche expérimentale. Si l'on supprime la pondération des paramètres, en leur donnant à chacun un poids équivalent, on obtient une variation des valeurs allant de -1,15 à 1,01 (Figure 4.7), ce qui est élevé pour des indices globaux compris entre 0 et 4.

Globalement, la suppression de la pondération des paramètres donne des résultats plus homogènes : les applications ayant les moins bonnes notes sont rehaussées tandis que les applications ayant les meilleures notes sont abaissées. Les cinq applications qui arrivaient précédemment en tête obtiennent désormais des scores plus faibles tandis que d'autres les remplacent dans le haut du classement. Toutefois, la pondération se base justement sur des résultats issus de la littérature scientifique, et ne pas accorder de poids à certains critères déterminants rendrait les résultats moins « parlants ».

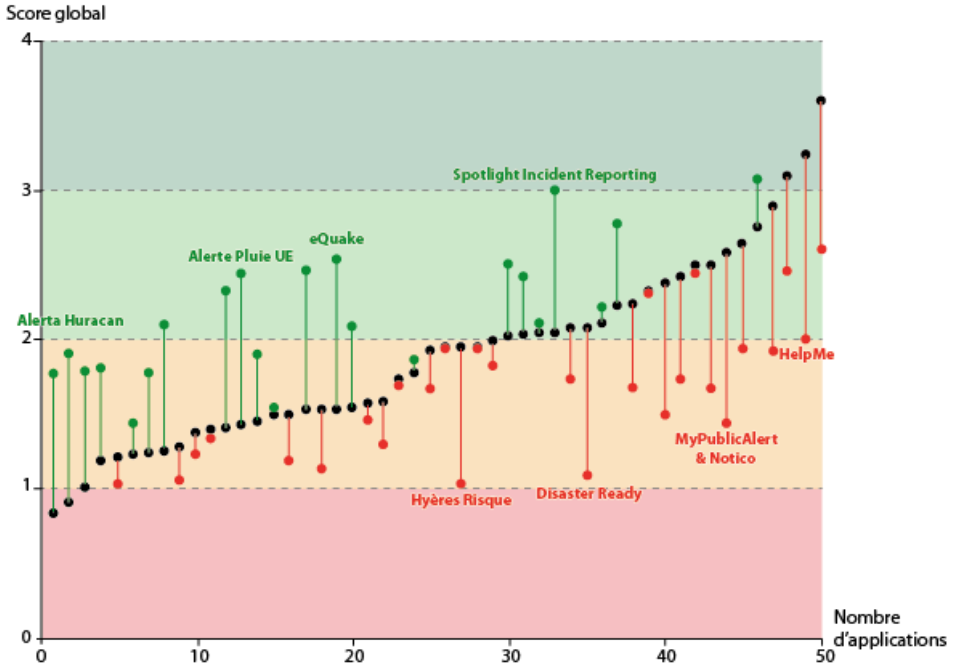


Figure 4.7. Écart entre les scores pondérés et les scores globaux non pondérés

4.3.2 Le rôle joué par les indicateurs discriminants

La suppression d'un indicateur peut également rebattre les cartes. L'indicateur « multi-aléas » (I_{MA}) se base sur le principe que l'application parfaite nécessite de prendre en compte tous les risques majeurs identifiés en France. La suppression de cet indicateur permettrait d'évaluer non pas une application telle qu'elle existe dans son entièreté, mais un potentiel pour être une application d'alerte fiable si l'on venait par la suite à la développer à l'échelle nationale et la paramétrer pour l'ensemble des risques majeurs identifiés en France. En supprimant cet indicateur et en ramenant l'ensemble des indices globaux entre 0 et 1 (pour comparaison), on obtient une moyenne de 0,49 (soit 0,02 de plus que la moyenne des 4 indicateurs) et une médiane de 0,47 (soit 0,01 de moins que la moyenne des 4 indicateurs ; Tableau 4.7).

Au sens de la sécurité civile, l'alerte à la population en France n'intègre pas la phase d'alerte remontante, c'est-à-dire la capacité pour un individu de faire remontrer des informations, voire une alerte, aux autorités. Dans ce cas, l'indicateur « émission » (I_E) pourrait être supprimé. En supprimant cette variable, on obtient une moyenne de 0,52 sur 1 (soit +0,05 que la moyenne des 4 indicateurs) et une médiane de 0,50 sur 1 (soit +0,02 que la moyenne des 4 indicateurs ; Tableau 4.7). Le fait d'enlever ce paramètre ne change donc pas les scores globaux, même si, dans le détail, cela perturbe la hiérarchie proposée (certaines applications remontent dans le tableau). On estime néanmoins qu'il faut prendre en compte cette donnée puisqu'il s'agit d'une des plus-values centrales de l'alerte par application smartphone (*cf*. chapitre 1 et 3).

Tableau 4.7. Écarts obtenus suite à la suppression d'un ou de deux indicateurs

	Suppression I_{MA} (*écart avec l'indice global*)	**Suppression I_E** (*écart avec l'indice global*)	**Suppression I_{MA} et I_E** (*écart avec l'indice global*)
Moyenne	+0,02	+0,06	+0,13
Médiane	-0,01	+0,03	+0,11
Étendue	-0,04	-0,07	-0,12

4.3.3 Une lecture différente en créant des « valeurs seuils » ?

La méthode d'agrégation des indicateurs peut aussi être sujette à caution. L'application Elert obtient en 2018 le meilleur indice global, et la différence est marquée avec les applications qui arrivent en 2e et en 3e position (Figure 4.5). Dès lors, il serait possible d'accorder une plus forte importance aux indicateurs, en créant notamment des « valeurs seuils » au sein de chaque indicateur. L'idée ici est de considérer qu'une application mobile répond favorablement à une condition, ou non. Cette approche pourrait permettre de sélectionner un panel d'applications ayant le potentiel pour être un moyen d'alerte performant, sans pour autant obtenir des scores élevés (par indicateur ou sur la note globale).

À titre exploratoire, des valeurs minimales ont été retenues pour que le score de l'indicateur soit considéré comme « satisfaisant » (Tableau 4.8). Avec une telle méthode, 4 applications répondent favorablement aux valeurs seuils déterminées : Elert, Qwidam, Risque Nice, Vialert. Si Elert arrive toujours en tête, et si on retrouve Qwidam et Vialert dans le trio de tête, l'application Risque Nice (classée 8ème) devient désormais mieux classée.

Tableau 4.8. Valeurs seuils proposées pour chaque indicateur

Indicateur	Valeur seuil	Critères pour atteindre la valeur
Alerte	0,5	Géolocalisation automatique ; utilisation d'une notification push ; pas d'erreur impactant fortement l'utilisation de l'application.
Diffusion	0,2	L'application permet *a minima* une remontée d'information sur les risques ; pas d'erreur impactant fortement le processus de remontée d'information.
Multi-aléas	1	L'application doit prendre en compte l'ensemble des risques majeurs.
Attractivité	0,4	Utilisation d'une interface cartographique, application gratuite

4.3.4 Vers la mise en place d'un arbre de décision hiérarchique ?

Une dernière approche a été explorée. Cette approche est, élaborée suivant le principe d'un arbre de décision hiérarchique à l'image du modèle d'analyse hiérarchique développé par Thomas L. Saaty (1990). Cette approche vise un double objectif : 1) mieux observer la dispersion des « applis » selon des paramètres priorisés (Figure 4.8) ; 2) proposer une grille d'analyse comparative, qui serait utile aux gestionnaires de crise. Les paramètres priorisés retenus sont ceux qui ont été pondérés à 2 et 3 points. Cette méthode confirme qu'aucune des applications étudiées ne répond à la totalité des dix paramètres définis comme prioritaires. En effet, au fur et à mesure que l'on rajoute des critères, le nombre d'applications décroit. Au final, l'application « parfaite » (au sens où nous la définissons) n'existe donc pas.

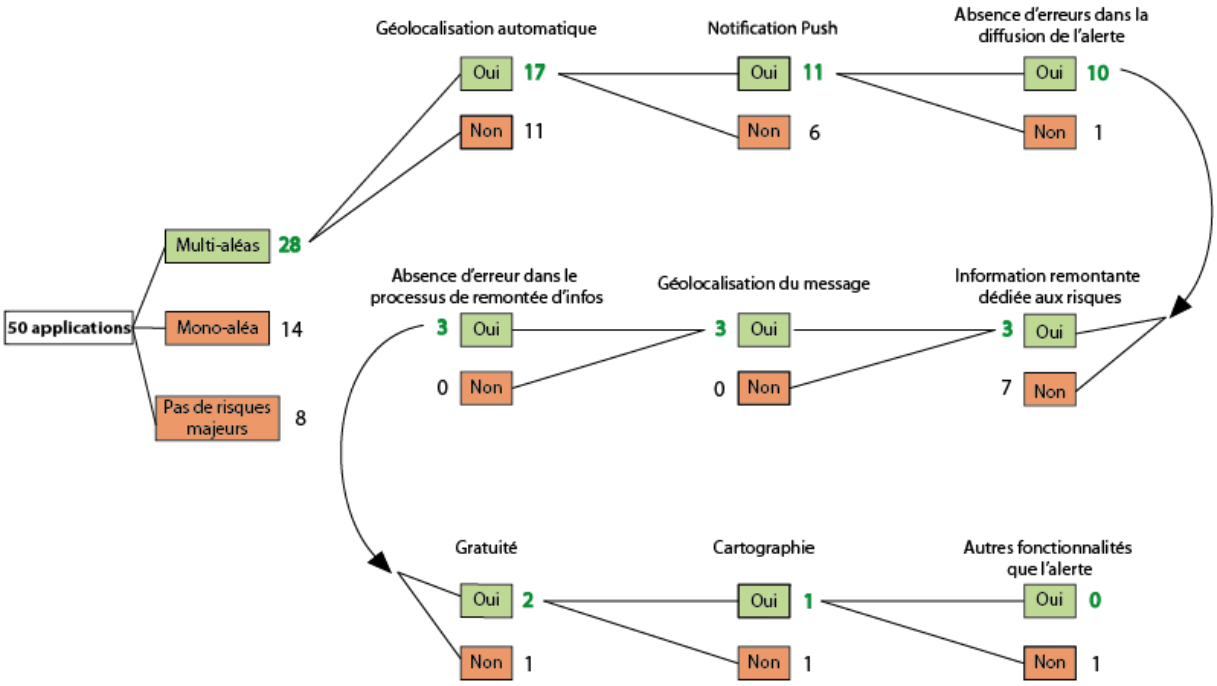


Figure 4.8. Arbre de décision hiérarchique selon les paramètres priorisés

Pour résumer : Les choix méthodologiques ont une incidence sur les résultats, mais en l'état, ce protocole démontre que l'application parfaite n'existe pas, même lorsque l'on change la pondération des paramètres ou lorsque l'on crée un arbre de décision hiérarchique.

4.4 Discussions (2) d'ordre thématique

4.4.1 Une solution qui souffre de plusieurs écueils

L'utilisation des applications pour alerter la population fait face à différentes critiques.

1) Déployer une application comme moyen d'alerte reviendrait à « mettre à l'écart » environ 23% de la population en France (qui ne possède pas de smartphone) même si ce chiffre est à relativiser si l'on tient compte du nombre de smartphones par foyer (en partant du constat qu'un outil d'alerte par foyer serait suffisant pour alerter l'ensemble du foyer, ce qui est là aussi à relativiser puisque les individus d'un même foyer ne sont pas constamment situés en un même lieu). Les personnes ne possédant pas de smartphone mettent en avant l'inutilité du produit (58%), le coût (18%) et sa complexité d'utilisation (17% ; CREDOC, 2019).

2) Ces outils restent dépendants de la couverture du réseau Internet. Or, celui-ci est inégal en France et des portions du territoire, souvent peu peuplées, n'ont pas la couverture Internet suffisante pour utiliser les applications smartphones.

3) Les libertés individuelles ne sont pas toujours respectées dans les applications étudiées. Les individus ont conscience que leurs données peuvent être communiquées sans autorisation par des programmes préexistants, et ce constat impacte de façon négative la perception qu'ont les individus des « objets connectés » en général (Aloudat *et al.*, 2014).

4) Pour que les applications puissent être utilisées, il doit préexister une sorte de « terreau social » propice à la saisie de ces solutions (Gisclard, 2017). Cela nécessiterait la mise en place de campagnes d'informations et de sensibilisations alors même que l'information préventive dans le domaine des risques naturels s'avère très limitée actuellement en France (Bellurot *et al.*, 2013 ; Douvinet *et al.*, 2013).

5) Les niveaux de langage sont différents entre les prestataires et les usagers, et ils ne correspondent pas non plus à ceux des autorités. En impliquant les utilisateurs durant la phase de conception de l'application (Kouadio, 2016), il serait possible de clarifier les besoins de chacun pour créer un outil performant.

Si l'on revient sur l'échantillon testé en 2018, on remarque une évolution du parc d'applications d'alerte disponible en téléchargement depuis. En octobre 2019, soit 18 mois après le début de cette étude et la phase de test des applications (réalisée en mars 2018), 14 applications sur les 50 testées ont disparu. Parmi elles, on peut « regretter » la disparition d'ELERT, Vialert et Qwidam (classées respectivement premières, troisièmes et quatrièmes sur l'ensemble des 50 applications testées). Entre temps, de nouvelles applications sont aussi apparues.

Ce constat montre l'instabilité de ces solutions qui peinent à se maintenir dans le temps. Le nombre de téléchargements, souvent révélateur de l'échec de ces solutions, ne semble pas

expliquer la disparition des 14 applications à lui seul (Tableau 4.9). Le nombre de téléchargements reste pourtant dérisoire pour certaines applications, et il avait été utilisé comme argument pour expliquer l'abandon de l'application SAIP par le gouvernement français. Cette dernière a été téléchargée par environ 900 000 utilisateurs, soit 1,61% de la population française âgée de 12 ans et plus en 2018. Ce taux d'individu alertable reste relativement correct pour une application mobile d'alerte, mais bien trop limitée lorsqu'un événement grave nécessite l'évacuation ou le confinement de tous les individus d'un territoire.

Tableau 4.9. Fourchette de téléchargement de l'échantillon des applications testées d'après les données de GooglePlay

Fourchette de téléchargement	Nombre d'application d'alerte (sur 50)	Applis disparues entre 03/2018 et 10/2019
0 – 1000	11	3
1001 – 10 000	9	2
10 001 – 50 000	10	3
50 001 – 100 000	1	0
100 001 et plus	19	6

Le téléchargement d'une application d'alerte nécessite par ailleurs que l'utilisateur soit dans une démarche proactive face aux risques et concernant sa propre sécurité. Or, de nos jours, les individus semblent peu conscients des risques qui les entourent (Chauveau *et al.*, 2011 ; Defossez, 2011) et les catastrophes récentes soulignent trop souvent l'inculture du risque qui prédomine dans de nombreux territoires (Leone *et al.*, 2010). En ce sens, les applications smartphones semblent limitées comparées à d'autres solutions plus radicales comme le *Cell Broadcast* ou le SMS géolocalisé, basées également sur la géolocalisation des utilisateurs en temps réel et ne nécessitant aucune démarche préalable de la part de ce dernier.

4.4.2 Quelle place pour les applis à l'avenir ?

a. Éviter l'écueil du téléchargement

Le problème relatif au téléchargement des applications smartphone pourrait être évité. Deux leviers existent pour contourner le problème. 1) On pourrait envisager l'installation par défaut (ou automatique) d'une application d'alerte sur tous les smartphones neufs vendus en France. De fait, l'application serait présente dès la première utilisation de l'appareil sans pour autant que l'utilisateur soit dans une démarche proactive. C'est ce qu'a proposé la députée Catherine Osson au secrétaire d'État chargé du Numérique en avril 2019. Intitulée « service-public.fr », cette application pourrait rassembler les démarches disponibles en ligne sur le site service-public.fr avec un but informatif et pédagogique. Il serait tout à fait envisageable d'intégrer à cette application un volet sur les risques et sur l'alerte.

Deuxièmement, l'alerte pourrait transiter vers des applications tierces, n'ayant pas pour objet l'alerte à la population. L'alerte transiterait alors au moyen d'une notification push. Ces applications pourraient être des applications massivement téléchargées (e.g. Facebook, Messenger, YouTube, Instagram, WhatsApp, Google Maps). Ces applications ont en plus l'avantage d'être généralement préinstallées sur les smartphones en vente. Il faut toutefois

noter que cette solution resterait consultative puisqu'elle ne permettrait pas aux utilisateurs de transmettre de l'information aux autorités sur un danger en cours.

b. Ancrer les applications dans les territoires locaux

Les limites des applications smartphones ne doivent pas masquer le potentiel que ces solutions ont pour alerter les populations : diffuser une alerte *via* ce canal est une solution moins inégalitaire qu'utiliser des sirènes qui sont inégalement réparties sur le territoire (Bopp & Douvinet, 2019). Mais dans le cas où cette solution est retenue pour l'alerte en France, une question majeure se pose : celle de l'échelle de mise en œuvre de l'outil. Est-il préférable de multiplier les applications aux échelles locales, et ainsi tenir compte de toutes les spécificités territoriales, ou faudrait-il une seule application déployée à l'échelle nationale et qui s'appliquerait pour l'ensemble des territoires ?

Si l'on se base sur les résultats obtenus ici, la seconde solution serait à prioriser : en effet, les applications ayant obtenu les meilleurs scores sont déployées à l'échelle nationale, tout en ayant été conçues pour une échelle internationale. Les tests montrent que les applications locales sont moins attractives et soumises à des dysfonctionnements plus nombreux que les applications nationales, alors même qu'elles sont sans doute plus à même d'alerter la population sur les aléas pouvant survenir localement, et qu'elles sont plus participatives. Pour autant, l'échec de l'application SAIP® et les débats houleux qui ont rythmé la mise en place de l'application Stop-Covid puis TousAntiCovid laissent penser que d'autres solutions sont plus adaptées à l'échelle nationale (à nouveau le *cell broadacast* et le SMS géolocalisé).

C'est pourquoi nous pensons que l'ancrage territorial d'une application est un levier essentiel pour sa démocratisation. Plusieurs chercheurs comme Jin et Yoon (2016) Han *et al.* (2014) ou encore Baelden et Van Audenhove (2015) ont montré l'intérêt de relier les applications smartphone au contexte local pour améliorer le processus d'appropriation de ces outils par les utilisateurs. En France, l'échelle intercommunale semble pertinente pour développer cette solution d'alerte, afin que même des communes faiblement peuplées puissent l'utiliser. Toutefois, trois règles importantes doivent être respectées :1) l'application doit être utile au quotidien (i.e. multithématique et non centrée uniquement sur les risques) ; 2) l'application doit être maintenue à jour régulièrement (ce qui signifie une mobilisation de moyens financiers et humains, d'où la pertinence de l'échelle intercommunale) ; 3) l'application doit être participative (afin d'engager activement le citoyen dans la gestion des risques et de détecter les signaux annonciateurs d'un événement dangereux).

c. Envisager l'application comme un moyen de prévention et non d'alerte ?

Une des plus-values de l'application par rapport aux solutions de type CB/LB-SMS est qu'elle participe d'une certaine manière à la prévention des risques. Plusieurs applications proposent des informations sur les aléas, donnent des consignes de sécurité, cartographient les risques en temps réel, permettent d'appeler directement les secours ou la mairie, etc. Ainsi, si l'application est un outil d'alerte limité, elle apparaît aujourd'hui comme un outil de prévention innovant et intéressant. Elle peut ainsi aisément se substituer aux DICRIM (Document d'Information Communal sur les Risques Majeurs), trop souvent méconnus de la population (Vinet *et al.*, 2012). D'une manière générale, le recours aux nouvelles technologies (applications, réseaux sociaux numériques, sites interactifs) renforce une prévention des risques souvent pointée comme inefficace en France (Defossez, 2011).

Pour résumer : Dans la situation actuelle, les applications smartphones constituent un moyen supplémentaire, mais sans véritable appropriation sociale en France. Leur potentiel pourrait être pertinent à l'échelle intercommunale, où elle pourrait être un formidable outil de prévention (en lieu et place des DICRIM) en plus de servir de moyen d'alerte. Pour cela, l'application doit être multithématique, régulièrement mise à jour et participative.

Conclusion du chapitre 4

Ce chapitre a proposé une méthode pour évaluer, classer et comparer différentes applications mobiles dédiées à l'alerte en France. De façon surprenante, peu d'applications répondent réellement aux objectifs visés, alors que bon nombre d'entre elles se revendiquent comme un moyen d'alerte. Beaucoup d'applications ont un potentiel limité, car elles s'appuient sur la capacité d'observation et d'analyse des futurs usagers, sans pour autant permettre à ces derniers de remonter des informations vers le centre de décision. Toutefois, il faut donner aux individus la capacité d'interagir avec le moyen d'alerte qu'il considère comme le plus performant, et ce critère est bel et bien une condition requise à l'implantation et à l'appropriation des applications smartphones par les individus (Coleman *et al.*, 2009 ; Gisclard, 2017). On note qu'un grand nombre de solutions étudiées ont une vision des aléas très, voire trop, réduite à l'échelle de leur territoire. Ce résultat reflète des choix restrictifs opérés par les gestionnaires, qui occultent le fait qu'un territoire est souvent soumis à divers risques, et que des phénomènes plus complexes (effets dominos, risques simultanés) ou inimaginables peuvent y survenir. La gratuité et la suppression de la publicité, économiquement discutable, semblent par ailleurs être des solutions nécessaires à la démocratisation des applications. Or, seulement 19 applications testées remplissent ces deux conditions.

Il faut ajouter à cela le fait que l'application mobile est un outil limité pour l'alerte puisqu'elle nécessite au préalable le téléchargement par l'utilisateur, ce qui sous-entend que ce dernier soit sensibilisé au risque et qu'il soit dans une démarche proactive sur sa propre sécurité. Le recours à une application tierce *via* un système de notification push ou l'installation par défaut d'une application dédiée au service public, et donc à l'alerte, pourrait toutefois être envisagée pour pallier ce problème. Mais ces solutions restent limitées, car elles nécessitent la mise en place d'une législation contraignante pour les développeurs de smartphone ou les grands groupes détenteurs d'applications massivement téléchargées. Par ailleurs, le système de notification *push* doit être activé par l'utilisateur et les applications doivent bien souvent rester ouvertes en tâche de fond pour permettre la diffusion de notifications d'alerte. Dès lors, d'autres solutions, potentiellement moins contraignantes, et toujours centrées sur la localisation des individus en temps réel, pourraient être développées à l'échelle nationale. Le *Cell Broadcast* ou le SMS géolocalisé présentent un potentiel non négligeable sur le territoire français qu'il serait intéressant de quantifier et de spatialiser en vue de l'évaluation de ces moyens.

Chapitre 5

Évaluation du potentiel de performance spatiale des LBAS en France métropolitaine

Introduction du chapitre 5 126
5.1 L'espace : une variable sous-estimée dans les analyses de performance des moyens d'alerte 126
5.2 Méthode et données 130
5.3 Résultats : des taux d'alertabilité très satisfaisants 134
5.4 Discussion (1) d'ordre méthodologique 141
5.5 Discussion (2) d'ordre thématique 146
Conclusion du chapitre 5 149

Introduction du chapitre 5

Nous considérons qu'un moyen d'alerte est spatialement performant s'il est en capacité atteindre tous les individus situés dans une zone géographique donnée. Le terme de performance est généralement employé pour caractériser l'efficacité d'un système d'alerte et observer le taux de pénétration d'un moyen d'alerte au sein d'une population (Badoux *et al.*, 2009 ; Bricker *et al.*, 2017 ; Gonzalez *et al.*, 2016). Le terme de de performance spatiale nécessite d'aller plus loin, en évaluant le taux d'individus situés dans des espaces où ces moyens peuvent fonctionner, et le taux d'individus en capacité de recevoir une alerte (i.e. équipé d'un terminal mobile concernant les LBAS). Afin d'estimer ce potentiel, nous avons mis en place un protocole d'évaluation des LBAS l'échelle de la France métropolitaine, où ces solutions ne sont pas encore déployées. Plusieurs interrogations nécessitent des réponses claires : combien d'individus seraient susceptibles d'être alertés par un LBAS en France (avec l'hypothèse que toutes les infrastructures techniques seraient en place) ? Est-ce que la performance varie selon le LBAS et/ou selon les territoires ? Une alerte par LBAS serait-elle spatialement homogène entre les 34 842 communes du territoire métropolitain ? Constate-t-on, comme pour les sirènes, des « trous dans la raquette », c'est-à-dire des secteurs géographiques (communes ou groupes de communes) où les LBAS auraient une performance limitée ?

Trois objectifs sont visés dans ce chapitre : 1) développer une méthode pour analyser la performance des LBAS à l'échelle communale sur l'intégralité du territoire métropolitain ; 2) quantifier le potentiel de performance pour différents LBAS (CB, LB-SMS et la notification push) et estimer ce potentiel au regard de caractéristiques territoriales ; 3) localiser les secteurs géographiques où les LBAS sont performants, et ceux où ils ne le sont pas. Ainsi, ce chapitre propose de contribuer à la connaissance du potentiel de performance de ces trois LBAS en France, et sur la variation de ce potentiel selon les territoires et à travers les échelles. La première section propose un rapide état de l'art de l'étude de la performance des LBAS dans le monde et détaille les objectifs et hypothèses de recherche retenues. La seconde section présente la méthode employée et le mode de calcul du taux d'alertabilité par LBAS. La troisième section présente les résultats à l'échelle nationale puis de façon différenciée selon les aires urbaines d'appartenance des communes. La quatrième et la cinquième section discutent des résultats obtenus, sur le plan méthodologique et thématique.

5.1 L'espace : une variable sous-estimée dans les analyses de performance des moyens d'alerte

5.1.1 Des approches méthodologiques principalement centrées sur les tests…

L'analyse de la performance des LBAS a été initiée dans le milieu des années 2000 aux Pays-Bas par un groupe de quatre chercheurs de l'université de Delft : Ben Ale, Helena Jagtman, Simone Sillem et Erik Wiersma. Leurs travaux portent sur une série de tests sur différentes communes des Pays-Bas. Dès 2004, Sillem *et al.*, (2004) ont testé la performance du LB-SMS sur la commune de Vlaardingen (72 000 hab. environ). Wiersma et al (2008) et Jagtman (2010) ont ensuite évalué la performance du CB à travers des tests englobant plusieurs communes.

Jagtman (2010) a réalisé de son côté des essais sur un peu plus de 11 000 participants et il a observé les taux de réussite (nombre d'individu ayant effectivement reçu le message et cause des échecs de réception). Sillem et Wiersma (2006) ont proposé une approche comparative de la performance du CB et du LB-SMS aux Pays-Bas. Ces travaux se sont ainsi penchés sur l'évaluation technique et sociale de la performance du CB et du LB-SMS, mais sans chercher à analyser les résultats d'un point de vue spatial.

À partir des années 2010, l'évaluation de la performance des LBAS se développe. Outre les méthodes techniques d'implémentation des systèmes (Azid *et al.*, 2015 ; Cioca *et al.*, 2008; Kuantama *et al.*, 2012), les méthodes d'évaluation comparatives (CB *versus* LB-SMS) se généralisent, mais restent pour beaucoup cantonnées à définir les « apports et limites », sans réelle méthode quantitative (Bean, 2019 ; Faggiani *et al.*, 2014 ; Gu and Peng, 2010 ; Mahmud *et al.*, 2012 ; Udu, 2009). Certains travaux plus quantitatifs ont permis néanmoins d'identifier plusieurs facteurs de performance des LBAS. Gonzales *et al.* (2016) ont analysé la performance de LBAS à l'aide d'un SIG en estimant le nombre d'individus alertable face à un risque de tornade aux États-Unis. Ce travail a été réalisé à l'échelle des territoires touchés par un « *tornado outbreak* » en 2011 en Alabama. Parker *et al.* (2015) a simulé la performance des LBAS (*via* un Système Multi-Agent, SMA) à l'échelle d'un territoire fictif. Marckwart *et al.* (2019) ont utilisé la réalité virtuelle pour tester la performance d'alertes par téléphonie mobile sur un petit groupe d'individus. Samarajiva et Waidyanatha (2009) ont testé la diffusion d'alertes par LB-SMS dans 32 villages sri lankais affectés par le tsunami de 2004. Les travaux sur les applications mobiles d'alerte sont devenus foisonnants ensuite. En revanche, ils restent centrés sur les caractéristiques techniques des applications sans chercher à évaluer le nombre potentiel d'individus atteignables (Bopp *et al.*, 2019).

En parallèle, plusieurs États équipés d'un LBAS commencent à rendre publiques les données issues des tests (*cf.*, chapitre 3). On peut rappeler ici que les Pays-Bas ont publié dès 2005 les résultats des tests du CB à large échelle. La Belgique et l'Australie ont plusieurs fois testé (et même utilisé) leur système d'alerte par LB-SMS. En 2020, plusieurs provinces canadiennes ont testé le CB[18]. Les États-Unis ont également procédé à des tests de diffusion du CB, y compris à l'échelle nationale (l'outil a ainsi été testé sur 328,2 millions d'individus)[19].

En France, l'étude de la performance des moyens d'alerte s'est jusqu'à présent limitée à des travaux qualitatifs sur des moyens d'alerte traditionnels (les sirènes notamment). Douvinet (2020) et Douvinet *et al.* (2019) ont démontré la couverture partielle des sirènes en France et leur inefficacité à alerter de façon équivoque la totalité des secteurs géographiques. Le cabinet Deloitte (2014) a analysé de manière comparative différents moyens d'alerte sur des aspects techniques, de compréhension des messages, de capacité à atteindre des individus, etc. sans toutefois proposer des mesures précises ou simulées de leurs indicateurs. Des projets sont d'ailleurs en cours (notamment l'ANR « *Cap4MultiCanAlert* » et l'exercice « *CaribeWave* ») pour commencer à tester le CB et/ou le LB-SMS sur des portions du territoire français, mais les résultats ne sont pas encore connus.

5.1.2 … mais dénuées d'analyses spatiales

Le travail de bibliographie réalisé à l'échelle internationale sur la performance des LBAS nous apporte deux enseignements : 1) l'évaluation de la performance des LBAS est un domaine

[18] https://www.alertready.ca/
[19] https://www.tri-cityherald.com/news/politics-government/article219370660.html

d'étude qui s'est développé dès le début des années 2000, dans les pays qui sont aujourd'hui équipés d'un tel système (États-Unis, Australie et Pays-Bas notamment), mais pas en France, où aucune évaluation de ces solutions n'a encore été publiée à ce jour, excepté les résultats produits dans ce chapitre (Bopp & Douvinet, 2020) ; 2) les tests sont souvent réalisés dans des communes, dans des contextes urbains (ce qui peut expliquer les résultats satisfaisants des LBAS), ou en indiquant uniquement les taux de pénétration des technologies aux échelles nationales. *In fine,* ces résultats se focalisent sur un nombre de terminaux (et non d'individus) potentiellement atteints (ou non), sans chercher à savoir si des logiques spatiales émergent.

Il est donc impossible de connaître le potentiel des LBAS à travers les échelles ni de savoir si des transferts ou des jeux d'échelles sont en jeu (Figure 5.1). La mesure de la « performance technique » (nombre de terminaux atteints) prédomine aussi au détriment de la « performance spatiale » (nombre, taux et répartition spatiale des individus atteints) et ce constat soulève pourtant de nombreuses questions : existe-t-il des inégalités spatiales, aux échelles fines et/ou aux échelles larges, quand on évoque la performance des LBAS ? Les « zones d'ombre » ou les « zones blanches », si elles existent, sont-elles disparates ou regroupées ? Et en ayant connaissance de ces espaces, est-on en mesure d'accompagner les autorités dans leur prise de décision, ou en capacité de proposer des solutions palliatives ?

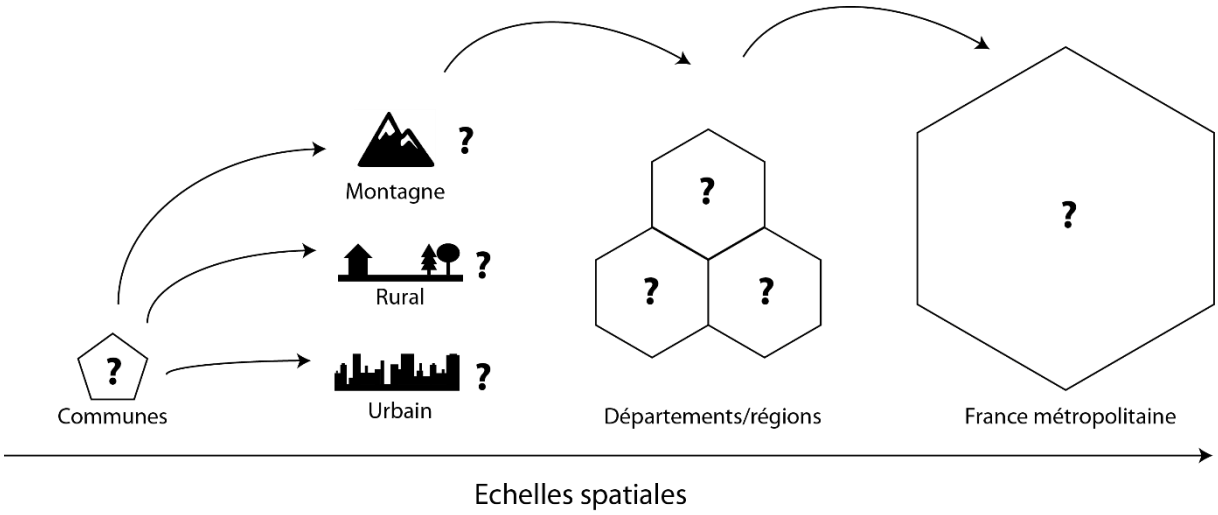


Figure 5.1. Des différentiels de performance des LBAS à travers les échelles en France ?

5.1.3 Objectifs et hypothèses de recherche

L'objectif de ce chapitre est donc de mettre en place un protocole pour estimer le potentiel de performance spatiale des LBAS sur l'intégralité de la France métropolitaine, en calculant un taux d'alertabilité (i.e. le taux d'individu en situation d'être alerté) à l'échelle communale. L'idée est d'estimer la performance de trois LBAS (CB, LB-SMS et notification push) sans prendre en compte les éventuels soucis techniques (susceptibles d'arriver lors d'envoie des alertes), ni l'état du déploiement actuel des infrastructures (les opérateurs auront probablement déployé la technologie CB en métropole à partir de fin 2021), ni les questions financières (le coût du déploiement du CB est par exemple supérieur à celui du LB-SMS) ni d'acceptabilité sociale (abordée dans le chapitre 6), ni même le temps requis pour la formation des décisionnaires.

Les LBAS étudiés sont le CB, le LB-SMS et la notification push (NP). Estimer la performance de l'application smartphone revient à considérer le taux de téléchargement, ce qui semble trop sujet à caution. Nous avons plutôt considéré l'envoi d'une notification push, c'est-à-dire l'envoi d'une alerte transitant vers une application tierce, sans nécessiter de téléchargement préalable de la part des utilisateurs. De cette manière, les LBAS étudiés fonctionnent tous de manière « *opt-out* », i.e. que le système est déjà présent sur le téléphone des usagers sans inscription préalable de la part des utilisateurs. Ce système n'est pas contraire aux directives du RGDP (Règlement Général de la Protection des Données) si les techniques d'anonymisation sont respectées.

Nous définissons la performance spatiale d'un moyen d'alerte comme sa capacité à atteindre de façon homogène un nombre d'individus vivant sur un territoire, par rapport à une population initiale estimée. S'il est impossible de définir un seuil à partir duquel la performance spatiale d'un moyen d'alerte est jugée acceptable (alerter 100% de la population est illusoire), il s'agit néanmoins de comparer les résultats obtenus pour les 3 LBAS, et d'en tirer des tendances.

L'analyse de la performance des LBAS s'est concentrée sur 7 hypothèses de recherche. D'après les retours d'expérience étudiés dans les pays équipés, nous pensons que les LBAS auront un potentiel de performance spatiale élevée en France (>75%) et que les résultats seront homogènes dans les communes contiguës. Les hypothèses retenues peuvent être résumées de la façon suivante :

- H1 : plus de 75% de la population française est alertable par LBAS.
- H2 : Les LBAS sont des moyens très égalitaires entre les communes (I_G<0,25).
- H3 : Les taux d'alertabilités des LBAS des communes proches sont davantage similaires que ceux des communes éloignées (I_M > 0,25).

Par ailleurs, nous pensons que le nombre d'habitants des communes et leur connexion à de grandes unités urbaines jouent positivement sur la performance des LBAS :

- H4 : la performance des LBAS augmente lorsque le nombre d'habitants augmente.
- H5 : plus l'aire urbaine à laquelle appartient la commune est grande, plus les LBAS sont performants.

D'autres hypothèses se focalisent sur le rôle des conditions environnementales. Les obstacles naturels (topographie, végétation…) affectent l'efficacité des réseaux de télécommunication cellulaires (Nandi *et al.*, 2016). Aussi, nous pensons également que la dispersion spatiale de la population peut être un frein au développement des réseaux de télécommunication (pour des raisons de rapport couts/bénéfices pour les opérateurs).

- H5 : Les LBAS sont moins performants dans les communes de montagne.
- H6 : La performance des LBAS décline avec l'augmentation du taux de couverture forestière à l'échelle communale.
- H7 : La performance des LBAS décline lorsque la dispersion spatiale des habitats augmente à l'échelle communale.

Pour résumer : Alors que la France s'apprête à déployer le CB et le LB-SMS, aucune étude n'a été menée sur leur performance spatiale potentielle. Les méthodes classiques se fondent souvent sur des tests, sans révéler des différentiels spatiaux à travers les échelles, alors qu'un certain nombre de questions (converties ici en hypothèses) restent sans réponses.

5.2 Méthode et données

La méthode développée s'appuie sur des traitements réalisés sous un Système d'Information Géographique (SIG). Elle repose sur les données existantes sur les individus et sur la localisation de leur lieu de résidence. Seuls les individus âgés de 18 ans et plus sont pris en compte. On considère que les individus âgés de moins de 18 ans ne sont pas tous en capacité d'interpréter une alerte et de mettre d'eux-mêmes en pratique des mesures de sauvegarde. Ce sont par ailleurs des individus qui sont placés sous la responsabilité d'adultes (parents, tuteurs) qui auront pour rôle de leur transmettre les consignes en cas d'alerte.

5.2.1 Estimation de la performance spatiale de chaque solution

Deux données ont été estimées en 2019 : le taux d'individu situé dans une zone couverte par les réseaux de télécommunications et, parmi eux, le taux d'individu équipés en téléphone mobile (pour les solutions CB et LB-SMS) et smartphone (pour la notification push (NP)).

a. Le Taux de Connectivité (TC)

TC correspond au taux d'individus situés dans la couverture d'un réseau de télécommunication sur un territoire donné. Les données carroyées à 1km de l'INSEE (2019) ont été utilisées pour localiser les individus sur leur lieu de résidence. Une connexion à un réseau 2G, 3G et/ou 4G est nécessaire pour que les solutions CB et LB-SMS fonctionnent. Seules les zones couvertes à la fois par les quatre principaux opérateurs français (Bouygues, SFR, Orange, Free) ont été sélectionnées (outil d'intersection sur SIG), car il n'est pas possible de connaître le nom de l'opérateur pour chaque personne à une échelle précise. Une connexion 2G n'est en revanche pas suffisante pour la diffusion de notifications push (Warren *et al.*, 2014), mais les individus peuvent recevoir une notification push s'ils sont reliés à la Wi-Fi (l'enquête du CREDOC donne une estimation du nombre d'individus qui connectent leur smartphone à la Wi-Fi de leur domicile).

Le taux d'alertabilité est obtenu comme suit :

$$TC = \frac{NC}{N} = \frac{(N2G \ \cup \ N3G \ \cup N4G)}{N}$$

Avec N, le nombre d'individus âgés de 18 ans et plus sur un territoire ;
NC, l'estimation du nombre d'individus connectés ;
N2G, N3G, N4G, le nombre d'individus vivant dans une zone respectivement couverte par la 2G, 3G ou 4G.

Cette équation est valable pour le CB et le LB-SMS, pour la NP, *N2G* doit être remplacé par *NWifi* qui est le nombre d'individus vivant dans une zone non couverte par la 3G ou la 4G, mais qui connectent leur smartphone à la Wi-Fi de leur domicile. Cette donnée a été estimée selon l'âge des individus, d'après les données publiées par le CREDOC (2019 ; Tableau 5.1).

Les N2G, N3G et N4G sont obtenus ainsi :

$$NxG = NxGa \cap NxGb \cap NxGc \cap NxGd$$

Avec xG le type de réseau (2G, 3G, 4G) ;

a, b, c et d, les quatre opérateurs téléphoniques français.

L'approche est imparfaite à cause de l'évolution rapide des données et du fait que les individus sont ici « fixés » à leur domicile. Les résultats sont donc plus réalistes dans un scénario où les individus sont chez eux (pendant la nuit).

Tableau 5.1. Taux d'individu connectant leur smartphone au réseau Wifi de leur domicile (d'après les données du CREDOC (2019))

	Catégories d'âge						**Nombre d'habitants**			
	18-25	**25-39**	**40-54**	**55-64**	**65-79**	**80+**	**>2000**	**2000-20k**	**20k-100k**	**>100k**
Connect. Wifi (%)	82,0	72,0	61,0	48,5	22,6	16,0	48,0	49,0	47,0	59,0

b. Le Taux d'Équipement (TE)

TE correspond au taux d'individus équipés en téléphone mobile ou en smartphone sur un territoire donné. Selon le rapport du CREDOC[20] (2019), la probabilité qu'un individu possède un téléphone mobile ou un smartphone dépend de l'âge des individus (Tableau 5.2). Les données carroyées de l'INSEE précédemment utilisées renseignent sur le nombre d'individus et sur leur âge dans des carreaux d'1km². L'information est extrapolée si le nombre d'individus dans le carreau est inférieur à 11 (afin de protéger les identités des individus).

Le TE est calculé comme suit :

$$TE = \frac{NEage}{N} = (\sum_{x=1}^{6} \left(\frac{Nx * NTEx}{100}\right))/N$$

Avec N, le nombre d'individus âgés de 18 ans et plus sur un territoire ;
NEage, l'estimation du nombre d'individus équipés selon l'âge des individus ;
x, la classe d'âge des individus,
NTE, le taux d'équipement national des individus (donné dans le Tableau 5.2).

Tableau 5.2. Taux de possession de smartphone et de téléphone mobile (%) selon l'âge des individus (d'après les données du CREDOC (2018)

	Catégories d'âge					
	18-24	**25-39**	**40-54**	**55-64**	**65-79**	**80+**
Smartphone	98,0	92,0	81,0	68,0	41,6	35,0
Tél. Mobile	100,0	98,0	96,0	94,0	82,0	82,0

[20] Le « Baromètre du numérique » est une enquête réalisée annuellement sur un échantillon représentatif de la population française par le Centre de Recherche pour l'Étude et l'Observation des Conditions de vie (CREDOC).

c. Le Taux d'Alertabilité (TA)

Le taux d'alertabilité (TA) est obtenu en croisant TC avec TE comme suit :

$$AR = \frac{\left(\frac{NEage}{N} * \frac{NC}{N}\right)}{100}$$

Avec *N*, le nombre d'individus âgés de 18 ans et plus sur un territoire ;
NEage, l'estimation du nombre d'individus équipés selon l'âge des individus ;
NC, l'estimation du nombre d'individus connectés.

La Figure 5.2 synthétise la méthode en prenant à titre d'exemple la commune de Barrême (05) où sont recensés 436 habitants (2015). Au final, le CB et le LB-SMS ont le même taux d'alertabilité, car ces deux solutions fonctionnent à la fois sur les smartphones et les téléphones mobiles, mais aussi sur les mêmes réseaux (2G, 3G et 4G). À savoir qu'il existe une faible corrélation positive entre le taux de connectivité et le taux d'équipement pour le CB/LB-SMS (rho = 0,29) et la NP (rho = 0,38).

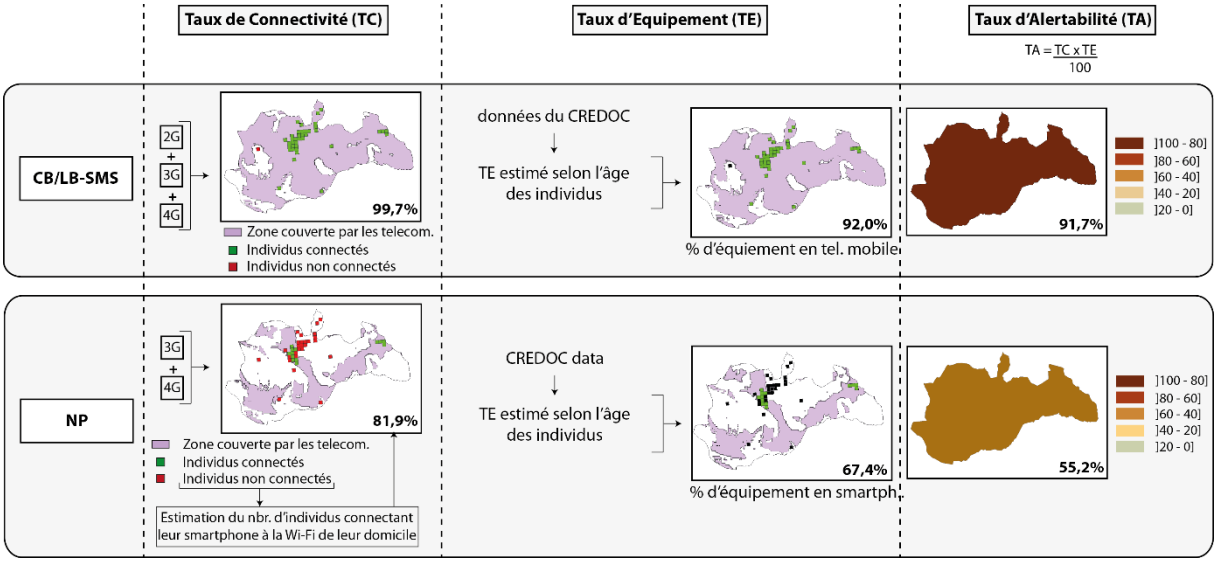


Figure 5.4. Méthode employée pour calculer le taux d'alertabilité du CB/LB-SMS et de la NP des individus résidents (exemple pour la commune de Barrême, Alpes-de-Haute-Provence, 436 habitants).

5.2.2 Détection des différences spatiales

L'homogénéité spatiale de la performance des LBAS a été questionnée en utilisant 2 indices : 1) l'indice de Gini (I_G), qui a permis de révéler le niveau d'inégalité dans la distribution statistique des taux d'alertabilité. Cet indice varie entre 0, ce qui signifie que la distribution est parfaitement égale (dimension de justice entre les communes), et 1, ce qui signifie une distribution inégale avec des « injustices spatiales » élevées ; 2) l'indice de Moran (I_M) (Pumain & Saint-Julien, 2010), qui a permis de détecter des autocorrélations spatiales et de mesurer l'intensité des relations entre proximité et similarité. Si l'indice de Moran est proche de 1, cela indique que les communes voisines ont tendance à avoir des taux d'alertabilité similaires par rapport à des communes plus éloignées. Au contraire, si l'indice de Moran est égal à -1, cela signifie que les communes proches ont tendance à avoir des taux d'alertabilités différents les

uns des autres par rapport aux communes plus éloignées. L'indice de Moran est calculé à l'échelle de la France, mais aussi pour chacune des communes) : on parle alors d'indicateurs locaux d'arrangement spatial (LISA *pour Local Indicators of Spatial Association*). La cartographie des indices locaux de Moran spatialise les communes où les taux d'alertabilités entre communes voisines tendent à être similaires et ceux où ils tendent à être différents.

Une cartographie des points chauds et froids a également été réalisée pour identifier les zones de forte et/ou faible performance. Cette étape a été réalisée *via* un l'outil « Cartographie de points chauds » sous SIG utilisant la statistique spatiale « Getis-Ord » (Ord and Getis, 2010). Cet outil compare la performance des communes avec celle des communes voisines ce qui lui permet de localiser les points chauds (bonne performance) et froids (faible performance) statistiquement significatifs.

Les résultats ont ensuite été comparés selon le découpage en aire urbaine (pour répondre à notre cinquième hypothèse, et faire écho à des traitements réalisés dans le chapitre 2). Des travaux antérieurs ont montré que les technologies de communication étaient moins efficaces dans les zones rurales (Chilimo, 2008 ; Preston *et al.*, 2007) même si elles contribuent à la revitalisation de ces zones (Brachotte, 2011). Quatre classes de communes ont été retenues en fonction de la typologie en Aire Urbaine (AU), définie pour rappel par l'INSEE comme : « *un ensemble de communes d'un seul tenant et sans enclaves, constitué d'un pôle urbain de plus de 10 000 emplois, et par des communes rurales ou unités urbaines dont au moins 40% de la population résidente ayant un emploi travaille dans le pôle ou dans des communes attirées par celui-ci* ». En raison de la forme non paramétrique des résultats (vérifiés à l'aide du test de Kolmogorov-Smirnov) et de l'hétéroscédasticité des données (sous-entendant des variances non homogènes), une analyse de la variance par transformation de rangs alignés (Wobbrock *et al.*, 2011) a été utilisée pour comparer les résultats dans les zones urbaines.

Les résultats obtenus pour les communes situées en territoire montagneux ou selon la part de la superficie couverte par des forêts permettent de répondre aux hypothèses 6 et 7. Le classement des communes en zone de montagne dépend de critères établis par l'État français. Il s'agit de communes limitées dans leur développement par la topographie ou des conditions d'altitude difficiles. Le zonage des forêts est tiré de la base de données gouvernementale « Corine Land Cover » qui précise l'utilisation des terres à l'échelle nationale. Pour répondre à notre huitième hypothèse, le niveau d'agrégation des individus a été calculé dans chaque commune, en divisant la somme des habitants par la somme des surfaces des cellules habitées de l'INSEE : il s'agit ainsi ainsi d'une densité de population des carrés habités. Les indices de concentration ou de centralisation (Duncan & Duncan, 1955) n'ont pas été utilisés, car il n'est pas possible de définir rigoureusement la taille de la plus petite zone dans laquelle la population pourrait vivre à l'échelle des 34 841 communes de la zone d'étude. Une analyse des corrélations a permis d'aborder les hypothèses 4, 6, 7 et 8 avec un seuil de validation de rho>0,4 (H4) ou rho<-0,4 (H6 et H7), souvent utilisé en sciences sociales (Relethford & Lees, 1983) et qui traduirait une corrélation non négligeable étant donné la taille de la population statistique (34 841 communes métropolitaines).

Pour résumer : le taux d'alertabilité par CB et LB-SMS (dont les performances sont identiques compte tenu des caractéristiques techniques des solutions) et par NP est estimé sur chacune des 34 842 communes de la France métropolitaine. En plus des scores de performance des LBAS à l'échelle nationale, les indices de Gini et de Moran et une analyse selon le profil des communes vont permettre de détecter des éventuelles différenciations spatiales.

5.3 Résultats : des taux d'alertabilité très satisfaisants

5.3.1 Un potentiel très élevé pour le CB/LB-SMS à l'échelle nationale

D'après nos estimations, 99,63% des français résident dans un endroit couvert par la 2G, la 3G et/ou la 4G à l'échelle métropolitaine. En parallèle, 99,62% des individus résident dans une zone couverte en 3G et/ou en 4G ou connectent leur smartphone à la Wifi de leur domicile (Tableau 5.3). Les zones blanches (zones couvertes par aucun réseau cellulaire) sont localisées dans des zones rurales à faible densité de population (notamment dans les Alpes et dans le sud du Massif central). D'après nos estimations, 95,56% des français possèdent un téléphone mobile (y compris smartphone) tandis que 74,38% des français possèdent un smartphone. Le TE du téléphone mobile est supérieur à celui du smartphone de 20,2% (Tableau 5.3).

Tableau 5.3. Taux d'alertabilité, de connectivité et d'équipement pour le CB/LB-SMS et la NP en France

	Performance		
Moyens d'alerte	TC (%)	TE (%)	TA (%)
CB/LB-SMS	99,63	95,56	94,21
D1	96,8	92,8	90,3
Q1	99,7	93,4	93,0
Q3	99,9	94,9	94,8
D9	100	95,4	95,3
NP	99,62	74,38	74,15
D1	85,6	67,4	59,6
Q1	97,2	70,4	67,6
Q3	99,9	75,4	74,9
D9	100	77,2	76,8

Comme le montre la carte (Figure 5.3), la solution CB/LB-SMS a un très fort potentiel : 94,21% des français seraient alertables en utilisant l'une ou l'autre solution. Le score de performance moyen atteint 92,5% pour les 34 842 communes françaises et 50% des communes ont un taux d'alertabilité compris entre 92,95% (Q1) et 94,8% (Q3). 97,8% des communes ont un taux d'alertabilité supérieur à 75% et seulement cinq communes ont un taux d'alertabilité de 0. Bien qu'ayant des scores moindres, la notification push (NP) reste performante : 74,15% des français seraient alertables en utilisant cette solution (soit une performance inférieure à 75% ce qui ne nous permet pas de valider l'hypothèse 1 pour la NP). Le score de performance moyen de la NP est de 71,59% et 50% des communes ont un taux d'alertabilité compris entre 69,22% (Q1) et 75,15% (Q3). 26,5% des communes ont un taux supérieur à 75% de la population. Comme il est possible de connecter le smartphone à la Wifi du domicile dans les zones non couvertes par les réseaux de télécommunication, aucune commune n'a un taux d'alertabilité nul.

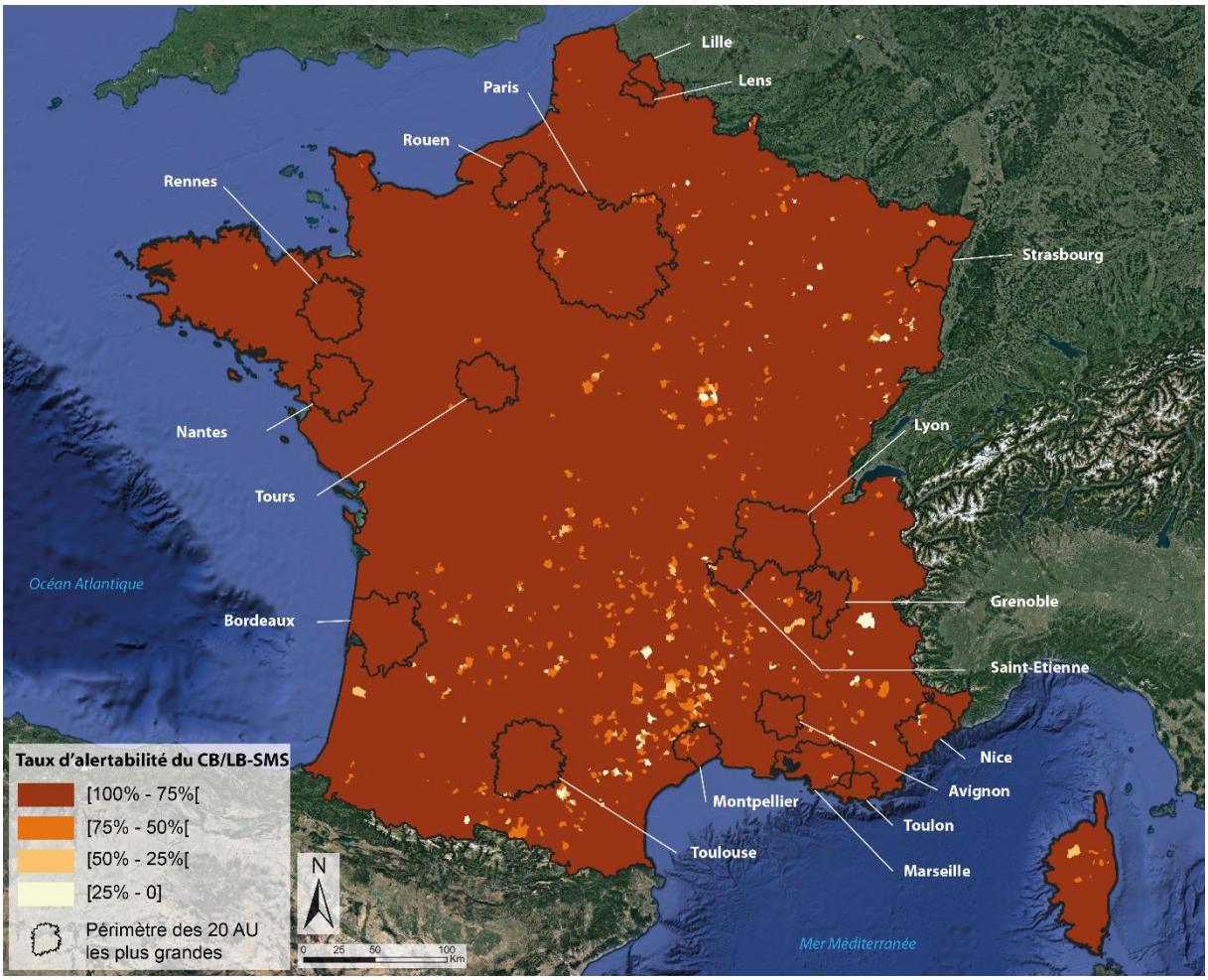


Figure 5.3. Taux d'alertabilité du CB/SMS estimé à l'échelle communale en France

Les résultats apparaissent spatialement homogènes (Figure 5.3 & Figure 5.4). Toutefois, des agrégations spatiales émergent. Des communes ayant une faible performance du CB/LB-SMS apparaissent dans le sud du Massif central et en Bourgogne. Des groupes de communes ayant des taux d'alertabilités par notification push supérieur à 75% semblent se concentrer dans les principales aires urbaines françaises (42,9% des communes appartenant à une des 20 plus grandes aires urbaines ont un TA supérieur à 75% contre 7,9% pour le reste des communes). Ce constat est particulièrement visible pour les aires urbaines de Toulouse, Bordeaux, Paris, Lyon, Nantes, Rennes et Tours.

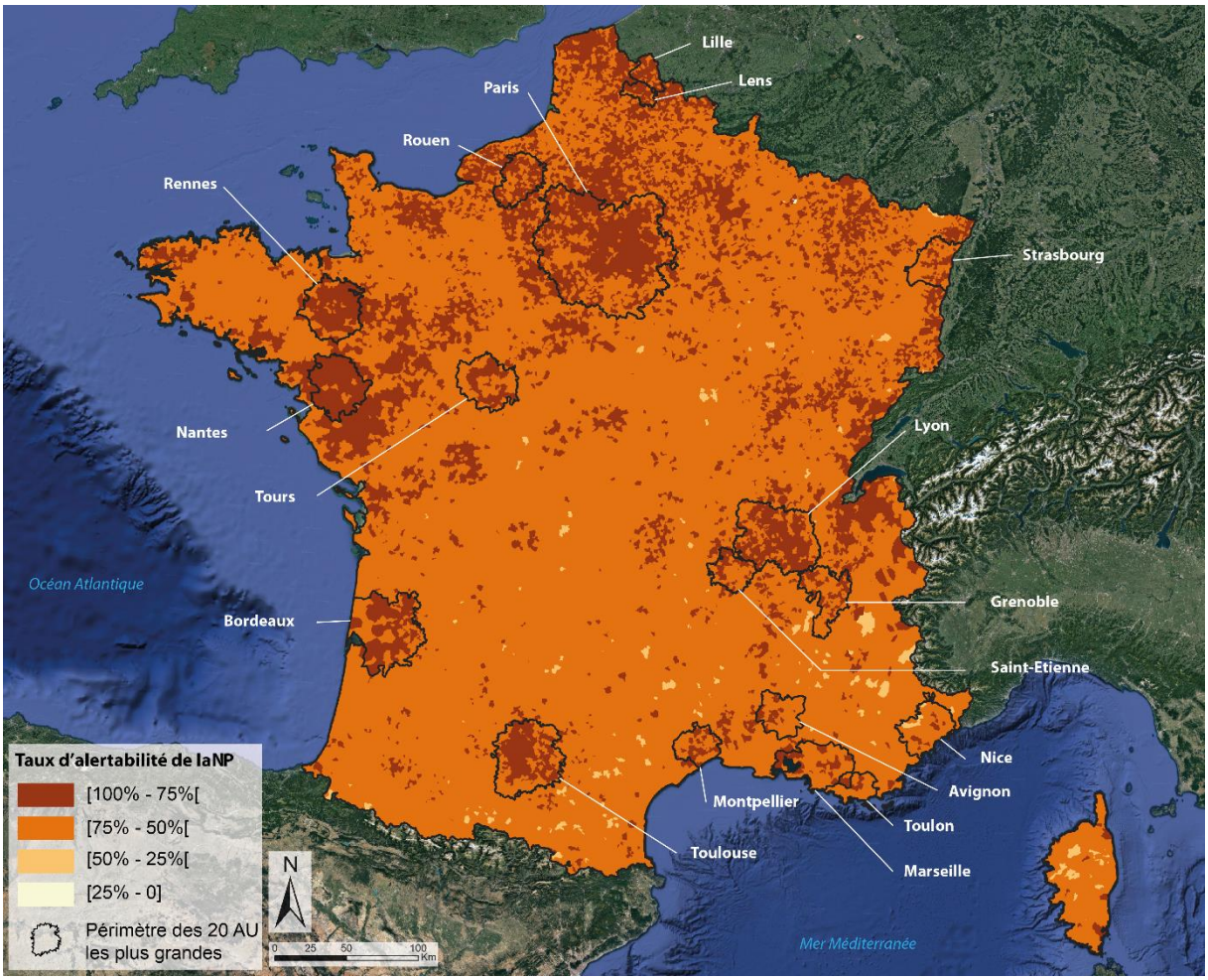


Figure 5.4. Taux d'alertabilité de la NP estimé à l'échelle communale en France

Pour résumer : La performance CB/LB-SMS est bien supérieure à 75%, mais pas celle de la notification push : **l'H1 est donc acceptée pour le CB/LB-SMS et rejetée pour la NP**. Le taux de performance des LBAS apparaissent comme globalement homogènes en France métropolitaine, mais certaines disparités locales existent : les résultats doivent donc être davantage analysés pour pleinement comprendre les conséquences spatiales inhérentes à l'utilisation d'un LBAS à l'échelle nationale en France.

5.3.2 L'émergence de disparités spatiales

a. Des moyens *a priori* égalitaires à l'échelle métropolitaine…

À l'échelle métropolitaine, les écarts de performance spatiale entre les communes sont faibles. L'indice de Gini est très faible pour les deux solutions (il est inférieur à 0,05). Le nombre de communes non-alertables est très faible : 7 communes ne seraient pas alertables par CB/LB-SMS (105 habitants en moyenne) et aucune par NP (car même sans réseaux de télécommunication, les individus peuvent connecter leur smartphone à la Wifi). Ces chiffres sont dérisoires quand on sait que 5 531 sirènes SAIP seront opérationnelles en 2022 en France pour un total de 34 842 communes (*cf.*, chapitre 2). Par ailleurs, les valeurs de l'indice d'autocorrélation de Moran à l'échelle métropolitaine montrent une tendance à l'existence de

performances similaires entre communes voisines pour la NP (I_M=0,43), mais bien moins pour le CB/LB-SMS (I_M=0,14). Il faut par la suite localiser les zones de bonnes et de moins bonnes alertabilité à l'aide d'autres outils géostatistiques.

b. …mais des disparités régionales et départementales persistantes

La comparaison de la performance des LBAS à l'échelle départementale révèle des écarts mesurés, mais qui doivent être mentionnés (Figure 5.5). Pour le CB/LB-SMS, la différence entre le département le mieux alertable (Seine-Saint-Denis, 95,67%) et le moins alertable (Lozère, 86,66%) est de 9,01%. Pour la NP, la différence entre le département le mieux alertable (Seine-Saint-Denis, 78,86%) et le moins alertable (Creuse, 66,99%) est de 11,87%. Au niveau régional, les écarts sont logiquement moindres, notamment pour le CB/LB-SMS où la différence entre la région la mieux alertable (Ile-de-France, 95,17%) et la moins alertable (Sud-PACA, 92,98%) est de seulement 2,19%. Cet écart est plus conséquent pour la NP où la différence entre la région la mieux alertable (Ile-de-France, 77,05%) et la moins alertable (Sud-PACA, 70,87%) est de 6,18%. Ainsi, l'analyse des résultats à l'échelle départementale et régionale révèle des écarts globalement modérés, mais qui ne ressortent pas avec les indicateurs d'homogénéité (Gini et Moran) calculés à l'échelle métropolitaine. Les résultats de la performance des LBAS des départements et des régions sont disponibles en annexes.

À l'échelle communale, la cartographie des points chauds et froids de performance par LBAS confirme l'existence d'homogénéités régionales : la performance des LBAS est bonne dans le nord-est (davantage marqué pour la NP) et faible dans une moitié sud excepté dans les aires urbaines de Bordeaux, Toulouse, Montpellier et Marseille (qui ressortent comme des points chauds au milieu d'une zone de faibles performances ; Figure 5.6). La cartographie de l'indice localisé de Moran (LISA, Oliveau, 2010) vient néanmoins contraster cette analyse : pour le CB/LB-SMS, on observe que les zones de bonne performance sont globalement homogènes (peu de groupes de communes de faible performance apparaissent) tandis que les zones de faible performance sont parsemées de groupes de communes de bonne performance (à l'image d'une une mosaïque, Figure 5.6). Pour la NP, les zones de bonne performance contiennent davantage de petits groupes de communes de faible performance et les zones de faible performance sont aussi parsemées de groupes de communes de bonne performance, notamment autour d'aires urbaines petites et moyennes (on devine Limoges, Clermont-Ferrand, mais aussi Périgueux, Brive-la-Gaillarde, Rodez, Roanne, etc.).

À l'échelle nationale, la cartographie de ces résultats révèle que nous ne sommes pas dans une configuration de « mosaïque » où une grande multitude de points chauds et de points froids parsèmeraient la France métropolitaine de manière homogène. Au contraire, de grandes unités ressortent, et notamment une disparité Nord/Sud évidente, où le Nord serait avantagé par l'utilisation d'un LBAS par rapport au Sud. La « diagonale du vide » (du sud-ouest au nord-est de la France ; Oliveau & Doignon, 2016) se visualise aisément puisque la majorité des communes y apparaissent comme un point froid d'alertabilité par CB/LB-SMS ou par NP. À l'inverse, on note que les points chauds sont situés sur les principales aires urbaines françaises. Les aires urbaines de Bordeaux, Toulouse, Montpellier et Marseille ressortent comme des points chauds au milieu d'un zonage de point froid qui caractérise une bonne partie de la moitié Sud du pays. Dès lors, on peut conclure que de grandes unités spatiales d'alertabilité ressortent, mais qu'elles sont nuancées par les grandes aires urbaines françaises, toujours identifiées comme point chaud d'alertabilité.

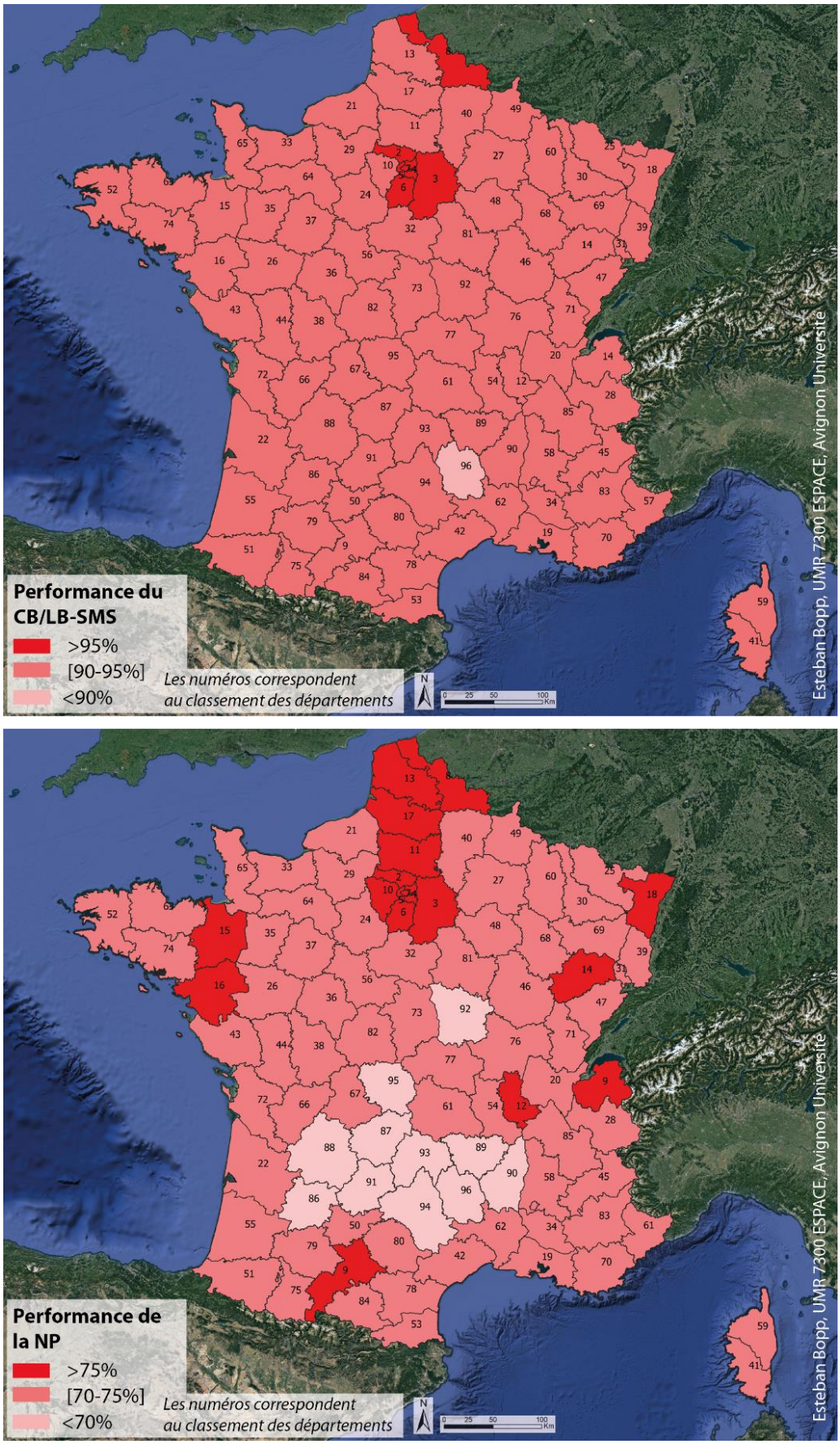


Figure 5.5. Performance du CB/LB-SMS et de la NP au niveau départemental

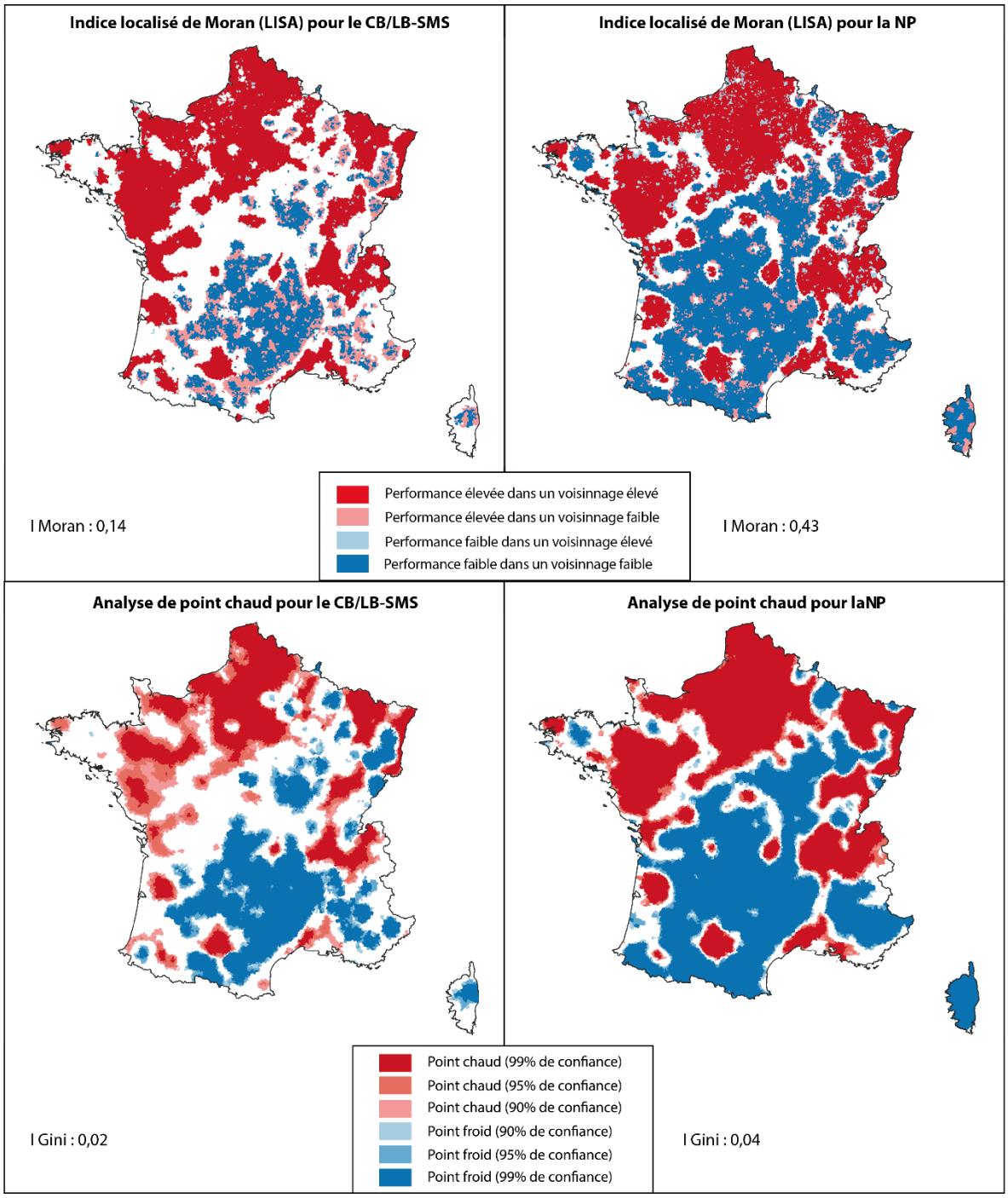


Figure 5.6. Analyse spatiale de l'homogénéité et du niveau de performance de CB/LB-SMS et de l'AS en France

Pour résumer : les LBAS rendent le processus d'alerte plus équitable spatialement, en comparaison avec la diversité des outils d'alertes aujourd'hui utilisés : **l'H2 est acceptée**. La NP (plus que le CB/LB-SMS) tend à avoir des niveaux de performance proches entre communes voisines ce qui signifie que les taux d'alertabilité devraient être homogènes lorsqu'un événement frappe un groupe de communes contiguës (une inondation, un feu de forêt, une tempête, etc.) : **l'H3 est acceptée pour la NP, mais rejetée pour le CB/LB-SMS.** L'apparente homogénéité des LBAS n'empêche pas l'existence de points chauds et froids

localisés. De même, des zones de performance homogènes et des zones de performances hétérogènes entre groupes de communes sont mises en évidence. Il faut à présent tenter de caractériser la performance communale selon différents facteurs.

c. Des LBAS moins performants là où les habitants sont dispersés

On remarque une faible corrélation entre la population communale et la performance des LBAS (rho de Spearman de 0,29 pour le CB/LB-SMS et de 0,33 pour la NP). Ces coefficients sont insuffisants pour valider **H4 qui est rejetée**. D'un autre côté, la performance des LBAS augmente bien avec la taille de l'aire urbaine d'appartenance des communes. Les LBAS sont significativement moins performants dans les communes hors aire urbaine que dans les communes appartenant à une aire urbaine (Tableau 5.4). De plus, les communes appartenant à de grandes aires urbaines (supérieures à 500 000 habitants) ont un taux d'alertabilité par LBAS significativement supérieur aux autres communes appartenant à une aire urbaine (Tableau 5.4) : **H5 est acceptée**.

Les LBAS sont moins performants dans les communes classifiées comme « zone de montagne ». Si on entre dans le détail, les LBAS sont moins performants dans les territoires de montagne des points froids, des zones neutres et des points chauds par rapport aux communes non classées en zone de montagne de ces mêmes points (excepté pour les communes ayant une alertabilité par NP neutre ; Tableau 5.5) : **H6 est acceptée**. Les LBAS sont moins performants lorsque la part communale du couvert forestier augmente (Tableau 5.5), mais le coefficient de corrélation est trop faible pour pouvoir accepter **H7 qui est rejetée**. Le paramètre le plus décisif à la vue des taux de corrélations affichés est la dispersion des habitants. La performance des LBAS diminue lorsque la dispersion des habitants augmente à l'échelle communale. Les communes ayant des habitants spatialement concentrés sont globalement mieux alertables que celles ayant un habitat spatialement dispersé (Tableau 5.5) : **H8 est acceptée**.

Tableau 5.4. Performance des LBAS selon la taille de l'Aire Urbaine (AU) d'appartenance des communes (lorsque les lettres sont différentes, les résultats sont significativement différents)

	ANOVA ART	**Zone rurale** *(n=17 345)*	**Petite AU** *(n=6 394)*	**Moyenne AU** *(n=6 319)*	**Grande AU** *(n=4 783)*
CB/LB-SMS	F=2901,3 P<2,22e^{-16}*** Df=3	a 91,4%	b 93,0%	c 94,0%	d 94,2%
NP	F=3130,6 P<2,22e^{-16}*** Df = 3	a 69,6%	b 71,9%	c 74,1%	d 75,0%

Tableau 5.5. Analyse des résultats des LBAS selon l'appartenance à un point chaud, neutre ou froid par rapport à des facteurs territoriaux et morphologiques

	Effectif	Classification en zone de montagne			Part du couvert forestier	Dispersion de l'habitat
		Test de Wilcoxon Mann Whitney	Oui (TA, %)	Non (TA, %)	Rho de Spearman	Rho de Spearman
CB/LB-SMS	34 842	P>2,2^{e-16}***	90,0	93,4	-0,35	-0,47
CB/LB-SMS (pt chaud)	14 775	P>7,4^{e-11}***	94,2	94,5	-0,15	-0,19
CB/LB-SMS (neutre)	7 759	P=2,2^{e-05}***	92,5	92,8	-0,09	-0,32
CB/LB-SMS (pt froid)	12 298	P>2,2^{e-16}***	87,7	89,8	-0,28	-0,48
NP	34 842	P>2,2^{e-16}***	68,2	72,7	-0,33	-0,48
NP (pt chaud)	16 933	P>2,2^{e-16}***	73,9	74,7	-0,17	-0,15
NP (neutre)	6 229	P=0,068	71,4	71,6	Pas de corrélation	-0,15
NP (pt froid)	11 670	P>2,2^{e-16}***	66,0	68,4	-0,28	-0,42

Pour résumer : Les LBAS sont moins performants dans les territoires ruraux, de montagne et où l'habitat est dispersé. Ces derniers seraient désavantagés par l'utilisation nationale d'un LBAS par rapport aux autres territoires. Il faut toutefois rappeler qu'il s'agit d'analyse comparative et que le niveau de performance des LBAS dans ces territoires reste fort. Le nombre de communes où les LBAS ne sont pas performants est limité. Seules 212 communes ont un taux d'alertabilité par CB/LB-SMS inférieur à 50% (communes ayant une population moyenne de 229,5 habitants) et 223 communes ont un taux d'alertabilité par AS inférieur à 50% (communes ayant une moyenne de 146,2 habitants). Ainsi, quand bien même l'utilisation d'un LBAS à l'échelle nationale aurait des niveaux de performances inégaux en fonction de la nature des territoires, le niveau global de performance des LBAS reste excellent.

5.4 Discussion (1) d'ordre méthodologique

La méthode utilisée dans ce chapitre peut tout à fait être réutilisable dans d'autres territoires ou à d'autres niveaux d'observation, à condition que les données soient disponibles. Il serait intéressant d'étendre le travail à des territoires où les réseaux de télécommunication sont moins développés (en particulier dans les territoires d'outre-mer), afin d'observer si l'opposition urbain/rural est renforcée ou si d'autres logiques prévalent. Des territoires comme Mayotte et la Guyane seraient des zones d'étude expérimentale intéressantes, d'autant que les données sur les télécommunications sur ces territoires sont désormais disponibles, ce qui n'était pas le cas lors de l'élaboration du protocole expérimental de ce chapitre (qui a démarré en mai 2019).

5.4.1 Quelle performance lorsque les individus sont situés sur leur lieu de travail ? Test à l'échelle de la région Sud-PACA

Il est très difficile de connaître le nombre exact d'individus qui peuvent être alertés à l'échelle locale pour une solution donnée, en raison des déplacements réguliers des individus dans l'espace et dans le temps. Nous avons tout de même essayé d'aller au-delà de la seule considération de la position résidentielle des individus analysée dans ce chapitre. Comme il n'existe pas à notre connaissance de données sur la localisation fine des emplois (à l'échelle infracommunale), nous avons procédé de manière indirecte en localisant, à l'échelle de la région Sud-PACA, tous les travailleurs dans les zones urbanisées référencées dans la base de données d'occupation des sols OCSOLPACA. Le nombre d'individus travaillant dans chaque commune est extrait de la base de données de l'INSEE (base emploi au lieu de travail, 2016) et est ajouté aux inactifs, chômeurs et retraités pour obtenir une estimation du nombre d'individus présents dans la commune pendant les heures de travail.

Ainsi ce n'est plus la population résidente que nous étudions, mais bien la population présente aux heures de travail dans la commune, même si des biais de localisation existent (localisation homogène à l'échelle des zones urbanisées). Une fois les individus localisés, nous avons procédé de la même manière que dans ce chapitre, en définissant un taux d'équipement et un taux de connectivité qui nous donnent un taux d'alertabilité. Il faut cependant noter que le taux d'individus non couverts par les réseaux 3G et 4G de télécommunication et connectant leur smartphone à la Wifi de leur domicile n'a pas été pris en compte (il n'existe par ailleurs pas de données sur le nombre d'individus connectant leur smartphone à la Wifi de leur lieu de travail). Nous appelons « scénario A », le scénario localisant les résidents et « scénario B », le scénario localisant les travailleurs.

Avec cette méthode, 92,7% des travailleurs seraient alertables par CB/LB-SMS et 69,8% pas NP (Figure 5.7 ; Tableau 5.6). La différence entre les deux scénarios est relativement faible, mais plus importante pour la NP (+1,05% pour le scénario A) que pour le CB/LB-SMS (+0,29% pour le scénario A). Cette différence est probablement accentuée par la non-prise en compte des individus se connectant à la Wifi pour le scénario B.

Tableau 5.6. Performance des LBAS selon le scénario en région Sud-PACA

	Scénario A	**Scénario B**	**À>B d'au moins 10%**	**A=B [-10 ;10%]**	**À<B d'au moins 10%**
CB/LB-SMS	92,98%	92,69%	9,09%	89,96%	0,95%
AS	70,87%	69,82%	44,40%	50,21%	5,60%

La différence entre les deux scénarios n'excède pas un écart de plus de 10% pour près de 90% des communes de la région Sud-PACA pour le CB/LB-SMS (n=946 ; Figure 5.8). Les communes qui se caractérisent par une alertabilité plus importante pour le scénario A ([10 ; 100]) ou pour le scénario B ([-100 ; -10[) sont des communes déjà faiblement peuplées et peu pourvoyeuses d'emploi. La donne est un peu différente pour la NP. Si là aussi une majorité de communes se caractérise par une différence d'alertabilité faible entre les deux scénarios (50,2% des communes se situent dans l'intervalle [-10 ; 10[), 44,4% des communes se caractérisent par une alertabilité plus importante pour le scénario A. On note néanmoins que, ce sont les 5,6% de communes se caractérisant par une alertabilité supérieure pour le scénario

B qui ont un nombre d'habitants moyen (11 139) et nombre d'emplois moyen (5 866) plus élevés. Ainsi, les communes fortement peuplées se caractérisent par une alertabilité par notification push supérieure si on considère les individus au travail et non plus seulement à leur domicile.

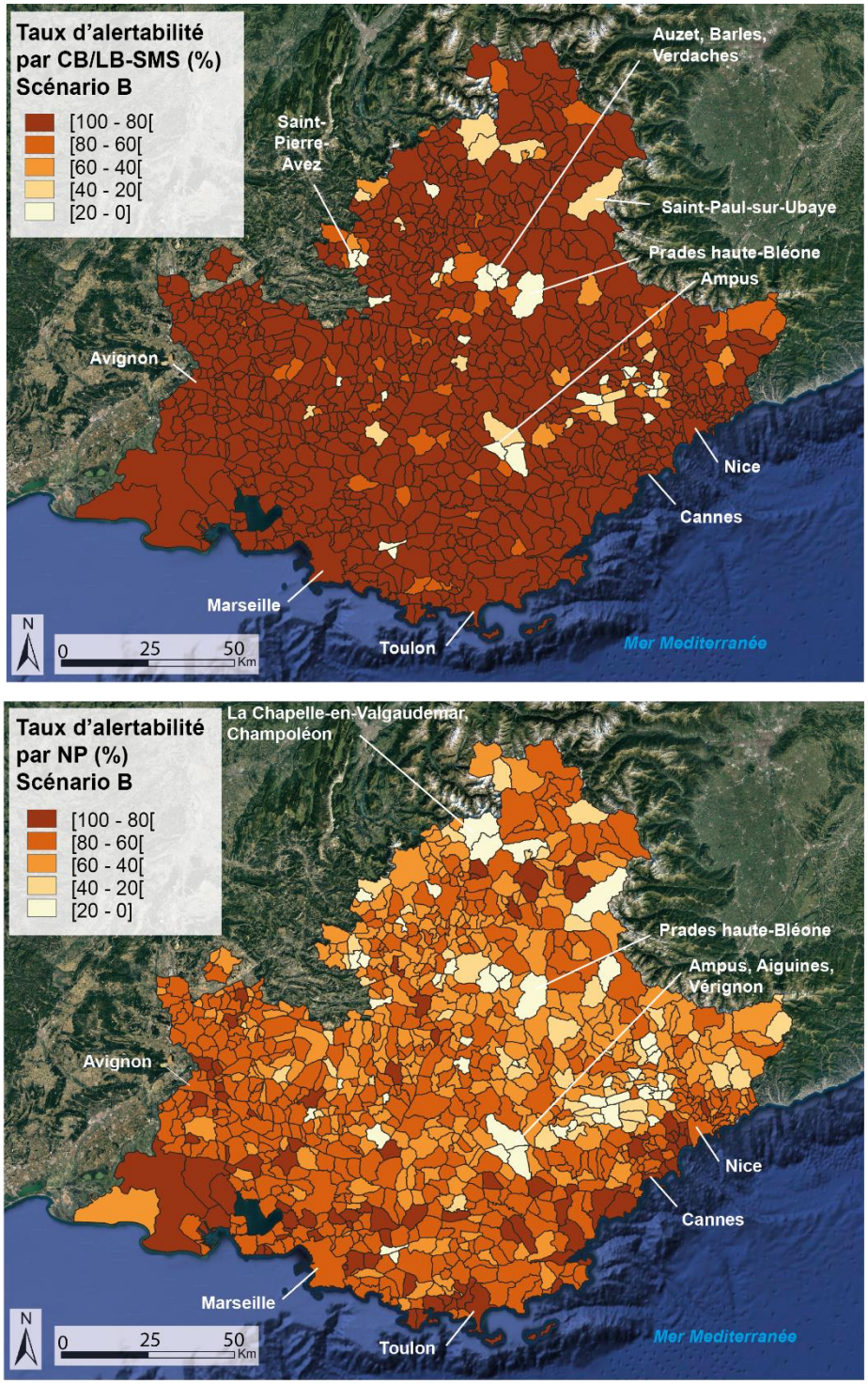


Figure 5.7. Taux d'alertabilité du CB/LB-SMS et de l'AS estimé à l'échelle communale en région Sud-PACA pour le scénario B

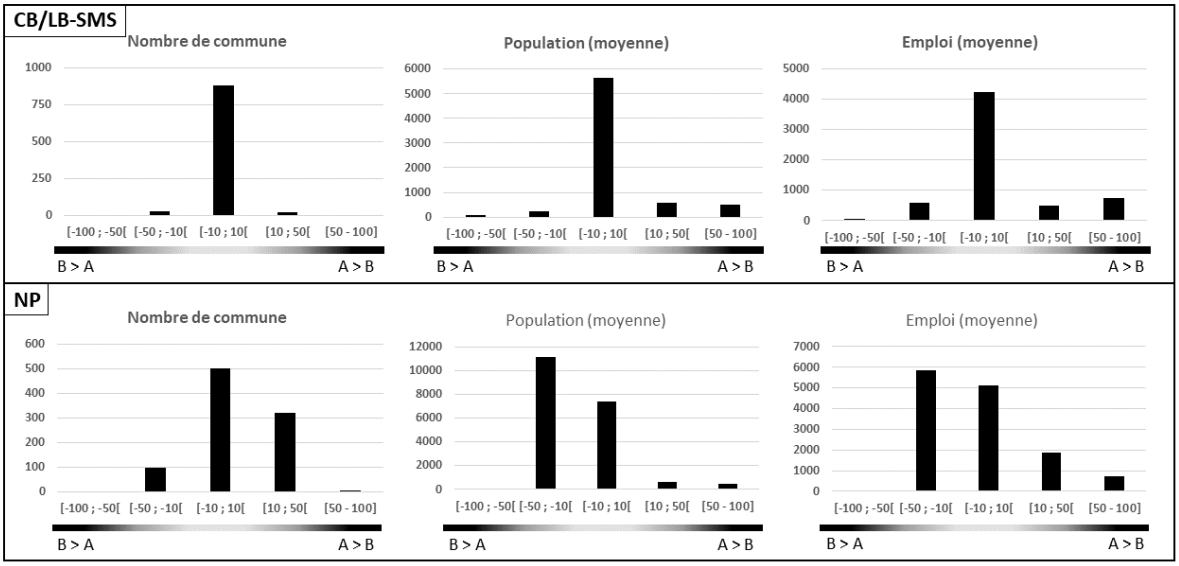


Figure 5.8. Différence entre le taux d'alertabilité des individus résidents et le taux d'alertabilité des individus au travail (scénario A – scénario B) et discrétisation des communes de la région Sud-PACA selon le résultat

5.4.2 Quelle performance si on considère le CB sur la 4G seulement ?

Début 2021, des discussions sont en cours entre le ministère de l'Intérieur et les opérateurs de téléphonie mobile, pour le déploiement de FR-Alert. À notre connaissance, il est possible que la mise en œuvre du CB puisse se faire uniquement sur le réseau 4G, pour des questions de coût notamment. Dès lors, quelle serait la performance spatiale du CB à l'échelle métropolitaine si ce choix était avéré ? Ce choix renforcerait-il les inégalités d'alertabilité entre urbain et rural ?

Nous avons alors estimé la performance du CB sur les zones couvertes par le 4G par les quatre principaux opérateurs français (en réutilisant la même méthode que précédemment). Les résultats montrent une baisse du taux d'alertabilité par CB à l'échelle métropolitaine : 81,3% des individus seraient alertables (environ 38,5 millions d'individus âgés de 18 ans et plus), soit 12,9% de moins qu'en déployant le CB sur la 2G et la 3G en plus de la 4G (ce qui correspond à une perte 6,1 millions d'individus). Le choix de ne déployer le CB que pour la 4G aurait aussi des conséquences sur l'égalité de la solution : l'indice de Gini est de 0,37 (soit 0,35 de, plus qu'en déployant le CB sur les réseaux 2G, 3G et 4G).

La cartographie des résultats indique un renforcement des contrastes déjà observés lorsque le CB est déployé sur l'ensemble des réseaux : les communes où le potentiel reste élevé sont localisées sur les littoraux, les principaux axes de communication et dans les grandes aires urbaines (Figure 5.9). Ce constat est validé par l'analyse statistique des taux d'alertabilité du CB selon la typologie des aires urbaines (Tableau 5.7). Plus l'aire urbaine est petite, moins le CB est performant et le différentiel de performance est de 23,8% entre les grandes aires urbaines (de plus de 500 000 habitants) et les communes hors aires urbaines. La corrélation entre le taux de performance et le nombre d'habitants est plus importante dans les communes hors aire urbaine ou appartenant à de petites aires urbaines que dans les communes appartenant à de moyennes ou grandes aires urbaines (même si elle reste globalement faible).

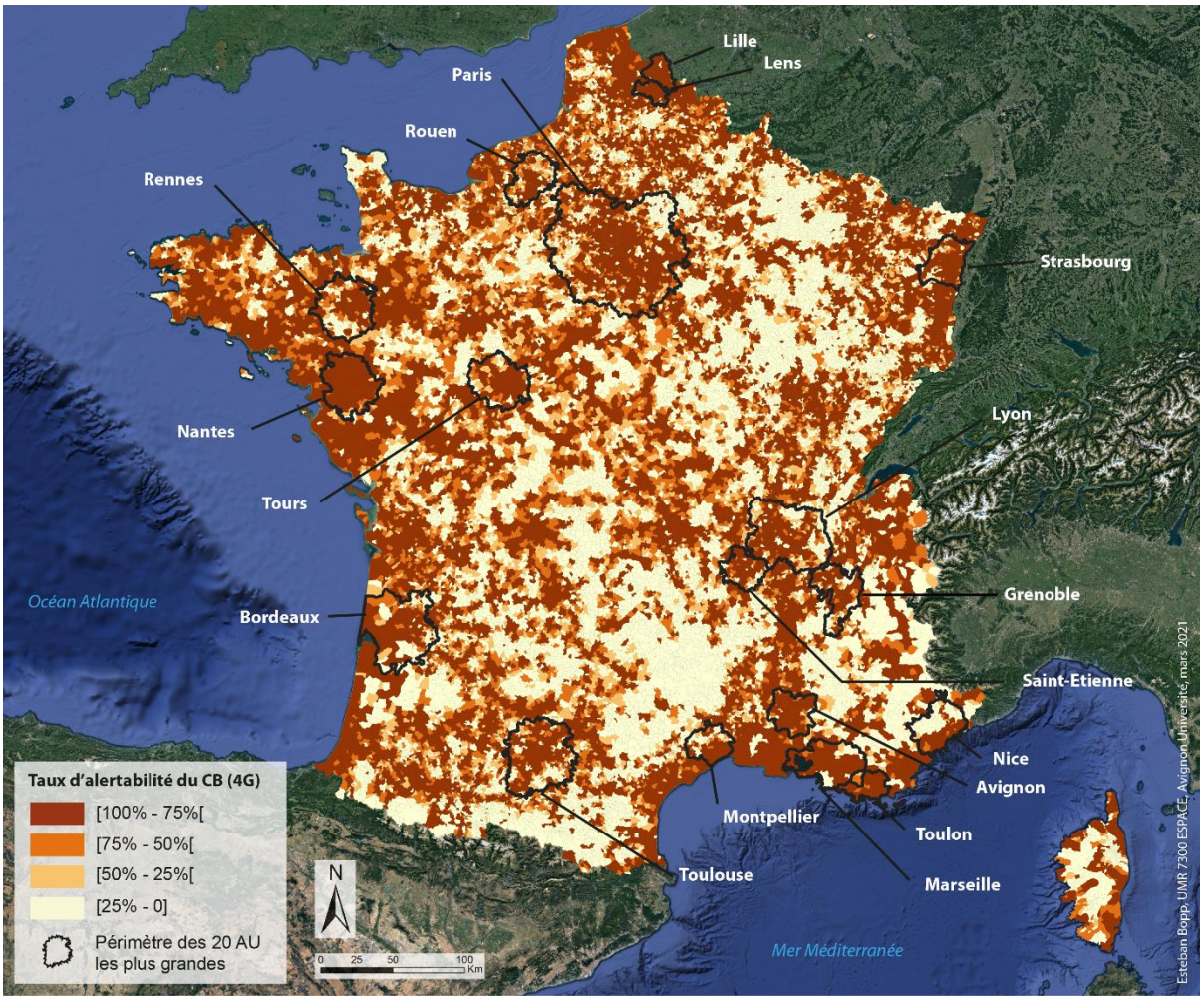


Figure 5.9. Taux d'alertabilité du CB s'il n'est mis en œuvre que pour la 4G en France métropolitaine

Malgré un indice global de Moran faible à l'échelle métropolitaine (0,11), la cartographie de l'indice localisé de Moran révèle l'existence d'une diagonale du vide de mauvaise performance de la 4G (Figure 5.10). Cette diagonale est en contraste avec la façade nord-ouest, l'orient de la région Grand est, une bonne partie de la région Rhône-Alpes et la façade littorale de la région Sud-PACA où le CB est performant. Cependant, ces grands groupes spatiaux sont parsemés, soit de petits groupes de communes de bonne performance (dans la diagonale du vide), soit de petits groupes de communes de faible performance (dans les zones où le CB est performant). Ce constat explique la faiblesse de l'indice global de Moran.

Tableau 5.7. Résultats de la performance du CB sur la 4G en France métropolitaine selon les types d'aires urbaines

Classification AU	Performance (TA)	Moyenne des TA des communes	Corrélation Habitants (Spearman)
Zone rurale	57,49%	44,95%	0,22
Petite AU	79,97%	63,63%	0,21
Moyenne AU	84,99%	68,10%	0,13
Grande AU	88,45%	68,96%	0,09
Total	81,30%	55,87%	0,08

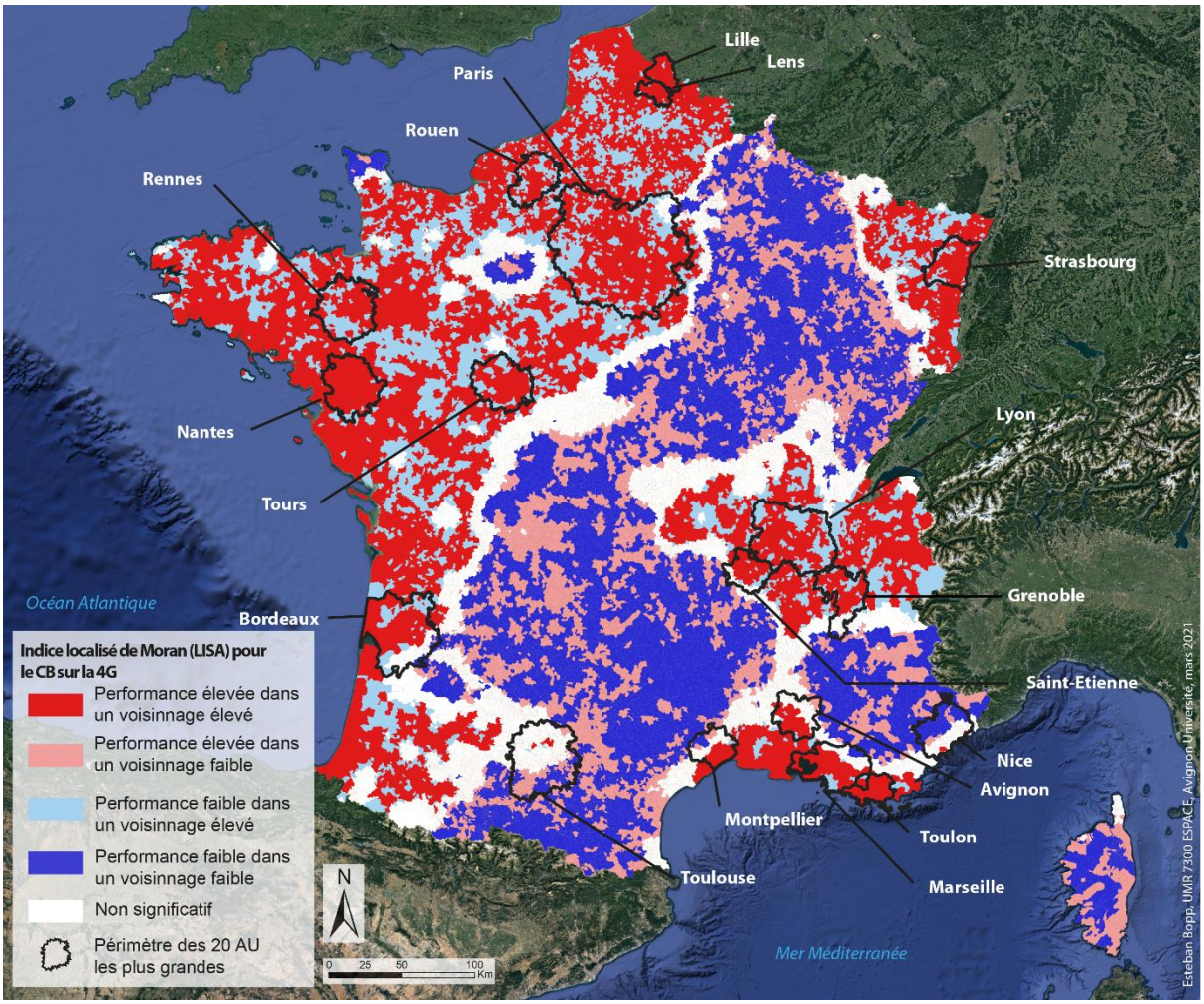


Figure 5.10. Indice localisé de Moran (LISA) pour le CB sur la 4G en France métropolitaine

Pour résumer : les développements méthodologiques de ce chapitre pourraient être affinés en prenant en compte la position dynamique des individus sur le territoire (par la réalisation de différents scénarios de localisation des individus) et en tenant compte des choix des solutions mises en œuvre lorsqu'elles seront annoncées par le ministère de l'Intérieur. À titre d'exemple, si le CB n'est déployé que sur la 4G, la solution serait moins performante (tout en restant satisfaisante) et plus inégalitaire, notamment envers les territoires ruraux.

5.5 Discussion (2) d'ordre thématique

Étant donné que la France a choisi de mettre en œuvre une solution hybride CB/LB-SMS, il semblait intéressant de poursuivre la discussion sur une mise en œuvre « territorialisée » de ces solutions, qui pourrait devenir différenciée selon les caractéristiques des communes. La notification *push*, moins performante, est non retenue ici.

5.5.1 Des sirènes à implanter dans les points froids de performance par LBAS ?

L'équipement en sirène pourrait être pertinent dans les territoires où les LBAS ont une performance limitée. Ce serait alors un moyen complémentaire qui viendrait renforcer l'alerte localement même s'il est complexe de comparer l'efficacité d'un message d'alerte reçu sur un téléphone mobile avec le son d'une sirène ne renseignant pas sur la nature du danger.

Nous avons testé la complémentarité du couple CB/LB-SMS - Sirène dans la région Sud-PACA où 94 communes appartiennent à un point froid de performance CB/LB-SMS. Nous avons modélisé l'installation d'une sirène dans la mairie de chacune de ces municipalités et comparé leur performance avec celle du CB/LB-SMS (Figure 5.11). Compte tenu du caractère rural de ces communes (avec une moyenne de 484 habitants), nous n'avons modélisé qu'une seule sirène par municipalité que nous avons localisée sur la mairie de chacune des communes. Nous avons repris la technique de l'aire d'audibilité (1 413m) appliquée aux sirènes dans le chapitre 2 pour estimer leur performance. Les résultats montrent une amélioration du taux d'individu alertable pour 51 communes (+29,7% de la population alertée en moyenne). En revanche, la sirène reste moins efficace qu'une solution CB/LB-SMS pour 44 communes (-20,8% de la population alertée en moyenne). À l'échelle de 94 communes, les sirènes modélisées ont amélioré le nombre de personnes pouvant être alertées de 6,0% en moyenne par rapport au CB/LB-SMS, mais cette différence n'est pas statistiquement significative (P=0,721).

Afin d'améliorer la complémentarité entre le CB/LB-SMS et la sirène, il serait nécessaire de se travailler à une échelle infracommunale pour localiser les sirènes dans les groupes d'habitants non couverts par les réseaux de télécommunication. Ce procédé est à contre-courant de la stratégie étatique d'équipement des communes en sirènes, qui se concentre essentiellement sur les zones densément peuplées, où les LBAS sont performants.

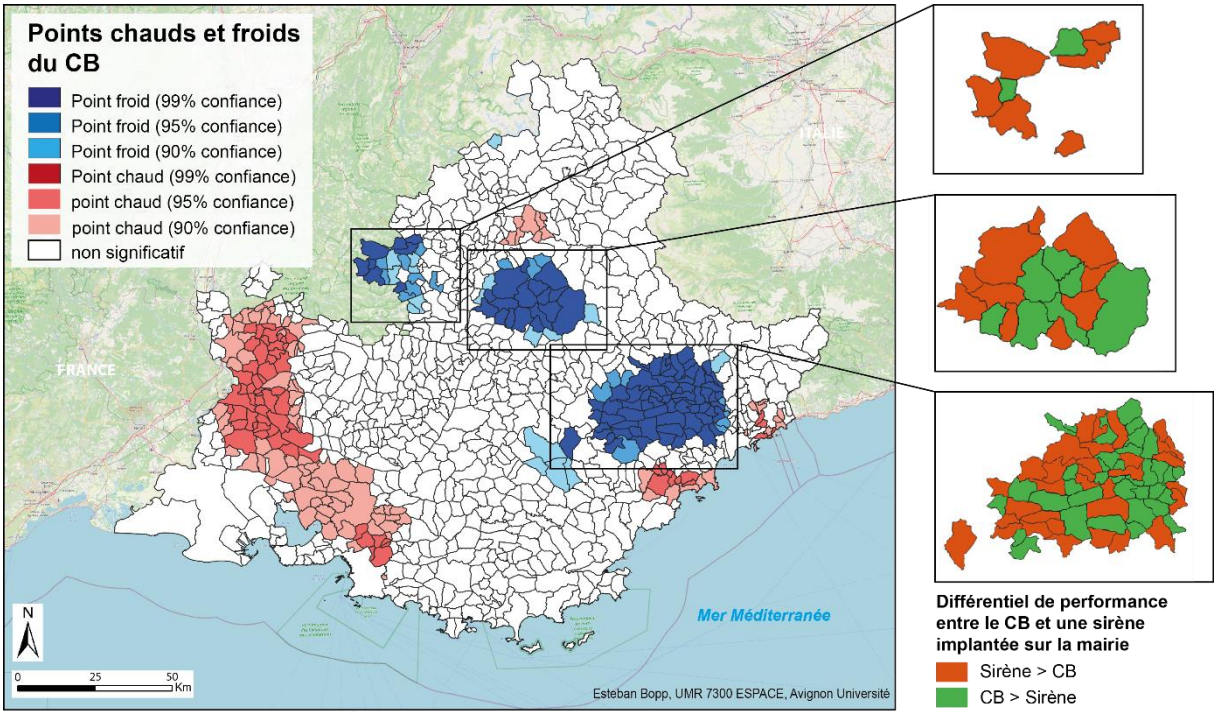


Figure 5.11. Points chauds et froids du CB en région Sud-PACA et différentiel de performance avec la sirène sur les points froids de CB

5.5.2 Vers une spatialisation de la logique multicanale ?

Si l'on ne tient pas compte des contraintes techniques des opérateurs ni de la cinétique des aléas, une cartographie territorialisant les LBAS à petite échelle a été imaginée.

Sachant que le CB n'est pas soumis au risque de congestion (contrairement au LB-SMS) et qu'il est susceptible d'être déployé uniquement sur la 4G, nous avons imaginé une dichotomie entre les deux solutions centrées sur l'opposition urbain/rural : l'une (le CB) dédiée aux communes urbaines et l'autre (le LB-SMS) aux communes plus rurales. Le CB pourrait être ainsi déployé sur les grandes et moyennes aires urbaines où la solution reste très performante (d'après les résultats obtenus dans la partie 5.4.1) même si ce type d'aire urbaine comprend également des communes peu peuplées. À l'inverse, le LB-SMS pourrait être déployé sur le reste des communes, c'est-à-dire sur les communes appartenant à de petites aires urbaines (moins de 100 000 habitants) et sur des communes hors aires urbaines.

Nous avons donc pris en compte les préconisations précédentes pour proposer une cartographie de la « territorialisation » du CB, du LB-SMS et de la sirène à l'échelle communale. Nos choix ont été les suivants :

- Le CB est déployé dans les communes appartenant à des aires urbaines de plus de 100 000 habitants (et uniquement sur le réseau 4G) ;
- Le LB-SMS est déployé dans les communes appartenant à des aires urbaines de moins de 100 000 habitants et dans les communes hors aires urbaines.
- La sirène est déployée, en complément des deux solutions précédentes, dans les communes où ces solutions ont un taux de performance inférieur à 75% des individus.

Dans cette configuration, la majorité des communes pourrait être couverte par le LB-SMS (23 058 communes) et 11 000 communes seraient équipées du CB (Figure 5.12). L'alerte serait renforcée par la sirène pour 5 044 communes, dont 4 362 communes équipées en CB et 682 communes équipées en LB-SMS. Cet écart est dû au fait que nous avons considéré le CB comme étant uniquement déployé sur la 4G tandis que le SMS est déployé sur tous les réseaux de télécommunication. Dans le cas où le CB serait déployé sur tous les réseaux de télécommunication, le nombre de communes où l'alerte devrait être renforcée par sirène descendrait à 101 (soient 4 261 communes en moins).

Le renforcement de l'alerte par sirène concerne en général des communes moins peuplées que les communes où ce renforcement n'est pas nécessaire. Ce constat n'est pas surprenant au regard des résultats de ce chapitre, mais confirme que le choix étatique de déployer les sirènes SAIP dans les communes fortement peuplées n'est pas stratégique, puisque ce sont essentiellement des communes faiblement peuplées, où l'alerte par LBAS est limitée, qui en ont réellement le plus besoin (sans considérer le niveau de risque).

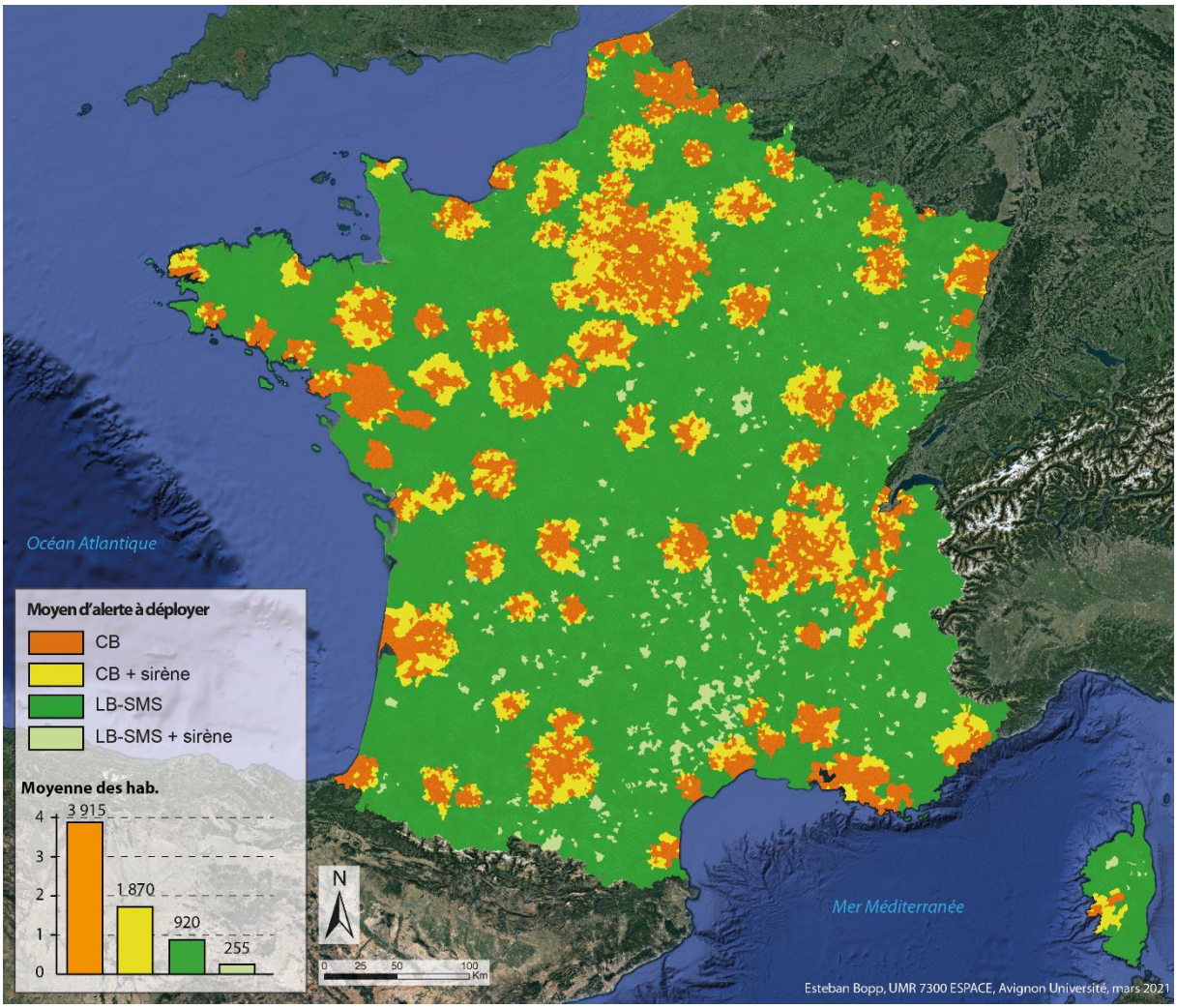


Figure 5.5. Proposition de territorialisation du CB, du LB-SMS et de la sirène à l'échelle communale en France métropolitaine

Pour résumer : L'excellente performance des LBAS à l'échelle nationale ne gomme pas pour autant la notion d'alerte multicanale qui doit être conceptualisée en France en tenant compte des caractéristiques des territoires. Ce principe permettrait concrètement de renforcer l'ensemble du système d'alerte par la redondance des moyens et le recours à des moyens traditionnels dans les communes où les LBAS sont peu performants.

Conclusion du chapitre 5

Ce chapitre a permis d'expérimenter une méthode d'estimation de la performance spatiale des LBAS, en partant du niveau communal et en analysant les résultats à différentes échelles. Un potentiel d'alertabilité, correspondant au taux d'individu potentiellement alertable, a été calculé pour chaque LBAS et cette méthode a confirmé la très bonne performance du cell broadcast, du SMS géolocalisé et de la notification push en France dans le cas où les individus sont

localisés dans leur lieu de résidence. Nous estimons que 94,21% de la population métropolitaine seraient techniquement alertable par CB ou LB-SMS et que 74,15% de la population métropolitaine serait techniquement alertable par notification push.

L'échelle d'étude a aussi permis une analyse spatiale des résultats, analyse jamais observée dans les précédents travaux sur la performance des moyens d'alerte. L'excellente homogénéité spatiale de la performance des LBAS a été mise en évidence d'autant plus que la performance des LBAS augmente relativement peu avec la population communale. L'utilisation d'un LBAS en France rendrait donc le processus d'alerte plus égalitaire entre les communes, en plus d'améliorer considérablement le nombre d'individus alertables en comparaison avec les moyens d'alerte traditionnels. Toutefois, cette homogénéité calculée à l'échelle nationale n'empêche pas l'existence de certaines disparités locales. Les communes rurales, de montagne ou ayant un habitat dispersé se caractérisent par une alertabilité par LBAS plus faible que les autres communes. Ces fragilités territoriales doivent être considérées si l'on souhaite bâtir un système d'alerte robuste et performant de manière égale sur l'ensemble du territoire français. Il faut à présent pousser davantage l'estimation de l'efficacité des LBAS en posant la question de leur acceptabilité sociale.

Chapitre 6

Évaluation de l'acceptabilité des LBAS

Introduction du chapitre 6 152
6.1 Méthode et données utilisées 152
6.2 Résultats 159
6.3 Discussions (1) d'ordre méthodologique 169
6.4. Discussions (2) d'ordre thématique 172
Conclusion du chapitre 6 174

Introduction du chapitre 6

Malgré des confusions sémantiques avérées dans la littérature scientifique (Bobillier-Chaumon & Dubois, 2009), le terme d'acceptabilité se démarque de celui de l'acceptation dans le sens où l'acceptabilité se mesure « avant » l'arrivée d'une innovation, là où l'acceptation cherche à mesurer une « expérience utilisateur » (Alexandre *et al.*, 2018). L'acceptabilité est un jugement de valeur non binaire, car une innovation peut être plus ou moins « bien » acceptée (Poirier, 2010). Il faut dans tous les cas que le sujet n'ait eu aucune expérience avec l'innovation (Adell *et al.*, 2014 ; Martin *et al.*, 2016), pour que l'on puisse évaluer « *les conditions qui rendent* [une] *innovation technologique acceptable ou non pour les utilisateurs* » (Terrade *et al.*, 2009). L'acceptabilité peut par ailleurs être évaluée par le moyen d'une démarche objective menée collectivement sur un groupe d'individus (Depraz, 2005).

La majorité de la population française n'ayant jamais expérimenté un LBAS, ce chapitre a pour objectif de mettre en œuvre un protocole pour quantifier l'acceptabilité des LBAS (CB, LB-SMS et application smartphone) par les individus. La 1ère section présente les choix qui ont prévalu à la création d'un questionnaire d'évaluation de l'acceptabilité des moyens d'alerte. La 2ème section présente les résultats, et notamment les facteurs qui semblent jouer un rôle sur l'acceptabilité des moyens d'alerte pour les 891 individus interrogés. La 3ème section discute des résultats eu égard à d'autres résultats obtenus dans d'autres contextes, et la 4ème section propose des pistes pour envisager d'améliorer l'acceptabilité des LBAS en France, en particulier pour anticiper l'arrivée prévue de la plateforme FR-Alert en 2022.

6.1 Méthode et données utilisées

6.1.1 Le modèle d'acceptabilité des technologies (TAM) comme point de départ

Le Modèle d'Acceptation Technologique (TAM, *Technology Acceptance Model*) a été étudié en amont de la création du questionnaire, car c'est un modèle qui a pour objet de prédire si un individu ou une société utilisera ou refusera d'utiliser une innovation technologique quelconque (Davis *et al.*, 1989). Ce modèle a été largement utilisé dans le milieu scientifique (Atarodi *et al.*, 2018) et il est régulièrement ajusté au fil des années (King & He, 2006). Il a par exemple été utilisé par Aloudat *et al.*, (2014) pour évaluer l'acceptabilité des LBAS en Australie. Ces travaux ont mis en évidence que la facilité d'utilisation perçue des LBAS avait une incidence sur leur utilité perçue et que la collecte d'information de la localisation des individus a un impact négatif sur la confiance des individus envers ces solutions. Étant donné que le TAM a une visée prédictive (Bagozzi, 2007), nous préférons le voir plus comme un modèle d'acceptabilité technologique, et non comme un modèle d'acceptation (tel qu'il est pourtant traduit).

Trois indicateurs (appelés « prédicteurs ») constituent le noyau du TAM (King & He, 2006) :

- La facilité d'utilisation perçue : est-ce que l'individu perçoit la technologie comme facile ou difficile à utiliser (et donc comme un obstacle à son utilisation) ?
- L'utilité perçue : est-ce que l'innovation semble utile du point de vue de l'utilisateur ?
- L'intention comportementale : est-ce que l'utilisateur est prêt à utiliser l'innovation de manière régulière ou au moindre problème, et la recommanderait à d'autres individus ?

Trois catégories de facteurs « alimentent » ensuite ces trois « prédicteurs » (Figure 6.1) :

- Les facteurs prioritaires (qui jouent sur la facilité d'utilisation et sur l'utilité perçue), qui englobent le degré d'intérêt, l'expérience antérieure de l'utilisateur et son aisance informatique.
- Les facteurs suggérés (qui jouent sur l'intention comportementale), par exemple les attentes de l'utilisateur, ses normes subjectives, l'adéquation entre la technologie et la tâche demandée, les risques perçus, la confiance.
- Les facteurs contextuels (qui jouent sur les trois « prédicteurs » du TAM) : la culture de l'individu, le genre, le vécu, etc.

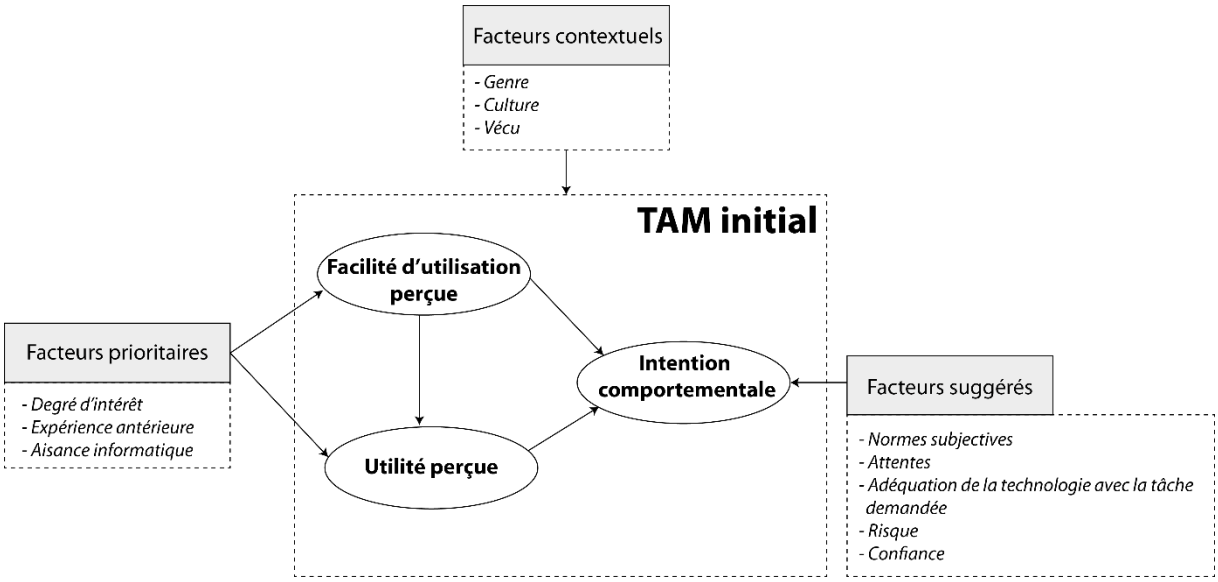


Figure 6.1. Structure conceptuelle du Modèle d'Acceptabilité Technologique (TAM), modifié d'après Kim & He (2006)

6.1.2 Adaptation du TAM à notre évaluation de l'acceptabilité des LBAS

Si le TAM a régulièrement été modifié, c'est parce qu'il doit être adapté aux innovations technologiques étudiées. Dans le cadre de notre évaluation des LBAS, ce modèle a ainsi été modifié pour plusieurs raisons : 1) le TAM est plutôt utilisé pour observer ce qui détermine l'acceptabilité (comment ? pourquoi ?), plutôt que le degré d'acceptabilité (combien ?) ; c'est d'ailleurs une des critiques que l'on peut émettre sur les travaux d'Aloudat *et al.* (2014)) ; 2) il semble peu évident d'évaluer la « facilité d'utilisation perçue » ainsi que « l'intention comportementale » des individus envers les LBAS, car les individus ne sont que des réceptionnistes de l'alerte ; ils n'ont donc pas un rôle proactif avec le moyen ; 3) le TAM ne peut s'appliquer aux moyens traditionnels, car ces outils ne constituent pas des innovations aujourd'hui, or nous souhaitons pourtant évaluer l'acceptabilité des LBAS par rapport aux autres moyens ; 4) le TAM ne tient pas compte des facteurs territoriaux (ils se focalisent seulement sur des facteurs sociaux).

Les trois indicateurs retenus dans notre approche sont donc les suivants :

- L'efficacité perçue des LBAS (indicateur propre à chaque LBAS) : la façon dont les individus perçoivent les LBAS comme des innovations efficaces pour leur délivrer une alerte. Cet indicateur a également été évalué pour les moyens d'alerte traditionnels pour comparaison.
- L'intention de réaction (indicateur propre à chaque LBAS) : la façon dont les individus déclarent réagir à la réception d'une alerte par LBAS.
- La réticence d'utilisation (indicateur commun aux trois LBAS) : les craintes des individus quant à leur localisation pour la diffusion d'alertes.

Deux catégories de facteurs « alimentent » ensuite ces trois indicateurs (Figure 6.2) :

- Certains facteurs territoriaux (le lieu de vie des individus, le nombre d'habitants…) ;
- Certains facteurs sociaux (l'âge, la catégorie socioprofessionnelle, ou le vécu d'une catastrophe qui aurait marqué les personnes interrogées).

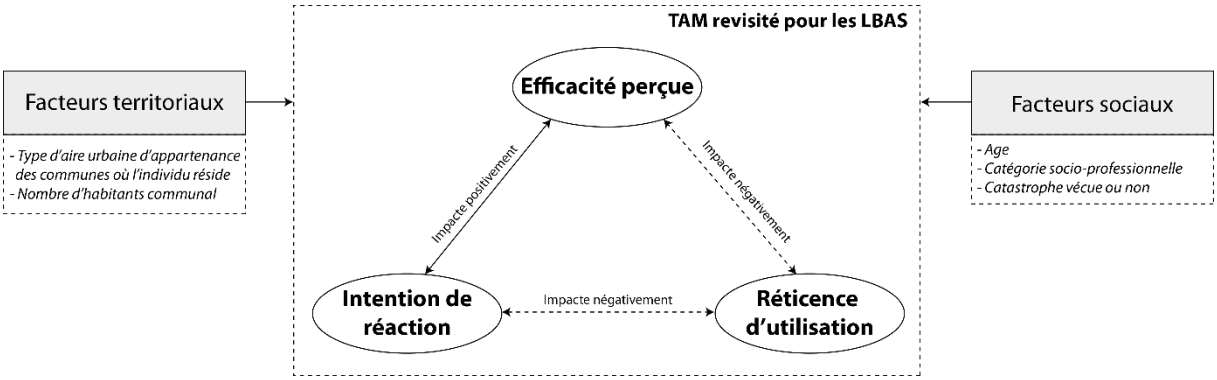


Figure 6.2. TAM revisité pour évaluer l'acceptabilité des LBAS

Pour résumer : L'acceptabilité des LBAS va être quantifiée avec 3 indicateurs : l'efficacité perçue, l'intention d'utilisation réactive et les réticences d'utilisation. Ces trois indicateurs vont nous permettre de comparer l'acceptabilité des LBAS entre eux, et l'efficacité perçue sera le seul indicateur utilisé pour comparer les LBAS avec les moyens traditionnels.

6.1.3 Caractérisation des indicateurs du TAM revisité

L'acceptabilité d'un LBAS est jugée comme « satisfaisante » quand les indicateurs d'efficacité perçue et d'intention de réaction sont élevés, et lorsque l'indicateur de réticence d'utilisation est faible. Les trois indicateurs du TAM ont donc été quantifiés selon les réponses des individus à un questionnaire qui a été diffusé en ligne entre mai et décembre 2019 (disponible en annexes). La méthode de caractérisation des indicateurs est expliquée ci-dessous, puis résumée graphiquement (Figure 6.3).

a. L'efficacité perçue

L'efficacité perçue a été quantifiée pour chacun des trois LBAS par une note d'efficacité (allant de 1 = pas efficace, jusqu'à 10 = très efficace) attribuée à chacun des moyens d'alerte par les répondants (les trois LBAS plus sept autres moyens d'alerte traditionnels puisque cet indicateur permet la comparaison entre ces deux catégories de moyens).

b. L'intention de réaction

L'intention de réaction a été quantifiée par cinq questions visant à évaluer d'une manière générale la volonté des personnes interrogées à être alertées par LBAS, leurs préférences sur le format des alertes et les comportements qui pourraient émerger à la réception d'une alerte par LBAS. De façon plus détaillée, les cinq questions retenues évaluent :

- 1) La volonté des répondants à être alerté par les LBAS (Q13). Il s'agit d'une question binaire (oui/non) commune à tous les LBAS et qui a été pondérée par 2 au vu de son importance (2 points si « oui », 0 si « non »).
- 2) Le souhait des répondants quant au support et à la modalité réception du message (Q14) : 1 point pour le CB et le LB-SMS si le répondant souhaite recevoir un message interruptif sur son téléphone, 1 point pour l'application smartphone si le répondant souhaite télécharger une application, 0 point pour les autres réponses.
- 3) Le comportement déclaré des répondants en cas de réception d'une alerte par LBAS (Q17). La note est commune aux 3 LBAS : 1 point si les consignes sont mises en œuvre de façon immédiate, 0,75 points si le répondant déclare s'informer au préalable sur le média renseigné dans le message, 0,5 points si le répondant préfère se renseigner sur un autre média, avant d'appliquer les consignes, et 0 point pour les autres réponses (n'indiquant pas un lien direct avec la consigne éventuelle).
- 4) Les préférences des répondants sur le format des messages (Q16) : 1 point pour le CB si le répondant choisit un message textuel ou avec pictogramme, 1 point pour le LB-SMS si le répondant choisit un message textuel seul, 1 point pour l'application smartphone si le répondant choisit un message illustré (photographie, cartographie, pictogramme).
- 5) Les préférences des répondants sur le support de communication avec les autorités durant l'alerte (Q20) : 1 point pour le CB si le répondant choisit un objet connecté et 0,5 s'il choisit l'appel téléphonique, 1 point pour le LB-SMS si le répondant choisit le SMS et 0,5 s'il choisit l'appel téléphonique. 1 point pour l'application smartphone si le répondant choisit une application smartphone et 0,5 point s'il choisit un site internet et/ou les réseaux sociaux.

L'indicateur d'intention de réaction aboutit à une note différente pour chaque LBAS (même si des questions sont communes). L'indicateur est ensuite normalisé entre 0 et 1.

c. La réticence d'utilisation

La réticence d'utilisation est commune aux trois LBAS. Elle est caractérisée par quatre questions visant à mettre en évidence un éventuel rejet des LBAS, ou des réticences, ce qui pourrait conduire l'utilisateur à ne pas se fier à ces solutions, même en situation d'urgence. Dans le détail, les quatre questions retenues évaluent :

- 1) La volonté des répondants à être alerté par les LBAS (Q13). Il s'agit d'une question binaire (oui/non), déjà utilisée pour l'indicateur d'intention de réaction, mais le système

de notation est inversé. Cette question a également été pondérée par 2 au vu de son importance (2 points si « non », 0 si « oui »).

- 2) Le souhait des répondants quant au support et à la modalité réception du message (Q14). Là encore, cette question a été prise en compte dans l'indicateur d'intention de réaction, et le système de notation est différent (et unique). Si l'utilisateur indique ne pas souhaiter recevoir d'alerte par téléphonie mobile, alors il obtient automatiquement une note de 1 (note maximale) à l'indicateur de réticence d'utilisation (sans prendre en compte ses réponses aux 3 autres questions), car il s'agit d'un rejet net de ces solutions. Les autres réponses n'apportent pas de point à l'indicateur.
- 3) Les raisons de la non-possession et des craintes liées aux outils géolocalisant les usagers (y compris smartphone ; Q10b) ; 1 point si le répondant mentionne qu'il n'en a pas l'utilité, pas de réseau, que le prix soit trop élevé ou pas confiance, 0 point pour les autres réponses.
- 4) La confiance des répondants dans les outils de communication connectés durant l'alerte (Q21) : 1 point si « non », 0 point si « oui ».

L'indicateur de réticence d'utilisation a été normalisé entre 0 et -1 (0 signifiant une absence de réticence et -1 une réticence totale aux LBAS).

Tous les indicateurs et les paramètres sont synthétisés ci-dessous (Figure 6.3).

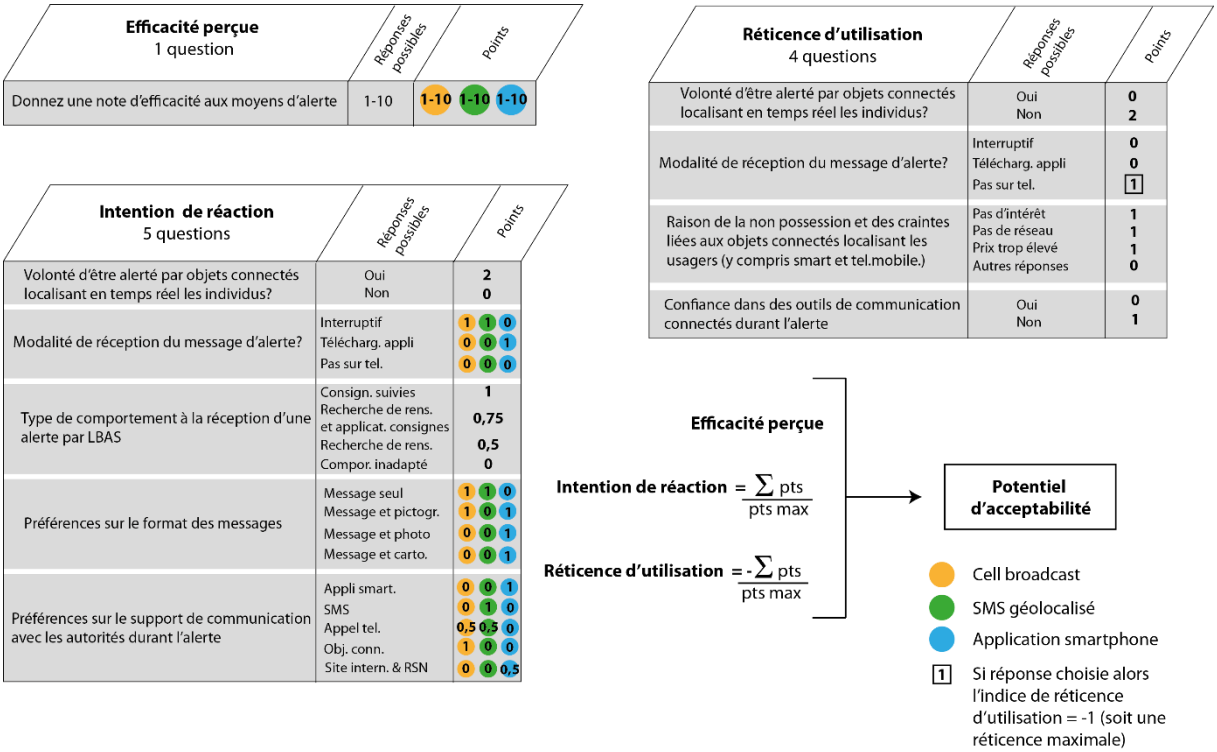


Figure 6.3. Méthode de quantification des trois indicateurs du TAM modifié

6.1.4 Hypothèses de recherche

La méthode mise en place répond aussi à des hypothèses qui découlent de quatre questionnements (Tableau 5.1). Premièrement, peut-on classer l'acceptabilité des LBAS, du plus acceptable au moins acceptable en tenant compte séparément des trois indicateurs ?

Deuxièmement, de quelle manière les indicateurs du TAM revisité sont-ils influencés par les facteurs sociaux et territoriaux choisis ? Troisièmement quelle est l'efficacité perçue de 8 moyens « traditionnels » (l'automate d'appel téléphonique, l'email, le capteur connecté[21], le porte-à-porte, l'ensemble mobile d'alerte, le panneau à message variable, la sirène et le tocsin) par rapport aux LBAS ? Enfin comment cette efficacité perçue peut être utile pour les autorités décisionnaires, et guider les choix qui seront réalisés en vue de la doctrine d'utilisation de FR-Alert ?

Tableau 6.1. Description des hypothèses de recherche du chapitre 6

Questionnement	N°	Hypothèse
Niveau d'acceptabilité de trois LBAS ?	1	Le CB est mieux accepté que le LB-SMS qui est mieux accepté que l'application smartphone
Influence de certains facteurs sociaux et territoriaux sur les LBAS ?	2a	Plus l'individu est âgé, moins l'acceptabilité des LBAS est forte
	2b	Le vécu d'une catastrophe impacte positivement l'acceptabilité des LBAS
	2c	Le niveau de diplôme des répondants n'a pas d'impact sur l'acceptabilité des LBAS
	2d	Les catégories socioprofessionnelles des répondants n'ont pas d'impact sur l'acceptabilité des LBAS
	2e	Plus le nombre d'habitants de la commune de l'enquête est important, plus l'acceptabilité des LBAS est forte
	2f	Plus l'aire urbaine est grande, plus l'acceptabilité des LBAS est forte
Efficacité perçue des moyens d'alerte traditionnels par rapport au LBAS ?	3	Les trois LBAS ont une efficacité perçue supérieure à n'importe quel moyen d'alerte traditionnel
Influence de certains facteurs sociaux et territoriaux sur l'efficacité perçue des moyens d'alerte traditionnels ?	4a	Plus le répondant est âgé, plus l'efficacité perçue des moyens d'alerte traditionnels est élevée
	4b	Le vécu d'une catastrophe impacte négativement l'efficacité perçue des moyens d'alerte traditionnels
	4c	Les catégories socioprofessionnelles des répondants n'ont pas d'impact sur l'efficacité perçue des moyens d'alerte traditionnels
	4d	Le niveau de diplôme des répondants n'a pas d'impact sur l'efficacité perçue des moyens d'alerte traditionnels
	4e	Le nombre d'habitants n'influence pas l'efficacité perçue des moyens d'alerte traditionnels
	4f	La taille de l'aire urbaine n'influence pas l'efficacité perçue des moyens d'alerte traditionnels

6.1.5 Élaboration et diffusion du questionnaire

Le questionnaire a été élaboré en cinq parties (le questionnaire est consultable en annexes) : une section associée à une mise en situation (pour observer les réactions des répondants) ; une section portant sur le vécu des répondants vis-à-vis des catastrophes et des alertes ; une

[21] Ce moyen n'est pas vraiment un moyen traditionnel, mais il émerge de plus en plus sans pour autant proposer de l'alerte géolocalisée (et donc non encore catégorisable en tant que LBAS)

section sur le rapport au numérique ; une section sur l'alerte par LBAS ; une section sur les facteurs sociaux et territoriaux qualifiant les individus.

Le questionnaire a été administré en ligne durant les mois de mai 2019 à décembre 2019 (durant six mois). Il a été diffusé sur différentes listes de diffusion par mail (choisie de manière arbitraire), sur les réseaux sociaux et sur des forums de discussion. Aucune sphère reliée de près ou de loin au domaine de l'alerte et de la gestion de crise n'a été spécifiquement visée, pour s'adresser à des individus ayant des savoirs « profanes » sur l'alerte). Étant donné que le questionnaire comportait des photographies et des images d'illustration (notamment sur la formulation de messages d'alerte-type *via* un LBAS), le questionnaire n'a pas été administré par téléphone. Aucune information précise sur les LBAS n'a été donnée au préalable. Les questions ont été formulées de manière simple, sans jargon : le terme de CB n'a jamais été employé (il a été remplacé par « réception automatisée d'un message d'alerte interruptif sur l'écran principal du téléphone mobile »).

6.1.6 Taux de sondage

Après avoir écarté les questionnaires partiellement remplis, 891 réponses ont finalement été conservées (sur 1 368 initialement récoltées). Le Tableau 6.2 présente le profil des répondants et compare le nombre de réponses selon les catégories socioprofessionnelles par rapport aux chiffrés nationaux tirés de l'INSEE (2019). Notre enquête a davantage touché des individus actifs, notamment les cadres (+29,5%), les étudiants (+11,0%) ainsi que les individus âgés de 25 à 54 ans du fait de l'utilisation d'Internet comme moyen de diffusion. Les ouvriers (-10,6%), les personnes sans activité professionnelle (-9,2%), les retraités (-18,6%) et les personnes de 65 ans et plus (-20,4%) sont sous-représentés. Ces écueils sont classiquement observés lors de la diffusion de questionnaires en ligne (Divard, 2009).

Les limites liées à la non-représentativité de l'échantillon ont des conséquences majeures sur l'interprétation des résultats. Mais rechercher la représentativité aurait conduit à des tâches lourdes (procuration d'une base de données très détaillée, administration du questionnaire par téléphone ou en face-à-face, etc.) et irréalisables sans des moyens humains conséquents. Par ailleurs, la diffusion du questionnaire par voix numérique n'a pas permis de toucher des catégories de population volontairement non connectées, voire même ceux qui sont touchés par « l'illectronisme » (Caclard, 2012). Un autre facteur limitant est lié à la variabilité des taux démographiques (Lesnoff, 2013) et la non-prise en compte des touristes. La mobilité des individus à des échelles journalière ou interannuelle a pour effet une variabilité de l'acceptation des LBAS sur un territoire et dans le temps. Là aussi, l'enquête gagnerait à être ciblée vers des populations touristiques non françaises dont certaines sont susceptibles d'avoir eu des expériences avec les LBAS (aux États-Unis, en Belgique, etc.).

Des biais liés à la méthode en elle-même existent aussi. La formulation et l'ordre des questions jouent un rôle majeur dans la façon de répondre des individus (Bradburn & Mason, 1964 ; Budd, 1987; Davis & Venkatesh, 1996; Harrison & McLaughlin, 1991). Par ailleurs, il existe un biais entre ce que les individus déclarent et la réalité des besoins. Douvinet (2018) constate un décalage récurent entre les compétences comportementales (ce que les individus déclarent savoir-faire) et les comportements réellement observés en période de crise, rejoignant d'autres travaux menés en psychologie (Weiss *et al.*, 2011).

Tableau 6.2. Profils des enquêtés et comparaison aux chiffres nationaux de l'INSEE (2019)

Catégories		Réponses (nombre)	Part (%)	Écarts par rapport à la moyenne nationale (%)
Genre	Femme	448	50,2%	-1,4%
	Homme	439	49 ,4%	+1,0%
	Autre	3	0,3%	/
Âge	Âge médian	38 ans		-3 ans
	Âge moyen	39,9 ans		-2,1 ans
	18-24 ans	140	15,7%	+5,4%*
	25-39 ans	328	36,8%	+14,0%*
	40-54 ans	249	27,9%	+3,8%*
	55-64 ans	122	13,7%	-2,4%*
	65 ans et +	51	5,7%	-20,4%*
Catégorie socioprofessionnelle	Agriculteur exploitant	6	0,7%	-0,1%
	Artisan, commerçant	24	2,8%	-0,7%
	Cadre	343	38,7%	+29,5%
	Employé	156	17,7%	+1,4%
	Ouvrier	16	1,8%	-10,6%
	Profession intermédiaire	103	11,9%	-2,2%
	Étudiant	141	16,0%	+11,0%
	Sans activité professionnelle	22	2,5%	-9,2%
	Retraité	69	7,8%	-18,6%

** Par rapport au nombre d'individus âgés de 18 ans et plus.*

6.2 Résultats

6.2.1 La bonne acceptabilité des LBAS, avec le CB en tête

Dans l'ensemble, l'acceptabilité des LBAS est très bonne. L'efficacité perçue et l'intention d'utilisation réactive sont toutes deux supérieures à 0,5 dans 97,8% des cas pour le CB, 96,6% des cas pour le LB-SMS et 93% des cas pour l'application smartphone. La réticence d'utilisation des LBAS est inférieure à 0,3 pour 51,3% des répondants.

a. Efficacité perçue

Le CB est le moyen qui obtient les meilleures notes d'efficacité perçue (Figure 6.4 ; Figure 6.5) : les répondants lui donnent une note moyenne de 8,8 sur 10 et la médiane est à 10 sur 10. Le LB-SMS arrive en deuxième position avec une moyenne de 7,8 sur 10 et une médiane à 8 sur 10. L'application smartphone ferme la marche avec une moyenne de 6,7 sur 10 et une médiane à 7 sur 10. Les quartiles Q1 (25% des notes en dessous) et Q3 (75% des notes au-dessus) montrent un plus fort étalement des notes pour les applications mobiles (de 5 à 9) que pour le LB-SMS (de 7 à 10) et le CB (de 8 à 10). Les valeurs Q3 pour le CB et le LB-SMS sont de 10 sur 10, signe de la très bonne efficacité perçue de ces solutions par les répondants.

Près de 500 répondants donnent une note de 10 sur 10 au CB contre un peu plus de 250 pour le LB-SMS et de 175 pour l'application smartphone (Figure 6.5). Pour le CB, la note de 1 (la plus basse) est plus fréquente que les notes de 2 à 5 : 32 individus donnent au CB la note de 1 et ils sont 30 à lui donner une note comprise entre 2 et 5. La note de 1 est plus fréquente que les notes comprises entre 2 et 4 pour les trois LBAS.

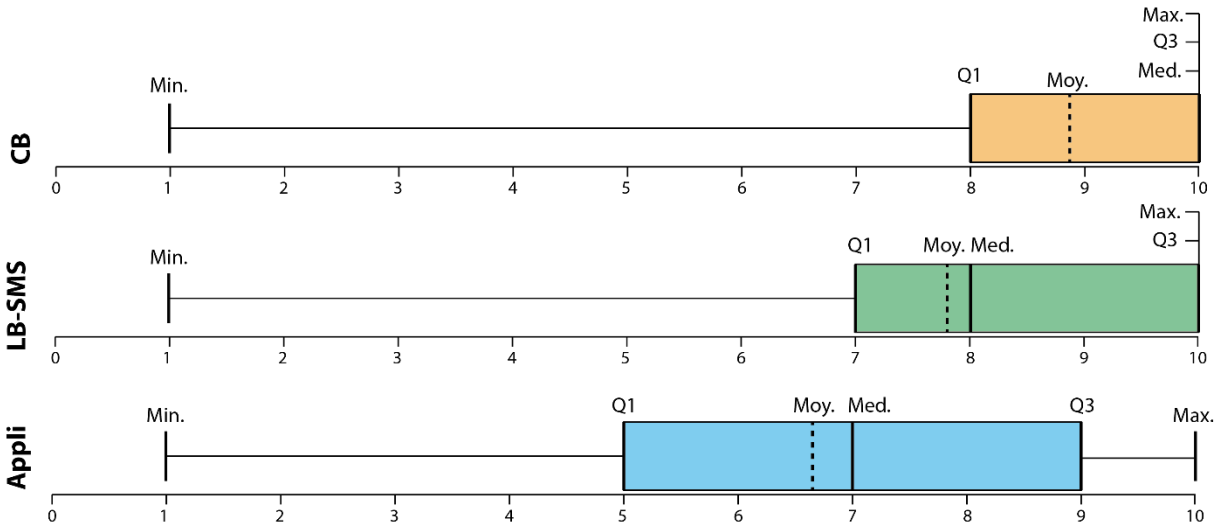


Figure 6.4. Boîte à moustache des notes d'efficacité données aux LBAS

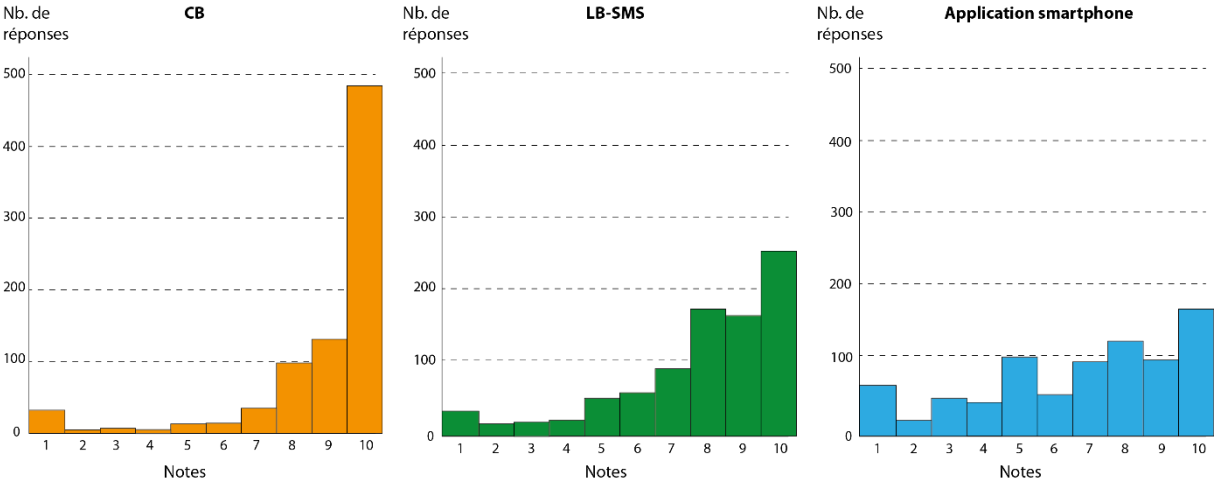


Figure 6.5. Histogramme des notes d'efficacité perçue des trois LBAS

b. Intention de réaction

L'intention de réaction obtient des scores moins élevés. Les moyennes des trois LBAS sont proches (ce qui est logique au vu de la méthode de pondération de cet indicateur) : 0,56 sur 1 pour le CB, 0,54 pour le LB-SMS et 0,53 pour l'application smartphone (Figure 6.6). La médiane (0,58) et le troisième quartile (0,67) sont identiques pour les trois LBAS.

85,7% des individus déclarent accepter de recevoir des alertes sur des supports qui tiennent compte de leur localisation en temps réel. Parmi eux, 83,7% des individus préfèrent recevoir

automatiquement des alertes sur leur téléphone mobile tandis que 12,3% préfèrent télécharger une application smartphone dédiée à l'alerte. 25,7% déclarent appliquer immédiatement les consignes en cas d'alerte par LBAS, tandis que 56,5% déclarent aller se renseigner davantage avant d'appliquer les consignes.

83,2% des répondants souhaitent recevoir une alerte illustrée et interactive (comprenant des photographies du danger et/ou une cartographie du danger en temps réel). Ce format est possible sur une application smartphone, mais moins par CB ou LB-SMS qui sont plutôt calibrés pour du texte et des pictogrammes (un format qui convient à 16,4% des répondants). Concernant l'interactivité durant la phase d'alerte, 5% des répondants souhaiteraient qu'une application smartphone serve de plateforme de communication avec les autorités en temps d'alerte tandis que 62,3% des répondants préfèrent communiquer avec les autorités par appel téléphonique.

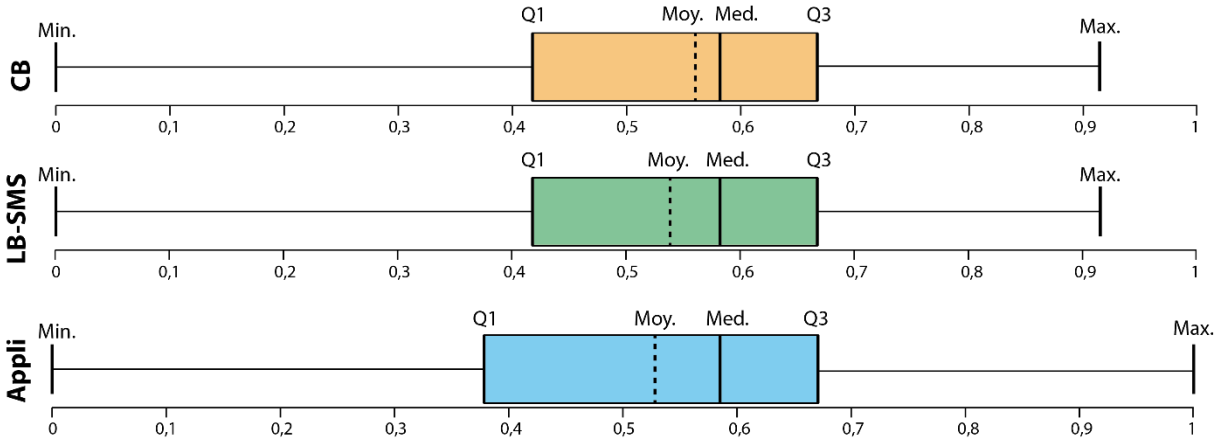


Figure 6.6. Boîte à moustache de l'indicateur d'intention de réaction pour les 3 LBAS

c. Réticence d'utilisation

La moyenne de l'indicateur de réticence d'utilisation est faible (-0,33 sur -1 ; Figure 6.7). 12,2% des individus n'expriment aucune réticence vis-à-vis des LBAS (l'indicateur est égal à 0). Seulement 3,5% ne souhaitent pas recevoir d'alerte par géolocalisation sur leur smartphone/téléphone mobile (l'indicateur est égal à 1) et 84,3% des répondants expriment certaines réticences quant à cette modalité d'alerte. Seuls 2,9% des répondants déclarent ne pas avoir confiance en ces solutions, ce qui est finalement assez peu sachant que le manque de confiance était l'une des causes principales de la non-acceptabilité des LBAS selon Aloudat et Michael (2013). 1% des répondants se déclarent réticents envers les LBAS parce que l'état des réseaux de télécommunication est mauvais là où ils résident et 15,6% des répondants se déclarent réticents envers les LBAS pour des questions de coût (l'achat d'un terminal mobile restant à charge des individus).

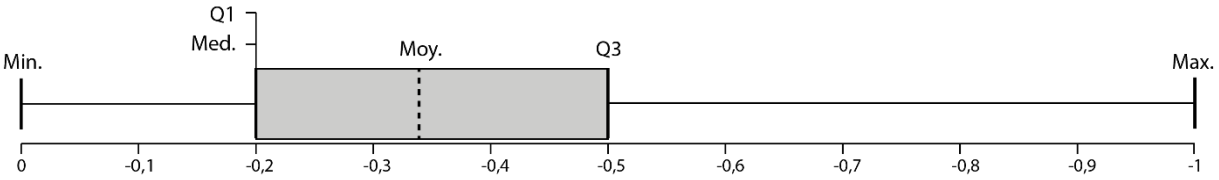


Figure 6.7. Boîte à moustache de l'indicateur de réticence d'utilisation commun aux 3 LBAS

Pour résumer : Les LBAS sont très bien acceptés pour une majorité des 891 répondants au questionnaire. L'efficacité perçue est très satisfaisante pour le CB, devant le LB-SMS (également satisfaisante) et l'application smartphone (plus mesurée). L'intention d'utilisation réactive ne permet pas de distinguer clairement les trois LBAS. Les réticences d'utilisation restent assez mesurées, signe de la bonne acceptabilité des LBAS. Sur la base des résultats de l'indicateur d'efficacité perçue, l'hypothèse 1 est validée.

d. Corrélations entre les indicateurs du TAM

Les corrélations entre l'efficacité perçue et l'intention de réaction sont faibles (voir très faibles pour le LB-SMS ; Figure 6.8). Les corrélations entre l'efficacité perçue et les réticences d'utilisation sont négatives, mais là aussi l'intensité de la relation reste très faible (Figure 6.8). Les coefficients de corrélation entre l'intention de réaction et la réticence d'utilisation n'ont pas été recherchés, car les deux indicateurs sont dépendants.

6.2.2 Variation des indicateurs du TAM selon des facteurs sociaux territoriaux

a. Des facteurs sociaux à prendre en compte…

Parmi les facteurs sociaux retenus dans cette analyse, les catégories socioprofessionnelles des répondants constituent le facteur qui a le plus d'impact sur la variation des trois indicateurs du TAM revisité. Le Tableau 6.3 donne la moyenne de chacun des indicateurs du TAM selon les facteurs sociaux retenus et fait ressortir les valeurs supérieure (en vert) ou inférieure (en rouge) d'au moins 5% de la moyenne générale des indicateurs.

Un effet générationnel semble bel et bien exister, notamment pour le CB, dont l'intention de réaction est supérieure chez les 18-24 ans (par rapport au reste des répondants) et dont l'efficacité perçue est inférieure pour les plus de 55 ans. Cet effet est moins visible pour le LB-SMS où seuls les plus de 65 ans ont une efficacité perçue de la solution moindre par rapport au reste des répondants. L'effet générationnel n'est pas du tout visible pour l'application smartphone. À noter que les 18-24 ans ont une réticence d'utilisation des LBAS plus basse que le reste des répondants. Toutefois, l'hypothèse 2a est rejetée, car cet effet générationnel n'est pas perceptible sur l'application smartphone (tous les LBAS ne sont pas concernés) et elle concerne surtout l'efficacité perçue.

Le fait d'avoir vécu, ou pas, une catastrophe ne change pas significativement les valeurs des indicateurs, excepté pour le CB, significativement mieux perçu par les individus n'ayant pas vécu de catastrophe que par ceux ayant vécu une catastrophe : l'hypothèse 2b est rejetée. En revanche, le niveau de diplôme des individus joue sur certains indicateurs. Les répondants dont le niveau de diplôme est équivalent au bac donnent à l'application une note d'efficacité supérieure aux autres répondants. Ces mêmes répondants, avec ceux ayant un diplôme équivalent à un BEP ou CAP ont une intention de réaction au CB et au LB-SMS supérieure aux autres répondants. Les individus sans diplôme ou ayant un diplôme équivalent au bac ont une réticence d'utilisation plus faible par rapport aux autres répondants. L'hypothèse 2c qui stipulait que le niveau de diplôme n'avait pas d'impact sur l'acceptabilité des LBAS est rejetée.

Enfin, la catégorie socioprofessionnelle des individus joue également sur les indicateurs. Les ouvriers donnent une note d'efficacité aux LB-SMS moins bonne par rapport à l'ensemble des répondants, mais ils affichent des bonnes intentions de réactions aux 3 LBAS et ont une

réticence d'utilisation inférieure par rapport à l'ensemble des répondants (tout comme les étudiants). À l'inverse, les artisans ont une intention de réaction aux 3 LBAS inférieures par rapport à l'ensemble des répondants et une réticence d'utilisation des LBAS supérieure (comme les agriculteurs). Il faut noter également que les agriculteurs et les retraités donnent aux applications smartphone une note d'efficacité supérieure par rapport à l'ensemble des répondants. L'hypothèse 2d qui stipulait que les catégories socioprofessionnelles n'avaient pas d'impact sur l'acceptabilité des LBAS est rejetée.

Tableau 6.3. Variation significative supérieure (en vert) ou inférieure (en rouge) des indicateurs du TAM revisité par rapport à des facteurs sociaux

		Effectif	Efficacité perçue			Intention de réaction			Réticence d'utilisation
			CB	LB-SMS	AS	CB	LB-SMS	AS	
Classe d'âge	18-24	140	9,16	7,71	6,82	0,61	0,58	0,56	-0,25
	25-39	328	8,97	7,94	6,33	0,56	0,53	0,52	-0,34
	40-54	249	8,89	7,97	6,90	0,56	0,53	0,54	-0,34
	55-64	122	8,34	7,41	6,95	0,53	0,51	0,54	-0,34
	65+	51	8,10	7,10	6,79	0,58	0,54	0,52	-0,35
Vécu	Oui	233	8,95	7,81	6,74	0,57	0,54	0,54	-0,36
	Non	657	8,55	7,78	6,48	0,54	0,51	0,51	-0,32
Diplôme	Sans	19	8,42	7,53	6,50	0,59	0,55	0,56	-0,25
	Bac	133	9,25	7,91	7,38	0,61	0,59	0,56	-0,28
	BEP/CAP	72	9,03	7,39	6,39	0,62	0,59	0,53	-0,30
	Bac+2	159	9,06	7,88	6,88	0,58	0,55	0,56	-0,31
	Bac+5	544	8,70	7,80	6,48	0,54	0,52	0,52	-0,35
CSP	Agriculteur	6	9,00	7,50	8,50	0,58	0,50	0,53	-0,47
	Artisan	24	8,38	7,65	6,67	0,50	0,47	0,46	-0,41
	Cadre	343	8,90	7,89	6,52	0,53	0,51	0,52	-0,37
	Employé	156	8,87	8,01	6,50	0,59	0,56	0,54	-0,30
	Étudiant	141	9,12	7,60	6,81	0,61	0,58	0,55	-0,27
	Ouvrier	16	8,31	6,47	6,75	0,67	0,65	0,60	-0,24
	Prof. interm.	103	8,95	7,94	6,82	0,58	0,55	0,55	-0,31
	Retraités	69	8,36	7,59	7,17	0,57	0,53	0,54	-0,33
	Sans act. Pro	22	7,90	7,27	6,95	0,53	0,53	0,47	-0,35

b. …mais des facteurs territoriaux qui ne jouent (presque) pas sur les indicateurs d'acceptabilité

Les facteurs territoriaux ont un très faible impact sur l'acceptabilité des LBAS. Les répondants vivants dans une commune rattachée à une moyenne aire urbaine (entre 100 000 et 500 000 habitants) donnent une note d'efficacité aux applications smartphone plus haute que l'ensemble des répondants (Tableau 6.4). Il s'agit là du seul facteur jouant de manière significative sur un indicateur du TAM revisité. De façon plus spécifique, le nombre d'habitants des communes des répondants ne semble pas jouer de manière significative sur les indicateurs d'acceptabilité des LBAS. Les hypothèses 2e et 2f sont donc rejetées.

Tableau 6.4. Variation significative supérieure (en vert) ou inférieure (en rouge) des indicateurs du TAM revisité par rapport à des facteurs territoriaux

		Effectif	Efficacité perçue			Intention de réaction			Réticence d'utilisation
			CB	LB-SMS	AS	CB	LB-SMS	AS	
Classe d'hab.	-de 1k hab.	68	8,75	7,59	6,66	0,55	0,52	0,53	-0,31
	1k - 10k hab.	266	8,81	7,78	6,99	0,59	0,55	0,54	-0,31
	10k - 100k hab.	335	9,01	7,86	6,58	0,56	0,54	0,54	-0,33
	+de 100k hab.	212	8,69	7,79	6,50	0,55	0,52	0,52	-0,36
Aire urbaine	Hors AU	120	8,46	7,51	6,91	0,55	0,52	0,50	-0,36
	Petite AU	128	9,09	7,67	6,43	0,56	0,53	0,52	-0,30
	Moyenne AU	124	9,03	8,13	7,33	0,59	0,56	0,55	-0,31
	Grande AU	513	8,84	7,81	6,54	0,56	0,53	0,54	-0,33

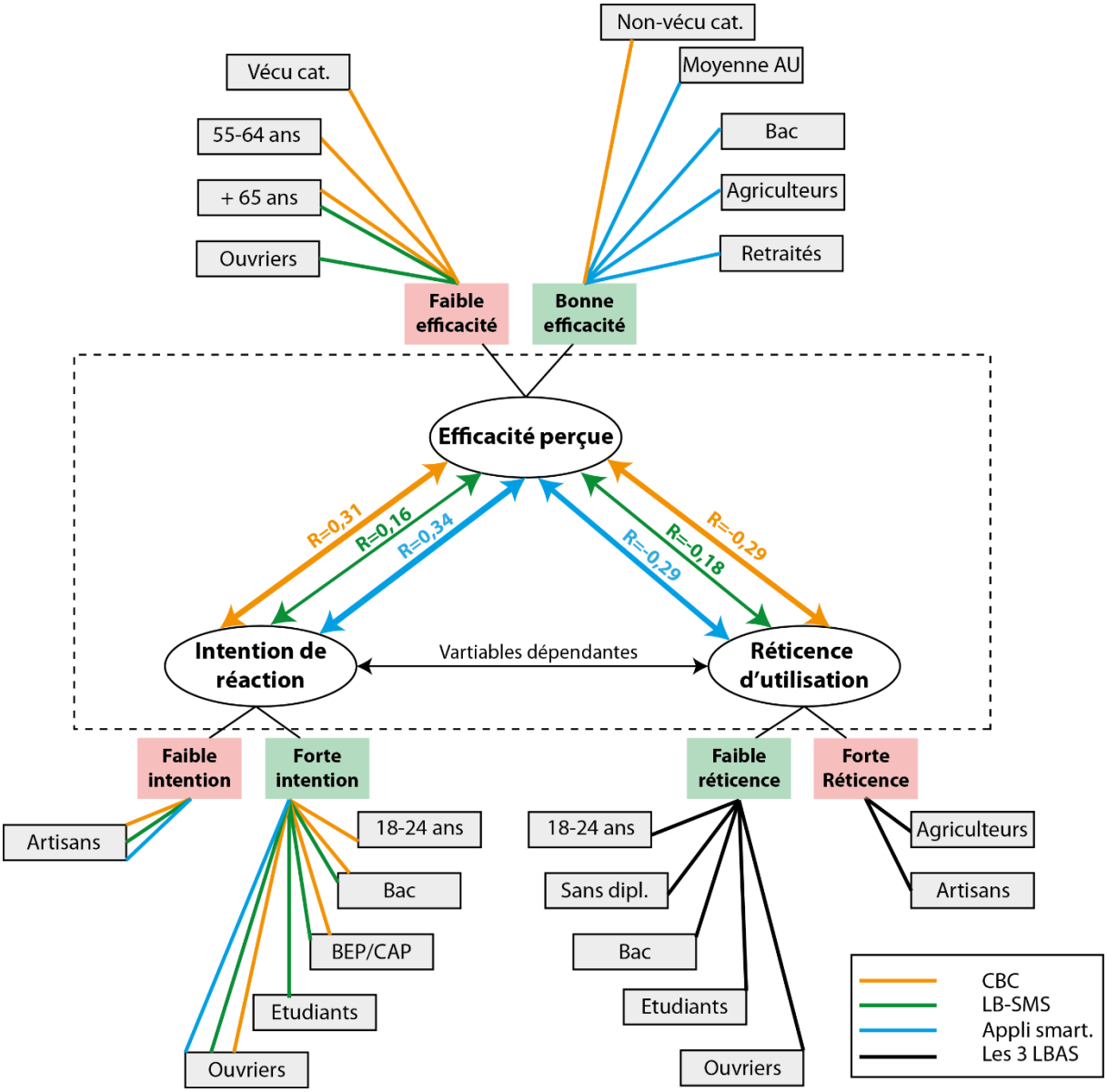


Figure 6.8. Synthèse des facteurs jouant positivement ou négativement sur les indicateurs du TAM revisité

La Figure 6.8 synthétise les facteurs sociaux territoriaux ayant un impact sur les trois indicateurs du TAM pour les trois LBAS. Les facteurs ayant le plus d'impact sont les catégories socioprofessionnelles (10 CSP ont un impact fort, ou faible sur l'un des indicateurs du TAM) : le niveau de diplôme (5), les classes d'âge (4). Le vécu d'une catastrophe (2), ou les catégories d'aires urbaines (1) ont peu d'impact sur les indicateurs du TAM.

Pour résumer : les catégories socioprofessionnelles, les classes d'âge et le niveau de diplôme des répondants ont un impact sur les trois indicateurs du TAM tandis que les facteurs territoriaux (classe d'habitants et type d'aire urbaine) ne semblent pas avoir d'impact significatif sur les indicateurs du TAM revisité.

6.2.3 Comparaison avec l'efficacité perçue des moyens d'alerte traditionnels

a. La sirène : un outil d'alerte ancrée dans les « mœurs »

De façon surprenante, la sirène arrive en deuxième position dans les notes données par les 891 répondants (Tableau 6.5). Avec une note moyenne de 8,00, elle se classe derrière le CB (8,85), mais devant le LB-SMS (7,80). L'automate d'appel téléphonique (AAT ; 7,77) et le porte-à-porte (PAP ; 7,16) obtiennent respectivement la 4ème et 5ème meilleure moyenne, devant l'application smartphone (AS ; 6,67) qui est classée 6ème. Les autres moyens d'alerte traditionnels sont classés derrière l'application smartphone avec dans l'ordre : le panneau à message variable (PMV ; 6,24), l'Ensemble Mobile d'Alerte (EMA ; 5,59), le tocsin (5,51), le capteur connecté (CC ; 4,83) et l'Email (3,85). Les LBAS n'ont donc pas tous une efficacité perçue supérieure à n'importe quel moyen d'alerte traditionnel : l'hypothèse 3 est rejetée.

L'application smartphone est un LBAS qui est perçu comme moins efficace que trois moyens d'alerte traditionnels. En termes d'acceptabilité, cette solution ne doit donc pas être priorisée dans le cadre d'un déploiement national. Ces résultats démontrent également qu'il ne faut pas reléguer les moyens d'alerte traditionnels au rang de moyens obsolètes, à oublier. Ces moyens peuvent encore avoir un rôle à jouer (ne serait-ce que complémentaire) dans la mise en œuvre du système d'alerte en France. La sirène notamment apparaît comme largement acceptée par les répondants, probablement parce qu'elle est restée un moyen d'alerte emblématique dans l'imaginaire collectif et qu'elle est bien associée à la notion d'urgence. L'automate d'appel téléphonique et le porte-à-porte bénéficient peut-être aussi de facteurs contextuels : l'AAT s'est fortement développé depuis le début des années 2000 et le PAP est fréquemment utilisé dans le cadre d'évacuation à l'échelle locale. Pourtant, seuls trois répondants sur les 96 ayant déclarés avoir reçu une alerte au cours de leur vie ont été alertés par appel téléphonique et huit par porte-à-porte.

Tableau 6.5. Statistiques descriptives des notes d'efficacité attribuées par les répondants à chaque moyen d'alerte

	CB	Sirène	LB-SMS	AAT	PAP	AS	PMV	EMA	Tocsin	CC	Email
Moyenne	8,85	8,00	7,80	7,77	7,16	6,67	6,24	5,59	5,51	4,83	3,85
Médiane	10	9	8	9	8	7	6	6	5	5	3
Q1	8	7	5	6	5	5	5	3	2	2	2
Q3	10	10	10	10	10	9	8	8	8	7	5
Écart-t.	2,10	2,34	2,35	2,58	2,78	2,81	2,39	2,86	3,18	2,73	2,50

b. Variation de l'efficacité perçue selon les facteurs sociaux territoriaux

Nous avons aussi étudié la variation des notes données aux huit moyens d'alerte traditionnels selon les facteurs sociaux territoriaux retenus. Les résultats de ces traitements statistiques (en partie présentés pour les LBAS dans la section 6.1.2) sont présentés en annexes. Voilà ce qu'on peut en résumer d'après nos hypothèses (dont la validation ou le rejet est synthétisé dans le Tableau 6.6) :

- L'Email et le tocsin ont une efficacité perçue meilleure chez les individus plus âgés, mais ce n'est pas le cas des autres moyens d'alerte traditionnels. L'âge ne joue pas de manière uniforme sur l'efficacité de tous les moyens d'alerte traditionnels : l'hypothèse 4a est acceptée pour l'Email et le tocsin et rejetée pour les autres moyens traditionnels.
- Il n'y a pas de différence significative d'efficacité perçue des moyens traditionnels entre un répondant ayant vécu une catastrophe et un autre n'en ayant pas vécu : l'hypothèse 4b est rejetée.
- La sirène et le tocsin sont perçus comme plus efficaces par les répondants appartenant à des CSP-. Les CSP ont donc bien un impact pour 2 moyens d'alerte traditionnels l'hypothèse 4c est rejetée pour ces deux moyens et acceptés pour les autres moyens traditionnels.
- L'ensemble mobile d'alerte, le capteur connecté et le porte-à-porte sont perçus comme moins efficaces par les individus non diplômés et ceux ayant un diplôme équivalent au bac (excepté pour le porte-à-porte). Le niveau de diplôme a donc bien une influence sur l'efficacité perçue de 3 moyens d'alerte traditionnels : l'hypothèse 4d est rejetée pour ces 3 moyens et acceptée pour les autres moyens traditionnels.
- Le nombre d'habitants des communes ne joue pas sur l'efficacité perçue des moyens d'alerte traditionnels : l'hypothèse 2e est acceptée.
- L'Email est perçu comme moins efficace dans les petites et grandes aires urbaines. Le PMV est perçu comme plus efficace dans les grandes aires urbaines : l'hypothèse 4f est rejetée pour ces deux moyens et acceptée pour les autres moyens traditionnels.

Tableau 6.6. Synthèse des réponses aux hypothèses sur la variation de l'efficacité perçue des moyens d'alerte traditionnels selon certaines catégories sociales et territoriales (À= hypothèse acceptée ; B = hypothèse rejetée)

	AAT	CC	EMA	Email	PAP	PMV	Sirène	Tocsin
4a : EP augmente avec l'âge	R	R	R	A	R	R	R	A
4b : EP plus bas avec le vécu d'une catastrophe	R	R	R	R	R	R	R	R
4c : Les CSP n'ont pas d'impact sur EP	R	R	R	R	R	R	A	A
4d : Le niveau de diplôme n'a pas d'impact sur EP	A	R	R	A	R	A	A	A
4e : Le nb. d'hab. n'a pas d'impact sur EP	A	A	A	A	A	A	A	A
4f : La type d'AU n'a pas d'impact sur EP	A	A	A	R	A	R	A	A

c. Classement des moyens pour chaque catégorie de facteurs sociaux territoriaux : le CB hégémonique

Les traitements statistiques réalisés précédemment permettent d'aboutir à un classement de l'efficacité perçue des moyens d'alerte pour chacune catégorie de facteurs (classe d'âge, type d'aire urbaine, etc.). Il en ressort que le CB figure parmi les moyens significativement le plus efficace pour l'ensemble des 22 catégories de facteurs, et il est même considéré comme le seul moyen le plus efficace pour 20 catégories de facteurs sur 22 (Figure 6.9). L'automate d'appel téléphonique figure deux fois parmi les moyens perçus comme les plus efficaces (pour les plus de 65 ans et dans les communes hors aire urbaine). La sirène et le porte-à-porte sont perçus parmi les moyens les plus efficaces pour les plus de 65 ans. L'efficacité perçue du CB est donc très forte, quelles que soient les catégories de facteur étudiées. D'après ces résultats, il peut donc être mis en œuvre sur n'importe quel type de territoire et sans distinction de facteurs sociaux en ce qui concerne les critères d'acceptabilité par les individus.

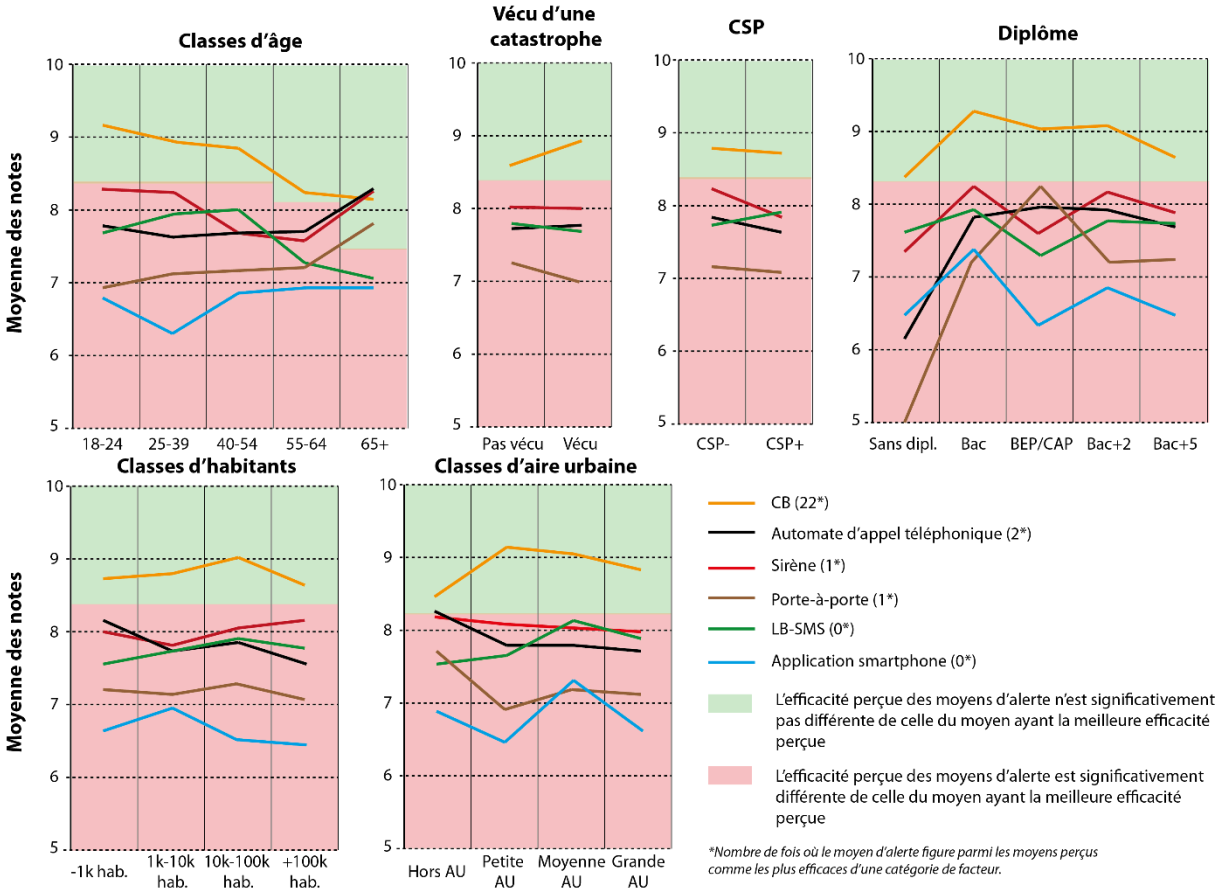


Figure 6.9. Classement des 6 moyens les plus efficaces selon les catégories sociales et territoriales des répondants

d. Les moyens qui obtiennent les meilleures notes ont des notes plus homogènes

La variation des notes d'efficacité données aux 4 moyens ayant la meilleure moyenne (CB, AAT, sirène, LB-SMS) est faible par rapport aux 7 autres moyens (Tableau 6.7). Le coefficient de Gini est inférieur à 0,20 pour les 4 moyens jugés les plus efficaces tandis qu'il est au-dessus

de 0,20 pour les 7 autres. Calculé pour ces deux groupes, l'écart entre les deux coefficients obtenus est de 0,15. Cet écart est également visible graphiquement (Figure 6.10).

Tableau 6.7. Coefficient de Gini (I_G) pour les notes d'efficacité de chaque moyen d'alerte et pour les deux catégories de moyen d'alerte

	CB	Sirène	LB-SMS	AAT	PAP	AS	PMV	EMA	Tocsin	CC	Email
I Gini	0,09	0,15	0,16	0,17	0,21	0,24	0,22	0,29	0,33	0,32	0,36
I Gini (ensemble)	0,15				0,30						

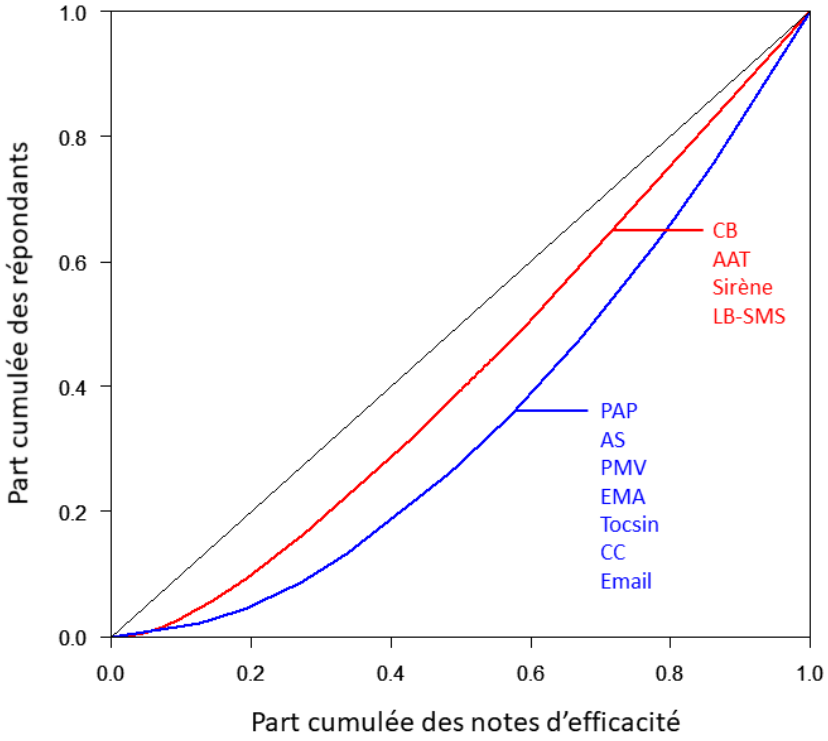


Figure 6.10. Courbe de Lorenz des moyens d'alerte perçus comme efficaces (en rouge) et de ceux perçus comme moins efficaces (en bleu)

Pour résumer : Le CB est le moyen perçu comme le plus efficace par les 891 répondants. Il peut être implanté sur tout type de territoire et sans distinction de facteurs sociaux. La sirène, l'AAT et le PAP sont des moyens traditionnels qui sont perçus comme efficaces par les répondants (davantage que l'application smartphone). Les facteurs sociaux et territoriaux jouent sur l'efficacité perçue de certains moyens d'alerte traditionnels (mais pas tous). Les moyens obtenant les meilleures notes ont une répartition des notes plus homogènes que les moyens plus mal classés.

6.3 Discussions (1) d'ordre méthodologique

6.3.1. Mise en perspective des résultats avec d'autres enquêtes

Afin d'étudier la pertinence des résultats obtenus dans notre questionnaire, nous les avons mises en perspective avec des données proches, mais collectées dans d'autres contextes.

86,3% des répondants (sur un échantillon 891 personnes) déclarent être favorables à recevoir des alertes géolocalisées sur leur téléphone mobile. En 2014, 63% d'un échantillon de 322 individus interrogés dans 15 communes du Vaucluse (84) et du Var (83) jugeaient un système d'alerte diffusé sur smartphone utile (Kouadio, 2016). Depuis, les smartphones ont continué à se démocratiser (42% des français en possédaient un en 2013 contre 78% en 2019 selon le Baromètre du numérique), mais les termes employés dans les questions et la non-évocation d'un système de géolocalisation des utilisateurs dans l'enquête de J. Kouadio rendent difficile la comparaison de ces deux résultats.

Dans une autre enquête menée en 2019 dans les communes de Claix (38), Ceillac (05), les Contamines-Montjoie (74), Brantes (84) et Beaumont-du-Ventoux (84), avec un échantillon de 450 individus interrogés (Douvinet *et al.*, 2019), 88% des individus souhaiteraient recevoir une alerte sur leur smartphone. Ce résultat est légèrement supérieur à celui de ce chapitre, mais là aussi le terme de « géolocalisation » n'avait pas été précisé. L'enquête de Douvinet (2019) met aussi en avant le fait que les individus qui se déclarent favorables à recevoir une alerte sur leur smartphone sont plus nombreux que ceux qui déclarent posséder un smartphone (+4%). C'est également le cas dans notre enquête, même si la question posée incluait tous les téléphones mobiles (et pas seulement les smartphones) : 91,2% des individus déclarent posséder un smartphone (+4,9% par rapport aux individus favorables à une alerte par géolocalisation sur leur téléphone mobile).

En combinant des résultats de différentes enquêtes qui demandaient aux questionnés leurs avis sur différents outils d'alerte, Douvinet (2018) postulait que la réceptabilité de l'alerte par smartphone était inégale, surtout aux échelles fines. Douvinet (2018) note en effet que la « réceptabilité » de l'alerte varie selon le profil des communes : à La-Londe-les-Maures (06), une commune urbaine touchée par deux crues rapides en 2014 et 2018, 56% des enquêtés (en 2019) souhaiteraient recevoir une alerte sur leur smartphone (sur 155 personnes interrogées), alors qu'ils sont de 30% sur 224 personnes interrogées à Ménerbes (84) et 21% sur 222 personnes interrogées à Sablet (84), deux communes rurales et n'ayant pas subi de catastrophes ces dernières années (2016). Nos résultats paraissent ici en contradiction avec ces postulats, car nous avons observé dans ce chapitre que : 1) le vécu d'une catastrophe ne semble pas jouer sur l'efficacité perçue du LB-SMS et de l'application smartphone et influe négativement l'efficacité perçue du CB par rapport aux répondants n'ayant pas vécu de catastrophe ; 2) la dichotomie urbain/rural ou le type d'aires urbaines à laquelle appartiennent les répondants n'a pas d'impact sur l'efficacité perçue des LBAS (excepté pour l'application smartphone qui est perçue plus efficacement dans les moyennes aires urbaines par rapport aux petites aires urbaines). Cependant, le mode de passation de l'enquête, la différence d'échantillon et la différence dans le nombre, le type et l'ordre des questions pourraient expliquer ces divergences.

Une autre enquête a été réalisée *via* des entretiens semi-directifs en 2019 par Douvinet (2019) sur les communes de Fréjus (50 enquêtés) et de Saint-Raphaël (100 enquêtés). Elle ne

concerne pas directement l'alerte par smartphone ou par géolocalisation, mais posait la question de l'alerte par SMS. Au total, 101 répondants sur 150 aimeraient être alertés par SMS (33 sur 50 à Fréjus et 68 sur 100 à Saint-Raphaël). Ces résultats semblent relativement faibles par rapport à ceux de ce chapitre (pour rappel, la note moyenne d'efficacité perçue du LB-SMS est de 7,80). Ils peuvent s'expliquer par le fait que l'enquête de Douvinet (2019) se caractérise par une sous-représentation des actifs (45% des enquêtés) et une forte surreprésentation des individus de plus de 60 ans (55% des enquêtés).

Une dernière enquête a été réalisée début 2021 lors d'un exercice réalisé à l'université d'Avignon réunissant 51 participants (étudiants et personnels de l'université). Une question demandait aux participants de cocher le moyen le plus utile en cas : 1) d'intrusion ; 2) de colis suspect : 3) d'incendie (différents outils proposés à chaque fois). Le SMS est le moyen qui a récolté le plus de réponses (95 sur 153 possibles), devant la sirène vocale (88), l'alarme (52) et un haut-parleur (31).

On constate donc une grande variabilité des réponses sur l'alerte par téléphonie mobile dans ces différentes enquêtes (Tableau 6.8), même si on peut noter une tendance des répondants à trouver ces solutions d'alerte utiles. Les résultats de notre enquête se reposent sur un échantillon de population plus conséquent que ces différentes enquêtes. Cependant, le mode de diffusion de notre enquête, et le fait qu'elle ne soit pas représentative nécessitent de poursuivre davantage les questionnements scientifiques autour de l'acceptabilité, voire de l'acceptation des moyens d'alerte en France (une fois que ceux-ci seront en place).

Tableau 6.8. Synthèse de différents questionnaires passés entre 2014 et 2019 et posant la question de l'alerte par la téléphonie mobile

Référence	Date	Échantillon	Localisation	Question posée	Résultats
Kouadio (2016)	2014	322	Vaucluse	Selon vous, un système d'alerte sur smartphone serait-il utile ?	Oui : 63%
Douvinet *et al.* (2019)	2019	450	Territoires de montagne	Souhaiteriez-vous recevoir des alertes sur votre smartphone ?	Oui : 88%
Douvinet (2018)	2019	155	La-Londe-les-Maures (06)	Souhaiteriez-vous recevoir des alertes sur votre smartphone ?	Oui : 56%
Douvinet (2018)	2016	224	Ménerbes & St-Didier (84)	Souhaiteriez-vous recevoir des alertes sur votre smartphone ?	Oui : 30%
Douvinet (2018)	2016	222	Sablet (84)	Souhaiteriez-vous recevoir des alertes sur votre smartphone ?	Oui : 21%
Douvinet (2019)	2019	150	Fréjus, Saint-Raphaël (83)	Souhaiteriez-vous être alertés par SMS ?	Oui : 101/150
Non-publié	2021	51	Université d'Avignon	Quel moyen d'alerte préféreriez-vous selon 1) une intrusion : 2) un colis suspect ; 3) incendie ?	SMS : 95 réponses

6.3.2. Un questionnement méthodologique à poursuivre

Les développements méthodologiques réalisés dans ce chapitre pourraient être poursuivis. En particulier, il semble nécessaire de cibler une enquête sur les territoires peu connectés aux

réseaux de télécommunication et vers des individus ayant une pratique du numérique limitée (voire inexistante) *via* les smartphones et/ou téléphones mobiles (trop peu touchés dans notre questionnaire puisque seuls 8,8% des individus enquêtés ne possédaient pas de smartphone).

En allant plus loin, il faudrait aussi cibler les individus touchés par « l'illectronisme » (Caclard, 2012). Il s'agit d'individus en difficulté, voire en incapacité à utiliser les outils numériques. L'idée ne serait alors pas pour leur poser la question de l'acceptabilité des LBAS (certainement très faible), mais de leur demander quels outils d'alerte seraient susceptible de les atteindre et de les faire réagir. Leurs réponses pourraient guider le développement d'outils d'alertes complémentaires dans les territoires où les taux d'illectronisme sont forts (même si des recherches manquement dans ce domaine).

La question de la temporalité du questionnaire se pose également. Le questionnaire a été administré en 2019, alors que les techniques d'alerte par LBAS étaient peu évoquées dans la presse. Trois événements ont pu depuis altérer la façon dont les individus ont répondu au questionnaire en 2019 :

- La crise de la COVID-19 a conduit le gouvernement à diffuser un message d'alerte par SMS (non géolocalisé) à l'ensemble de la population (même si une part de cette population ne l'a pas reçu, certaines sources médiatiques parlant de plusieurs millions de français n'ayant pas reçu le SMS, sans avancer de chiffres plus précis[22]).
- La crise de la COVID-19 a également conduit le gouvernement à développer deux applications (la seconde remplaçant la première) de « traçages » pour prévenir les individus qui ont « croisé » la route d'un cas positif au COVID-19. Cette solution a géolocalisé plusieurs millions d'utilisateurs dans un contexte de pandémie.
- Le ministère de l'Intérieur a annoncé en septembre 2020 le déploiement d'une solution hybride d'alerte par LB-SMS et CB sur l'intégralité du territoire et l'information a été abondamment relayée dans la presse.

Ces trois événements, fortement médiatisés, ont pu peut-être altérer la vision (en bien ou en mal) qu'ont les individus des LBAS et améliorer leur compréhension.

Dès lors, il serait intéressant de réévaluer l'acceptabilité des LBAS au regard des événements récents tout en prenant en compte les territoires isolés et les individus qui n'investissent pas (volontairement ou de manière subie) le monde du numérique. Dans un second temps, une fois le nouveau système d'alerte opérationnel, il serait intéressant d'étudier l'acceptation de ces solutions par les populations qui l'auraient éprouvé (qui auraient effectivement reçu une alerte sur leur téléphone mobile face à un danger).

[22] FranceTVinfo : https://www.francetvinfo.fr/sante/maladie/coronavirus/coronavirus-oui-ce-texto-alerte-covid-19-a-bien-ete-envoye-par-le-gouvernement-et-il-en-a-le-droit_3871207.html
RTL : https://www.rtl.fr/actu/politique/coronavirus-comment-le-gouvernement-a-envoye-un-sms-d-alerte-a-des-millions-de-francais-7800268026

6.4. Discussions (2) d'ordre thématique

6.4.1. Quelles pistes pour améliorer l'acceptabilité des LBAS ?

Malgré la bonne acceptabilité globale des LBAS, certains individus perçoivent ces solutions comme non efficaces (5,5% des répondants attribuent au CB une note inférieure à 5 sur 10 et ce chiffre monte à 9,4% pour le LB-SMS). Les principales causes de réticences des LBAS reposent surtout sur la géolocalisation des utilisateurs. Selon Aloudat *et al.* (2014), l'incertitude sur la façon dont les LBAS fonctionnent peut miner la confiance qu'ont les individus envers ces solutions, et la collecte d'information personnelle est un facteur qui impacte négativement cette confiance.

La question des informations personnelles est en effet centrale dans l'acceptabilité des LBAS. Les technologies de géolocalisations donnent aux objets un caractère intrusif mal perçu par la population (Weill & Souissi, 2010). Le développement de l'application STOP-COVID a occasionné des débats en France sur la façon dont les données personnelles étaient récoltées puis traitées par l'application et/ou le gouvernement. Pour rappel, un article a révélé que l'application ne traitait pas les données personnelles de manière anonyme, mais de façon pseudonymisée (Bonnetain *et al.*, 2020). La sûreté du système doit également être garantie. L'exemple du piratage de l'application NL-Alert aux Pays-Bas (déjà évoqué dans le chapitre 3) est d'ailleurs parlant.

Dès lors, deux pistes pourraient être mises en œuvre pour améliorer l'acceptabilité des LBAS. Premièrement, l'État doit garantir un système de géolocalisation des utilisateurs parfaitement anonyme. L'État pourrait certes connaître le nombre de téléphones atteints par les campagnes d'alerte, mais sans pouvoir connaître l'identité des utilisateurs. Une grande variété de méthodes d'anonymisation (*i-diversity*, *noise addition*, *k-anonymization*, etc.) pourraient être mises en œuvre (Samreth *et al.*, 2018). Deuxièmement, il parait indispensable de mettre en place une campagne d'information pour expliquer l'objectif du système (sauver potentiellement des vies face à des situations graves). Pour cela, il ne faut pas attendre que les outils soient opérationnels. La population doit être habituée à ces solutions le plus tôt possible (Aloudat *et al.*, 2014). En France, une large campagne publicitaire a accompagné la mise en place de l'application smartphone TousAntiCOVID. La promotion de cette solution a même été réalisée dans la sphère politique, par les membres du gouvernement. Cette promotion peut expliquer le succès de cette solution (plus de 10 millions de téléchargements début 2021). En parallèle, il faudrait ne pas abandonner les outils d'alerte traditionnels (et les résultats de ce chapitre le démontrent notamment pour la sirène, l'Automate d'Appel Téléphonique et le Porte-à-porte) afin de toucher toutes les catégories de population, notamment ceux qui n'investissent pas les outils numériques.

6.4.2. Les réseaux sociaux et les objets connectés : des solutions perçues comme marginales

L'enquête diffusée dans ce chapitre cherche également à questionner la place des réseaux sociaux numériques et les objets connectés (et/ou capteurs connectés) dans la diffusion de l'alerte à la population. Les Réseaux Sociaux Numériques (RSN) sont un moyen de communication et d'information (Cavalière, *et al.*, 2016), plus qu'un moyen d'alerte en tant que

tel. 28,1% des enquêtés disent se tourner vers les RSN pour chercher des informations en cas de crise, et 3,9% des enquêtés souhaitent utiliser ce vecteur pour communiquer vers les autorités en période de crise (1,3% pour prévenir les secours). Ce résultat s'explique par le fait qu'une alerte sur les RSN reste peu visible, et qu'il faut nécessairement s'abonner aux comptes officiels pour recevoir une alerte. Pourtant, la pandémie de la COVID a été l'occasion pour le gouvernement d'alerter tous les utilisateurs de YouTube, à l'aide d'une notification cliquable qui s'affiche dès que l'utilisateur se connecte au réseau social. Cette forme d'alerte n'a probablement pas été anticipée par les enquêtés : un seul enquêté a indiqué le réseau social « YouTube » comme idéal pour recevoir une alerte.

27,6% des individus ne sont pas favorables à une alerte par objet connecté (le smartphone n'a pas été compris comme un objet connecté dans le questionnaire) et ceux qui le sont préfèrent utiliser les objets connectés situés sur l'espace public que leurs objets personnels. D'une manière générale, la sphère de l'Internet des Objets (IoT) suscite diverses formes de réticences de la part des individus (Bergier, 2016 ; Foukia *et al.*, 2016). Nous avons demandé aux questionnés les raisons de leur souhait de ne pas être alertés *via* les objets connectés. Nous avons résumé leurs réponses à l'aide d'un nuage de mot (Figure 6.11) après avoir simplifié leurs commentaires en supprimant les mots inutiles et en assemblant les mots synonymes.

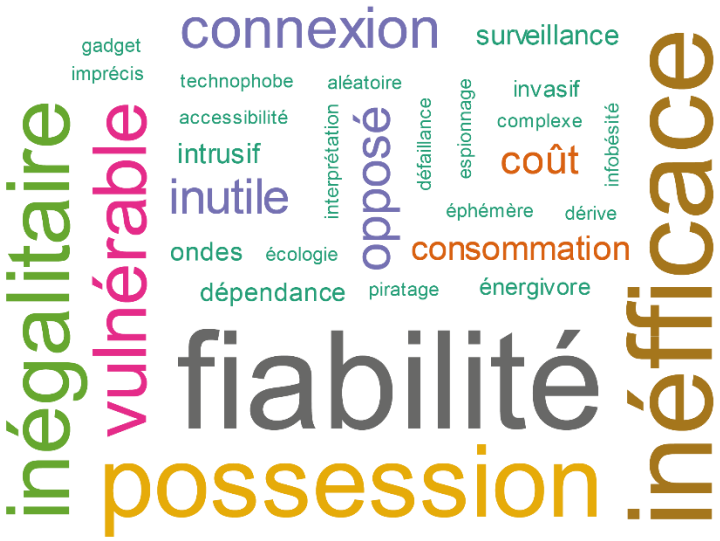


Figure 6.11. Nuage de mots tiré de commentaires libre des répondants sur les raisons pour lesquelles ils ne souhaitent pas être alertés par les objets connectés

Les mots ressortant le plus souvent sont :

- « Fiabilité » (58 apparitions) : les questionnés évoquent des objets non fiables, qui stockent et utilisent les données personnelles.
- « Inefficace » (48 apparitions) : le fait de ne pas avoir l'objet constamment sur soi les rend inefficaces en cas d'alerte.
- « Possession » (40 apparitions) : le questionné ne possède pas d'objets connectés.
- « Inégalitaire » (34 apparitions) : le questionné met en avant le fait que de nombreux individus ne possèdent pas de tels objets et qu'il existe des zones où ces objets fonctionnent mal et donc qu'une alerte au travers des objets connectés ne permet pas d'alerter tout le monde.

- « Vulnérable » (27 apparitions) : les objets connectés sont dépendant des réseaux ce qui les rend vulnérables, notamment en période de crise.

Même si elle n'est pas d'actualité (alors que techniquement faisable), l'alerte par les objets connectés semble aujourd'hui insuffisamment acceptée par la population, et c'est une problématique qui devra être adressée avant d'envisager ce type d'alerte en France.

Conclusion du chapitre 6

Dans ce chapitre, la bonne acceptabilité des LBAS (et notamment du CB) a été démontrée, auprès d'un échantillon de 891 individus grâce à un questionnaire diffusé en ligne en 2019. Si le CB est perçu plus efficacement que n'importe quel autre moyen d'alerte traditionnel, ce n'est pas le cas pour le LB-SMS et surtout l'application smartphone. Le porte-à-porte, l'automate d'appel téléphonique et surtout la sirène sont des moyens traditionnels perçus comme efficaces par les répondants. Concernant les LBAS, les intentions de réaction à une alerte restent satisfaisantes, mais peu différenciables d'un moyen à l'autre. Des réticences d'utilisations existent, notamment tout ce qui entoure les techniques de géolocalisation, mais elles restent globalement limitées, signe que l'utilisation d'un LBAS en France aujourd'hui serait acceptée par une grande partie de la population.

L'acceptabilité des LBAS varie peu en fonction de facteurs socio-spatiaux. Le CB peut être mis en œuvre dans tout type de territoire et auprès de tout individu. Même si les résultats démontrent qu'il est perçu comme moins efficace par les individus ayant vécu une catastrophe et ceux âgés de plus de 60 ans, le CB reste pour ces catégories de population l'un des moyens perçus comme les plus efficaces. Seule l'efficacité perçue de l'application smartphone évolue selon un facteur territorial (l'AS est perçu comme plus efficace dans les moyennes aires urbaines par rapport aux petites aires urbaines).

Pour parfaire l'acceptabilité des LBAS, la France devrait dès à présent, songer à communiquer sur le système qui sera en œuvre en 2022. La France doit aussi garantir un système d'alerte entièrement anonyme pour les utilisateurs et sûr vis-à-vis des risques de piratages. Ces deux actions permettraient de réduire encore les réticences que certains individus gardent vis-à-vis de ces solutions, même si la défiance envers les institutions politiques est particulièrement importante dans les années 2020.

CONCLUSION DE LA DEUXIÈME PARTIE

Cette deuxième partie a été l'occasion de **tester plusieurs approches complémentaires** (analyse multicritères, SIG et statistiques spatiales, enquête et modèle d'acceptabilité technologique) **à plusieurs niveaux d'observation** : l'usager/l'individu, la commune, le département, la région, la France métropolitaine. Elle a également permis d'avoir une vision moins segmentée des LBAS que certains travaux technico-centrés publiés à l'international en mesurant un potentiel, en termes d'usage, de performance et d'acceptabilité de solutions d'alerte qui n'ont pas encore été déployées en France (excepté les applications smartphone). Ces résultats restent toutefois des « potentiels » et la performance et l'acceptabilité des LBAS pourrait être réévaluée une fois ces technologies en place.

Le CB et le LB-SMS ont le potentiel pour être un moyen d'alerte à l'échelle nationale. 94,2% de la population métropolitaine est alertable par CB ou LB-SMS (pour un déploiement sur la 2G, la 3G et la 4G) et ces deux solutions sont bien acceptés par la population (le CB obtient note moyenne de 8,8 sur 10 sur un échantillon de 891 individus et le LB-SMS de 7,8 sur 10). Ces solutions sont également très égalitaires tant en termes de performance (taux de performance homogènes entre les territoires à différents niveaux d'observation) que d'acceptabilité (indicateurs d'efficacité perçue et d'intentions de réaction homogènes entre les individus).

Certaines fragilités doivent tout de même être évoquées. **Les deux solutions sont moins performantes dans les territoires ruraux, de montagne et où l'habitat est dispersé**. Le renforcement de l'alerte dans ces territoires (peu nombreux) devra être étudié, dans un souci d'égalité entre les territoires. Développer le CB uniquement sur la 4G (comme cela est envisagé par le gouvernement) reste une solution satisfaisante puisque **81,3% de la population métropolitaine serait alertable**. En revanche, **cela reviendrait à renforcer les inégalités territoriales** : à titre d'exemple, le taux d'individu alertable serait 31% inférieur dans les communes hors aire urbaine par rapport aux communes appartenant à une grande aire urbaine (plus de 500 000 habitants). **En termes d'acceptabilité, un effet générationnel est perceptible** puisque le CB et le LB-SMS sont des solutions significativement moins bien acceptés par les individus de plus de 65 ans (1,06 point d'écart sur 10 entre les notes des 18-24 ans et les notes des plus de 65 ans pour le CB, 0,61 pour le LB-SMS). Les réticences d'utilisation restent mesurées, mais **la question de la localisation des individus en temps réel devra être adressée** : en assurant que la technologie utilisée permet une réelle anonymisation des utilisateurs et en étant transparente auprès des citoyens sur ces technologies et leurs objectifs.

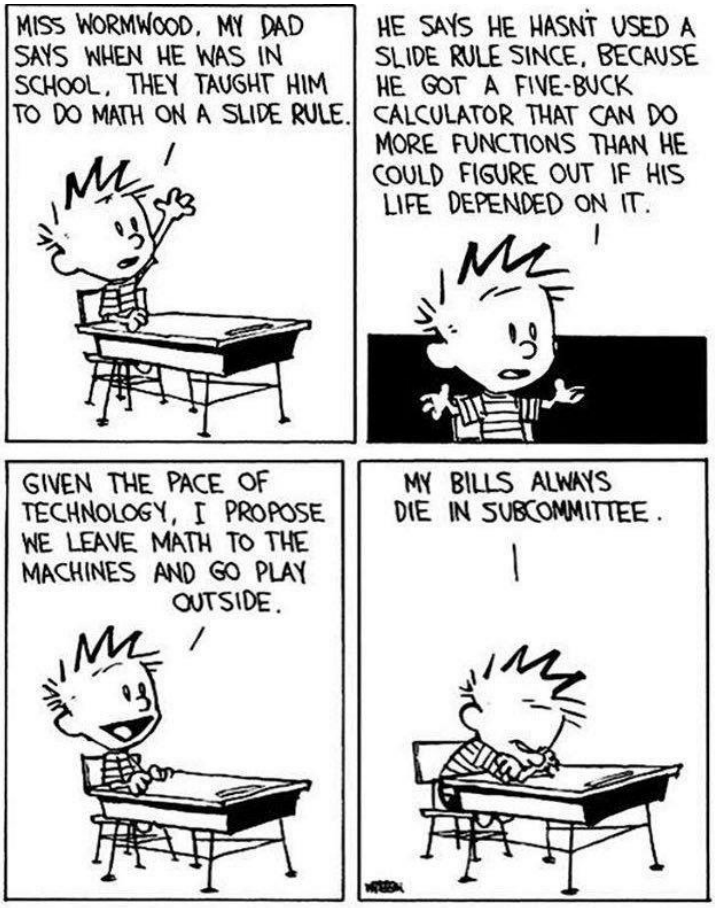
En revanche, **l'application smartphone semble avoir un potentiel plus limité**. Premièrement, les applications existantes (ou qui ont existé) ont un potentiel limité pour l'alerte en France : seules trois applications sur 50 obtiennent un score supérieur à 3 sur 4 et aucune application ne remplit toutes les conditions retenues pour être un moyen d'alerte en France. La faible interactivité des applications (30 applis sur 50 ne permettent pas aux usagers d'interagir) réduit l'intérêt majeur de ces solutions. Le fait que 14 applis sur 50 n'existent plus deux ans après la fin de l'étude montre la grande instabilité de ces solutions qui peinent à se maintenir dans le temps. **La notification push est moins performantes** que le CB et le LB-

SMS (74,2% de la population métropolitaine est alertable si on laisse de côté les problématiques liées au nombre de téléchargements de l'application). **Elles sont aussi moins acceptées** (l'appli obtient une note moyenne de 6,7 sur 10), et plusieurs moyens d'alerte traditionnels (dont la sirène) sont même mieux acceptés.

La suite de la thèse doit à présent chercher à investiguer la façon dont les caractéristiques communales peuvent influer sur les moyens d'alerte à déployer. L'objectif étant de proposer des pistes quant à la doctrine d'utilisation des LBAS en France au sein d'un système d'alerte multicanal et territorialisé.

TROISIÈME PARTIE

Contributions à la géographie de l'alerte : enjeux et perspectives



Laisser la technologie gérer l'alerte et aller jouer dehors ? ©Bill Watterson

INTRODUCTION DE LA TROISIÈME PARTIE

Le haut potentiel de performance et d'acceptabilité des LBAS en France n'est pas suffisant pour garantir l'amélioration de l'alerte dans les années à venir. En effet, il faut aussi impulser le changement de paradigme que ces solutions laissent entrevoir (des alertes plus rapides, plus massives et spatialisées). Des discussions ont actuellement lieu au sein du Ministère de l'Intérieur, pour cadrer l'utilisation de la future plateforme multicanale FR-Alert (intégrant entre autres le CB, le LB-SMS et les sirènes SAIP). Toutefois, plusieurs points restent en suspens, en particulier sur la doctrine d'usage et d'utilisation de cette plateforme. Comment sera-t-elle opérationnalisée ? À quelle(s) échelle(s) ? Qui y aura accès ? Comment articuler le CB et le LB-SMS avec les moyens d'alerte traditionnels ? La doctrine nationale de l'alerte doit d'autant plus être repensée qu'elle ne doit pas être en décalage avec les nouveaux outils utilisables (Martin, 2020).

Cette troisième partie s'intéresse donc aux enjeux d'opérationnalisation des LBAS à travers trois échelles (communale, nationale et internationale). La logique qui a prévalu à l'organisation de cette troisième partie est la suivante :

1) À l'échelle communale, l'arrivée prochaine des LBAS renforcera la panoplie de moyens d'alerte utilisable par les maires (dans le cas où les maires seraient autorisés à diffuser des alertes *via* la plateforme FR-Alert). Cependant, aucune doctrine n'existe à ce jour pour guider les maires dans le choix d'équipement de leur commune, et il n'existe pas non plus d'études sur la façon dont les moyens d'alerte s'adaptent aux territoires. Ainsi, quelles sont les caractéristiques communales qui vont avoir un impact sur l'efficacité des moyens ? La variabilité des communes (en termes de population, d'exposition aux risques, de morphologie urbaine) induit-elle une variabilité dans les moyens à utiliser (**chapitre 7**) ?

2) À l'échelle nationale, les modalités d'utilisation de la plateforme multicanale FR-Alert font l'objet d'arbitrages. Les questions de motifs d'usage (pour quels événements ?), de l'identité des utilisateurs (qui pourra déclencher une alerte ?), d'échelle d'activation (peut-on prédéfinir des bassins d'alerte ?) et de format du message (comment rédiger un message adapté aux citoyens ?) doivent être discutées et nous proposons d'y apporter un regard géographique, qui tient compte de divers retours d'expériences (**chapitre 8**) ?

3) À l'échelle internationale, les systèmes d'alerte nationaux ont fortement évolué entre 1980 et 2000 (Sorensen, 2000) et entre 2000 et 2020 (Douvinet *et al.*, 2020 ; Bopp *et al.*, 2021). Au regard de ce qui existe en dehors de la France (notamment les évolutions des systèmes de quatre pays), quel regard peut-on porter sur l'évolution des systèmes et leur origine ? En quoi ces systèmes d'alerte se distinguent-ils, et quels sont leurs points communs ? Comment les LBAS sont-ils intégrés ? Après avoir répondu à ces questions, ce dernier chapitre propose des pistes pour améliorer les systèmes d'alerte à la population dans le monde dans les années à venir (**chapitre 9**).

Chapitre 7

Comment adapter l'offre aux territoires ? Investigations à l'échelle communale

Introduction du chapitre 7 182
7.1. Méthode et données utilisées 182
7.2. Résultats obtenus sur les 12 communes 195
7.3. Discussions (1) : des effets de seuils multiples 204
7.4. Discussion (2) : une grille d'aide à la discussion ? 207
Conclusion du chapitre 7 210

Introduction du chapitre 7

La commune est le plus petit échelon administratif pour la diffusion de l'alerte à la population. Les mairies décident des moyens d'alerte à mettre en œuvre sur leur territoire et le maire est responsable de leur déclenchement (Steen & Morsut, 2019). Pour autant, aucun travail scientifique ne permet de questionner l'adaptabilité des moyens d'alerte (existants ou à venir) à cette échelle. Il n'existe aucune doctrine pour guider les maires dans les choix des moyens à mettre en place ou à utiliser lorsqu'un danger survient. De plus, la politique d'équipement des communes en sirènes SAIP bénéficie davantage à des communes fortement peuplées (*cf.*, chapitre 2), alors même qu'il y existe un potentiel de performance des LBAS très élevé (*cf.*, chapitre 5), ce qui aura pour conséquence d'accroître les inégalités d'alerte entre les territoires lorsque les LBAS seront déployés.

Face à ce constat, ce chapitre a pour objectif de proposer une méthode exploratoire, empirique et adaptative afin de voir comment adapter l'offre à certaines caractéristiques communales. La méthode se veut « exploratoire » puisqu'aucune méthode n'a encore été développée pour observer comment les caractéristiques territoriales (ampleur des zones à risque, distribution spatiale des individus, cinétique des aléas, etc.) déterminent l'équipement en moyen d'alerte. Il s'agit donc de déterminer « *le devis de recherche adéquat, avant de mener une étude de plus grande envergure* » (Trudel *et al.*, 2007). L'analyse a été réalisée à une double échelle : communale (pour lister les moyens à conserver pour chaque commune, dans un objectif de comparaison), et infracommunale (pour affiner l'analyse et étudier la variabilité des moyens selon des zones exposées, caractérisées par d'autres critères). L'idée est d'aboutir à une méthode guidant les maires dans leur stratégie d'équipement et pour leur indiquer la liste des moyens adéquats sur leur territoire. La section 1 présente la méthode et les critères choisis pour évaluer l'adéquation des moyens aux communes. La section 2 présente les résultats obtenus sur 12 communes tests (ayant des profils différents), situées dans la région Sud-PACA et Occitanie. La section 3 discute des effets de seuils et de la nécessité d'augmenter l'échantillon de commune testée. La section 4 compare les résultats (moyens conseillés) avec les moyens réellement utilisés par les communes testées et propose une méthode pour définir les moyens optimaux pour chaque commune.

7.1. Méthode et données utilisées

Nous considérons qu'un moyen d'alerte est adapté à une commune si les trois conditions suivantes sont réunies :

- La commune est en capacité technique, humaine et financière de mettre en œuvre le moyen d'alerte ;
- Le moyen est en capacité technique de diffuser une alerte (qu'elle soit vocale, textuelle, sonore et/ou visuelle) dans au moins une partie de la commune, et ce avant l'arrivée du phénomène dangereux ;
- Le moyen d'alerte est pertinent dans au moins une partie de la commune. Le terme de « pertinence » renvoie à l'idée que le moyen est adapté à diffuser une alerte rapidement, efficacement et facilement, sans nécessiter d'effort d'équipement trop

important de la part de la commune. Ce critère nécessite donc de définir des seuils au-delà desquels on considère que le moyen ne remplit plus son rôle (par exemple, la sirène dans une zone vaste et peu densément habitée peut techniquement être utilisée pour diffuser une alerte, mais n'est pas pertinente).

Pour chaque moyen, le résultat attendu est donc binaire : soit le moyen est adapté aux critères retenus, soit il ne l'est pas. Pour cela, il a été nécessaire de faire des choix, notamment définir des seuils, ces derniers pouvant alors être modifiés lors de futures investigations. Pour chaque commune, les résultats consistent ensuite à lister un ensemble de moyens qui pourraient être utilisés, sans chercher à les hiérarchiser.

L'étude s'est focalisée sur une liste de 12 moyens : l'automate d'appel téléphonique (AAT), l'application smartphone (AS), le boitier d'alerte (BA ; pour rappel, il s'agit d'un système automatisé composé d'un boîtier connecté à un capteur veillant un phénomène dangereux), le cell broadcast (CBC), l'ensemble mobile d'alerte (EMA), le panneau à messages variables (PMV), le porte-à-porte (PAP), la radio et la télévision, les réseaux sociaux numériques (RSN), la sirène, la sirène vocale (SV, transmettant un message audio, mais sur une étendue spatiale bien plus faible que la sirène classique) et le SMS géolocalisé (LB-SMS).

La définition de l'adaptation des moyens d'alerte retenue nous a amenés à créer une méthode à double entré : 1) une analyse préalable du profil de la commune ; 2) un zoom à l'échelle infracommunale pour observer des caractéristiques locales dans des « zones exposées » qui correspondent à l'emprise spatiale des aléas. La méthode doit apporter des éléments de réponse aux questions suivantes :

- Comment se caractérise la variabilité des moyens d'alerte entre les communes ? Observe-t-on des communes où les 12 moyens étudiés sont adaptés, et d'autres communes où aucun moyen ne l'est ?
- À l'échelle infracommunale, comment se caractérise la variabilité des moyens entre les différentes zones exposées ?
- Observe-t-on une variabilité des moyens adaptés selon la temporalité journalière ?
- La méthode mise en œuvre peut-elle devenir généralisable ?

7.1.1. Caractérisation des zones exposées

a. Étape 1 : une première lecture à l'échelle de la commune

Plusieurs données ont été collectées à l' échelle de la commune (Tableau 7.1) : 1) le nombre total d'individus alertables (pour avoir une première idée du niveau d'investissement à réaliser par la commune pour s'équiper en moyen(s) d'alerte) ; 2) les services de secours pouvant assurer un rôle de diffusion de l'alerte par EMA ou PAP (gendarmerie, police nationale ou municipale, caserne de pompiers) ; 3) le niveau de couverture des réseaux de télécommunication (2G, 3G et/ou 4G) pour vérifier l'adaptabilité des LBAS ou non.

Ces données ont été récoltées sur 12 communes tests (Figure 7.1). Ces communes ont été sélectionnées en région Sud-PACA et Occitanie de façon à obtenir une diversité de profils (Figure 7.2), en choisissant des communes différentes selon le nombre d'habitants, le niveau de couverture des réseaux de télécommunication, le nombre et la nature des risques (Tableau 7.1.). Ces communes sont distantes les unes des autres pour éviter les potentiels effets de proximité, et pour ne pas avoir à questionner une logique aléa-centrée (le long d'un cours

d'eau ou dans une même zone à risque industriel par exemple). Le choix de la région Sud-PACA s'explique par l'existence de données en laboratoire et de traitements déjà réalisés durant la thèse. Les 2 communes de la région Occitanie sont venues compléter une diversité communale que nous n'aurions pas obtenue en restant cantonnés en région Sud-PACA.

Tableau 7.1. Données collectées à l'échelle des communes

Commune (numéro du département)	**Nombre d'habitants** (2020)	**Densité de population** (hab/km²)	**Nombre d'aléas** (Géorisque)	**Nombre d'arrêtés Catnat** (1982-2020)	**Services de secours**	**Niveau de couverture 4G** (2020)
Avignon (84)	92 378	1420,5	7	20	Oui	99,9%
Beaumont-de-Pertuis (84)	1139	21,2	10	9	Oui	10,3%
Cannes (06)	74 152	3539,5	11	45	Oui	99,6%
Digne-les-Bains (04)	16 186	147,6	9	18	Oui	99,5%
La Ciotat (13)	35 366	1101,4	9	9	Oui	98,5%
Le Castellet (04)	289	15,2	8	2	Oui	91,2%
Plan d'Aups-Ste-Beaume (83)	2113	31,7	7	10	Non	0%
St-Etienne-de-Tinée (06)	1551	9,0	9	8	Oui	0%
St-Julien (83)	2413	31,7	8	4	Non	10,25%
St-Privat (34)	403	14,9	3	9	Non	0,6%
Rabou (05)	76	2,9	9	0	Non	0%
Uzès (30)	8491	334,2	10	9	Oui	97,1%

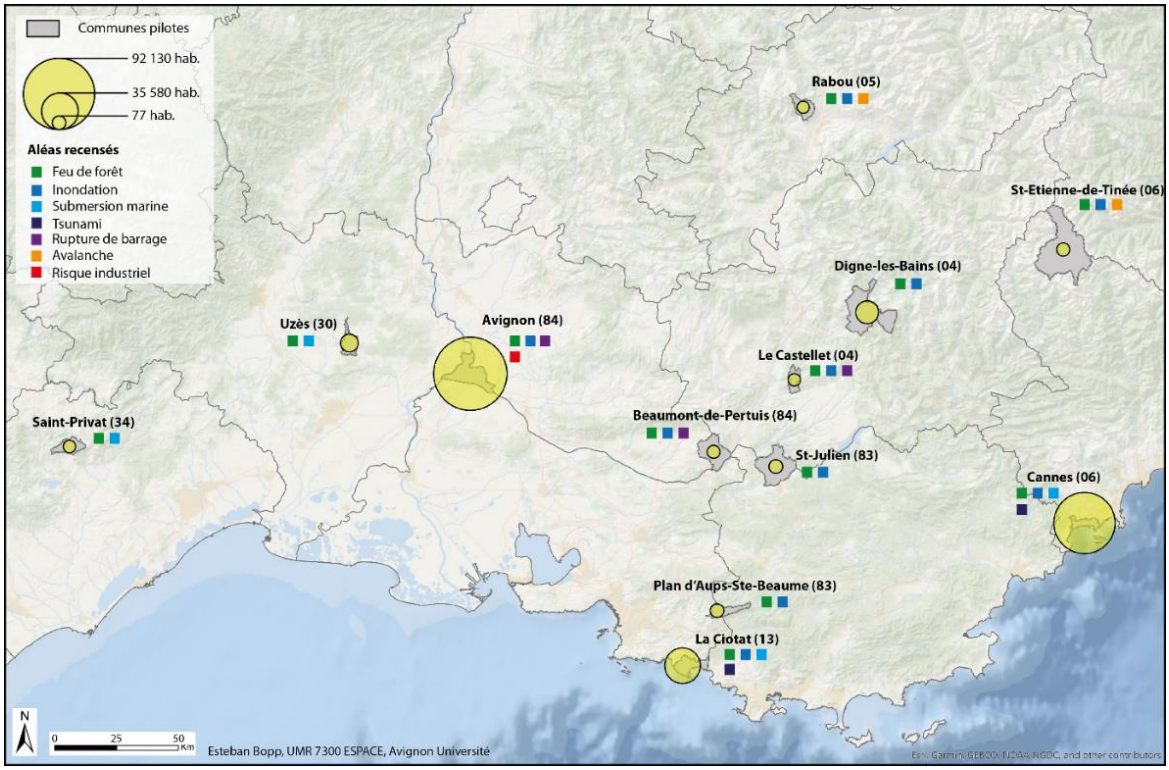


Figure 7.1. Localisation des communes et nature des risques auxquelles elles sont exposées d'après le site Georisque.gouv.fr

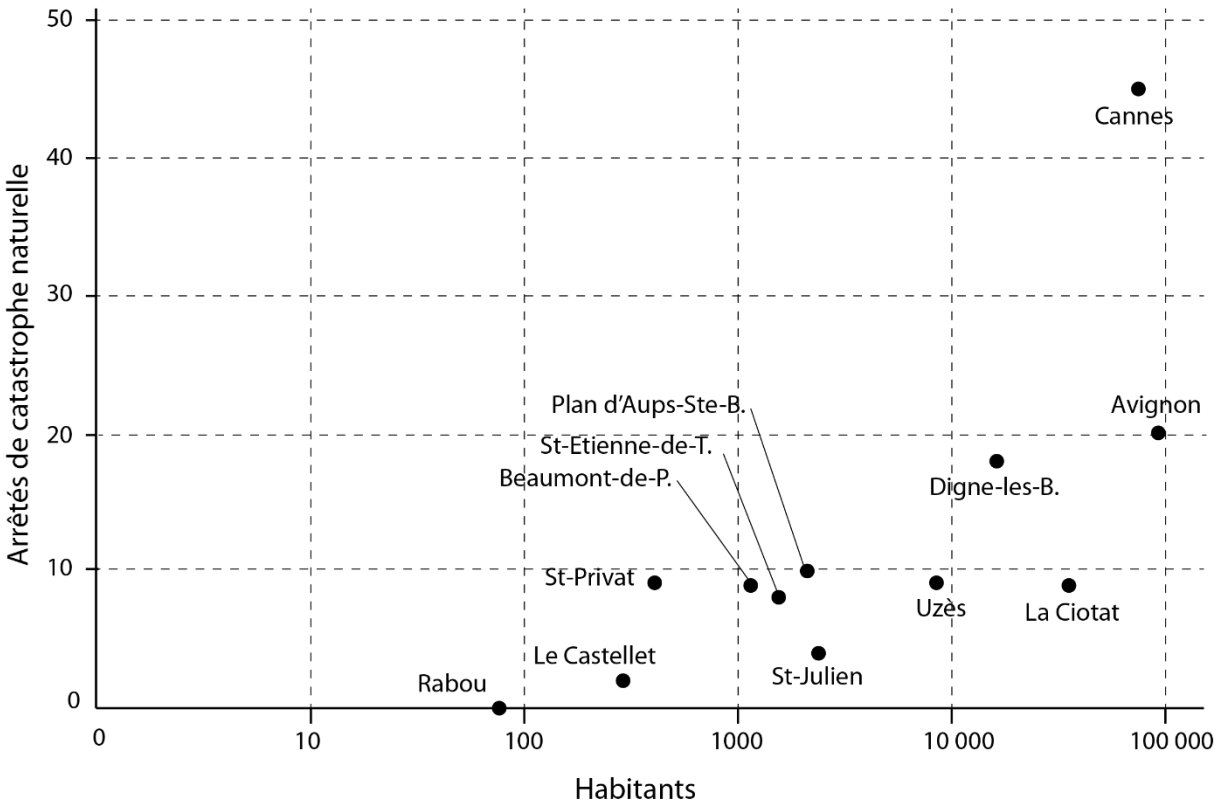


Figure 7.6. Sélection de 12 communes présentant des « profils » différents (relation entre la population, à l'échelle logarithmique, et le nombre d'arrêtés CatNat)

b. Étape 2 : estimation des délais avant les premiers impacts des aléas dans les zones exposées (échelle infracommunale)

La deuxième étape consiste à caractériser la cinétique des aléas spatialisables, prévisibles et avec une cinétique rapide (<6h) (Tableau 7.2). Les aléas et menaces non spatialisables à l'échelle communale (ex. : tempête, tornade, canicule), de même que les aléas imprévisibles (ex. : terrorisme, glissement de terrain non suivi par capteurs, séismes, transport de matière dangereuse) ou ceux ayant une cinétique plus lente (ex. : inondation lente, retrait-gonflement des argiles, sécheresse, canicule), ont été exclus de cette étude.

Trois cinétiques ont été différenciées :

- Une cinétique « soudaine » (S), où le temps entre la détection de l'aléa et les premiers effets destructeurs sur la commune est inférieur à 15 minutes ;
- Une cinétique « très rapide » (TR), pour un délai compris entre 15 minutes et 1 heure ;
- Une cinétique « rapide » (R), pour un délai allant d'1 heure à 6 heures.

Les zonages associés pour certains aléas (inondation, submersion marine, avalanche, rupture de barrage) correspondent à l'aléa de référence. Pour les autres aléas, ce sont des données modélisées (tsunami, feu de forêt, accident industriel). Ce zonage correspond alors à la zone maximale pouvant être impactée, car :

- la survenue d'un aléa qui aurait une emprise spatiale comparable à l'emprise maximale estimée est plausible et elle doit être prise en compte ;
- lorsqu'un aléa se produit sur une partie seulement de la zone d'aléa, des individus situés dans la zone d'aléa (même s'ils sont hors de danger) devraient également être

informés/alertés, le fait de recevoir une alerte participant à la prise de conscience du risque (Demeritt *et al.*, 2013).

Tableau 7.2. Cinétique des aléas retenus et bases de données utilisées

	Délai avec les premiers impacts				
Aléas prévisibles spatialisables	Soudaine (S) <15min	Très rapide (TR) [15 min – 1h[	Rapide (R) [1h – 5h]	**Données utilisées**	**Compléments**
Inondation	X	X	X	EAIPce *	/
Submersion marine			X	EAIPsm **	/
Tsunami	X	X	X	MNE 1m BatiAlti	Considérant un run-up maximal de 5 m.
Feu de forêt	X	X	X	Estimée d'après la base OCSOL.	Application d'une zone tampon de 50 m à chaque patch forestier
Avalanche			X	Numérisées d'après la CLPA ***	/
Accident industriel	X	X	X	Données gouvernementales sur les ICPE.	Application d'une zone tampon d'1 km autour du site
Rupture de barrage	X	X	X	Données gouvernementales sur les ondes de crue des barrages	/

* Enveloppe Approchées des Inondations Potentielles de cours d'eau (EAIPce)
** Enveloppe Approchées des Inondations Potentielles de submersion marine (EAIPsm)
*** Carte de Localisation des Phénomènes Avalancheux

c. Étape 3 : Estimation de la population exposée et de son niveau d'agrégation dans les zones exposées

Le nombre et la répartition des individus ont été pris en compte pour caractériser chacune des zones exposées. Afin de prendre en compte les changements de localisation des individus dans le temps, ces données ont été estimées pour 2 scénarios.

Le premier scénario (ScA) localise les individus à leur domicile, simulant les conditions de localisation des individus en période nocturne et/ou en week-end. Les données carroyées de l'INSEE à 200 m (2019) ont été implémentées à la base de données topographique (BD TOPO) de l'IGN (2019) afin de répartir les individus à une échelle plus fine (bâti) qu'un carré de 200 m². La population a été répartie au prorata de la surface et du nombre d'étage(s) de chaque bâtiment. Comme pour les chapitres précédents, seuls les individus de 18 ans et plus ont été retenus et sont pris en compte dans ces estimations.

Le second scénario (ScB) prend en compte la localisation des individus sur leur lieu de travail. Il simule les conditions de localisation des individus durant un jour ouvré. Les données utilisées proviennent de la base emploi de l'INSEE (2017) relative au lieu de travail (LT) des individus. Pour chaque commune, le nombre de retraités, chômeurs et autres inactifs a été additionné pour obtenir un nombre de « non-travaillants ». Ce nombre a été implémenté sur les bâtis de

la BD TOPO de l'IGN, à nouveau au prorata du nombre de bâti. La répartition des travailleurs a été faite selon la catégorie socioprofessionnelle de l'emploi et la nature du bâti (précisée dans la v3 de la BD TOPO) : les agriculteurs ont été localisés dans les bâtis agricoles, les ouvriers dans les bâtis industriels, les commerçants et employés sur les bâtis de commerce et de service et les cadres et professions intermédiaires dans les zones d'activités.

Le niveau d'agrégation des individus permet ensuite de considérer la dispersion des individus dans l'espace. Ce niveau d'agrégation est estimé d'après l'analyse du plus proche voisin, et notamment ici par la distance moyenne entre les individus voisins à alerter (Apparicio *et al.*, 2014 ; Massey & Denton, 1988). Quatre classes d'individus à alerter et trois niveaux d'agrégation ont été différenciés (étape 4, Tableau 7.3). Concernant le nombre d'individus dans chaque zone, les seuils de classification retenus ont été choisis pour anticiper l'évaluation de la capacité des moyens d'alerte à diffuser une alerte : massive (au-delà de 1 000 individus), très massive (plus de 10 000 individus), ciblée (moins de 1000 individus), voire très ciblée (moins de 100 individus). Concernant les limites des niveaux d'agrégation (soit 15 et 25 m), elles sont issues de la classification proposée par Sara Reux, qui utilise la distance au plus proche voisin pour caractériser la diversité des parcelles urbanisées en France (Reux, 2016). La Figure 7.3 présente un exemple de résultat obtenu pour la commune de La Ciotat pour le scénario A, et toutes les étapes de la méthode sont résumées de façon graphique dans la Figure 7.4 (schéma positionné à la fin de la méthode pour une vue globale)

Tableau 7.3. Classification des zones exposées (exemple de lecture : une zone classée TGA+ est peuplée de plus de 10 000 individus séparés en moyenne de moins de 15m de leur voisin le plus proche)

		Individus à alerter			
		Très grand (TG) > 10 000	**Grand (G)** [1 000 – 10 000]	**Faible (F)** [100 – 1 000[	**Très faible (TF)** <100
Niveau d' agrégation	**À+** <15m Très agrégé	**TGA+** Très grand, très agrégé	**GA+** Grand, très agrégé	**FA+** Faible, très agrégé	**TFA+** Très faible, très agrégé
	À [15-25m] Moyennement agrégé	**TGA** Très grand, moy. agrégé	**GA** Grand, moy. agrégé	**FA** Faible, moy. agrégé	**TFA** Très faible, moy. agrégé
	A- >25m Dispersé	**TGA-** Très grand, dispersé	**GA-** Grand, dispersé	**FA-** Faible, dispersé	**TFA-** Très faible, dispersé

Nous avons volontairement retenu des écarts larges pour accentuer les différences entre les zones. Seuls deux scénarios ont été retenus alors que nous en avions envisagé davantage. En effet, nous comptions également faire un scénario « haute saison touristique », « basse saison touristique » et « week-end », mais ces scénarios ont été abandonnés devant la difficulté à localiser avec précisions les touristes (combinés généralement à un départ non chiffré des populations autochtones), et les individus le week-end (variété d'activité, y compris d'un week-end à l'autre pour un même individu). Enfin, dans le scénario B, certains emplois

nécessitent une mobilité régulière (secteur du transport, de l'agriculture, de l'entretien, etc.), mais la méthode ne permet pas de tenir compte de la localisation des individus en temps réel.

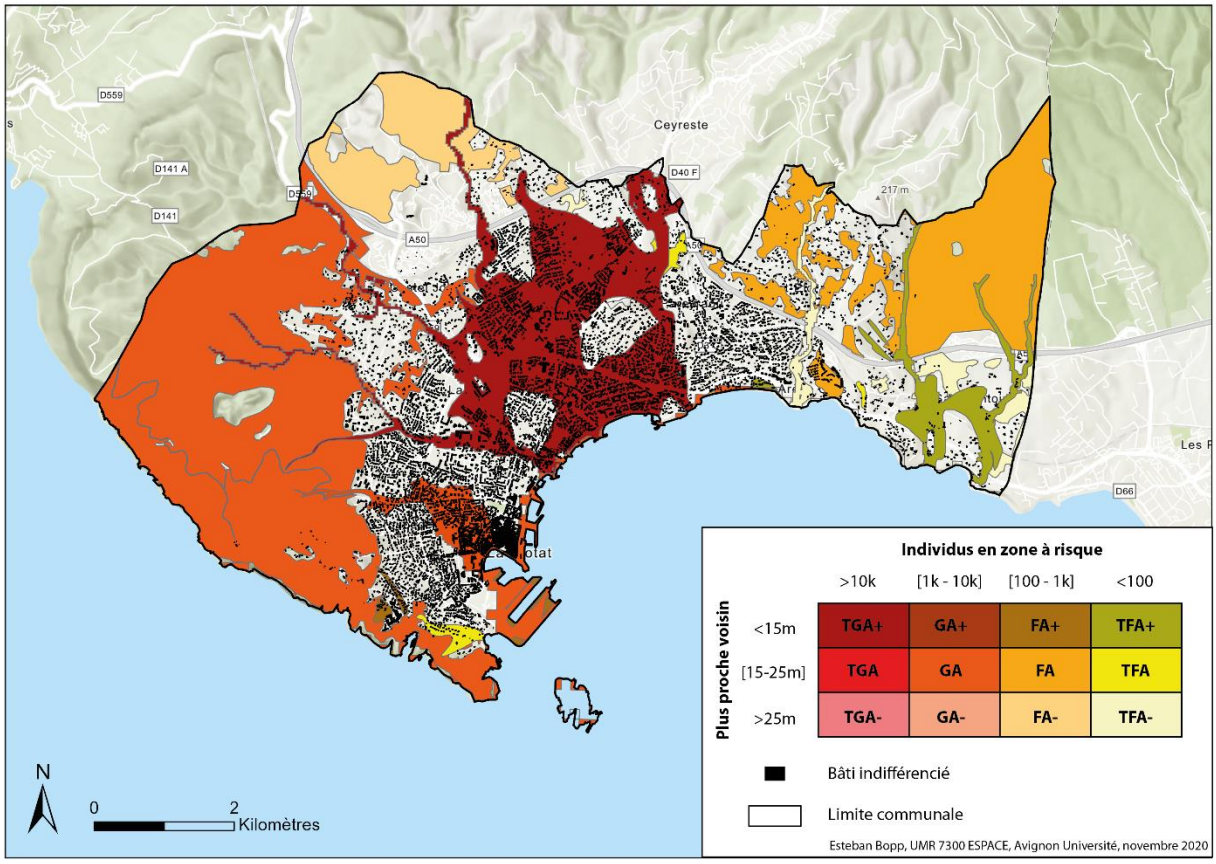


Figure 7.3. Localisation et caractérisation des zones exposées pour la commune de La Ciotat (13) pour le scénario A

7.1.2. Créations de seuils pour définir l'adéquation des moyens

L'objectif est à présent de voir comment les moyens sont adaptés aux profils des communes (étape 1) et aux caractéristiques des zones (étape 2, 3 et 4). Dans ce but, une grille se fondant sur différents seuils d'adaptation des moyens a été créée. Ces seuils ont été fixés en tenant compte des résultats obtenus dans les parties I et II de cette thèse, même si dans certains cas, nous avons dû faire des choix arbitraires. Nous avons ici considéré que l'AAT (automate d'appel téléphonique) permet par défaut d'alerter les individus par message vocal (ce qui a permis de le distinguer des LB-SMS et CBC). Les RSN ont aussi été envisagés comme un moyen de communication (au sein de groupes de discussions restreints), et non comme un réseau de discussions à large échelle. Le tocsin n'a pas été retenu, car il est quasiment inutilisé. La démarche étant adaptable et exploratoire, les seuils retenus peuvent faire l'objet de discussions (voir à la fin de ce chapitre) et être réajustés.

a. Étape 4 : un premier tri à l'échelle de la commune

L'analyse du profil communal permet de faire un premier tri dans les moyens utilisables (Tableau 7.4) :

1) Plus une commune a un nombre d'habitants important, plus elle peut se permettre d'acquérir des solutions d'alerte « onéreuses », car l'investissement de départ s'amortit lorsque le nombre d'individus à alerter augmente. Les solutions d'alerte que l'on considère comme onéreuses sont l'AAT, l'AS et le BA. Il s'agit de solutions développées par le secteur privé. Pour la mise en place d'un de ces trois moyens, une commune doit alors avoir les ressources pour payer au prestataire un abonnement annuel pour avoir accès à l'outil (frais d'équipement), mais il faut aussi anticiper le coût de diffusion des messages d'alerte (frais de fonctionnement). Même si les coûts varient selon les prestataires privés et les régions (Nadesan, 2013), nous estimons ici qu'une solution de ce type serait trop onéreuse pour une commune de moins de 100 habitants. Ce seuil est volontairement bas pour éviter de limiter ces moyens à des communes peu peuplées (entre 100 et 1000 habitants), mais qui seraient en capacité de supporter financièrement ces solutions.

2) Le niveau de développement des réseaux de télécommunication est déterminant dans l'efficacité de l'AAT, l'AS, du LB-SMS et du CBC (Bopp & Douvinet, 2020). Nous estimons que ces moyens ne sont pas adaptés lorsque la couverture des réseaux (estimée *via* le calcul du nombre d'individus « connecté » dans chaque commune dans le chapitre 5) est inférieure à 75% des individus de plus de 18 ans. Si cette donnée est inférieure à 75%, les outils susnommés sont écartés.

3) Pour pouvoir alerter la population par PAP ou EMA, la commune doit être dotée d'un service de secours. Le cas échéant, ces deux solutions ont été écartées. Une exception est néanmoins retenue dans les communes de moins de 1 000 habitants : en effet, nous considérons que le PAP ou l'EMA peut être assuré par les employés municipaux, sans passer par les services de secours.

Tableau 7.4. Seuils retenus pour dissocier les moyens d'alerte en fonction du profil communal

Moyens	Nb hab. communal minimal	Réseaux de télécom.	Services de secours
AAT	100	>75% de la pop. (2,3,4G)	/
AS	100	>75% de la pop (3-4G)	/
BA	100	/	/
CBC	/	>75% de la pop (4G)	/
EMA	/	/	Oui si >1000 hab.
PMV	/	/	/
PAP	/	/	Oui si >1000 hab.
Radio/Tv	/	/	/
RSN	/	>75% de la pop (4G)	/
Sirène	/	/	/
SV	/	/	/
LB-SMS	/	>75% de la pop. (2,3,4G)	/

b. Étape 5 : un second tri selon les caractéristiques des zones exposées

À l'échelle des zones exposées (échelle infracommunale), d'autres seuils ont été retenus :

1) Certains moyens peuvent être inadaptés en fonction du délai d'occurrence de l'aléa :
    a. L'AAT, l'AS et le LB-SMS peuvent ne pas être adaptés pour des délais supérieurs à 15 minutes ou 1h en fonction du nombre d'individus à alerter (risque de congestion).
    b. Le PAP et l'EMA (des modes de diffusion chronophages) ne sont pas adaptés pour un aléa ayant une cinétique soudaine. Dans le cas d'une cinétique rapide, ils sont adaptés en fonction du nombre d'individus à alerter (moins de 100).
    c. L'alerte par médias (radio, télévision) est chronophage (contact avec le média, édiction du message puis diffusion) et n'est pas adaptée pour un aléa soudain.

2) D'autres moyens ne sont pas adaptés lorsque le nombre d'individus à alerter est faible :
    a. Si le nombre d'individus à alerter est inférieur à 100, nous pensons que le CBC et le LB-SMS ne sont pas pertinents étant donné que ces moyens fonctionnent sur une cellule d'une superficie qui peut être bien plus vaste que la zone à alerter. Dans ce cas, des moyens plus ciblés (PAP ou EMA par exemple) doivent plutôt être privilégiés.
    b. Un seuil minimal de 50 individus a été choisi pour les médias (radio/télévision), la sirène et la sirène vocale. Ces solutions peu précises (émission d'une alerte sur une vaste zone sans viser spécifiquement un petit nombre d'individus à alerter) doivent par contre être privilégiées pour des alertes plus « massives ».

3) D'autres outils ne sont également pas adaptés lorsque le nombre d'individus est élevé à cause des risques de congestion sur les réseaux de télécommunication. Même si ce risque est impossible à quantifier avec précision (de nombreuses variables entrent en jeu, par exemple l'augmentation des communications en période de crise), on considère que ce risque est susceptible de se produire pour :
    a. L'AAT, l'AS et le LB-SMS, lorsqu'un trop grand nombre de messages doit être délivré sur un laps de temps très court (Yun *et al.*, 2010). Le seuil retenu ici est de 10 000 individus en moins de 15 minutes et pour des aléas soudains.
    b. L'AAT, quand il faut alerter plus de 30 000 individus en moins d'une heure.

4) L'agrégation des individus doit être élevée pour les moyens de diffusions massifs
    a. La sirène et le PAP sont peu pertinents dans les zones où la moyenne des voisins le plus proche est supérieure à 25 m.
    b. La SV, à cause d'un niveau d'émission sonore faible, est peu adaptée lorsque la moyenne du voisin le plus proche est supérieure à 15 m.
    c. L'EMA est moins pertinent dans des zones où l'habitat est très dispersé (avec une moyenne du voisin le plus proche qui est supérieure à 25 m) et d'autant plus parce que ces zones correspondent à des formes d'urbanisme où l'habitat peut être relativement éloigné de la voirie.

5) L'utilisation du PMV dépend de la présence d'une route importante coupant la zone exposée à l'aléa (Tableau 7.5.).

L'ensemble de ces choix méthodologiques sont résumés par une matrice (Tableau 7.6).

Tableau 7.5. Seuils retenus pour discriminer les moyens d'alerte à l'échelle des zones exposées

Moyens	Cinétique de l'aléa	Ind. minimal à alerter	Ind. max. à alerter	Agrégation ($\bar{x}$ + proche voisin)	Contact voirie/aléa
AAT	Dépend du nb. d'ind. à alerter	/	10k/15 min. 30k/1h	/	/
AS	Dépend du nb. d'ind. à alerter	/	10k/15 min.	/	/
BA	Soudaine	/	100	/	/
CBC	Soudaine	100	/	/	/
EMA	Très rapide ou rapide (selon le nb d'ind. à alerter)	/	1000	<25m	/
PMV	Soudaine	/	/	/	oui
PAP	Très rapide ou rapide (selon le nb d'ind. à alerter)	/	1000	<25m	/
Radio/Tv	Très rapide	50	/	/	/
RSN	Soudaine	/	1000	/	/
Sirène	Soudaine	50	/	<25m	/
SV	Soudaine	50	/	<15m	/
LB-SMS	Dépend du nb. d'ind. à alerter	100	10k/15 min.	/	/

Tableau 7.6. Adéquation des moyens d'alerte aux différentes catégories des zones exposées selon les choix méthodologiques de l'étape 6 (x = moyen adapté)

		AAT	AS	BA	CB	EMA	PAP	Radio/Tv	RSN	Sirène	SV	LB-SMS
TGA+	Soudain				X					X	X	
	Très Rapide				X			X		X	X	
	Rapide	X	X		X			X		X	X	X
TGA	Soudain				X					X		
	Très Rapide				X			X		X		X
	Rapide	X	X		X			X		X		X
TGA-	Soudain				X							X
	Très Rapide	X	X		X			X				X
	Rapide	X	X		X			X				X
GA+	Soudain	X			X					X	X	X
	Très Rapide	X	X		X			X		X	X	X
	Rapide	X	X		X			X		X	X	X
GA	Soudain	X			X					X		X
	Très Rapide	X	X		X			X		X		X
	Rapide	X	X		X			X		X		X
GA-	Soudain	X			X							X
	Très Rapide	X	X		X			X				X
	Rapide	X	X		X			X				X
FA+	Soudain	X	X		X				X	X	X	X
	Très Rapide	X	X		X			X	X	X	X	X
	Rapide	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
FA	Soudain	X	X		X				X	X		X
	Très Rapide	X	X		X			X	X	X		X
	Rapide	X	X		X	X	X	X	X	X		X
FA-	Soudain	X	X		X				X			X
	Très Rapide	X	X		X			X	X			X
	Rapide	X	X		X	X		X	X			X
TFA+	Soudain	X	X	X					X	X	X	
	Très Rapide	X	X	X		X	X		X	X	X	
	Rapide	X	X	X		X	X		X	X	X	
TFA	Soudain	X	X	X					X	X		
	Très Rapide	X	X	X		X	X		X	X		
	Rapide	X	X	X		X	X		X	X		
TFA-	Soudain	X	X	X					X			
	Très Rapide	X	X	X		X			X			
	Rapide	X	X	X		X			X			
Nb adéquation		36	31	28	9	27	9	6	18	18	24	12	24

L'adaptabilité est donc hétérogène : aucun moyen n'est adapté à toutes les configurations possibles (36 configurations en tout ; Tableau 7.7). L'AAT (31/36) et l'AS (28/36) font partie des moyens d'alerte les plus « souples », car ils sont adaptés à une grande diversité de zones. En revanche, le PAP (6/38), l'EMA (9/38) et le BA (9/38) sont moins « souples ». Les moyens à large diffusion peuvent être utilisés à la fois dans des zones exposées denses et dans des zones exposées faiblement peuplées là où les moyens à diffusion individualisée ne sont adaptés qu'à des configurations où le nombre d'individus à alerter est faible.

c. Étape 6 : application de la matrice pour chaque zone à alerter et chaque scénario

Un indice de variabilité a été créé pour quantifier la variabilité des moyens d'alerte entre chaque zone des communes. Cet indice exprime le degré de variation de l'ensemble des moyens dans les différentes zones de la commune. Il est formulé ainsi :

$$\frac{\sum \mathrm{RVma}}{\mathrm{Nma}}$$

Avec

- *RVma* : le rapport de variation [0 ;1] entre le plus petit nombre de zones où le moyen est adapté et/ou non adapté et le plus grand nombre de zones où le moyen est adapté et/ou non adapté (calculé pour chaque moyen adapté à la commune). Exemple : un moyen adapté dans 6 zones et non adapté dans 6 autres : Rvar = 6/6 = 1. Exemple n°2 : un moyen adapté dans 2 zones et non adapté dans 8 autres (ou l'inverse) : Rvar = 2/8 = 0,25.
- *Nma* : le nombre de moyens d'alerte adaptés pour chaque commune.

L'adéquation des moyens pour chaque zone à alerter est ensuite comparée entre le scénario A et le scénario B. Au sein de chaque zone, on obtient ainsi une variabilité des moyens d'alerte pouvant être utilisés si la nature de la zone à alerter varie entre le scénario A et B. Cette étape est illustrée par la Figure 7.7 (scénario A) et la Figure 7.8 (scénario B) pour la commune de La Ciotat.

d. Étape 7 : synthèse de l'adaptation des moyens à l'échelle de la commune

Pour finir, l'étape 7 consiste à faire la synthèse de l'étape 5 et 6 en précisant les moyens adaptés à la commune et ceux qui ne le sont pas. Un moyen est considéré comme adapté à la commune s'il est adapté au profil communal (étape 4) et à au moins une zone à alerter, quel que soit le scénario (étape 5 et 6). Autrement dit, il suffit qu'un moyen soit adapté à une seule zone de la commune pour être considéré comme adapté à la commune (peu importe la superficie de la zone et le nombre d'individus à alerter qui y est localisé).

On peut illustrer cette démarche en gardant l'exemple de La Ciotat :

- Premièrement, aucun moyen n'est écarté après l'étape 5 (la commune est densément peuplée, bien couverte par les réseaux de télécommunication et dispose de moyens humains) ;
- Dans l'étape 6, les 12 moyens d'alerte sont tous adaptés à au moins une zone à alerter de la commune (il y en a 17) sur au moins un scénario (Figure 7.7 ; Figure 7.8).
- Finalement, l'ensemble des 12 moyens peuvent être utilisés à La Ciotat (étape 7).

L'ensemble de la méthode est résumé dans la Figure 7.4 et Figure 7.5.

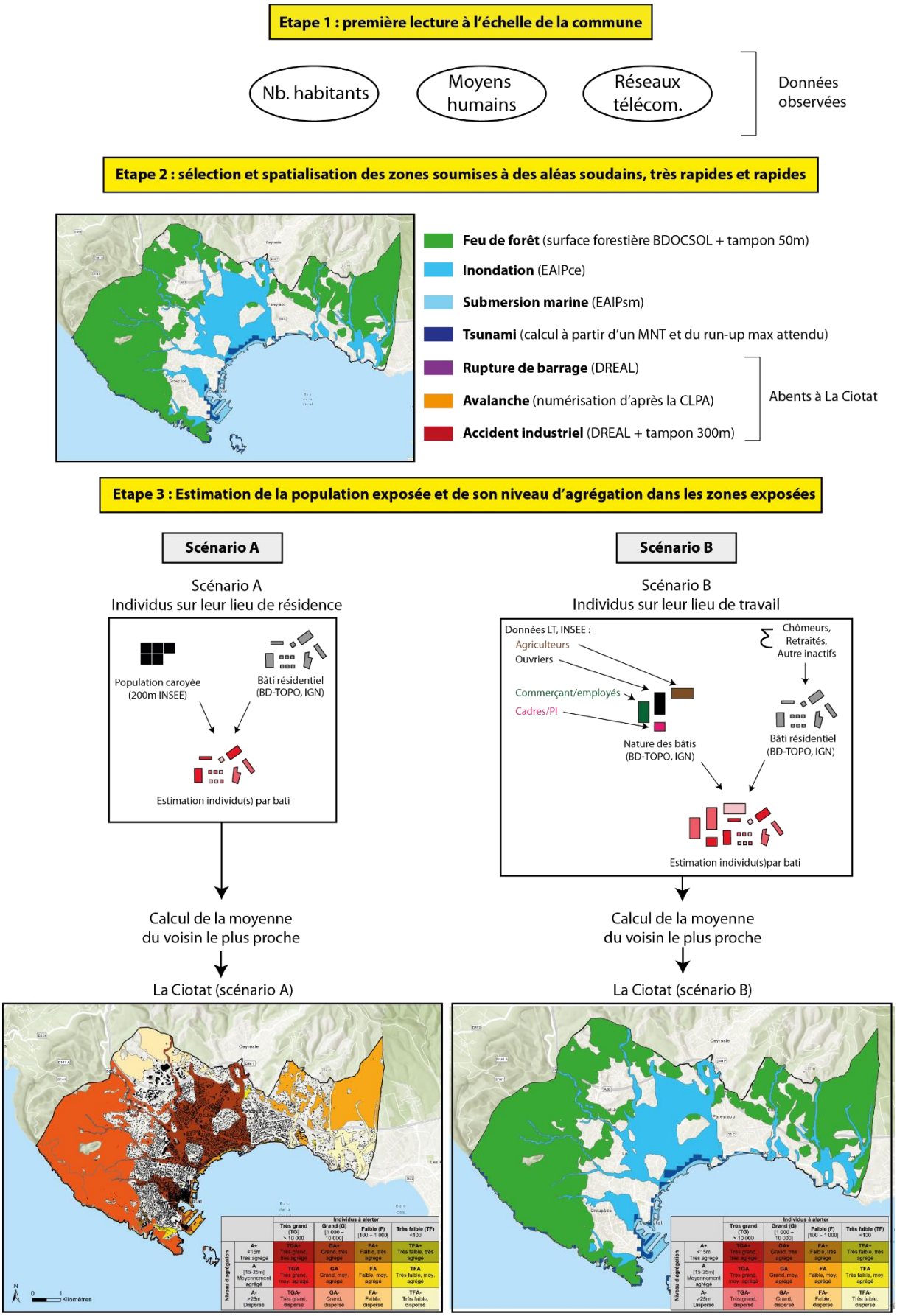


Figure 7.4. Résumé de la méthode (étape 1 à 3)

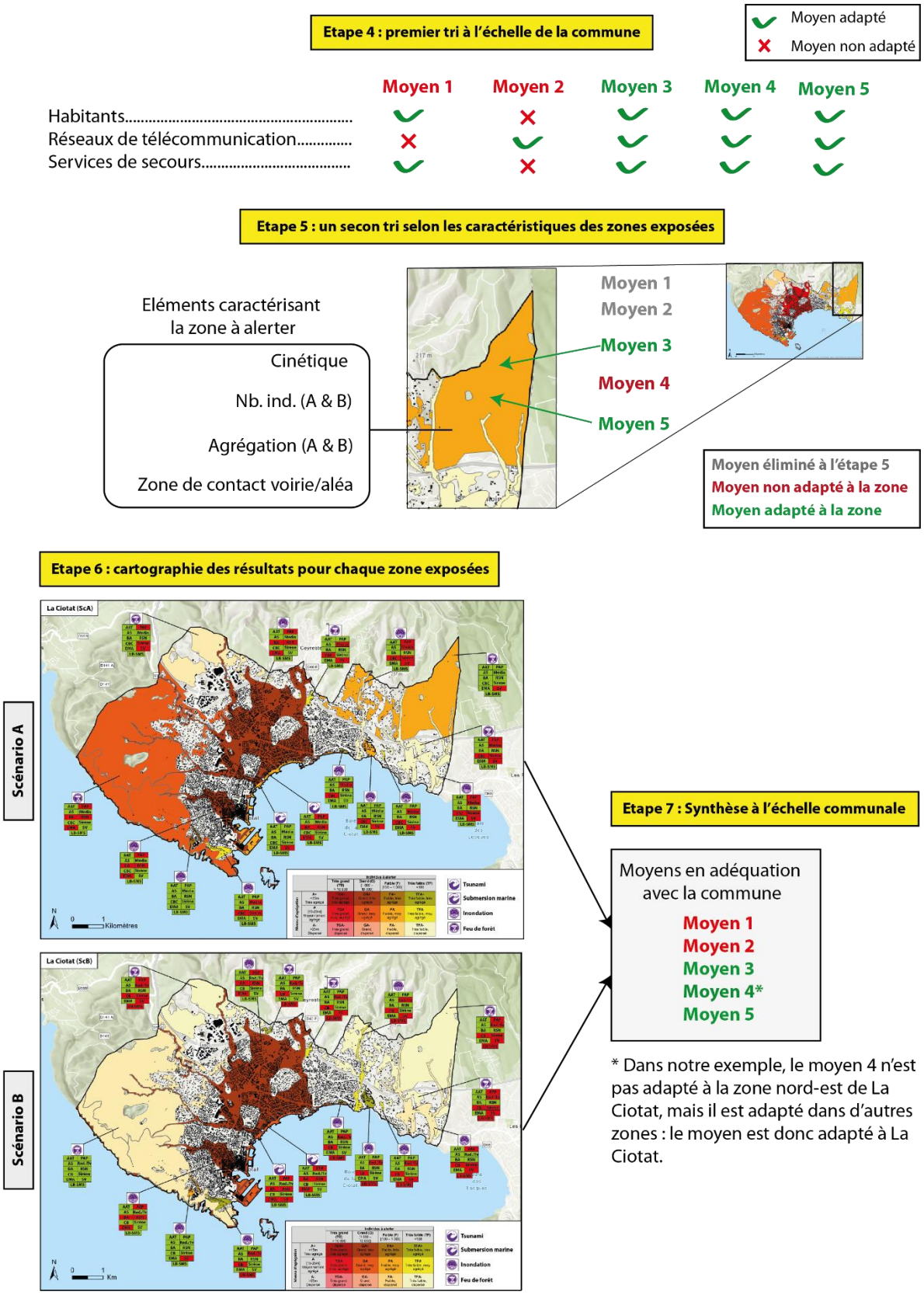


Figure 7.5. Résumé de la méthode (étape 4 à 7)

Pour résumer : la méthode repose sur un premier tri des moyens d'alerte à l'échelle communale, puis sur une catégorisation des zones exposées à l'échelle infracommunale. Cette catégorisation repose sur la cinétique des aléas, le nombre d'individus à alerter et leur niveau d'agrégation pour deux scénarios à temporalité différente (jour/nuit). L'ensemble de ces informations permettent de déterminer les moyens d'alertes utilisables pour chacune des zones exposées et chacun des deux scénarios**.**

7.2. Résultats obtenus sur les 12 communes

L'analyse des résultats suit les étapes 4 à 7. L'adaptation des moyens d'alerte aux trois types de données observées à l'échelle communale est d'abord étudiée (étape 4). L'analyse est ensuite menée à l'échelle infracommunale pour y observer la variabilité des zones exposéesdans l'espace (étape 5) et dans le temps (comparaison du scénario A et B, étape 6). Puis la synthèse aboutit à la comparaison des moyens adaptés entre les 12 communes (étape 7).

7.2.1. Un premier tri rédhibitoire pour certaines communes (étape 4)

Les conséquences du premier tri réalisé en observant le nombre d'habitants, la couverture des réseaux de télécommunication et l'existence de services de secours sont variables (Tableau 7.7). Aucun moyen d'alerte n'est supprimé dans six communes (parmi lesquelles on trouve les cinq communes les plus peuplées de l'échantillon). Ces six communes se caractérisent par des taux d'individus couverts par les réseaux de télécommunication élevés, et par la présence de services de secours, ce qui n'est pas le cas pour les six communes restantes.

Tableau 7.7. Adéquation des moyens d'alerte aux profils des 12 communes (*vert = moyen adapté ; gris = moyen non adapté*)

Avignon	Cannes	La Ciotat	Uzès	Digne	Le Castellet	St-Et.-de-T	St-Julien	Plan-d'Aups	Beaumont	St-Privat	Rabou
Hab: 92378	Hab : 74152	Hab : 35366	Hab : 8491	Hab : 16186	Hab : 289	Hab : 1551	Hab : 2413	Hab : 2113	Hab : 1139	Hab : 406	Hab : 76
AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT
AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS
BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA
CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB
EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA
LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS
PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP
PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV
Radio/TV	Radio/TV	Radio/TV	Radio/TV	Radio/TV	Radio/TV	Radio/TV	Radio/Tv	Radio/Tv	Radio/Tv	Radio/TV	Radio/Tv
RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN
Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène
SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV

Une baisse du nombre de moyens utilisables (parfois très importante) est toutefois observée pour certaines communes :

- Une commune (Rabou), peu peuplée, mal reliée aux réseaux de télécommunication, et qui ne dispose pas de services de secours : à ce stade trois moyens sur 12 peuvent encore être utilisés.
- Trois communes sont caractérisées par une faible connexion aux réseaux de télécommunication, ce qui élimine la possibilité d'utiliser l'AAT, l'AS, les RSN et le LB-

SMS. À ce stade seuls six moyens d'alerte peuvent être utilisés pour Saint-Privat et sept pour Beaumont-de-Pertuis et Plan d'Aups-Sainte-Beaume.

- Deux communes se caractérisent par une réduction mesurée du nombre de moyens : à ce stade, dix moyens peuvent être utilisés à Saint-Julien (mal reliée à la 4G et ne disposant pas de services de secours), et 11 moyens peuvent être utilisés à Saint-Etienne-de-Tinée (mal reliée à la 4G).

7.2.2. Une offre influencée par la diversité des zones exposées (étape 5)

Les communes fortement peuplées (Avignon, La Ciotat, Cannes) ont un nombre très élevé de zones (respectivement 58, 34 et 22, en additionnant les zones des deux scénarios) tandis que le nombre de zones est inférieur à 15 pour les autres communes. Plus que le nombre de zones, c'est en réalité la variabilité de la nature des zones exposéesqui peut jouer sur la diversité des moyens d'alerte. Les communes ayant une morphologie urbaine hétérogène ont tendance à avoir une forte variabilité des zones exposées. C'est le cas des communes urbaines comme Avignon (7 zones différentes), Cannes et La Ciotat (9 zones différentes) tandis que le nombre de zones différentes pour les autres communes n'excède pas 5 (Figure 7.6). Si les communes peuvent avoir plusieurs zones exposées ayant la même caractéristique (cinq zones classées TFA- à Rabou, six zones classées FA+ à Avignon, etc.), toutes les communes sont concernées par une variabilité des caractéristiques des zones exposées (au minimum deux zones de nature différente). Les cartographies des zones exposées des 12 communes sont données en annexes.

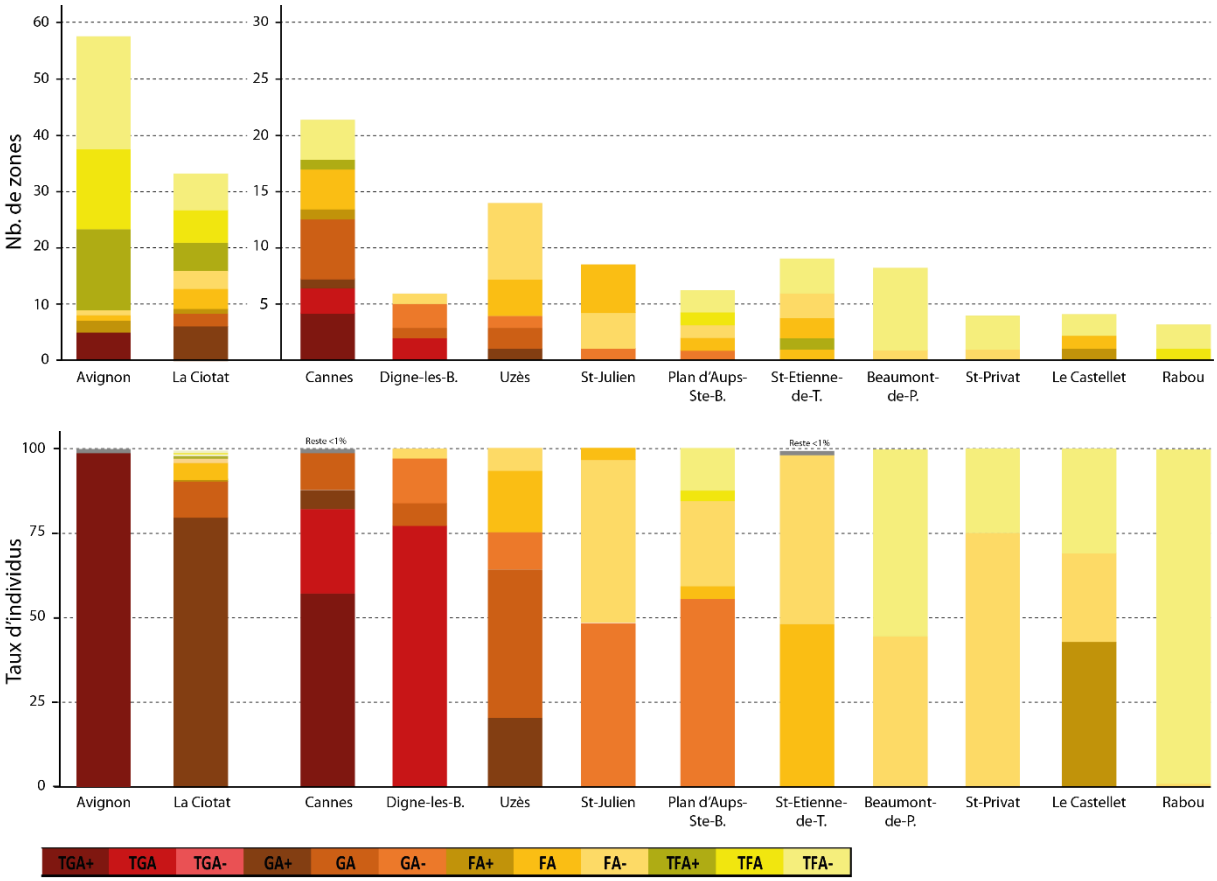


Figure 7.6. Nombre et variabilité des zones exposées et taux d'individus dans chaque zone

Toutes les communes sont concernées par une variabilité des moyens adaptés aux différentes zones exposées (Tableau 7.8). En effet, l'indice de variabilité des 12 communes est toujours supérieur à 0, même si certaines communes ont un indice de variabilité très bas (Beaumont-de-Pertuis, Saint-Privat, Digne-les-Bains). Ces communes ont un faible nombre de zones et, par conséquent, les moyens sont généralement adaptés ou non adaptés à toutes les zones. D'autres communes ont un indice plus élevé, notamment les communes de Cannes et La Ciotat qui ont une grande diversité de zones exposées. Certains moyens comme l'AAT, l'AS, le PMV sont adaptés dans un très grand nombre de zones et contribuent à faire baisser les indices de vulnérabilité des communes. Cela explique le fait qu'aucun indice n'est supérieur à 0,5.

Tableau 7.8. Variabilité des zones exposées et des moyens d'alerte pour les 12 communes

Communes	Nombre de zones différentes	Nombre de moyens adaptés	Indice de variabilité [0, faible ; 1, fort]
Avignon	7	12	0,23
Cannes	9	12	0,39
La Ciotat	9	12	0,45
Uzès	5	11	0,19
Digne-les-Bains	4	9	0,13
Le Castellet	3	12	0,25
Saint-Etienne-de-Tinée	5	11	0,34
Saint-Julien	3	7	0,31
Plan d'Aups	5	6	0,35
Beaumont-de-Pertuis	2	4	0,02
Saint-Privat	2	4	0,07
Rabou	2	2	0,25

Avec 9 types de zones différentes (en additionnant les scénarios A et B), la commune de La Ciotat rend compte de la diversité infracommunale de l'adaptation des moyens d'alerte (Figure 7.7 et Figure 7.8). Seuls l'AAT, l'AS et le SMS peuvent être utilisés dans l'ensemble des zones, quel que soit le scénario. Les autres moyens peuvent être utilisés dans certaines zones, mais pas uniformément sur l'ensemble du territoire communal. Dès lors, l'équipement et la localisation des moyens d'alerte doivent bien être réfléchis à une échelle infracommunale.

À titre de comparaison, les communes de Saint-Julien et de Digne-les-Bains ont une diversité de zone à alerter beaucoup plus faible (Figure 7.9). À Saint-Julien, la sirène et la sirène vocale, deux moyens adaptés à la commune lors du premier tri (étape 4), ne peuvent finalement pas être utilisées, car ils ne sont adaptés à aucune des trois zones, quel que soit le scénario. À Digne-les-Bains, c'est le boîtier alerte, le porte-à-porte et la sirène vocale qui ne sont adaptés à aucune zone, quel que soit le scénario.

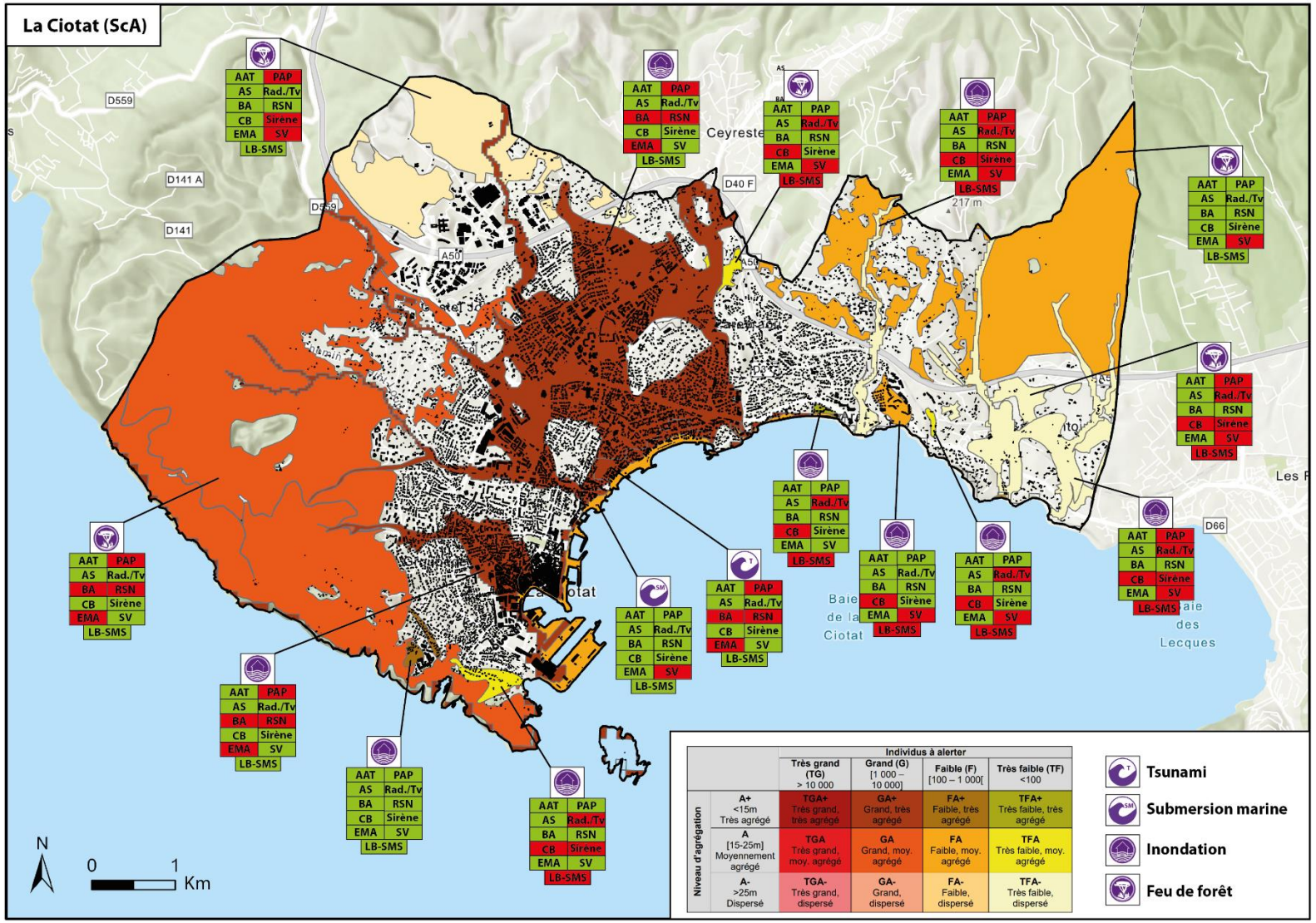


Figure 7.7. Variabilité spatiale à l'échelle infracommunale des moyens d'alerte utilisable à La Ciotat (13) pour un scénario où les individus sont situés à leur domicile (ScA)

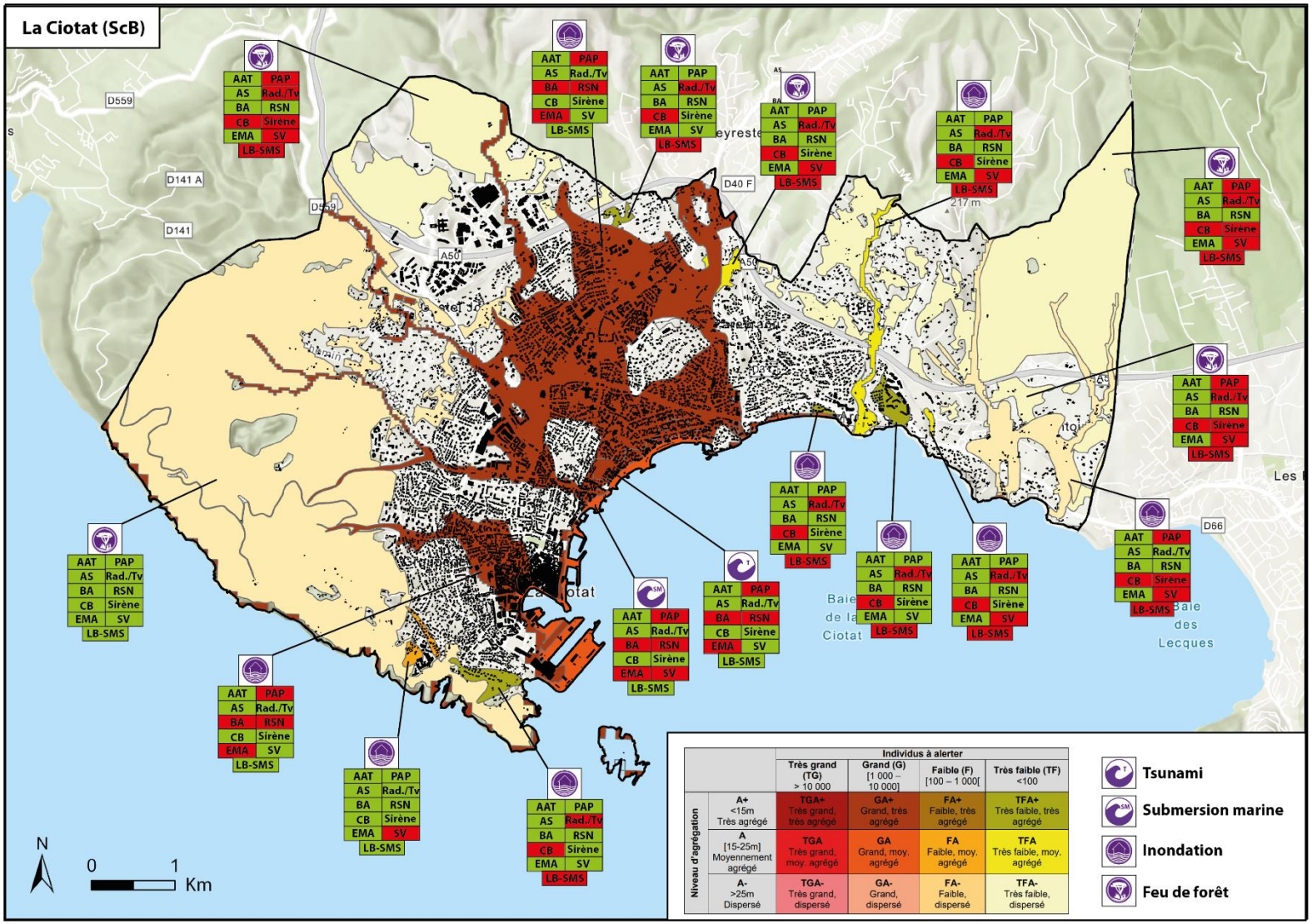
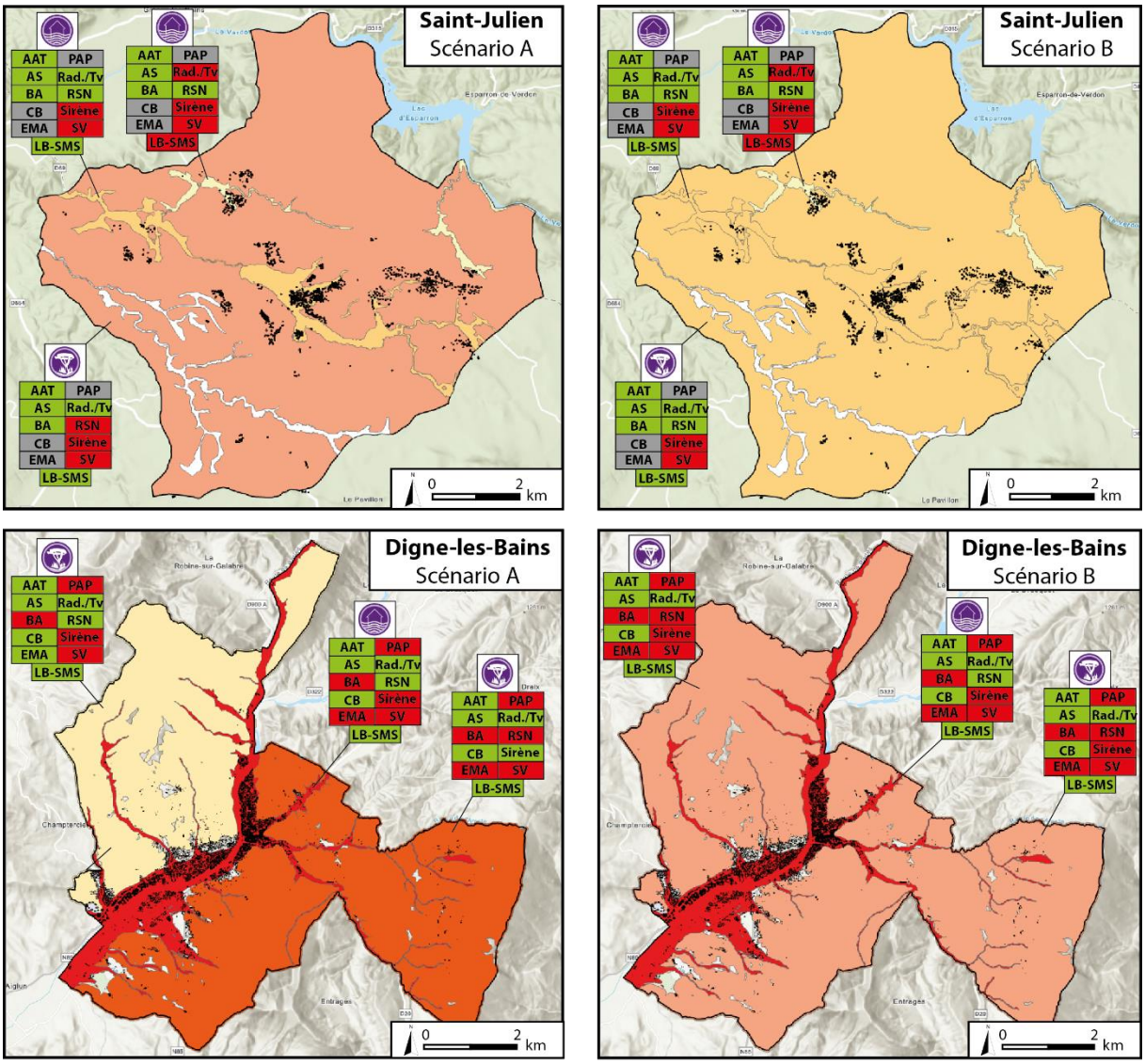


Figure 7.8. Variabilité spatiale à l'échelle infracommunale des moyens d'alerte utilisable à La Ciotat (13) pour un scénario où les individus sont situés sur leur lieu de travail (ScB)



		Individus à alerter			
		Très grand (TG) > 10 000	Grand (G) [1 000 – 10 000]	Faible (F) [100 – 1 000[	Très faible (TF) <100
Niveau d'agrégation	A+ <15m Très agrégé	TGA+ Très grand, très agrégé	GA+ Grand, très agrégé	FA+ Faible, très agrégé	TFA+ Très faible, très agrégé
	A [15-25m] Moyennement agrégé	TGA Très grand, moy. agrégé	GA Grand, moy. agrégé	FA Faible, moy. agrégé	TFA Très faible, moy. agrégé
	A- >25m Dispersé	TGA- Très grand, dispersé	GA- Grand, dispersé	FA- Faible, dispersé	TFA- Très faible, dispersé

Inondation

Feu de forêt

Figure 7.9. Variabilité spatiale à l'échelle infracommunale des moyens d'alerte utilisable à St-Julien (83) et à Digne-les-Bains Ciotat (04) pour les deux scénarios

7.2.3. Une adaptation qui évolue selon les scénarios (étape 6)

Toutes les communes ont au moins une zone exposée dont les caractéristiques changent entre le scénario A (nocturne) et B (diurne). Sur les 91 zones identifiées sur les 12 communes, 39 ne changent pas de caractéristiques entre le scénario A et B, contrairement aux 52 autres. Cela signifie que la stratégie d'alerte (quel moyen utiliser ?) varie dans la journée.

Lorsque l'on fait la synthèse à l'échelle de la commune des moyens adaptés pour le scénario A puis B, et que l'on compare les résultats, les différences ne sont pas systématiques. La liste des moyens adaptés ne varie pas entre les deux scénarios pour cinq communes : Avignon, Cannes, La Ciotat, Plan d'Aups-Sainte-Beaume et Saint-Julien (Tableau 7.9). Ce constat est en partie expliqué par le grand nombre de zones exposées dans ces communes. Pour les autres communes, le nombre de moyens d'alerte utilisable est généralement plus important pour le scénario A (6 communes) que pour le scénario B (une seule commune). A Saint-Etienne-de-Tinée par exemple, le PAP et la SV ne sont pas adaptés en journée quand les individus sont localisés sur leur lieu de travail (où il y a seulement deux zones de différentes caractéristiques), mais le sont la nuit lorsque les individus sont localisés à leur domicile (3 zones de différentes caractéristiques). Les moyens éliminés lors du premier tri (étape 4 et en gris dans le Tableau 7.9) n'ont pas d'impacts ici.

Tableau 7.9. Variabilité des moyens d'alerte selon les scénarios (ScA et ScB) pour chacune des 12 communes (*vert = moyen adapté ; rouge = moyen non adapté ; gris = moyen non adapté au profil de la commune lors de l'étape 5*)

Avignon		Cannes		La Ciotat		Le Castellet		Uzès		St-Etienne-de-T	
A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Hab : 92378	Emp : 94004	Hab : 74152	Emp : 70048	Hab : 35366	Emp : 27071	Hab : 289	Emp : 139	Hab : 8491	Emp : 9560	Hab : 1551	Emp : 951
AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT
AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS
BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA
CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB
EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA
LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS
PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP
PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV
Radio/TV	Radio/TV	Radio/TV	Radio/TV	Radio/TV	Radio/TV	Radio/TV	Radio/TV	Radio/TV	Radio/TV	Radio/TV	Radio/TV
RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN
Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène
SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV

Digne-les-Bains		St-Julien		Plan-d'Aups		St-Privat		Beaumont		Rabou	
A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Hab : 16186	Emp : 20425	Hab : 2413	Emp : 950	Hab : 2113	Emp : 841	Hab : 406	Hab : 90	Hab : 1139	Emp : 541	Hab : 76	Emp : 70
AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT
AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS
BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA
CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB
EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA
LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-MS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS
PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP
PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV
Radio/TV	Radio/TV	Radio/Tv	Radio/Tv	Radio/Tv	Radio/Tv	Radio/TV	Radio/TV	Radio/Tv	Radio/Tv	Radio/Tv	Radio/Tv
RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN
Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène
SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV

7.2.4. Mise à jour d'une typologie selon le nombre de moyens adaptés (étape 7)

Même si le nombre de communes est limité, des groupes émergent (Tableau 7.10.) :

- **L'ensemble des moyens d'alerte (12)** peuvent être utilisés sur **quatre communes** :
  - Trois sont des communes très peuplées et ont un nombre important de zones exposées (Avignon, Cannes et La Ciotat) ;
  - Une est peu peuplée et a un faible nombre de zones exposées (Le Castellet).

- **Deux communes** pourraient utiliser jusqu'à **11 moyens** (Uzès et Saint-Etienne-de-Tinée). Il s'agit de communes ayant un nombre variable d'habitants et ayant un nombre de zones exposées réduit. La non-adaptation d'un moyen s'explique, car :
    - Uzès n'a pas de zone à alerter peu peuplée (classées en TFA) : le boîtier alerte n'est pas adapté.
    - Pour Saint-Etienne-de-Tinée, la faiblesse du réseau 4G explique la non-adaptation du CBC.

- **Deux communes** ont un nombre **restreint de moyens non adaptés** (Digne-les-Bains qui a trois moyens non adaptés et Saint-Julien qui en a cinq). Dans les communes ayant un nombre de zones exposées faible, certaines possibilités d'alertes sont réduites (pas de zone à alerter en TFA à Digne-les-Bains et en TGA à Saint-Julien).

- **Trois communes** ont un nombre **conséquent de moyens d'alerte non adaptés** (Plan-d'Aups-Sainte-Beaume qui a six moyens non adaptés, Saint-Privat et Beaumont-de-Pertuis qui en ont toutes les deux huit). Il s'agit de communes déjà identifiées à l'étape 5 où les réseaux de télécommunication sont faibles et où les moyens d'alerte centrés sur la téléphonie mobile ne peuvent être utilisés. S'ajoute à cela un nombre de zones exposées faible (entre deux et quatre) ce qui limite d'autant plus la variabilité des moyens d'alerte utilisables pour ces trois communes.

- **La commune de Rabou** ne peut utiliser que deux moyens (le PMV et la Sirène). La commune est faiblement peuplée avec un habitat spatialement très étalé ce qui rend peu efficiente l'alerte par PAP. Il s'agit d'une commune difficilement alertable.

Tableau 7.10. Adéquation des moyens d'alerte aux profils et aux différentes zones exposées des 12 communes (vert = moyen d'alerte adapté au moins à une zone exposée de la commune, gris = moyen d'alerte non adapté à la commune lors du premier tri (étape 4), rouge = moyen adapté a aucune zone exposée de la commune)

Avignon	Cannes	La Ciotat	Le Castellet	Uzès	St-Et.-de-T.	Digne-les-B.	St-Julien	Plan-d'Aups	St-Privat	Beaumont	Rabou
Hab: 92378 Nb zones : 30	Hab : 74152 Nb zones : 11	Hab : 35366 Nb zones : 17	Hab : 289 Nb zones : 3	Hab : 8491 Nb zones : 7	Hab : 1551 Nb zones : 6	Hab : 16186 Nb zones : 3	Hab : 2413 Nb zones : 5	Hab : 2113 Nb zones : 3	Hab : 406 Nb zones : 2	Hab : 1139 Nb zones : 4	Hab : 76 Nb zones : 2
AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT
AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS
BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA
CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB
EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA
LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS
PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP
PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV
Radio/TV	Radio/TV	Radio/TV	Radio/TV	Radio/TV	Radio/TV	Radio/TV	Radio/Tv	Radio/Tv	Radio/TV	Radio/Tv	Radio/Tv
RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN
Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène
SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV

Deux facteurs peuvent expliquer un tel résultat :

Premièrement, le premier tri (étape 5) est peu contraignant lorsque la commune est fortement peuplée. Nos positionnements méthodologiques font que le faible nombre d'habitants est un paramètre restreignant le développement de 7 moyens d'alerte sur 12. Les communes moins

peuplées sont également moins bien équipées concernant les services de secours et les réseaux de télécommunication (*cf.*, chapitre 5). Une commune ayant un nombre d'habitants faible se caractérise généralement par une urbanisation plus dispersée par rapport aux centres urbains (Smailes *et al.*, 2002) et donc une moins bonne alertabilité par LBAS (Bopp & Douvinet, 2020). Il faut bien évidemment rappeler que dans nos choix de communes, nous avons volontairement pris des communes où les réseaux de télécommunication sont peu développés afin d'y observer quelles alternatives aux LBAS étaient possibles.

Deuxièmement, le nombre moyen de zones d'alerte est nettement supérieur pour les communes de plus de 10 000 habitants (16 zones en moyenne) par rapport aux communes de moins de 10 000 habitants (3,5 zones en moyenne). Un nombre de zones d'alerte important induit nécessairement de la variabilité dans la catégorisation de ces zones. Or plus les zones d'alerte sont nombreuses et variées, plus le nombre de moyens d'alerte adaptés est grand. Cela signifie donc bien que les communes ayant un faible nombre ou une faible variabilité de zones d'alerte ont des choix d'équipement relativement restreints. Sept communes sur 12 ont « perdu » des moyens d'alerte qui étaient en adéquation avec les caractéristiques globales communales, mais pas avec les caractéristiques des zones (Tableau 7.10) : Digne-les-Bains (3 moyens éliminés après l'analyse zonale), Saint-Privat (2), Beaumont-de-Pertuis (2), Saint-Julien (2), Uzès (1), Rabou (1), Plan d'Aups-Sainte-Beaume (1).

Les coefficients de corrélations calculés permettent d'ailleurs de conforter un peu plus de telles observations. Le coefficient de corrélation (rho de Spearman) entre le nombre d'habitants et le nombre de moyens adaptés est de rho=0,69 (P=0,01*). Le coefficient de corrélation entre le nombre de zones et le nombre de moyens d'alerte adapté est de rho=0,83 (P<0,005**). Le coefficient de corrélation entre le nombre de typologies de zones exposées et le nombre de moyens d'alerte en adéquation est de rho=0,87 (P<0,0005***).

Pour résumer : il existe trois niveaux de variabilité dans l'adaptation des moyens d'alerte aux communes : 1) **Une variabilité intercommunale** (la liste des moyens adaptés varie selon le profil des communes et selon la variabilité des zones exposées au sein des communes) ; 2) **Une variabilité infracommunale** (un moyen n'est pas nécessairement adapté pour l'ensemble du territoire communal et l'adaptation varie selon la cinétique des aléas, le nombre d'individus à alerter et leur agrégation spatiale) ; 3) **Une variabilité temporelle** (l'adaptation des moyens d'alerte peut varier en fonction de la mobilité des individus, et de leur présence supposée).

De ces résultats, deux postulats émergents : 1) **la diversité de l'offre est influencée par l'hétérogénéité des zones exposées** : il faut donc éviter d'avoir une lecture anisotrope de l'espace à l'échelle communale dans les choix d'équipement en moyens d'alerte ; 2) une commune ayant une faible hétérogénéité des zones exposées n'a pas nécessairement besoin d'une grande diversité de moyens d'alerte, ce qui **pourrait justifier une certaine inégalité d'équipement** entre communes.

7.3. Discussions (1) : des effets de seuils multiples

7.3.1. Des résultats dépendant des communes et des seuils choisis

Nous avons cherché à identifier les moyens d'alerte « les plus adaptables » c'est-à-dire ceux qui s'adaptent le plus facilement aux contraintes des communes et aux contraintes leurs zones exposées. Nous avons donc classé les moyens d'alerte en fonction du nombre de fois où ils sont adaptés aux 194 zones exposées (97 zones pour chaque scénario). Deux moyens centrés sur la téléphonie mobile sont 1er *ex aequo* (Figure 7.10) : l'AAT et l'AS qui sont adaptés dans 154 zones sur 194. Tous les moyens centrés sur la téléphonie mobile n'ont toutefois pas ce niveau d'adaptation puisque le LB-SMS et le CBC ne sont respectivement adaptés que pour 68 et 60 zones sur 194. Cela s'explique par le fait que plusieurs communes sont mal reliées aux réseaux de télécommunication et par le fait que de nombreuses zones exposéessont faiblement peuplées. Ce résultat est directement lié aux seuils fixés au départ : le CBC est une solution d'alerte « à l'aveugle », que nous avions réduit à des zones peuplées de plus de 100 personnes (au nombre de 118 ici). De la même manière, nous avons pris le parti de dire que le boîtier alerte n'est pas adapté au-delà de 100 personnes à alerter (pour des raisons essentiellement économiques). Ces seuils déterminent en grande partie les résultats du classement de l'adaptabilité des différents moyens d'alerte. Ils peuvent être discutés et ajustés (le gros du travail méthodologique étant la cartographie et la caractérisation des zones exposées).

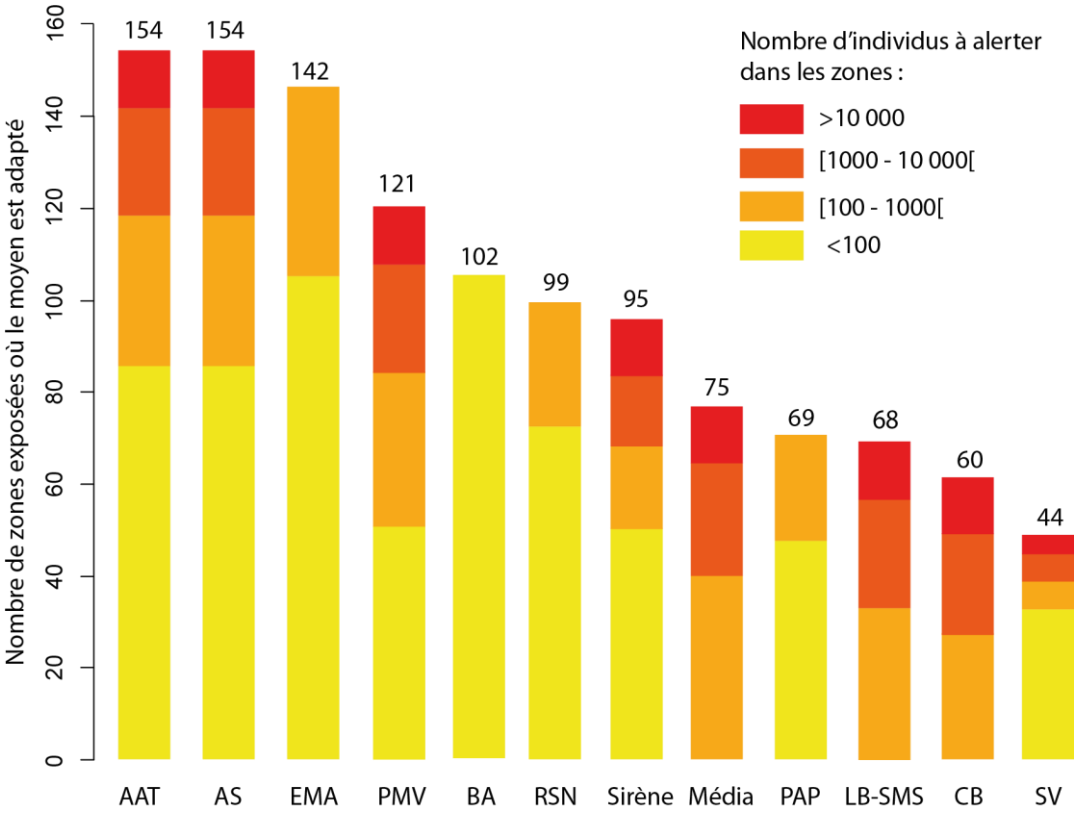


Figure 7.10. Graphe classant les moyens d'alerte en fonction du nombre de fois où ils sont adaptés à 194 zones exposées réparties dans les 12 communes test

Ces résultats ne sont valables qu'à l'échelle des 12 communes et ne sont pas généralisables. Par exemple, les communes où les réseaux de télécommunications fonctionnent mal sont en réalité plus nombreuses proportionnellement dans cet échantillon qu'à l'échelle de la France. En augmentant l'échantillon de communes et en cherchant la représentativité, il sera alors possible de classer le niveau d'adaptation des moyens d'alerte et de confirmer ou infirmer les tendances observées ici.

7.3.2. Identifier les communes où peu de moyens sont adaptés

Précédemment, nous avons observé que les communes ayant une importante variabilité dans les caractéristiques des zones exposées disposent, en général, d'un spectre de moyen d'alerte adapté plus large que les communes ayant une faible variabilité de zones. La Figure 7.11 va dans le sens de ce postulat, même si des travaux complémentaires doivent être menés sur un nombre de communes plus important pour le valider définitivement.

Aussi, en généralisant cette méthode, peut-on identifier les communes où le nombre de moyens d'alerte adapté serait faible, voire inexistant ? Toute la difficulté réside ici dans la définition du seuil, au-delà duquel on peut considérer que le nombre de moyens sera suffisant (à partir de dix moyens adaptés sur 12). Lorsque l'on regarde les résultats sur les 12 communes, le seuil recherché semble se trouver à partir de cinq types de zones différentes. En effet, à ce seuil, les communes d'Uzès et de St-Etienne-du-Tinée ont respectivement dix et 11 moyens d'alerte adaptés. Au-delà de ce seuil, toutes les communes ont le nombre de moyens d'alerte adaptés qui est maximal (12/12).

Notons toutefois que la commune de Plan d'Aups-Ste-Beaume dispose également de cinq types de zones exposées différentes, pour seulement six moyens d'alerte adaptés. Il s'agit là d'un cas à part, car Plan d'Aups-Ste-Beaume est la commune de France métropolitaine la plus peuplée (2 113 habitants) ayant un nombre d'individus connectés aux réseaux de télécommunication inférieurs à 50%. C'est d'ailleurs ce facteur qui explique le nombre restreint de moyens d'alerte adaptés. Dès lors, centrer la généralisation uniquement sur la variabilité des zones exposées n'est pas suffisant. Il faut également prendre en compte la question de l'accès aux réseaux de télécommunication, déterminante pour quatre moyens sur 12.

Par ailleurs, si la distinction entre les communes où peu de moyens sont adaptés et les communes ayant un nombre de moyens adaptés jugés suffisants repose en grande partie sur la variabilité des zones exposées, cela nécessite d'identifier et de caractériser les zones exposées de l'ensemble des communes françaises. Or, le travail a déjà été conséquent pour les 12 communes test de ce chapitre. Des pistes doivent être creusées pour identifier les communes ayant une faible variabilité de zones exposées : doit-on se concentrer sur le nombre d'habitants, le nombre de risques auxquels est exposée la commune, la morphologie d'urbanisation ? Pour répondre à ces questions, il est impératif de répéter la méthode sur un plus grand échantillon de communes (au moins au-delà d'une cinquantaine).

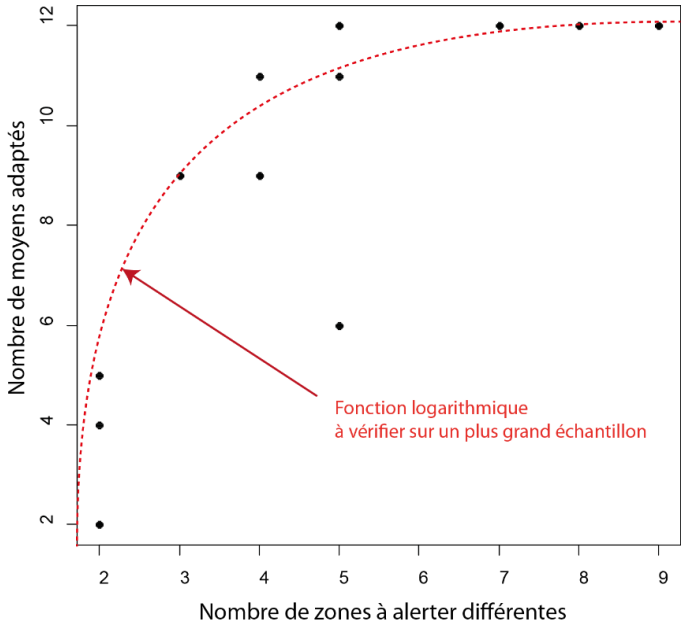


Figure 7.11. Nombre de moyens adaptés par rapport au nombre de zones exposées différentes pour les 12 communes test

7.3.3. Une hiérarchie à introduire entre les moyens ?

Les résultats se sont concentrés sur la diversité de l'adaptation des moyens d'alerte, sans chercher à hiérarchiser les moyens les uns par rapport aux autres. Uzès et Saint-Etienne-de-Tinée, sont classées dans la même « catégorie » puisque ces communes ne peuvent utiliser que 11 moyens sur 12 possibles. En fait, la situation est différente entre les deux communes. Uzès ne peut pas utiliser le boîtier alerte, qui est un moyen efficace (activation automatique d'un boîtier dès qu'un aléa franchit un seul ou est détecté), mais qui peut être remplacé par des LBAS (LB-SMS, CBC), également très efficaces. La situation n'est donc pas réellement problématique dans cette ville. A Saint-Etienne-de-Tinée, c'est le CBC qui ne peut être utilisé (réseau 4G insuffisant). Bien que ce moyen puisse aussi être remplacé par d'autres moyens efficaces (LB-SMS, AAT), la situation est plus problématique qu'à Uzès puisque les bénéfices d'une alerte CBC déclenchée par l'État seraient très limités sur ce territoire. La question de la hiérarchie des moyens est une question subjective, là aussi susceptible de dépendre des caractéristiques des territoires.

Pour résumer : la méthode exploratoire doit être développée sur un échantillon plus grand et représentatif des communes françaises. De cette manière, il sera possible d'explorer pleinement l'adaptabilité des moyens d'alerte à l'échelle communale et infracommunale. Cela permettra également de déceler des seuils qui permettront d'identifier les communes où peu de moyens sont adaptés, afin qu'elles puissent ensuite bénéficier d'une politique de rééquilibrage en termes d'équipement.

7.4. Discussion (2) : une grille d'aide à la discussion ?

7.4.1. Comparaison entre les résultats et les moyens existants

Par l'intermédiaire de recherches sur Internet (sites communaux, DICRIM), complétées par des entretiens téléphoniques lorsque les informations manquaient, nous avons établi la liste des moyens d'alerte actuellement mis en place dans chacune des 12 communes (Tableau 7.11).

Six communes utilisent au moins un moyen d'alerte qui n'est pas adapté :

- Les communes de St-Julien, Privat et Beaumont-de-Pertuis ont recours au porte-à-porte alors que les individus à alerter sont peu agrégés spatialement dans les zones de ces communes : le moyen n'est pas pertinent.

- Pour Digne-les-Bains, le PAP est aussi utilisé alors que les individus à alerter sont à chaque fois très nombreux (quel que soit le scénario). Dès lors, le PAP ne peut être utilisé qu'en complément d'un autre moyen de diffusion massive (prioritaire).

- Plan d'Aups-Ste-Beaume déclare avoir recours à un AAT (inscription préalable obligatoire des citoyens), mais les réseaux de télécommunication ne sont pas assez performants dans cette commune pour faire du SMS un moyen d'alerte suffisamment fiable.

- Enfin, Rabou utilise le PAP qui n'est pas efficient, car les individus à alerter sont très dispersés sur le territoire, la radio/Tv n'est pas non plus efficiente, car le nombre d'individus à alerter est trop faible, quel que soit l'aléa ou le scénario. La commune de Rabou a la possibilité d'utiliser une application d'alerte développée par la communauté de commune du Buëch Devoluy (à laquelle Rabou est rattachée), mais les réseaux de télécommunication sont très peu développés sur la commune est cette solution n'est techniquement pas adaptée. Seule la sirène a été identifiée comme un moyen adapté, mais la commune en est dépourvue. Ce territoire peut être considéré comme vulnérable dans le cadre de l'alerte à la population.

Tableau 7.11. Vérification entre les moyens recommandés dans ce chapitre et les moyens réellement utilisés par les communes

Avignon	Cannes	La Ciotat	St-Et.-de-T	Uzès	Le Castellet	St-Julien	Digne	Plan-d'Aups	St-Privat	Beaumont	Rabou
Hab: 92378	Hab : 74152	Hab : 35366	Hab : 1551	Hab : 8491	Hab : 289	Hab : 2413	Hab : 16186	Hab : 2113	Hab : 406	Hab : 1139	Hab : 76
AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT
AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS
BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA
CBC	CBC	CBC	CBC	CBC	CBC	CBC	CBC	CBC	CBC	CBC	CBC
EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA
LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS
PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP
PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV
Radio/TV	Radio/TV	Radio/TV	Radio/TV	Radio/TV	Radio/TV	Radio/Tv	Radio/TV	Radio/Tv	Radio/TV	Radio/Tv	Radio/Tv
RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN
Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène
SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV

Moyen recommandé et utilisé — Moyen recommandé et non-utilisé

Moyen non-recommandé et non-utilisé — Moyen non-recommandé et utilisé

Ce tableau ne prend pas en compte le fait que le CBC et le LB-SMS devraient, en théorie, être utilisés sur tout point du territoire français, même si nous ignorons à ce jour si les maires auront la main sur cette future plateforme.

7.4.2. Définir le moyen optimal dans chaque zone ?

L'objectif est ici de proposer une méthode simple d'aide à la décision pour choisir le moyen optimal dans chaque zone d'alerte. Par exemple, de nombreuses zones sont adaptées au CBC, au SMS, à l'AS ou à l'AAT, mais comment distinguer lequel de ces quatre moyens mettre en œuvre d'un point de vue stratégique à l'échelle d'une zone ? Pour répondre à cette question, nous proposons d'établir une série de règles simples visant à remplir plusieurs objectifs.

a. Proposition de règles permettant de hiérarchiser les moyens

Le premier objectif est de garantir que le moyen retenu sera capable de diffuser une alerte, quelle que soit la cinétique du phénomène destructeur. En effet, dans la méthode précédemment définie, certains moyens sont en parfaite capacité pour alerter une zone pour un aléa ayant une cinétique rapide ou très rapide, mais pas soudaine. C'est le cas par exemple du SMS, qui peut être soumis à un risque de congestion lors de la diffusion d'alerte en moins de 15 minutes dans des zones de plus de 10 000 individus. Par ailleurs, il n'existe pas de moyens d'alerte adaptés à une cinétique soudaine (moins de 15 minutes) et pas à une cinétique plus lente (rapide ou très rapide). Ce premier objectif vise donc à utiliser un seul et même moyen au sein de chaque zone indépendamment de la cinétique du phénomène (dans la mesure du possible).

Règle n°1 : Dans la mesure du possible, choisir le moyen d'alerte qui s'adapte à la cinétique la plus rapide de l'aléa pouvant menacer la zone exposée

Cas d'application : deux moyens « A » et « B » sont en adéquation sur une zone exposée, mais le moyen « B » n'est pas adapté si l'occurrence de l'aléa survient en moins de 15 minutes → le moyen « A » doit être privilégié.

Le second objectif est de garantir la bonne compréhension de l'alerte par les individus. Il faut donc hiérarchiser les moyens d'alerte primaires les plus explicites. L'explicité d'un moyen d'alerte se juge par : 1) sa capacité à être personnifié (le message est diffusé pour chaque individu de manière individuelle) ; 2) sa capacité à délivrer un message (si possible écrit afin de pouvoir le relire) ; 3) sa capacité à être interruptif et à traduire l'urgence du danger. Ainsi, les moyens d'alerte les plus explicites sont (dans l'ordre) : le PAP (message oral délivré personnellement par des services de secours avec possibilité d'instaurer un dialogue et de poser des questions de la part de l'individu) ; le CBC qui consiste en un message interruptif, même lorsque le téléphone est éteint, le LB-SMS ou l'AS ou le RSN qui diffusent un message textuel moins interruptif que le CBC (avec notifications pour l'AS et le RSN), l'AAT dont le message est seulement vocal (on ne garde pas une trace écrite), le BA (pas de message, mais le BA est installé pour un aléa très bien identifié et son activation rend extrêmement concrète l'arrivée du danger), la sirène vocale (SV) qui diffuse un message à partir d'un point fixe, l'EMA dont le message peut être entendu à partir d'un point mobile sur lequel l'individu ne peut agir, la sirène dont le son est explicite, mais qui n'informe ni de l'aléa ni des consignes.

Règle n°2 : Dans la mesure du possible, choisir le moyen d'alerte primaire le plus explicite.

Classement des moyens selon leur niveau « d'explicité » : PAP ; CBC ; SMS/AS/RSN ; AAT ; BA ; SV ; EMA ; Sirène.

Le troisième objectif est de minimiser l'effort d'équipement. Cela signifie de réduire au maximum le nombre de moyens d'alerte différent au sein de la commune. La première priorité est de garder, à l'échelle d'une zone exposée, le même moyen d'alerte, quel que soit le scénario (ce qui est possible même lorsque les caractéristiques des zones sont différentes). La seconde est d'harmoniser les moyens d'alerte à l'échelle de la commune. En clair, si dans une zone, deux moyens d'alerte sont possibles, mais que l'un des moyens est déjà optimal pour une autre zone de la commune, alors ce moyen doit être privilégié afin de ne pas démultiplier les solutions à l'échelle communale.

Règle n°3 : Dans la mesure du possible, garder le même moyen pour les deux scénarios au sein d'une même zone exposée

Cas d'application : deux moyens « A » et « B » sont utilisables dans une zone pour le scénario A. Mais le moyen « B » n'est pas utilisable pour le scénario B → garder le moyen « A » pour les deux scénarios.

Règle n°4 : Dans la mesure du possible, minimiser le nombre de moyens d'alerte différent à l'échelle d'une commune

Cas d'application : Deux moyens « A » et « B » sont utilisables dans une commune, mais le moyen « A » peut être utilisé dans plus de zones que le moyen « B » → choisir le moyen « A » dans toutes les zones où il peut être utilisé.

b. Application des règles et résultats obtenus sur les 12 communes

L'application de ces règles aux 12 communes permet d'observer qu'il est possible de déterminer un unique moyen optimal (i.e. adapté à chaque zone à alerter de la commune, quel que soit le scénario) pour seulement quatre communes sur 12. Les huit autres communes doivent nécessairement développer à minima deux moyens d'alerte identifiés comme optimaux.

Le LB-SMS est un moyen optimal dans six communes ayant pourtant des caractéristiques différentes en termes de nombre d'habitant et de nombre de zones. C'est le moyen qui est le plus souvent adapté à l'ensemble des zones exposées de la commune (Tableau 7.12). Le CBC est optimal dans 4 communes assez fortement peuplées. L'usage des RSN est optimal dans deux communes très faiblement peuplées, tandis que la sirène est optimale dans deux communes ayant un nombre de zones exposées très faible. C'est également le cas du BA, optimal dans trois communes ayant un nombre de zones exposées faible. Avec ces règles, l'AAT, le PAP, l'EMA, le PMV, les médias et la SV ne sont jamais optimaux à l'échelle communale.

Tableau 7.12. Moyen conseillé (vert), adapté (orange) et non adapté (rouge) pour chaque commune

Avignon	Beaumont	Cannes	Digne	La Ciotat	Le Castellet	Plan-d'Aups	Rabou	St-Et.-de-T	St-Julien	St-Privat	Uzès
Hab: 92378 Nb zones : 30	Hab : 1139 Nb zones : 4	Hab : 74152 Nb zones : 11	Hab : 16186 Nb zones : 3	Hab : 35366 Nb zones : 17	Hab : 289 Nb zones : 2	Hab : 2113 Nb zones : 3	Hab : 76 Nb zones : 2	Hab : 1551 Nb zones : 6	Hab : 2413 Nb zones : 5	Hab : 406 Nb zones : 2	Hab : 8491 Nb zones : 7
AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT
AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS
BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA
CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB
EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA	EMA
LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS	LB-SMS
PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP	PAP
PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV	PMV
Radio/TV	Radio/Tv	Radio/TV	Radio/TV	Radio/TV	Radio/TV	Radio/Tv	Radio/Tv	Radio/TV	Radio/Tv	Radio/TV	Radio/TV
RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN	RSN
Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène	Sirène
SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV

In fine, ces règles permettent bien d'obtenir pour chaque zone à alerter un moyen « optimal », c'est-à-dire un moyen à privilégier. Pour autant, il est préférable de mettre en place au moins deux moyens d'alerte complémentaires par zone, car l'alerte multicanale est davantage robuste en période de crise (Fenet & Daudé, 2020).

7.4.3. Une grille pour guider une politique d'équipement équitable

Partant du constat que six communes sur douze utilisent un moyen non adapté à leur territoire, il serait judicieux que l'État se penche sur la réalisation d'une doctrine conseillant l'équipement des communes selon leurs caractéristiques. Sachant également que certains territoires ruraux peuvent être qualifiés de « mal-alertables », car peu de moyens y sont adaptés, l'État pourrait aussi leur proposer une aider (financière ou d'équipement) afin de réduire d'une part la vulnérabilité de ces communes vis-à-vis des risques et d'autre part les inégalités territoriales déjà existantes, mais qui seront creusées avec l'arrivée des LBAS d'ici 2022. Au préalable, cela signifie bien entendu d'identifier ces communes « mal-alertables ». Ce chapitre, ainsi que le chapitre 5 y apportent une contribution.

La question de l'échelle d'alerte doit aussi être posée. Nous voyons émerger l'achat mutualisé de moyens d'alerte à l'échelle des intercommunalités. S'agit-il d'un levier pour réduire les inégalités d'alertabilité entre les territoires ? Faut-il remettre en question la place du maire en tant que première autorité ayant le pouvoir d'alerter la population ? L'arrivée des LBAS en France bouleverse les acquis des différents acteurs impliqués dans la gestion de crise. La possible mutation, y compris spatiale, du système d'alerte français doit donc être étudiée.

Conclusion du chapitre 7

Ce chapitre présente une méthode pour analyser l'adaptation communale de 12 moyens d'alerte. Il repose sur une analyse préalable de 12 communes test puis sur une caractérisation de zones exposées à l'échelle infracommunale en observant le nombre d'individus à alerter et leur niveau d'agrégation à deux temporalités différentes (diurne/nocturne). Il est observé une variabilité des moyens d'alerte adaptés entre les communes, mais aussi à l'échelle infracommunale, entre les zones exposées, et entre les deux scénarios temporels retenus. Cela signifie que l'équipement en moyen d'alerte doit bien être adapté selon les

caractéristiques des communes, mais qu'il doit aussi être réfléchi à l'échelle infracommunale selon des logiques spatiales (zone d'aléa) et temporelles (temporalité du danger) fines. La logique multicanale est de fait renforcée : seule la complémentarité des moyens (y compris dans l'espace et dans le temps) garantit la bonne alertabilité du territoire communal.

Si la question des seuils d'adaptabilité des moyens retenus dans ce chapitre peut être débattue, il semble toutefois impératif de répéter la méthode sur un nombre de communes plus important et représentatif des communes françaises. La finalité étant double : 1) la construction d'un guide stratégique pour aider les choix d'équipement des communes en moyen d'alerte ; et 2) l'identification, après généralisation de la méthode, de communes « mal-alertables », où peu de moyens sont adaptés, et qui pourraient bénéficier d'une politique d'aide à l'équipement en moyen d'alerte.

Chapitre 8

Quel regard géographique porter face à la mise en œuvre de la plateforme nationale FR-Alert ?

Introduction du chapitre 8 214
8.1. Bien définir la doctrine d'usage et les objectifs visés 214
8.2. Restreindre ou élargir les utilisateurs ? 223
8.3. Adapter les échelles spatiales de diffusion de l'alerte 229
8.4. Intégrer dès à présent les besoins des individus 236
Conclusion du chapitre 8 241

Introduction du chapitre 8

La future plateforme multicanale FR-Alert fait actuellement l'objet de nombreuses discussions au sein de la DNUM (Direction du Numérique du Ministère de l'Intérieur) et de différents ministères (environnement, justice, en plus du ministère de l'Intérieur). Plusieurs points doivent être tranchés, notamment les motifs d'usage (face à quels aléas ou quelles menaces ?), l'identité des utilisateurs (qui peut activer telle ou telle solution ?), et sur l'emprise géographique de diffusion qui doit être adaptée à la situation (aléa, cinétique) ainsi qu'à l'ampleur du territoire et des individus affectés. En parallèle, les opérateurs échangent aussi autour du déploiement du CB et du LB-SMS, et sur l'intégration du *Common Alerting Protocol (*CAP-Fr), tout en discutant de la temporalité de diffusion des alertes.

Suite à des rapprochements opérés en juin 2020 dans le cadre du projet de recherche ANR « *Cap-4-Multi-Can'Alert »*, nous avons eu, nous aussi, l'opportunité d'échanger avec la DNUM sur ces aspects. Nous avons en particulier identifié plusieurs questions centrales et restant à ce jour sans réponses : 1) Pour quels événements la plateforme devrait-elle être activée ? 2) Peut-on distinguer les moyens (CB/LB-SMS/sirène) en fonction des événements ? 3) Est-ce qu'il faudrait élargir les responsabilités de la diffusion de l'alerte à tous les services compétents, ou au contraire restreindre l'accès à la plateforme à une poignée d'acteurs ? 4) Dans ce cas, faut-il modifier le cadre législatif actuellement en vigueur ? 5) Comment intégrer les nouvelles spatialités inhérentes à l'utilisation d'une technologie d'alerte cellulaire géolocalisant les individus ? ; 6) Quelles sont les attentes des individus concernant les modalités d'alerte, notamment sur le format des alertes (contenu, sonorité, identité de l'émetteur) ?

La réponse à ces questions amène à formuler certaines recommandations, qui ont structuré ce chapitre 8. La première section suggère de mieux définir la doctrine d'usage ; la deuxième section invite à débattre du contexte législatif actuel, notamment si les utilisateurs sont plus nombreux ; la troisième insiste sur la nécessité de définir l'échelle de diffusion d'alerte, et discute des effets de bords ; la quatrième section remobilise des résultats acquis sur les attentes des individus, à la fois sur le format des messages d'alerte, et sur l'identité des autorités émettrices.

8.1. Bien définir la doctrine d'usage et les objectifs visés

8.1.1. Liste des événements actuellement pris en compte (février 2021)

La DNUM et la DGSCGC ont pour mission de lister l'ensemble des aléas et des menaces qu'il faudra intégrer dans la future plateforme FR-Alert. La première liste, très « restrictive » (limitée à quelques menaces), a progressivement été élargie pour couvrir un grand nombre d'aléas et de dangers, aussi divers que variés. En février 2021, la liste (Tableau 8.1) inclut :

- Des menaces de sécurité publique (manifestations, troubles à l'ordre public) ;
- Des dangers relevant de la sécurité civile (cyclones, feux de végétation, crues, tsunamis, etc.) ;
- Dés événements associant les forces de sécurité civile et publique (menace attentat) ;

- Les enlèvements (relevant de procédures judiciaires) ;
- Des risques sanitaires (en lien avec la COVID-19).

La présence de différentes menaces relevant de la sécurité publique est justifiée par la création du Schéma National du Maintien de l'Ordre (SNMO) depuis septembre 2020, et qui trouve son origine dans le mouvement des Gilets jaunes (automne 2019). Le SNMO est présenté comme un plan ayant « *vocation à traiter l'ensemble des configurations de manifestations rencontrées sur le territoire national (pacifiques, violentes, urbaines, rurales,…)* » (Ministère de l'Intérieur, 2020). En complément, le document fourni par la DGSCGC précise que le SNMO sera intégré à la plateforme FR-Alert pour répondre à de nouvelles évolutions, notamment :

- Le développement de l'information des organisateurs ou des manifestants, en amont et pendant les manifestations, « afin de faciliter leur déroulement » ;
- La « contribution grandissante des unités hors unités de force mobiles » (escadrons de gendarmerie mobile et compagnies républicaines de sécurité) dans les opérations de maintien de l'ordre ;
- Une « modernisation des sommations » (pour indiquer aux manifestants ce qui va être attendu de leur part) ;
- Des moyens de dialogue « renouvelés » pour faciliter la transmission d'informations ;
- Une exigence de plus forte réactivité et mobilité, pour mettre un terme aux exactions.

Tableau 8.1. Extrait de la matrice des cas d'usage de FR-Alert (version du 21 février 2021)

Domaine	Type d'événement	Autorité(s) compétente(s)	Priorité	Lien
Sécurité publique	Manifestation sur la voie publique	PP	P1	
	Manifestation sur la voie publique	DGPN / DGGN	P1	
	Rassemblements festifs à caractère	DGPN / PP	P2	
	Attroupements	DGPN / DGGN / PP	P1	
	Grands évènements	DGPN / DGGN / PP	P2	
	Intervention/raid	DGPN / DGGN / PP / DGSCGC	P2	
Sécurité civile et publique	Lutte contre le terrorisme	DGGN / DGPN / PP / DGSCGC	P1	
Sécurité civile et publique	Prévision Météo	DGSCGC / Météo France	P3	
	Cyclones tropicaux	DGSCGC / Météo France	P2	
	Vigilance Météorologique	DGSCGC / Météo France	P2	
	Phénomènes dangereux	DGSCGC / Météo France	P3	
	APIC (Avertissement pluie intense)	DGSCGC / Météo France	P2	
	Echouement de Sargasses	DGSCGC / Météo France	P3	
	Pollution chimique atmosphérique	DGSCGC / Météo France	P2	
	Pollution radiologique	DGSCGC / Météo France	P2	
	Cendres volcaniques	DGSCGC / Météo France	P2	
	Pollution maritime aux	DGSCGC / Météo France	P2	
	Dérive d'épave	DGSCGC / Météo France	P2	
	Feux de végétation	DGSCGC / Météo France	P2	
	Rayonnement UV	DGSCGC / Météo France	P3	
	Risque Tsunami	DGSCGC / CENALT	P1	
	Vigilance Crue	DGSCGC / SCHAPI	P1	
Procédures judiciaires	Alerte enlèvement	DGPN / DGGN / PP	P3	
Risques sanitaires	Risques sanitaires	DGSCGC	P3	

8.1.2. Un premier regard critique sur les événements actuellement considérés

L'intégration de la plateforme FR-Alert dans le SNMO signifie que la plateforme pourrait sortir du cadre strict de la définition jusqu'à présent actée de l'alerte *(« informer face à un danger en cours ou imminent, et qui est susceptible de porter atteinte à l'intégrité physique des biens ou des personnes »,* DGSCGC, 2013). FR-Alert devient en effet un outil de « maintien de l'ordre »,

de « dialogue avec des manifestants », et d'avertissement (sur les sommations par exemple). Il ne s'agit pas seulement de prévenir des individus face à un danger, mais de les prévenir face à des « troubles à l'ordre public » ou en cas de manifestations « illégales ou non déclarées », ce qui n'est plus la même chose. Rappelons néanmoins que le Tableau 8.1 est une proposition de délimitation des cas d'usage : elle est donc encore provisoire (certains services ne l'ont pas reçu à ce jour) et d'autres risques pourraient être intégrés (on pense aux risques anthropiques et NaTech).

Voir dans cette liste d'autres événements n'en reste pas moins surprenant :

1) Les manifestations sur la voie publique, les « rassemblements à caractère festifs », ou les « attroupements », ne figurent pas sur les sites gouvernementaux comme étant des risques majeurs (sur la plateforme ministérielle Géorisques par exemple). Pourtant, l'utilisation de FR-Alert pour ce type d'événement apparaît comme une priorité dans le Tableau 8.1 : les événements relevant de la sécurité publique sont classés comme ayant une priorité de niveau 1 (P1), voire de niveau 2 (P2). Pour les autres risques et menaces, ils sont majoritairement classés de niveau 2 (9/18) et 3 (6/18), et plus rarement 1 (4/18), et les distinctions entre les niveaux ne sont d'ailleurs pas explicites.
2) La présence d'événements « atypiques » (échouements de sargasse, dérives d'épave, rayonnements UV) surprend. La liste inclut même des événements flous (non définis) et difficiles à cerner dans le temps (grands événements, attroupements, phénomènes dangereux, intervention RAID) qui doivent être explicités. Par exemple : Est-ce la manifestation sur la voie publique qui présente un danger ? Ou est-ce que la manifestation est une forme de regroupement d'individus qui doit être prise en en compte dans la diffusion d'alertes ?
3) Tous les événements ne s'adressent pas à la population : les Avertissements de Pluies Intenses à l'échelle Communale (APIC) sont actuellement réservés aux maires qui y sont abonnés ; le risque généré par des cendres volcaniques (qui est d'ailleurs le seul aléa d'origine volcanique) s'adresse principalement au domaine de l'aviation ; le risque de dérives d'épave relève quant à lui du domaine de la navigation maritime. Il est donc important de préciser le public cible pour chacun de ces risques, voire même de clarifier les objectifs visés par ces alertes.
4) La liste inclut des événements associés à une simple mise en vigilance du grand public (prévision météo ; vigilances hydrométéorologiques), ce qui interfère avec les missions et les responsabilités actuelles, puisqu'en France, la vigilance est clairement distinguée de l'alerte (depuis 2001), pour des questions de temporalité et d'incertitudes.

En élargissant la liste, le risque est aussi de rendre la plateforme impopulaire auprès du public (à cause d'une surutilisation, ou de l'envoi de messages répétés dans un laps de temps court, pour un même type d'événement ou non). Le SNMO a été très vivement critiqué par plusieurs ONG, des syndicats de journalistes, des rédacteurs d'une quarantaine de médias et une partie de la population civile. Cet outil peut être davantage perçu comme un outil de contrôle, que comme une solution qui sauve des vies : il ne faut d'ailleurs pas oublier que c'est ce type de craintes qui expliquent en partie le faible nombre de téléchargements de la première version de l'application STOP-COVID (moins de 2 millions en France). Dès lors, il nous semble important de proposer une autre liste des motifs d'usage de la plateforme FR-Alert.

8.1.3. Un deuxième regard conduisant à la création d'une matrice aléa/moyen

Suite à ce premier regard critique, nous avons réfléchi à une matrice aléas/moyens, où seuls les risques justifiants d'une alerte ou d'une vigilance auprès de la population ont été considérés. Les événements relevant de la sécurité publique ont été écartés, faute de compétences et d'une bibliographie mise à jour sur ces thématiques. Les dangers qui n'ont pas d'impact direct sur la population ont aussi été mis de côté (ceux à destination de l'aviation, de la navigation maritime ou des maires) : ils doivent faire l'objet d'un canal de communication spécifique, mais différent de celui utilisé pour alerter la population, de façon à éviter les confusions. Les procédures judiciaires (alerte enlèvement) et risques sanitaires ont été maintenus, dans la mesure où elles justifient l'émission d'une alerte à la population (adoption de mesures de précautions sanitaires, appel à témoins). Les risques naturels majeurs non mentionnés dans la première (chutes de blocs, glissements de terrain, brouillards, sécheresse, verglas) ont été ajoutés (Tableau 8.2). Une distinction entre « vigilance » et « alerte » est par ailleurs proposée, car les individus restent en demande d'informations durant la pré-crise et la crise (Blöschl, 2008). Si FR-Alert vise ce double objectif (Prévention vs. Alerte), il faudra bien expliquer les nuances au grand public, quitte même à imaginer un en-tête spécifique pour les deux catégories.

Tableau 8.2. Proposition d'une liste d'événements pouvant faire l'objet du déclenchement de la plateforme FR-Alert

Catégorie	Type d'événement	Services impliqués	Alerte	Vigilance
Risques naturels	Avalanche	DGSCGC / Météo France	X	X
	Brouillard	DGSCGC / Météo France		X
	Canicule	DGSCGC / Météo France	X	X
	Cavités souterraines	DGSCGC / BRGM		X
	Chute de blocs	DGSCGC / BRGM		X
	Chute de neige/grèle	DGSCGC / Météo France		X
	Coulée de lave	DGSCGC / IPGP (Observatoires volcanologiques locaux)	X	X
	Coulée pyroclastique	DGSCGC / IPGP (Observatoires volcanologiques locaux)	X	X
	Crue lente	DGSCGC / Météo France / SCHAPI		X
	Crue rapide	DGSCGC / Météo France / SCHAPI	X	X
	Cyclone	DGSCGC / Météo France	X	X
	Eboulements	DGSCGC / BRGM		X
	Feu de forêt	DGSCGC / Météo France	X	X
	Glissement de terrain	DGSCGC / LCPC	X	X
	Lahars	DGSCGC / IPGP (Observatoires volcanologiques locaux)	X	X
	Laves torrentielles	DGSCGC / IPGP (Observatoires volcanologiques locaux)	X	X
	Radon	DGSCGC / BRGM		X
	Remontée de nappes	DGSCGC / Météo France / SCHAPI		X
	Ruissellement	DGSCGC / Météo France / SCHAPI	X	X
	Sécheresse	DGSCGC / Météo France		X
	Séisme	DGSCGC / BCSF	X	
	Submersion marine	DGSCGC / Météo France	X	X
	Tassement différentiels des argiles	DGSCGC / BRGM		X
	Tempête	DGSCGC / Météo France	X	X
	Tornade	DGSCGC / Météo France	X	X
	Tsunami	DGSCGC / CENALT	X	X
	Vague de froid	DGSCGC / Météo France	X	X
	Verglas	DGSCGC / Météo France		X
Risques anthropiques	Accident industriel	DGSCGC / Gestionnaire	X	
	Accident nucléaire	DGSCGC / Gestionnaire / IRSN	X	
	Rupture de barrage	DGSCGC / Gestionnaire	X	
	Transport de matières dangereuses	DGSCGC / Gestionnaire	X	
Menaces	Attentat	DGGN / DGPN / PP / DGSCGC	X	
Procédures judiciaires	Alerte enlèvement	DGPN / DGGN / PP	X	
Risques sanitaires	Risques sanitaires	DGSCGC	X	X

Il faut toutefois aller au-delà d'une simple liste des motifs d'usage et tenter de proposer une distinction de la solution à utiliser s'appuyant sur la dynamique spatio-temporelle des aléas.

Selon la cinétique des événements, l'échelle spatiale, le niveau de danger ou les consignes (dépendant de seuils), le moyen à utiliser n'est pas le même (BEREC, 2020 ; IBZ, 2017). Le LB-SMS est davantage pertinent pour la vigilance et pour une population limitée (pour pallier un éventuel risque de congestion), alors que le CB a un caractère plus intrusif, bien adapté aux risques à cinétique très rapide et ayant une forte dangerosité, mais moins pertinent dans le cadre d'un message de prévention. En replaçant la liste des risques naturels (Figure 8.1) ou anthropiques (Figure 8.3) dans une matrice spatio-temporelle, tout en envisageant les outils les plus adaptés (Figure 8.2 et Figure 8.4), une telle distinction apparaît rapidement.

Même si les seuils peuvent être ajustés, on note une plus forte prévalence du CB (en rouge), pour des aléas soudains et locaux, ainsi que pour des risques journaliers apparaissant au-delà de l'échelle régionale. Sept aléas naturels pourraient à l'inverse faire l'objet d'une alerte par LB-SMS (feux de forêt, coulées de lave, submersions marine, canicules, vagues de froid, ruissellement), même s'ils peuvent évidemment faire l'objet d'une alerte par CB si le rapport cinétique/spatialité est plus faible. La menace attentat et le risque sanitaire doivent aussi faire l'objet d'une alerte par LB-SMS, lorsque la situation perdure et que les consignes doivent être mises à jour. Pour la menace attentat, le CB devra être utilisé en mode silencieux pour éviter que le bruit du téléphone n'indique aux terroristes la position d'individus cachés.

Le CB ayant un fort potentiel de « rupture » avec le quotidien (Wiersma *et al.*, 2008), cette solution est adaptée quand il est nécessaire d'avoir des comportements réflexes. Le CB est aussi adapté pour diffuser des alertes sur un échantillon large de la population puisqu'au-delà de l'échelle régionale, le LB-SMS est soumis à un risque de congestion important. Ce risque est d'autant plus important que les communications augmentent en période de crise (Preis *et al.*, 2013).

Ce principe de délimitation des solutions selon les aléas reste toutefois soumis à discussion :

1) La limite spatio-temporelle motivant l'utilisation d'un outil plutôt qu'un autre, reste floue, dépendante des territoires et des conditions dans lequel le danger survient : il est donc complexe de donner un seuil spatio-temporel précis pour distinguer les deux outils ;
2) Selon les consignes que contient le message d'alerte, un outil peut être privilégié à un autre. Le LB-SMS a un nombre de caractères autorisé plus important que le CB, ce qui permet de diffuser des consignes plus précises ;
3) Le LB-SMS doit être privilégié sur des territoires où la 4G est peu développée (car en l'état actuel du déploiement, le CB n'est compatible qu'avec un réseau 4G en France).

Dès lors, la matrice proposée n'a pas pour objectif de chercher à cloisonner les outils dans des cadres spatio-temporels clairement délimités. Nous insistons bien sur la perméabilité de cette matrice qui vient alimenter les discussions sur les cas d'usage de la plateforme et sur les outils à privilégier en fonction des aléas. Rappelons qu'une crise se manifeste quand la capacité de réaction des organisations est dépassée et qu'il faut gérer de « l'imprévisible » (Lagadec, 2011), d'où l'importance de rester flexible sur la nature du moyen à utiliser.

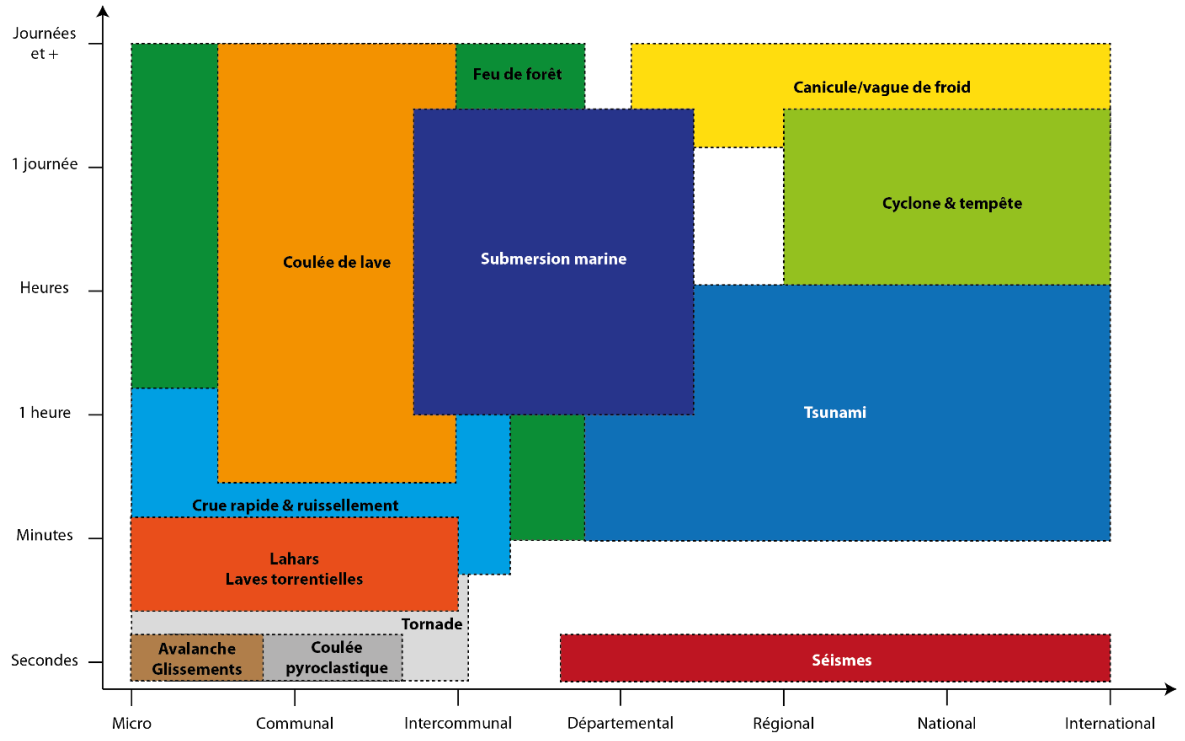


Figure 8.1. Matrice spatio-temporelle des aléas naturels à retenir dans la plateforme FR-Alert (modifié d'après Gill & Malamud, 2014)

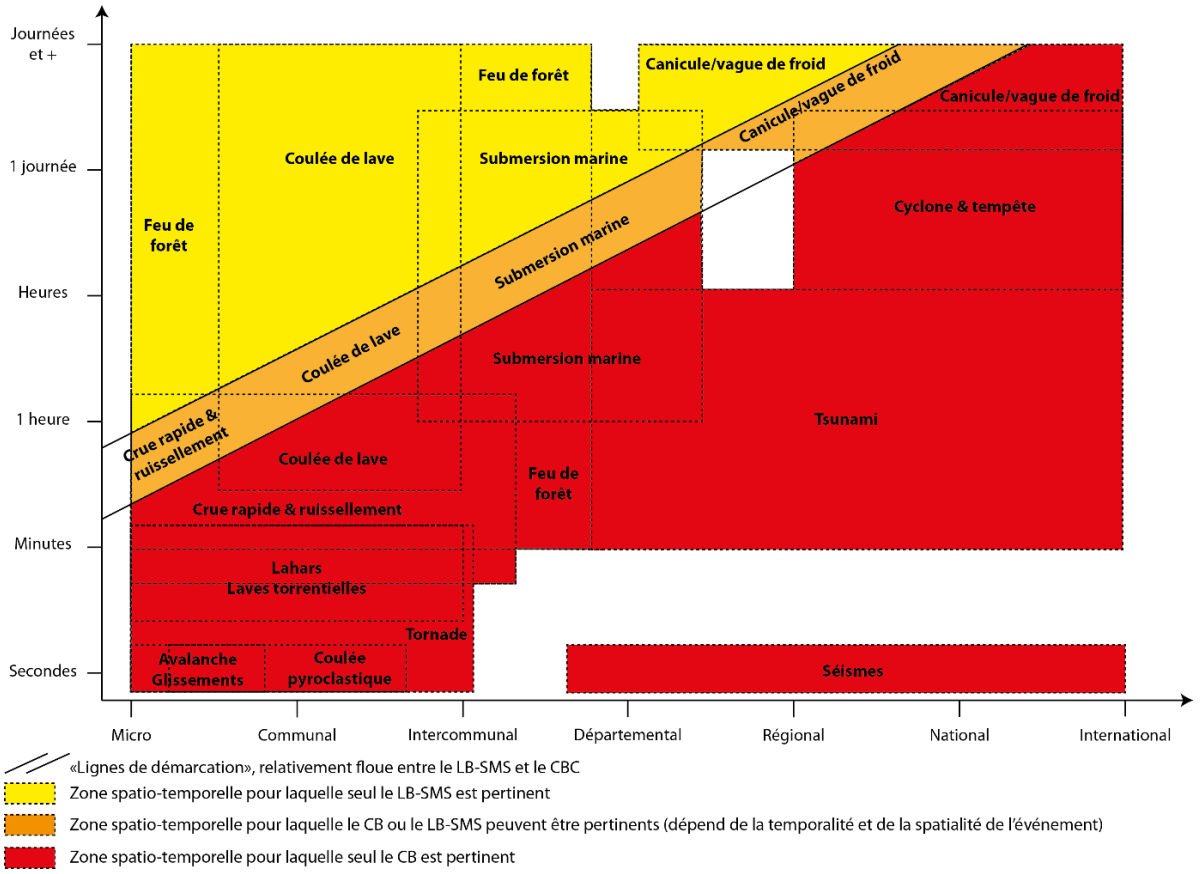


Figure 8.2. Distinction de la solution à privilégier selon la matrice des aléas naturels

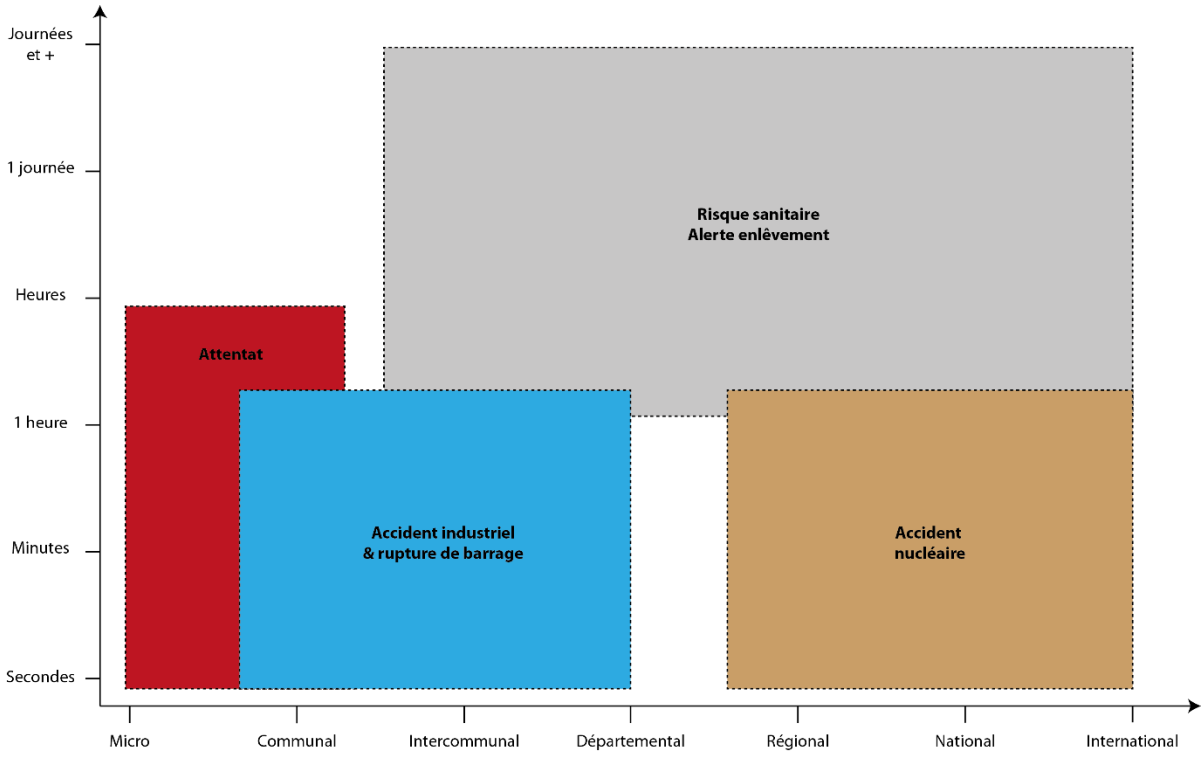


Figure 8.3. Matrice spatio-temporelle des aléas anthropiques à retenir dans la plateforme FR-Alert (modifié d'après Gill & Malamud, 2014)

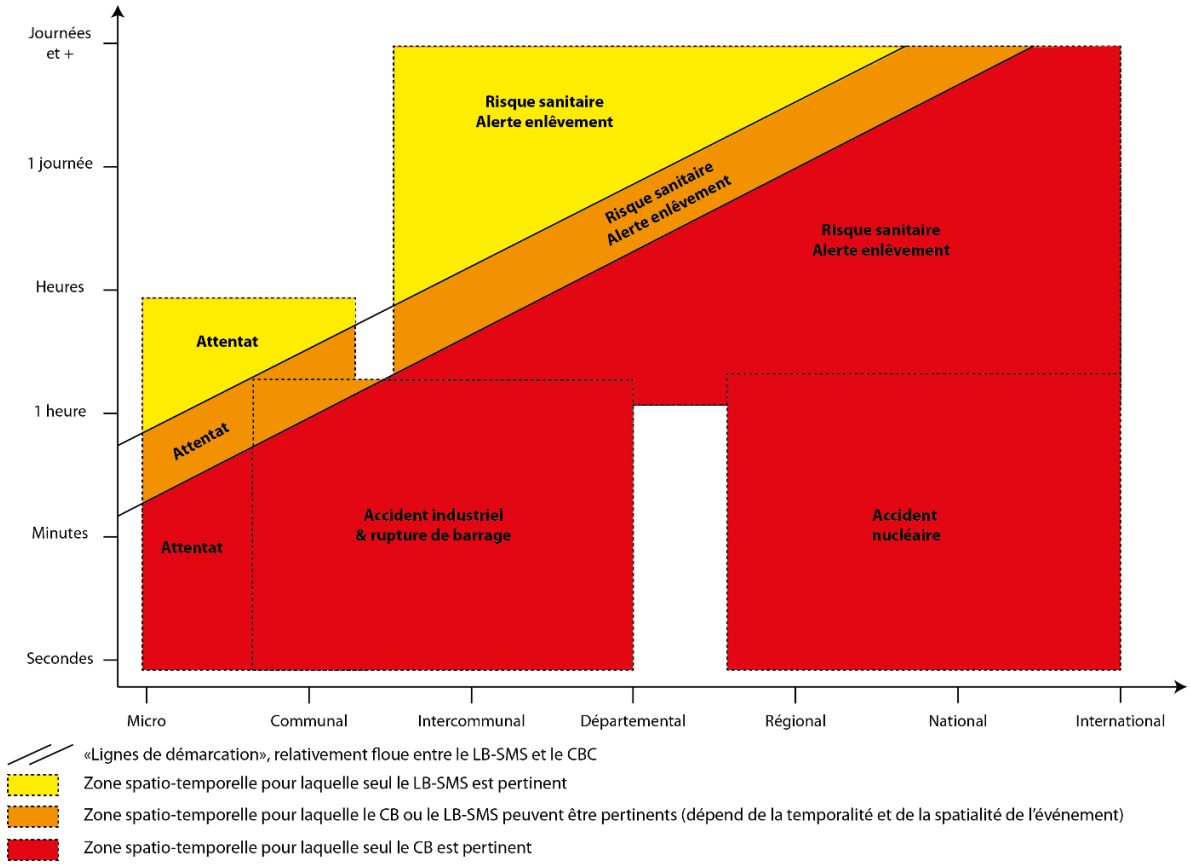


Figure 8.4. Distinction de la solution selon la matrice des aléas anthropiques

8.1.4. Choisir le moyen à l'aide d'un arbre de décision hiérarchique

Pour guider le choix de l'outil à utiliser (CB ou LB-SMS), nous proposons un arbre de décision hiérarchique, reprenant à la fois des critères contextuels (alerte ou vigilance, nature du danger, temporalité) et territoriaux (couverture des réseaux de télécommunication, risque de congestion ; Figure 8.5). Comme nous venons de le voir, le choix du moyen peut dépendre de la nature de l'aléa : l'arbre de décision reprend la matrice des aléas pour distinguer les aléas dont les caractéristiques spatio-temporelles nécessitent l'usage du CB (sur la partie gauche de l'arbre) des aléas dont les caractéristiques spatio-temporelles variables peuvent nécessiter l'usage du CB ou du LB-SMS (sur la partie droite de l'arbre). Pour les aléas nécessitant l'usage du CB, le LB-SMS peut être recommandé en complément dans les territoires où les taux de couverture des réseaux 4G ne sont pas très performants.

Pour les aléas pour lesquels il n'est pas possible de distinguer clairement le moyen, quatre questions permettraient aux décideurs de distinguer le moyen le plus pertinent. Premièrement, nous considérons que le LB-SMS doit être utilisé si : l'objectif du message est de faire de la vigilance et/ou les réseaux 4G ne sont pas très performants (moins de 75% des individus) et/ou le message d'alerte est long et comporte des consignes complexes. En revanche, le CB doit être privilégié lorsque : le territoire est bien couvert par les réseaux 4G, lorsqu'il y a un risque de congestion et lorsque le message d'alerte est relativement court et simple et vise un objectif de comportement réflexe de sauvegarde (Figure 8.5).

Avec la méthode de l'arbre de décision hiérarchique, la question des seuils est centrale. Nous avons proposé la limite de 75% des individus couverts pour discriminer un territoire bien couvert par les réseaux 4G d'un territoire moins bien couvert. Ce seuil peut être débattu en fonction des objectifs des autorités compétentes. Un seuil de congestion doit également être délimité. Dans le chapitre 7, nous avions proposé des seuils au-delà desquels il existe un risque de congestion, mais il s'agit de le définir ici avec plus de précisions en faisant notamment appel à des experts en télécommunication. Enfin un dernier seuil doit être défini entre ce qui est un message long et complexe et un autre plus bref, visant à déclencher des comportements réflexes de sauvegarde. Le nombre de caractères (maximum de 1 395 pour un message CB) peut faire office de seuil. Toutefois, il s'agit ici plutôt d'une décision subjective qui doit être prise par l'autorité décisionnelle et visant à utiliser le CB si l'urgence de la situation nécessite la mise en action immédiate et spontanée des individus exposés.

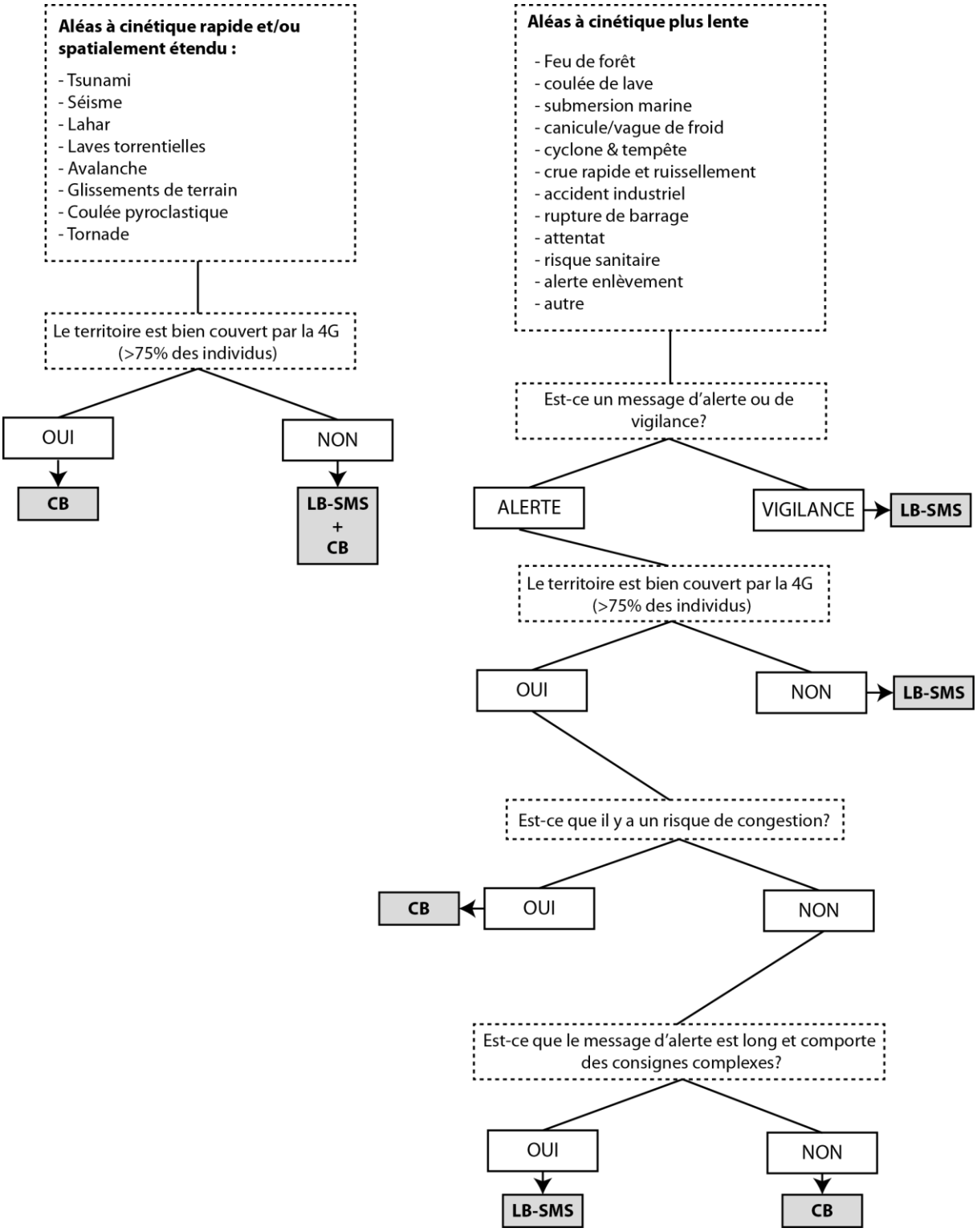


Figure 8.5. Arbre d'aide à la décision pour le choix du moyen à utiliser

Pour résumer : L'intégration de nombreux événements dans FR-Alert est une bonne chose, mais elle n'est pas anodine. FR-Alert doit être priorisé pour l'alerte à la population et la vigilance face à des risques naturels et anthropiques, mais doit être dépolitisé et donc proscrit pour de la sécurité publique. La distinction de l'outil à utiliser (CB ou LB-SMS) peut se faire en fonction de la cinétique et de l'échelle spatiale du danger, mais d'autres paramètres doivent

être pris en compte comme la couverture des réseaux de télécommunication, le risque de congestion, la dangerosité de l'aléa et le type de consignes.

8.2. Restreindre ou élargir les utilisateurs ?

La question des responsabilités de la diffusion de l'alerte est centrale. Actuellement, eu égard à leur pouvoir de police administrative, seuls les maires, les préfets de départements, les préfets de zone et le Premier ministre sont autorisés à diffuser une alerte à la population. Cependant, l'intégration de nouveaux moyens d'alerte dans une plateforme activable à distance n'est pas sans incidences, en particulier en termes de responsabilité. Trois scénarios ont été envisagés : a) un scénario restrictif, où seuls les préfets et le ministre de l'Intérieur disposerait d'un accès à la plateforme ; b) un scénario « inchangé », où les maires pourraient avoir un accès à la plateforme en plus des préfets et du ministre de l'Intérieur (la doctrine actuelle n'est alors pas modifiée) ; c) un scénario inclusif, où de nouveaux acteurs pourraient être autorisés à diffuser une alerte à la population.

8.2.1. FR-Alert : un outil préfectoral (scénario restrictif) ?

L'accès à la plateforme pourrait tout d'abord être restreint à un nombre réduit de décisionnaires (comme cela avait d'ailleurs été le cas pour l'ancienne application mobile SAIP). Seuls les préfets départementaux, les préfets de zones et le Premier ministre pourraient ainsi prendre la décision de diffuser une alerte *via* FR-Alert (soit moins de 120 individus). Du point de vue de l'État, les avantages seraient pluriels : 1) avoir un contrôle des alertes diffusées, car seule une poignée d'individus ont la possibilité d'activer l'outil ; 2) une utilisation réservée à des événements graves (durant lesquels les préfets deviennent directeurs des opérations de secours) et une activation de la plateforme « de manière exceptionnelle » ce qui réduit les risques de surutilisation ; 3) un effort de formation des utilisateurs à la plateforme plus facile, malgré les *turn-overs* préfectoraux entre Paris et les provinces. Par ailleurs, un tel choix renforcerait la mainmise de l'État sur l'alerte ainsi que la verticalité des procédures.

Ce choix reviendrait en revanche à se passer des avantages de FR-Alert à l'échelon local. La plateforme ne serait ainsi utilisée que pour des dangers ou des menaces justifiant l'activation d'une cellule de crise préfectorale, et non pour des risques localisés où les maires pourraient avoir besoin d'utiliser la plateforme. Pour y remédier, un canal de communication pourrait être créé entre les maires et les préfectures afin de permettre aux maires de demander la diffusion d'une alerte de façon rapide et ciblée. Cette demande pourrait aussi être associée à l'activation des sirènes SAIP, ce qui ferait « d'une pierre deux coups ». Mais dans ce cas, le processus d'alerte montante (par le maire) puis de validation (par la préfecture) serait chronophage. Nous pensons que la souplesse offerte par ce nouveau format d'alerte ne doit pas s'accompagner d'un renforcement de la rigidité d'un système d'alerte qui lui a déjà fait défaut (exemple de la non-activation de l'application SAIP lors de l'attentat du 20 avril 2017 sur les Champs-Élysées).

8.2.2. Donner l'accès à tous les maires (scénario inchangé) ?

Dans un deuxième scénario, tous les maires pourraient avoir accès à la plateforme, ce qui reviendrait à laisser inchangé le pouvoir de police et les acteurs autorisés à diffuser une alerte en France. Toutefois, le recours à la plateforme FR-Alert pour les maires pourrait être restreint à certains dangers uniquement ou dépendre de la taille de la population communale. Ce choix permettrait de renforcer l'alerte à l'échelon local. FR-Alert pourrait ainsi être une alternative aux solutions d'alerte issues du secteur privé qui sont venues concurrencer l'État sur ses propres prérogatives (Vinet, 2010). On rappellera ici que plus de 1 000 communes en France disposent d'un automate d'appel qui permet l'envoi de SMS aux personnes inscrites (d'après les informations à notre disposition fin 2020). Ce choix de scénario homogénéiserait les procédures de diffusion à l'échelon local, tout en offrant aux maires une grande liberté dans le choix du message, la temporalité de diffusion, ou la zonalité des alertes.

Si tous les maires des 34 968 communes (métropole et outremer) ont accès à FR-Alert, et si on y ajoute les autres échelons supérieurs, le nombre d'utilisateurs serait supérieur à 35 000. Cela nécessite de proposer un accompagnement à l'ensemble des utilisateurs pour les aider à prendre en main le logiciel qui devra nécessairement être accessible et ergonomique. Il s'agit là d'un défi majeur qui, s'il n'est pas relevé, pourrait aboutir à des alertes manquées (par erreur ou manque d'appropriation de l'interface) ou à des fausses alertes (par une surutilisation). Si un danger affecte simultanément plusieurs communes, il faut également que la plateforme puisse supporter de multiples connexions, et qu'elle soit en mesure d'assurer la diffusion simultanée de différents messages d'alerte. Si ce choix est retenu, l'État devra aussi veiller à ce que la plateforme ne serve qu'en cas d'alerte ou de vigilance, et non comme un outil municipal de communication.

Face à ce constat, l'État pourrait alors décider de limiter l'accès aux maires des plus grandes municipalités. Il s'agirait en quelque sorte d'une solution hybride entre le scénario restrictif et le scénario ouvert à « tous les maires ». Pour poursuivre cette idée, le Tableau 8.3 donne des éléments de réflexion sur les seuils possibles pour ouvrir partiellement la plateforme aux maires. Le seuil de 10 000 habitants est très intéressant : il ouvre l'accès à la plateforme à 1 022 maires (soit seulement 2,9% des maires de France) tout en couvrant 51% de la population française. Toutefois, nous déconseillons d'ouvrir partiellement la plateforme FR-Alert, car le seuil choisi ferait l'objet de débats légitimes et les maires des communes non retenues pourraient se sentir lésés, d'autant que cela remet clairement en cause le pouvoir de police administrative qui prévaut depuis 1792.

Tableau 8.3. Exemples de différents seuils d'ouverture de la plateforme FR-Alert aux maires selon le nombre d'habitants des communes

Seuils retenus	Nombre de maires ayant accès à la plateforme	Proportion de maires concernés	Population concernée (millions)	Pourcentage par rapport à la population totale
100 000 habitants	42	0,1%	10,23	15,3%
50 000 habitants	131	0,4%	24,16	24,2%
10 000 habitants	1 022	2,9%	50,99	51,0%
1 000 habitants	10 101	28,9%	88,11	88,1%
Toutes les communes	34 968	100%	67,06	100%

8.2.3. Faire évoluer la réglementation (scénario inclusif) ?

La troisième solution consisterait à élargir le pouvoir de diffuser une alerte à d'autres acteurs, plus proches du « terrain », afin de réduire les temporalités longues liées à une chaîne d'alerte qui est restée jusqu'à maintenant très hiérarchisée et procédurale (Créton-Cazanave, 2010). Cela sous-entend une profonde modification du cadre réglementaire actuellement en vigueur, envisagé d'ailleurs par plusieurs rapports sénatoriaux sénateurs (Courteau, 2019 ; Vogel, 2017) ou scientifique (Douvinet *et al.*, 2020).

a. Une place pour les prévisionnistes et services de secours ?

Élargir l'accès à FR-Alert aux prévisionnistes, pour réduire les délais d'alerte, constituerait une avancée majeure dans l'assouplissement et la dé-hiérarchisation du système d'alerte français. Certains pays comme la Belgique et l'Australie donnent la possibilité aux prévisionnistes de diffuser une alerte à la population (Douvinet *et al.*, 2020), mais en France, les prévisionnistes restent cantonnés à la diffusion de messages de vigilance. Pourtant, face à certains aléas ayant une cinétique particulièrement rapide, l'enjeu de la diffusion d'une alerte par les prévisionnistes prend tout son sens. Par exemple, dans le cas de la détection d'un tsunami par le CENALT (Centre d'Alerte aux Tsunamis) sur les côtes méditerranéennes, le CENALT transmet l'information aux autorités concernées (préfecture), sans faire de l'alerte à la population (Sahal *et al.*, 2013). Un temps précieux est ainsi perdu dans la phase d'alerte montante et de prise de décision des autorités (entre 5 et 10 minutes), alors même qu'en cas de séisme local survenant en Ligurie, le délai avant les premiers impacts est estimé entre 13 et 18 minutes sur la Côte d'Azur (Terrier *et al.*, 2007).

Consciente qu'il s'agit là d'un levier majeur pour accélérer les procédures d'alerte, la DGSCGC nous a confié que les prévisionnistes ne souhaitent pas endosser la responsabilité de l'alerte à la population et préfèrent continuer à passer par les autorités lorsqu'une situation grave est détectée. Cette réticence à endosser la responsabilité de l'alerte est compréhensible : 1) la responsabilité pénale des prévisionnistes peut être engagée en cas d'alerte manquée ; 2) les prévisionnistes sont chargés de caractériser les aléas, et non leurs conséquences sur les vies humaines et les activités dans les territoires impactés. Ils ne sont pas non plus formés à la gestion de crise ni aux modes de communication avec les citoyens durant les crises. Ils n'ont pas non plus connaissance des ressources dont dispose le territoire (si un message d'évacuation est demandé, où sont exactement les points refuges et quelles sont leurs capacités d'accueil ?).

Dès lors, pour réduire les réticences des prévisionnistes et leur permette de faire de l'alerte à la population, trois actions au moins doivent être envisagées à court terme : 1) former les prévisionnistes à l'utilisation de la plateforme ; 2) identifier clairement les scénarios craints pour lesquelles les prévisionnistes peuvent émettre une alerte ; 3) identifier les territoires exposés à ces scénarios afin d'établir à l'avance les modalités d'alerte (zone de diffusion, outil utilisé) et les messages types (évacuation, confinement) pour chaque scénario ; 4) déresponsabiliser pénalement les prévisionnistes.

En parallèle, la diffusion d'alertes par les services de secours peut également être envisagée pour des aléas ayant une cinétique moins rapide, mais plus évolutive (feu de forêt, coulée de lave). L'enjeu est moins ici de gagner du temps que de permettre une certaine souplesse dans les situations de crises. Les services de secours qui agissent sur le terrain peuvent avoir une

meilleure vision du danger que les acteurs en cellule de crise. Le Commandant des Opérations de Secours (COS) pourrait ainsi prendre la décision d'alerter et d'évacuer des individus sans nécessairement attendre que l'ordre vienne du directeur des opérations de secours (DO). Pour ce faire, le COS pourrait s'appuyer sur la plateforme FR-Alert. Ce cas reste toutefois délicat, car : 1) il remet en cause les modalités de gestion de crise et notamment la place et le rôle du DO par rapport au COS ; 2) cette procédure doit être encadrée, car cela revient à distinguer plusieurs individus en position de diffuser une alerte à la population sur une même crise, ce qui peut entrainer des confusions (notamment dans les messages adressés au public) ; 3) l'accès à la plateforme peut être complexe pour le COS, qui doit définir la stratégie opérationnelle et pour qui l'alerte n'est pas nécessairement une priorité. L'idée n'est donc pas de faire des services de secours un acteur à qui on donne la responsabilité de l'alerte, mais de leur laisser la possibilité, lorsque la situation l'exige, de disposer de la plateforme FR-Alert pour transmettre un message à la population. Rappelons au passage que certains SDIS ont déjà accès à l'activation des sirènes SAIP, sous couvert d'une convention avec l'État.

b. Une place pour les présidents d'intercommunalités ?

Élargir l'accès à FR-Alert aux présidents d'intercommunalités constituerait une autre avancée majeure en France. La France se caractérise par un maillage communal extrêmement fin (Grison, 2016) et la spatialité des risques (rarement contenus à l'échelle communale) nous amène à questionner le rôle des EPCI (Établissements Publics de Coopération Intercommunale) dans la diffusion de l'alerte. Un président d'EPCI, qui gère un groupement volontaire de communes afin d'exercer des compétences en commun, pourrait assumer la responsabilité de l'alerte, et ainsi définir une stratégie harmonisée. Nous avons déjà constaté que l'achat et la gestion de certains moyens d'alerte (AAT et AS) se faisaient au niveau intercommunal (*cf.* chapitre 2) et des plans sont de plus en plus coordonnés à cette échelle (comme le Plan Intercommunal de Sauvegarde). Dès lors, peut-on envisager de dessaisir les maires de leur obligation d'alerte et de la déléguer aux présidents d'EPCI dont l'échelle semble plus appropriée pour l'alerte à la population ?

Outre une question d'échelles, il s'agit là d'une autre piste pour réduire le nombre d'individus qui pourraient avoir accès à la plateforme : au 1er janvier 2021, il existe 1 253 EPCI à fiscalité propre (21 métropoles, 14 communautés urbaines, 223 communautés d'agglomération et 995 communautés de communes), et près de 300 EPCI à fiscalité multiple (EPAGE, Établissement Public de Gestion de l'Eau, EPTB, Établissement Public Territorial de Bassin), dont les limites spatiales correspondent aux limites des bassins versants, ce qui leur confère une légitimité en tant que « territoire d'alerte face aux inondations ». En additionnant les 25 EPAGE et 43 EPTB aux 1 253 EPCI à fiscalité propre, on arriverait ici à 1 321 utilisateurs (contre 34 968 maires).

Quoi qu'il en soit, cette position doit être vite clarifiée : le 2 mars 2021, le président de la Métropole Rouen Normandie a annoncé le lancement d'un système d'alerte par SMS auprès de la population (en particulier pour donner une suite à l'incendie de Lubrizol survenu le 26 septembre 2019), et un message SMS a d'ailleurs été envoyé le 7 avril à 16h42 lors d'un incendie à l'ensemble des inscrits. Si dans les textes de loi, le président de la Métropole Rouen Normandie n'est pas autorisé à diffuser une alerte à la population à l'échelle de l'intercommunalité (c'est d'ailleurs pour cela qu'il a parlé d'un « message de vigilance »), dans les faits, les demandes semblent de plus en plus nombreuses.

Un tel mode de fonctionnement reviendrait cependant à bouleverser les modalités d'alerte en France, en réduisant en particulier le nombre d'activations des cellules de crise préfectorales, qui ont pourtant acquis un certain degré de compétences et d'expertises dans ce domaine. Les maires disposent aussi d'une bonne expertise locale (à l'échelle de leur territoire) et ce niveau de connaissance pourrait être occulté au niveau intercommunal, notamment dans les plus grandes intercommunalités (communautés d'agglomération ou métropoles). De plus, des conflits politiques pourraient entrer en jeu. Un président élu d'une intercommunalité peut être en désaccord avec un ou plusieurs maires, ce qui pourrait avoir des conséquences sur la diffusion d'alerte à cette échelle.

8.2.4. Quid de l'automatisation de l'alerte pour certains aléas ?

Pour certains aléas ayant une cinétique ultrarapide et affectant un grand nombre d'individus (on pense ici aux séismes, aux tsunamis, aux avalanches et aux glissements de terrain), se passer d'une procédure décisionnelle pourrait faire gagner un temps précieux pour alerter la population. Techniquement, cela signifierait que les capteurs de surveillance seraient intégrés dans la plateforme FR-Alert *via* le Protocole d'Alerte Commun (CAP). Des messages prédéfinis pourraient être envoyés à des cellules de télécommunication, identifiées en amont, à condition toutefois d'avoir suffisamment de connaissances sur les aléas et leurs impacts, et de présélectionner une emprise spatiale de diffusion.

Il suffit d'illustrer ce propos en prenant comme exemple le système d'alerte précoce du glacier de la Tête Rousse, dans la vallée du Val Montjoie. Des sirènes sont déjà en place et l'alarme se déclenche lorsque des capteurs enregistrent le déferlement d'une onde de submersion (SIDPC, 2011). En complément, un message d'évacuation CB préenregistré pourrait être diffusé dans les zones aval potentiellement impactées, en sachant que les antennes actuellement en place peuvent être déjà identifiées (Figure 8.6).

Ce genre de système pourrait être étendu à d'autres aléas, notamment les tsunamis, les crues rapides et les laves torrentielles. En Nouvelle-Calédonie par exemple, il a fallu environ 15 minutes à la sécurité civile pour activer les sirènes suite à un séisme ressenti le 6 décembre 2018 (magnitude de 7.6 sur l'échelle de Richter), et 19 minutes le 5 mars 2021 (magnitude de 8.1). Le scénario d'un tsunami post-séisme en Nouvelle-Calédonie est connu et la plateforme FR-Alert pourrait être utilisée pour diffuser automatiquement des messages d'alerte tsunami dès qu'un séisme est ressenti (par capteurs et/ou sismographe). Le même cas pourrait être envisagé à Mayotte ou des essaims de séismes ont été ressentis en 2018 suite à la formation d'un volcan sous-marin à l'est de l'île.

Le choix de l'autorité émettrice pourrait là encore se faire selon la dynamique spatio-temporelle des aléas (Figure 8.7). Les aléas à la cinétique soudaine devraient faire l'objet d'une automatisation de l'alerte tandis que l'autorisation de la diffusion d'alerte devrait être étendue aux prévisionnistes lorsque les aléas ont une cinétique rapide (jusqu'à 1h). Au-delà d'une heure, c'est l'échelle de l'aléa qui pourrait définir l'entité émettrice : à une échelle infradépartementale, les services de secours pourraient être impliqués (en plus des autorités habituelles). À une échelle départementale, régionale ou nationale, les autorités diffusant d'alerte devraient rester inchangées (préfet de département, préfet de zone et Premier ministre).

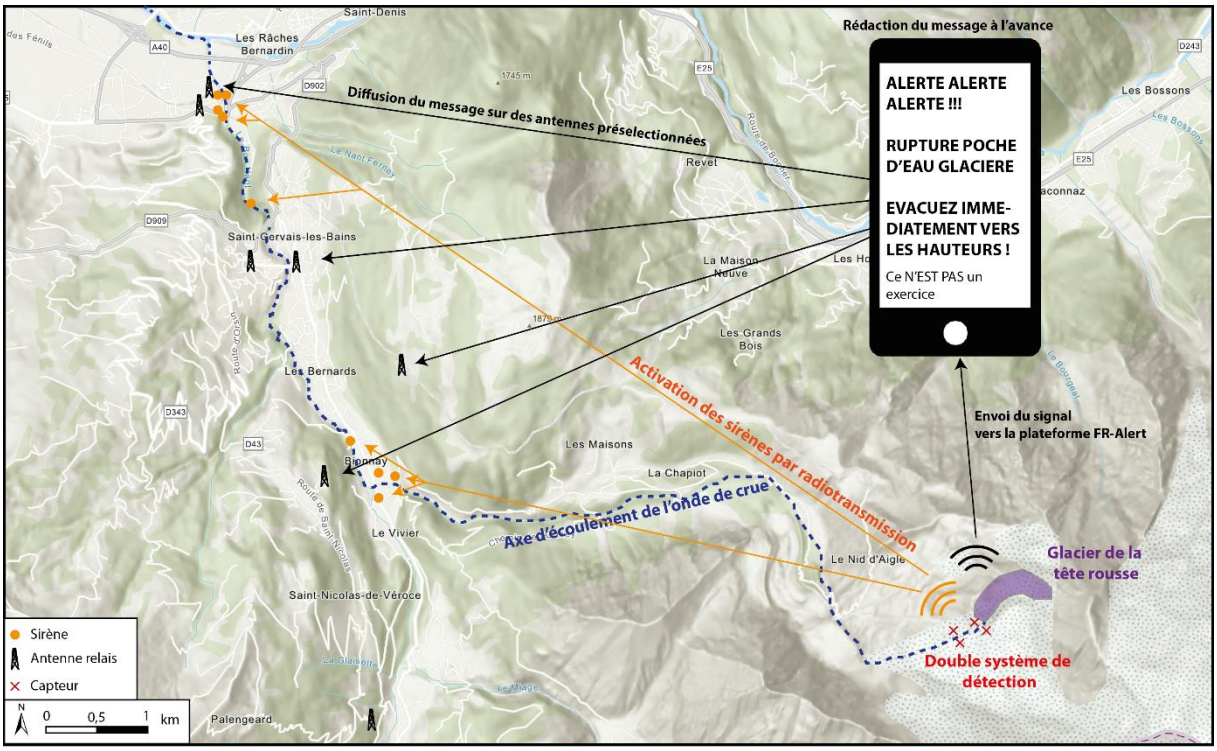


Figure 8.6. Un exemple d'un système d'alerte précoce multicanal et automatisé s'appuyant sur la plateforme FR-Alert face à un risque de rupture glacière dans le Val Montjoie (74)

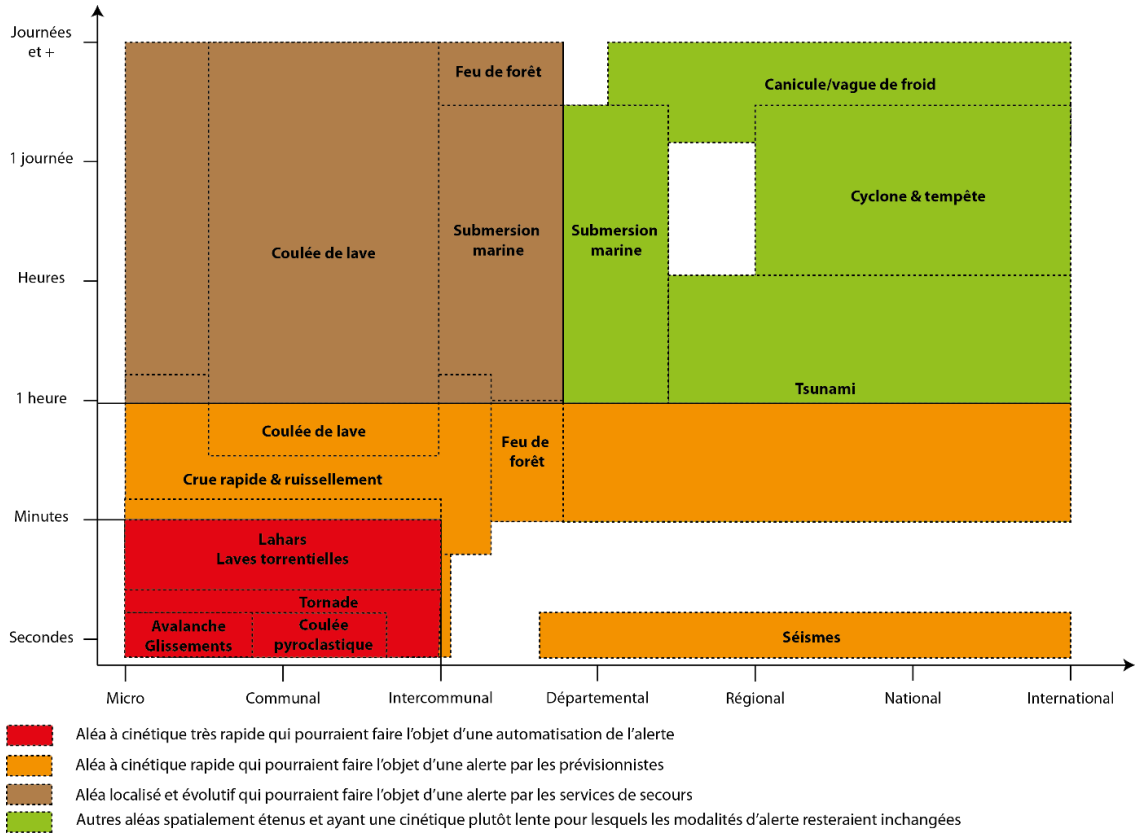


Figure 8.7. Un possible élargissement des modalités d'alerte aux services spécialisés en fonction de la répartition spatio-temporelle des aléas naturels

Pour résumer : la responsabilité de la diffusion de l'alerte doit être réétudiée et trois orientations sont à débattre : 1) assouplir les procédures en ouvrant la responsabilité de la diffusion de l'alerte à d'autres entités, notamment les prévisionnistes et services de secours ; 2) débattre de la possibilité de déléguer le pouvoir de diffusion d'une alerte aux présidents d'intercommunalités ; 3) multiplier les systèmes d'alerte précoce sur des aléas clairement identifiés, sans interférence avec une prise de décision humaine.

8.3. Adapter les échelles spatiales de diffusion de l'alerte

L'intégration de nouveaux événements dans la plateforme amène aussi à questionner l'échelle (ou les échelles) spatiale(s) de diffusion. Selon la nature des dégâts potentiels et les territoires impactés, deux principales stratégies peuvent être discutées : 1) une stratégie « focalisée sur les risques », qui consiste à diffuser l'alerte dans un périmètre géographique autour du risque ; 2) une stratégie « territorialisée », qui consiste à définir des bassins de diffusion centrés sur des unités territoriales cohérentes.

8.3.1. Diffusion à l'échelle des risques : des effets de bords importants

À ce jour, les stratégies d'alertes privilégient l'approche « aléa-centrée » et les moyens d'alerte qui sont activés le sont généralement dans la zone à risque. Cette stratégie peut être perpétuée *via* FR-Alert en sélectionnant les antennes de télécommunication situées en zone à risque. Partant de ce constat, trois approches « risques-centrées » sont à considérer : 1) une diffusion restreinte à la zone exposée qui va être impactée ; 2) une diffusion plus large, à l'échelle d'un bassin de risque (bassin versant, massif forestier, linéaire côtier, etc.) ; 3) une diffusion différenciée à la fois dans le temps (en fonction de la cinétique des événements) et dans l'espace, selon la portée et les impacts à craindre.

a. Caler l'alerte sur la zone exposée : une solution facile, mais parfois imparfaite

La diffusion d'alerte à l'échelle de la zone à risque est relativement facile à mettre en œuvre. Cette approche consiste à définir le périmètre des zones exposées (par exemple tel que défini dans le chapitre 7) et à les intégrer, en amont, dans la plateforme FR-Alert. A l'aide d'un SIG, il s'agit identifier les antennes de télécommunication dont la cellule de diffusion est située dans la zone à risque. Ces dernières devront ensuite être activées pour diffuser l'alerte lorsque le danger arrivera. Dans cette optique, on peut identifier des réseaux d'antennes centrées sur des risques (dont la spatialité est connue) pour chaque commune et qui peuvent être activés très rapidement en cas de danger imminent. Ce type d'approche peut être mené pour le risque de crues rapides (les zones inondables sont connues et cartographiées dans les principaux bassins versants en France), le risque volcanique, le risque feu de forêt ou le risque industriel.

Dès qu'une partie de la cellule est dans la zone exposée, l'antenne rattachée à la cellule doit être sélectionnée dans la plateforme. Le nombre de cellules « activées » varie ainsi selon l'emprise spatiale des zones exposées, comme on peut le voir pour Sisteron, Manosque et Cannes (Figure 8.8). En conséquence, les bassins de diffusion « présélectionnés » ont une échelle spatiale variable. Cette approche, qui repose sur l'anticipation des risques, permet

également de préenregistrer le message d'alerte ce qui garantit une grande réactivité lorsque le danger arrive.

Cette approche reste toutefois sujette à caution pour plusieurs raisons. 1) il peut être difficile de définir à l'avance et avec une grande précision le périmètre de la zone qui sera impactée. Certaines zones à risque sont parfois méconnues ou sous-estimées : par exemple, la crue rapide du 17 octobre 2014 à Lamalou-les-Bains (4 morts) s'est déroulée sur un petit affluent où le risque avait été sous-estimé (Rey *et al.*, 2016). 2) restreindre l'approche à l'échelle de la zone exposée c'est occulter la dimension spatiale plus large des phénomènes. Par conséquent, on se retrouve avec un fort morcellement des bassins d'alerte (zones de diffusion) qui n'est pas forcément adapté à l'échelle spatiale de l'aléa. Caler la diffusion de l'alerte à l'échelle des bassins de risque permet de remédier à ce problème. 3) la granularité des cellules de télécommunication implique des effets de bords qui peuvent être plus ou moins importants selon l'échelle de la zone exposée et la densité des antennes relais. Ces effets de bords sont discutés un peu plus bas.

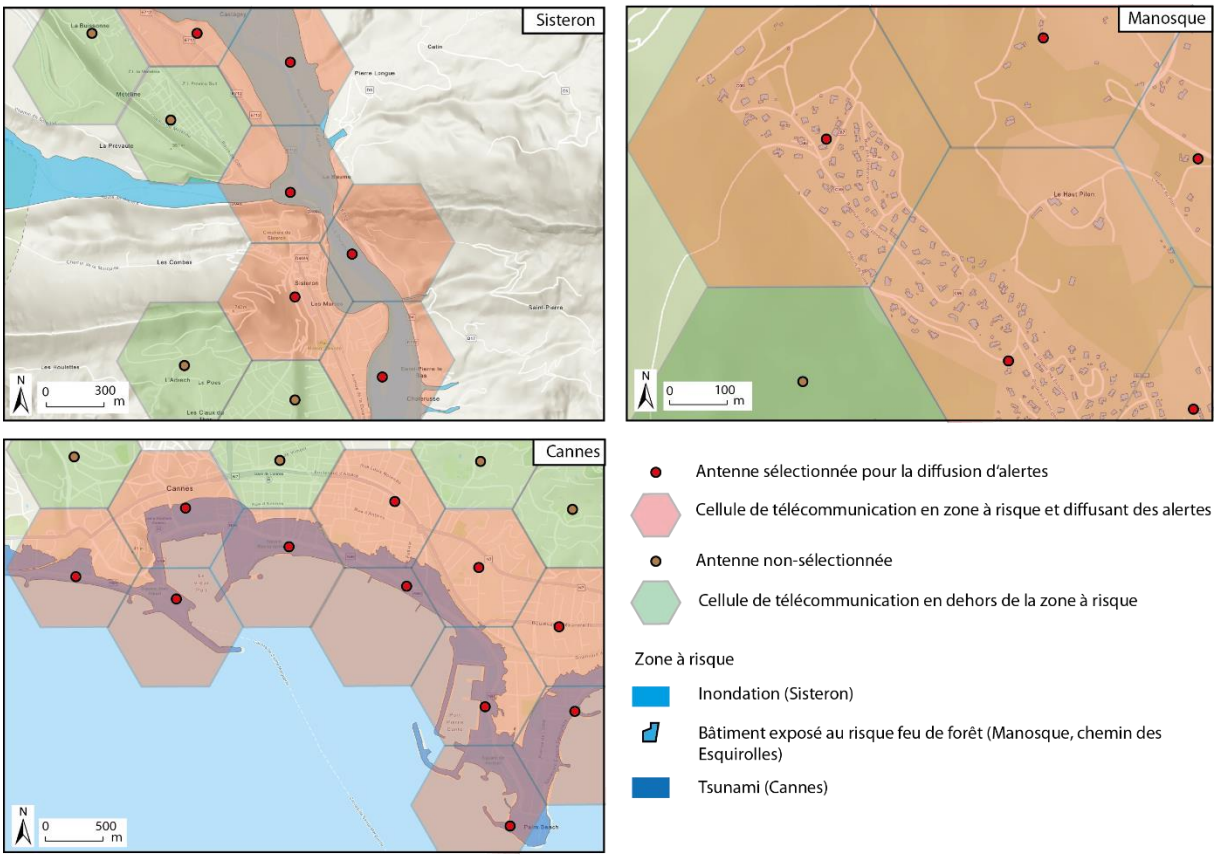


Figure 8.8. Trois exemples schématiques pour illustrer l'approche risque-centrée (les antennes et cellules sont placées fictivement)

b. Caler l'alerte sur les bassins de risque

La deuxième approche vise à diffuser une alerte sur l'ensemble du bassin soumis à un risque, sans se limiter aux limites communales ni chercher à identifier les zones qui seront impactées par l'aléa (exemple du bassin versant en amont de Sisteron, sur la Moyenne Durance ; Figure

8.9). Autrement dit, la diffusion se ferait à une échelle dépassant l'échelle de la zone exposée. Cela permet de se passer de la connaissance exacte du périmètre de la zone à risque et du scénario précis de l'événement, et d'englober une entité hydrologique (crue rapides), forestière (feu de forêt), littorale (tsunami et submersion), etc. spatialement « cohérente ». Dès lors, les zonalités d'alertes sont plus larges que dans la première approche et peuvent se superposer (un bassin de risque inondation peut se superposer à un bassin de risque feu de forêt par exemple). Il est aussi possible d'estimer à l'avance le nombre d'individus qui seront alertés. Par exemple, dans le cas d'un risque tsunami sur le littoral de la région Sud-PACA (pour un *run-up* de 5m qui est le scénario maximal attendu en région Sud-PACA, Figure 8.9), 654 antennes relais seraient activées sur 74 communes et 681 510 résidents pourraient recevoir une alerte tsunami (sans compter les touristes). Cette approche nécessite au préalable l'identification d'un grand nombre de bassins de risque possible (à la spatialité variable) afin de pouvoir activer rapidement la diffusion de l'alerte sur l'ensemble des antennes du bassin de risque.

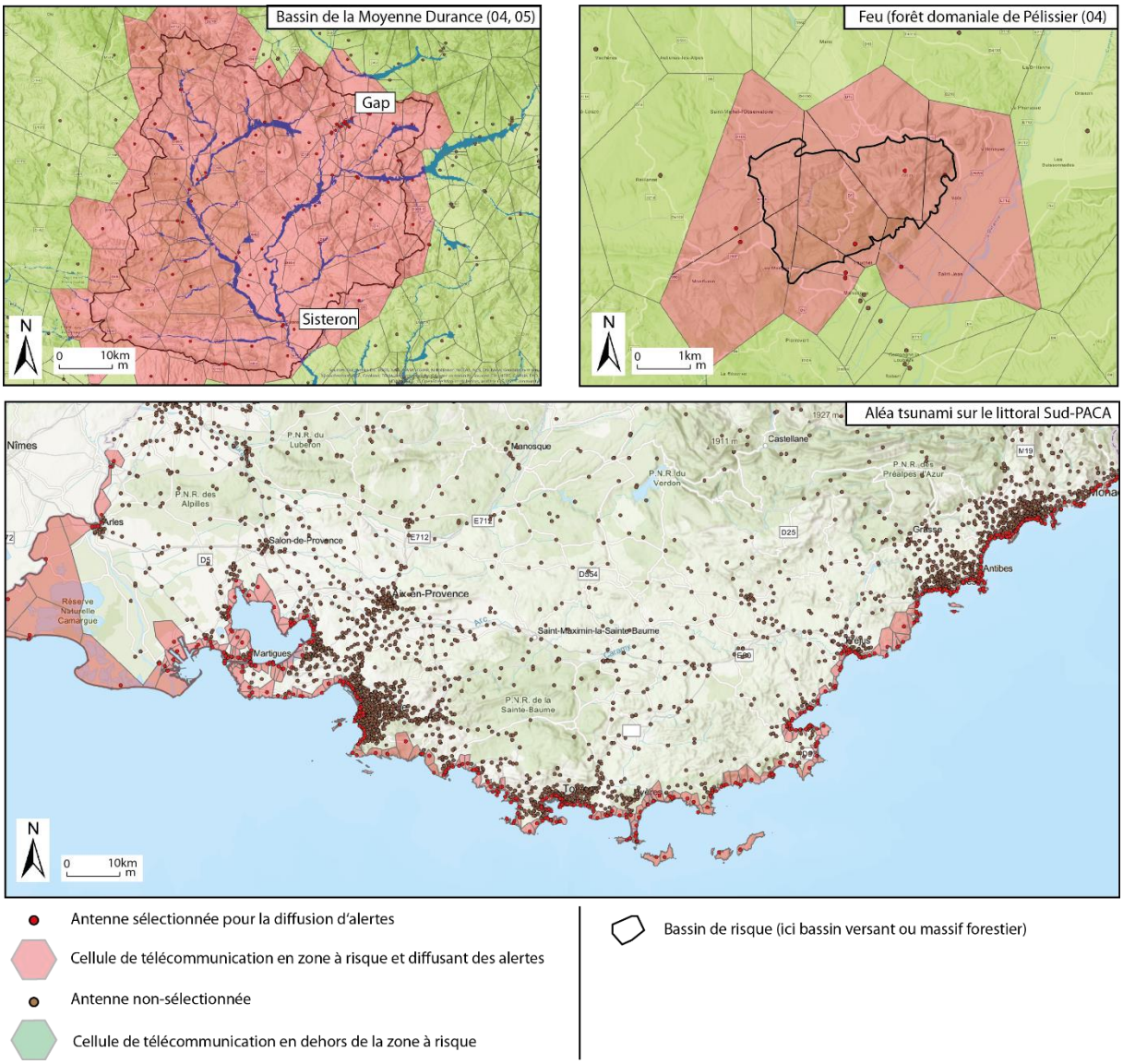


Figure 8.9. Trois exemples d'approches centrées à l'échelle de bassins de risque (les antennes sont réelles et les cellules ont été estimées *via* la méthode des polygones de Voronoï)

c. Alerter en tenant compte de l'évolution spatio-temporelle des aléas

Une autre approche consiste à ne pas planifier à l'avance les zones de diffusion, pour adapter les temporalités de l'alerte en fonction de l'évolution de l'événement (Figure 8.10, carte du haut). Il est aussi possible de faire varier le contenu du message selon la zone de diffusion (Figure 8.10, carte du bas). Cette approche nécessite une grande réactivité des autorités ayant accès à la plateforme et une bonne connaissance de l'événement et de ses conséquences attendues sur le territoire exposé. Elle est aussi plus chronophage que les deux approches précédentes. D'une manière générale ces trois approches sont complémentaires. Il n'est pas interdit de présélectionner les antennes situées dans des zones à risque (approche n°1) et/ou des bassins d'alerte (approche n°2), mais le moment venu de choisir une diffusion polyphasée (différenciée dans l'espace) et asynchrone (différenciée dans le temps) tout en adaptant le contenu (approche n°3).

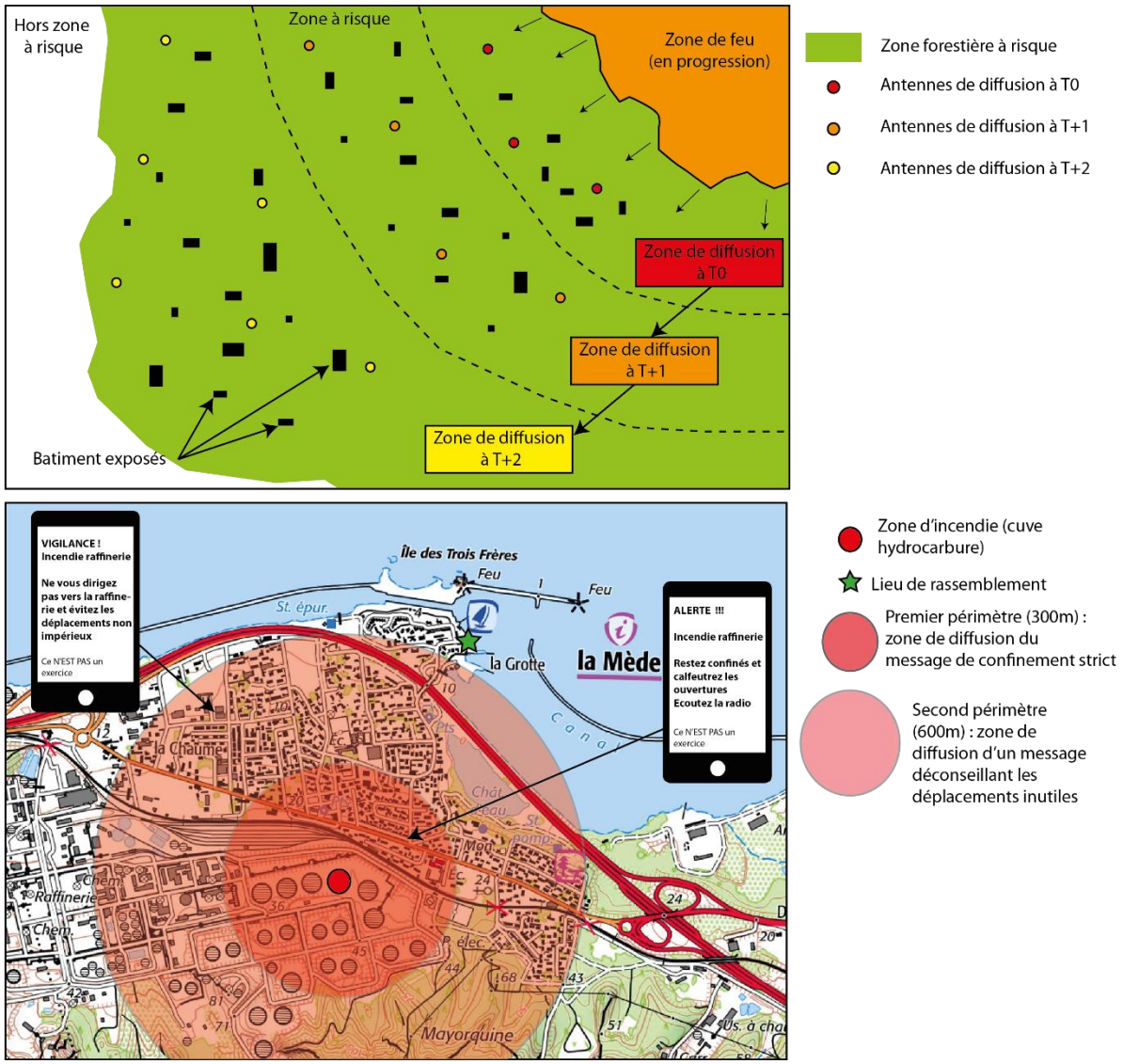


Figure 8.10. Deux exemples de diffusions différenciées d'alertes sur un même événement

d. Des effets de bords importants

L'aire de diffusion d'une alerte par CB ou LB-SMS est polygonale. Lorsqu'un message d'alerte est diffusé sur une cellule, tous les individus situés dans cette cellule vont recevoir un message s'ils sont équipés d'un téléphone mobile. La cellule est donc la plus petite échelle possible par LBAS. Mais sa taille est inégale. En effet, la « granularité » des cellules de télécommunication varie spatialement : elle est généralement très fine en milieu urbain où un grand nombre d'antennes sont nécessaires pour éviter les risques de congestion, et plus large en milieu rural où les individus sont plus dispersés spatialement. En région Sud-PACA, la taille médiane des cellules est de 1,1 km² et l'écart interdécile est de 20,75 km² (0,07km² pour le décile 1 et 20,82 km² pour le décile 9). La cellule la plus grande est de 183,1 km². La relation entre la taille de la cellule et le nombre d'individus qui y réside n'est pas vérifiée (rho = -0,08).

La Figure 8.11 illustre cette problématique en prenant l'exemple du bassin versant du Loup (83) d'une superficie de 264 km², soumis à des crues rapides et où vivent environ de 40 500 individus. Imaginons qu'une autorité décide de diffuser une alerte à destination de la population résidant dans le bassin versant pour un risque d'inondation. Deux choix de diffusion sont possibles :

- Dans le premier cas, toutes les antennes situées dans le BV sont ciblées pour la diffusion du message (carte n°1). Ce choix permet d'alerter 31 761 individus, soit 78,3% des individus résidant dans le bassin du Loup. Cela signifie aussi que 8 802 individus ne sont pas alertés (21,7% des individus résidant dans le bassin du Loup). En effet, ces individus sont couverts par des antennes situées en dehors du bassin versant et qui n'ont pas été sélectionnées pour recevoir le message (l'amont du bassin versant est notamment concerné). Par ailleurs, 2 788 individus situés en dehors du bassin versant, mais résidents dans un polygone d'une antenne située dans le bassin seraient également alertés. Or, dans ce cas théorique, ces individus ne sont pas concernés par le risque d'inondation du bassin du Loup.
- Dans le deuxième cas, chaque antenne dont la cellule intersecte le bassin du Loup a été sélectionné pour diffuser le message (carte n°2). En conséquence, 100% des individus résidant dans le bassin versant du Loup sont alertés. Cependant, le nombre d'individus situés en dehors du bassin versant, mais recevant l'alerte (alerte inopportune) augmente drastiquement par rapport au premier cas : 34 993 individus recevraient cette alerte inopportune (soit 32 205 individus de plus par rapport au premier cas).

Ainsi, dans les deux cas de figure, des « effets de bords » émergent : soit on limite le nombre d'individus recevant une alerte inopportune au risque que le nombre d'individus nécessitant d'être alerté et ne recevant pas d'alerte soit grand, soit on alerte tous les individus concernés, mais en maximisant également le nombre d'individus recevant une alerte inopportune. La précision des alertes par LBAS est donc imparfaite, et ces effets de bords augmentent lorsque la taille des cellules de télécommunication augmente également.

Cet effet de bord est encore plus élevé à l'échelle des communes (les superficies des communes étant bien inférieures aux bassins versants) et plus encore à l'échelle des zones exposées. En région Sud-PACA, 277 communes sur 946 n'ont pas d'antennes relais au sein de leur territoire. Cela signifie que dans le cadre d'une alerte communale décidée par le maire d'une de ces communes, il faut nécessairement envoyer le message sur des antennes-relais situées en dehors du territoire communal et donc de toucher un nombre important d'individus

dans les communes voisines. D'une manière plus générale, toutes les communes sont soumises à un effet de bord pouvant être important (les limites des antennes de télécommunication ne suivent pas les limites communales). Cet effet de bord peut être réduit grâce à la technique du *geofencing* qui consiste à « demander » au téléphone relié à l'antenne de vérifier sa position GPS afin d'afficher, ou non, le message s'il est bien dans la zone à alerter (Küpper *et al.*, 2011). Cette technique reste toutefois coûteuse et nous ignorons si elle sera intégrée à la plateforme FR-Alert.

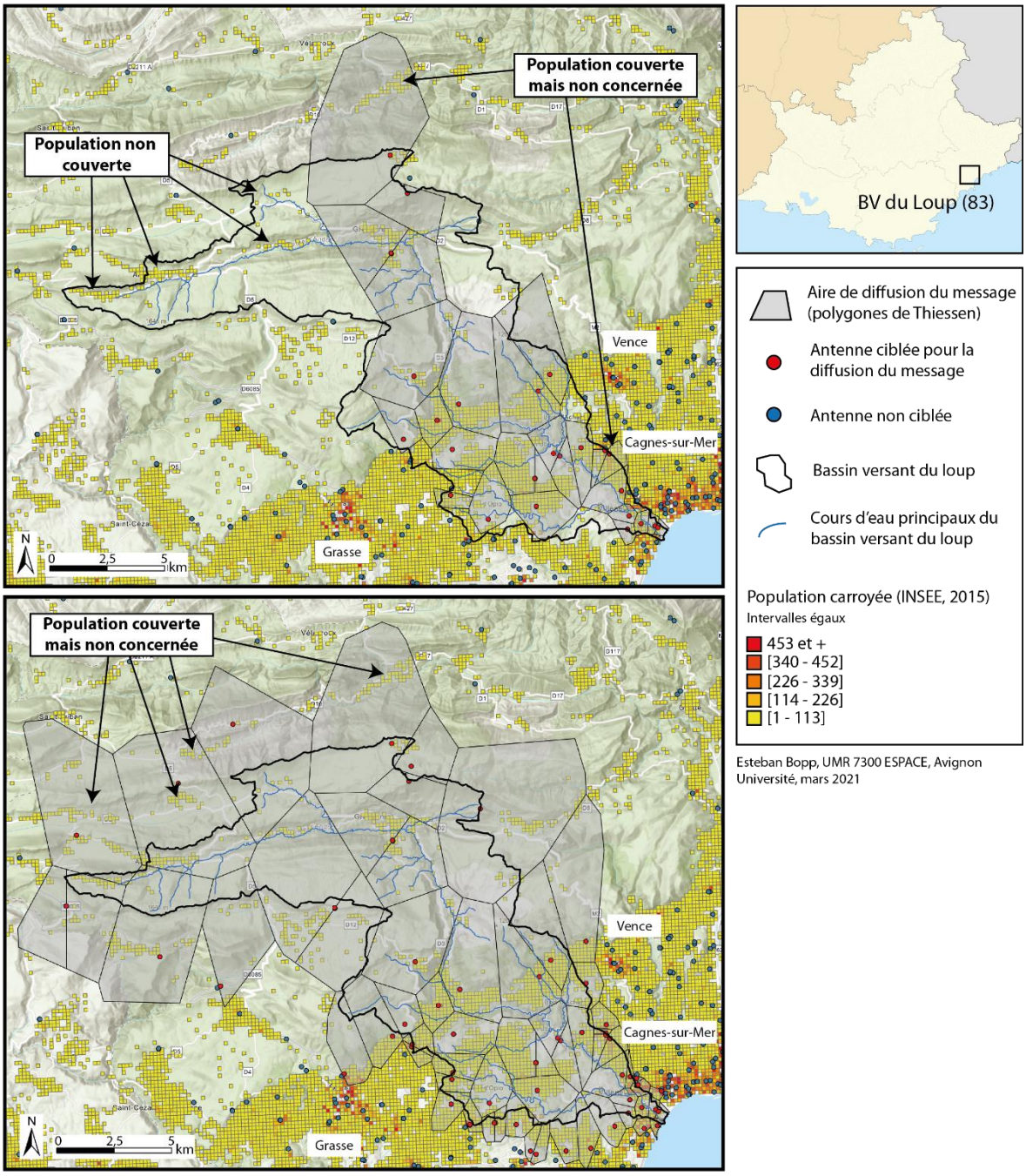


Figure 8.11. Deux choix de diffusion d'alerte selon la localisation des antennes relais et des cellules de télécommunication associée dans le bassin versant du Loup (83)

8.3.2. Remettre le territoire au cœur du processus

L'alerte pourrait aussi être diffusée à l'échelle de découpages territoriaux, sans dépendre des connaissances acquises sur les aléas ni sur leur emprise dommageable. Ainsi, il serait intéressant de réfléchir à des bassins d'alerte qui tiennent plus compte de l'organisation des territoires et de leur dynamique. Deux niveaux semblent particulièrement intéressants à questionner : les intercommunalités (EPCI) et les bassins de vie.

Les EPCI peuvent être des bassins cohérents dans la mesure où une certaine homogénéité territoriale lie les communes d'une même intercommunalité (sans pour autant faire abstraction de hiérarchies entre communes). Les bassins de vie sont « *un découpage territorial proposé par l'INSEE à partir de l'accès des habitants aux services du quotidien* » (Bouron, 2019). Il en existe 1 666 en France et ils correspondent à des territoires « pratiqués » par les individus qui y trouvent les principaux équipements et services courants (Brutel & Levy, 2012). L'exposition de territoires (EPCI ou bassin de vie) a des risques spatialement étendus (feu de forêt, risque industriel et pollution associée, risque inondation, etc.), justifie la diffusion d'alerte à l'échelle de ces territoires. L'identification d'antennes de télécommunication rattachées à chaque EPCI ou bassin de vie pourrait être réalisée dans un SIG et constituer ainsi des zones de diffusion.

Parce qu'ils sont plus nombreux, les bassins de vie ont une étendue spatiale, un nombre de communes, un nombre d'habitants et un nombre de cellules de télécommunication plus réduit que les EPCI (Tableau 8.4). Cela permet d'affiner la granularité des bassins d'alerte tout en augmentant les effets de bords par rapport à des bassins d'alerte centrés sur les EPCI. Dans le cas où les présidents d'intercommunalités deviendraient des acteurs autorisés à diffuser une alerte (§ 8.2.), l'intercommunalité serait privilégiée au bassin de vie afin d'homogénéiser les échelles de diffusion avec les échelles décisionnelles.

Tableau 8.4. Caractéristiques des bassins d'alerte selon le type d'entité administrative choisie

Caractéristiques	EPCI	Bassin de vie
Nombre d'unités	1 253	1 666
Superficie moyenne	514 km²	386 km²
Nombre moyen de communes	28	21
Nombre d'habitants moyen	53 528	40 258
Nombre moyen de cellules (région Sud-PACA)	82	53

Pour résumer : L'échelle de diffusion est un paramètre important à prendre en compte dans la future plateforme FR-Alert. Les bassins d'alerte doivent être appréhendés à différentes échelles (zones exposées, bassin de risque et entités administratives intercommunales) et ils devront être prédéfinis dans la plateforme pour que le décideur puisse rapidement sélectionner la zone de diffusion souhaitée en fonction du danger. Pour certains aléas ayant une dynamique évolutive, plusieurs zones de diffusion peuvent être préenregistrées tout comme les consignes qui peuvent évoluer spatialement. Il faut dès lors tenir compte de toutes ces échelles et étudier le niveau de complexité spatiale (superposition, jeux d'échelles), tout en ayant conscience des effets de bords liés aux technologies utilisées.

8.4. Intégrer dès à présent les besoins des individus

Cette dernière section insiste sur les besoins des individus, qui doivent être considérés dès à présent, indépendamment des cas d'usages ou de la doctrine d'utilisations pour la plateforme. Pour cela, l'étude reprend des résultats de l'enquête diffusée entre mai et décembre 2019 (891 personnes y avaient répondu ; *cf*. chapitre 6), et les observations menées dans le cadre du projet de recherche ANR *Cap4MultiCan'Alert*. L'idée de ce projet est de mesurer l'appréhension et le ressenti des individus lors de la réception de l'alerte (en jouant sur les canaux, le format et le contenu des messages). 757 personnes (personnels et étudiants de l'Université d'Avignon) ont répondu à l'enquête diffusée entre le 12 et 18 novembre 2020, et 51 participants sont venus à la journée d'expérimentations organisée le 13 janvier 2021.

8.4.1. Incidence de la forme, du contenu et de la sonorité des alertes

a. Contenu essentiel d'un message d'alerte

Plusieurs éléments doivent figurer dans un message d'alerte : l'identité de l'émetteur (en-tête), la nature du danger ou de la menace, sa localisation, et les consignes de comportement. Ne pas les indiquer a un impact négatif sur la perception du risque (Wood *et al.*, 2015). De façon plus ciblée, l'expérimentation réalisée le 13 janvier 2021 à Avignon Université (n=51) apporte d'autres éléments. Deux messages SMS ont été diffusés à l'ensemble des participants et il en ressort plusieurs éléments intéressants :

- L'identité de l'émetteur doit clairement apparaître (confortant les résultats de Wood *et al.*, 2015), mais doit aussi dépendre de l'événement en cours (les participants s'attendre à recevoir un message du SDIS en cas d'incendie, de la part de la Préfecture en cas d'inondation, ou de la part de l'Université en cas d'intrusion par exemple) ;
- Le texte doit être en majuscule lorsque le danger est immédiat ;
- Il faut utiliser l'impératif, pour inciter l'application des consignes ;
- Il n'est pas nécessaire d'utiliser des formules de politesse.

A travers ces résultats complémentaires aux travaux de Wood *et al.* (2015), de Drabek (1999) et de Potter (2018), nous pouvons avancer qu'un message d'alerte doit contenir les éléments suivants (dans cet ordre) :

1. L'identité de l'émetteur (entité diffusant l'alerte) ;
2. La mention « ALERTE » ;
3. La nature du danger ;
4. La localisation du danger (où sont attendus les impacts ?) ;
5. La temporalité du danger (à quels moments sont attendus les impacts ?)
6. Les consignes pour la mise en sécurité des individus.

L'existence d'un lien renvoyant vers une page web est parfois suggérée, mais il est à proscrire, car le lien peut être « recopié » de manière frauduleuse par des personnes mal-intentionnés et être rapidement remplacé par un autre lien très ressemblant (*fishing*, *cf*. chapitre 3).

Par ailleurs un message d'alerte identique n'implique pas le même comportement de la part des individus. Les individus n'acceptent de mettre en pratique les consignes que lorsqu'ils sont certains de leur utilité et la méfiance envers les institutions joue négativement sur la perception

des messages (Kim *et al.*, 2019). Par ailleurs, il existe deux catégories d'individus durant les crises : ceux qui sont enclins à évacuer et ceux qui préfèrent rester à leur domicile. La diffusion d'information précise et transparente à la population permettrait d'améliorer l'acceptabilité des consignes comportementales (McCaffrey *et al.*, 2018).

b. Des messages détaillés, plutôt que courts et imprécis

L'efficacité d'un message d'alerte augmente avec sa longueur et le détail des informations qui sont transmises (Wood *et al.*, 2015). Durant les ateliers participatifs à l'université d'Avignon, deux types de messages d'alerte ont été envoyés aux participants. Une première série (3 messages différents de type « Alerte, danger, consigne localisée ») a été diffusée aux 51 participants. Les trois messages faisaient 62, 67 et 83 caractères et chaque participant a reçu un seul message. Aucun des 51 participants ne trouve le message trop long tandis que six participants le trouvent trop court. La seconde série a consisté en l'envoi d'un unique message de 100 caractères (de type « Alerte, danger localisé, consignes détaillées et localisées ») commun aux 51 participants. Cinq individus trouvent le message trop long, deux individus le trouvent trop court et 44 trouvent la taille du message correcte.

Ces résultats viennent contrebalancer le mythe affirmant qu'un message bref et percutant est plus efficace qu'un message long et détaillé. D'autres résultats infirment ce mythe. Dans le cadre d'une alerte tsunami, les messages courts ne fournissent pas un contenu suffisant pour informer les individus de la menace à laquelle ils sont exposés et des mesures de protection qu'ils doivent prendre (Sutton *et al.*, 2018). Selon cette même étude, les messages d'alerte longs et détaillés ont entraîné une augmentation significative de la compréhension et de la prise de décision de mise en sécurité par les individus par rapport aux messages courts. Grant et Smith (2019) suggèrent toutefois d'éviter les « *wall of text* », c'est-à-dire des blocs de messages peu engageants à lire. Ainsi, si les messages doivent être détaillés et précis, ils doivent également rester synthétiques pour aller droit au but et ne pas perdre le receveur du message dans la quantité d'information reçue.

c. L'importance des informations spatiales dans les messages d'alerte

Les informations spatiales dans un message d'alerte sont primordiales et clairement souhaitées. En Angleterre, une étude qui a diffusé plusieurs messages CB à un échantillon de 96 étudiants de l'université de Hull a montré que la localisation de la zone de danger était l'élément de contenu le plus souhaité par les étudiants (Grant & Smith, 2019) : 60% des étudiants ont indiqué que la localisation du danger était primordiale, devant la sévérité du danger (58%), les consignes de comportement (51%) et la durée de l'événement (40%). D'autres informations spatiales sont souhaitées comme le lieu de destination (classé n°6) et les routes à éviter (classé n°9). Selon cette même étude, l'expression de l'information spatiale dans un message d'alerte doit se faire en priorité par un lien vers une carte (plus de 60% des répondants), par un texte détaillé (30% des répondants), par des adresses postales (30% des répondants).

La localisation du danger et du lieu de rassemblement (si évacuation) est également souhaitée par les 51 participants à la journée du 13 janvier 2021. Toutefois, en dehors d'alertes diffusées dans un secteur purement résidentiel, les individus ont un rapport à la géographie hétérogène (que ce soit en termes de localisation et leur rapport à leur environnement). Après la diffusion de 5 messages d'alertes différents par sirène vocale, 10 participants sur 51 ont mal localisé le

lieu où ils se situaient sur un plan du campus, 19 participants ont mal localisé le danger, et 28 participants ont mal localisé le point de rassemblement (alors même que le message avait été répété cinq fois, avec une voix masculine/féminine, et plus ou moins détaillé). Il est donc impératif de diffuser des informations spatialisées précises pour guider les individus dans leur mise en sécurité, d'autant plus lorsque les individus sont dans un environnement mal connu (salle de spectacle, stade, environnement urbain, etc.). Pour y remédier, la localisation cartographique et/ou la diffusion de coordonnées spatiales du lieu de rassemblement par exemple sont plébiscitées. Il convient aussi d'utiliser des noms simples (« point de rassemblement « en face du supermarché » par exemple), et non d'utiliser les noms officiels, pas toujours connus, même pour des personnes « pratiquant » les lieux.

Néanmoins, la plus-value d'une information cartographique est ambiguë. Les cartes n'ont pas un effet significatif sur l'interprétation des messages, car les individus réagissent différemment selon leur capacité à lire une carte (Wood *et al.*, 2015). Selon Liu *et al.*, (2017), les cartes n'améliorent que marginalement la compréhension des messages d'alerte et seules les cartes apportant des informations supplémentaires aux textes améliorent (de peu) la compréhension globale des messages (n=1 317). Un des résultats du questionnaire que nous avons diffusé dans le cadre de cette thèse (n=891) confirme d'ailleurs que parmi les 4 messages d'alerte proposés, seulement 33,9% des individus voudraient recevoir un message contenant la localisation cartographique du danger (question 16, voir l'annexe 2). Par ailleurs, la reconnaissance, sur une carte, d'un lieu inconnu peut demander du temps d'interprétation de la part des utilisateurs. Lorsque le message devient long, les 51 participants avaient eux aussi avoué relire à nouveau le SMS 2 à 3 fois, et à en discuter autour d'eux pour avoir une confirmation sur le lieu identifié pour se rassembler.

d. Faire sonner l'alarme, peu importe la tonalité

Les participants au questionnaire réalisé en novembre 2020 (n=757) ont eu à indiquer les sons qu'ils associaient le plus à une alerte, parmi une série de 7 sons et pour 3 mises en situation différentes (intrusion, incendie, inondation). Les résultats ne montrent qu'aucun son particulier (ni du point de vue de la tonalité, ni de la cadence) ne se distingue comme « la sonorité associée à l'alerte ». Il n'y a pas non plus de sonorité d'alerte clairement associée à une mise en situation (Figure 8.12), sauf pour l'alarme incendie (norme AFNOR) qui est bien reconnue (ce qui a été confirmé le 13 janvier 2021). Seule remarque : on peut noter que les sons continus semblent moins associés à l'alerte, par rapport à un son discontinu, alors qu'il ne semble pas y avoir de différence entre un son modulé, ou monotone.

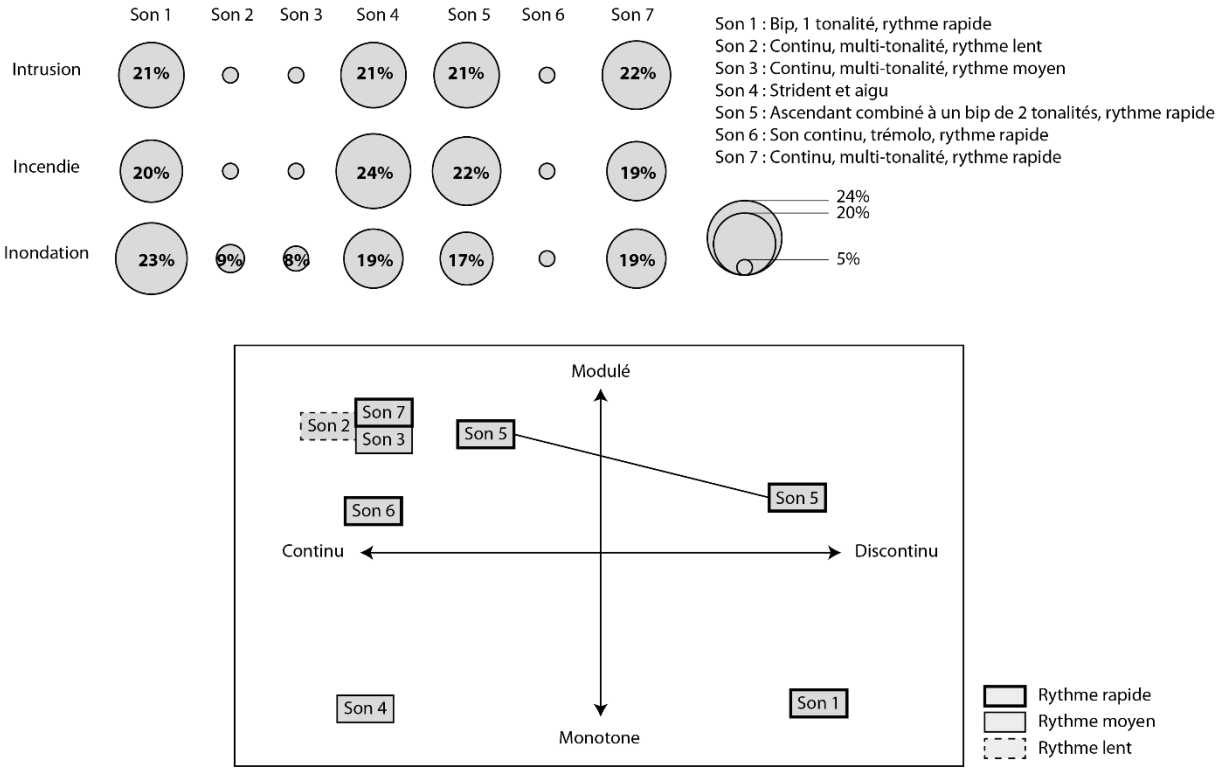


Figure 8.12. Synthèse des sons préférés selon les mises en situation par un échantillon de 757 répondants (modifié d'après Douvinet *et al.*, 2021)

8.4.2. Des préférences dans l'émetteur qui sont variables selon le danger

Les résultats de l'enquête diffusée dans le cadre du chapitre 6 montrent que les individus ont une certaine confiance en les maires et la préfecture pour les alerter (Figure 8.13). Quand on demande aux 891 répondants par qui ils aimeraient être alertés, la première réponse est la mairie (454 répondants soit 51,7% de l'échantillon) et la préfecture arrive en troisième position (387 répondants, soit 44,1% de l'échantillon). Les services de secours sont classés deuxièmes (414 répondants, soit 47,1% de l'échantillon) et les prévisionnistes quatrièmes (288 répondants, soit 32,8% de l'échantillon). La privatisation de l'alerte n'est souhaitée que par une minorité de répondants (29 répondants, 3,5% de l'échantillon).

Grant et Smith (2019) observent des résultats quelque peu différents (qui peuvent s'expliquer par le protocole méthodologique, la taille de l'échantillon et le contexte national). 90% des étudiants souhaitent que l'alerte soit diffusée par les services de secours, plus de 60% par une agence environnementale, un peu plus de 40% par le gouvernement britannique et 40% par un gouvernement local (question à choix multiple). En comparant ces résultats avec ceux de notre enquête, un écart net se dégage sur la volonté des individus à être alerté par la sphère étatique entre la France et l'Angleterre.

En complément, et même si le contexte des protocoles n'est pas le même, l'enquête menée en 2020 dans le cadre du projet ANR *Cap4Multican'Alert* apporte d'autres résultats (n=757). Les répondants souhaitent connaître l'émetteur du message d'alerte, mais les entités autorisées à diffuser une alerte varient selon la nature du danger (d'autant que les expérimentations du 13 janvier 2021 viennent les confirmer). En effet, les individus ont l'habitude d'associer une entité à un rôle précis : 62% des répondants estiment que les sapeurs-pompiers devraient pouvoir diffuser une alerte pour un incendie ou pour un feu de

forêt ; 43% des répondants pensent que les préfectures devraient se charger de l'alerte en cas de pluies intenses et/ou d'inondations (devant Météo-France) ; dans le cas d'une intrusion malveillante (potentiellement terroriste), 59% des répondants renvoient la responsabilité de l'alerte au responsable du lieu (par exemple si l'intrusion a lieu dans une université, le président devrait diffuser d'alerter aux présents). En réalité, il s'agit aussi une question d'échelle : selon Wood *et al.*, (2015), les émetteurs locaux sont moins bien perçus par les individus que des émetteurs nationaux bien connus (prévisionniste national comme Météo-France par exemple).

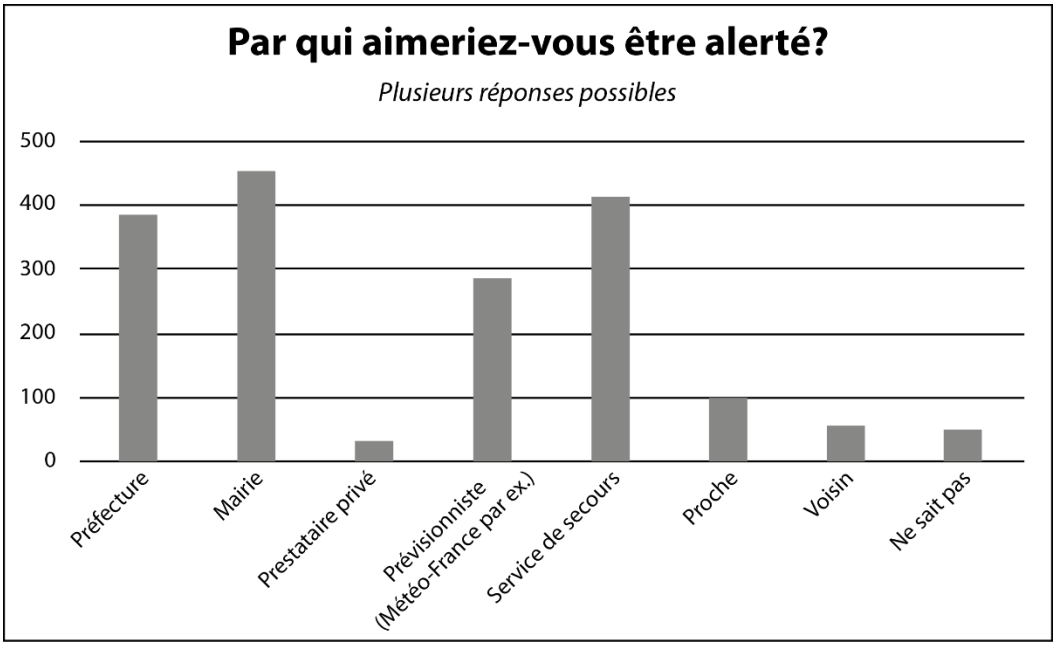


Figure 8.13. Préférence des individus sur les acteurs délivrant une alerte en France (résultat issu du questionnaire présenté dans le chapitre 6, n=891)

Il serait alors intéressant d'élargir la méthode sur un échantillon plus large et représentatif de la population française, en demandant aux individus quelles entités préfèrent-ils pour diffuser une alerte pour chaque risque majeur. En fonction des résultats (pouvant évoluer selon des facteurs sociaux, mais aussi territoriaux), il faudrait alors identifier les entités qui pourraient être amenées à faire de l'alerte aux populations, et les accompagner dans cette nouvelle mission (identification des besoins, modification de la chaîne d'alerte et des procédures en cas de crise).

Pour résumer : Les messages d'alerte diffusés *via* la plateforme FR-Alert doivent s'appuyer sur un modèle simple, reprenant les éléments essentiels qui doivent figurer dans un message d'alerte (8.4.1.a). Ils doivent être suffisamment détaillés et comporter des informations localisées précises et illustrées cartographiquement le cas échéant. Considérer l'identité de l'émetteur en fonction du danger est un élément souhaité par la population. Des études complémentaires devraient être menées dans ce sens pour peut-être aboutir à un changement dans la doctrine de diffusion de l'alerte à la population.

Conclusion du chapitre 8

Les mutations technologiques des outils de diffusion de l'alerte à la population ne renforceront l'alerte que si les pratiques évoluent avec. L'objectif est de disposer, en 2022, d'un système multicanal, réactif, adapté au contexte local, accepté par les citoyens et donc efficace. Dans les mois et années à venir, les principaux enjeux à relever sont l'assouplissement des procédures et du cadre législatif pour améliorer la réactivité du système. La « territorialisation » des modalités alertes doit aussi être étudiées à l'échelon local (équipement en moyen, message et modalités de diffusion adaptés au contexte territorial et aux événements attendus), emboîtant ainsi le pas aux tentatives de territorialisation des politiques de gestion des risques à l'échelle européenne (Reghezza-Zitt, 2015). Il semble par ailleurs nécessaire de créer une grille pour aider les entités diffusant l'alerte à choisir l'outil adéquat, mais des recherches sont encore nécessaires pour y parvenir (notamment dans la définition d'un seuil de congestion).

Par ailleurs, le déploiement de la plateforme FR-Alert n'est pas une fin en soi. Une fois que les technologies seront en place, des tests auprès de la population devront être réalisés (d'autant qu'ils sont déjà annoncés dans la presse). L'enjeu des tests est triple : 1) évaluer la robustesse technique de ces solutions en France (en comptabilisant notamment le taux d'échecs). Pour ce faire, les tests devront être réalisés sur des territoires de différente nature (sans oublier les zones rurales) ; 2) évaluer la façon dont les individus perçoivent la solution (en condition réelle cette fois-ci) ; 3) évaluer la souplesse et la facilité du système de diffusion (temps de diffusion, communication entre les différents services impliqués, accès à la plateforme, etc.). Une fois la solution opérationnelle, les premiers retours d'expériences seront cruciaux pour déceler les points d'amélioration du nouveau système en place. Une coopération européenne pourrait être envisagée sur ce point puisque l'ensemble des pays membres devraient utiliser un LBAS en 2022.

Chapitre 9

Quelles perspectives d'évolution pour les systèmes d'alerte nationaux ?

Introduction du chapitre 9 244
9.1. Un premier bilan à l'échelle internationale en 2000 244
9.2. Une étude plus récente menée sur 4 systèmes nationaux (2020) 248
9.3. Quelle évolution des SAN entre 2000 et 2020 ? 254
9.4. Recommandations et prospectives 261
Conclusion du chapitre 9 266

Introduction du chapitre 9

En 2000, J.H. Sorensen publiait un article intutilé « *Hazard Warning Systems: Review of 20 Years of Progress* » (i.e. Système d'Alerte à la Population : bilan de 20 années de progrès). L'objectif de cet article était de faire un point sur l'évolution des systèmes d'alerte au cours des décennies 1980-2000 à l'aide d'une revue de la littérature et de proposer des pistes de réflexion sur l'évolution des systèmes d'alerte post-2000. Vingt ans après cette synthèse, il est intéressant de savoir si ces recommandations ont été prises en compte, tant les changements (outils, procédures) ont été nombreux. Les chapitres précédents de cette thèse ont déjà étayé comment les progrès technologiques ont modifié la façon de détecter les aléas, de communiquer en période de crise et d'alerter la population. La prise de conscience internationale de la nécessité de réduire les pertes humaines face aux catastrophes naturelles (cadre d'action de Hyogo en 2005 puis de Sendaï en 2015) a également été un moteur majeur de l'évolution des systèmes d'alerte.

Dès lors, l'idée de ce chapitre (à vocation plus réflexive) est de se prêter au même exercice en analysant les mutations des Systèmes d'Alerte Nationaux (SAN) sur les 20 dernières années (2000-2020) et suggérer des pistes de réflexion sur l'évolution possible des systèmes d'alerte à la population à l'échelle internationale. Ce chapitre se structure en suivant un plan chronologique. Après avoir fait une synthèse de l'article de Sorensen (2000) et de ses préconisations post-2000 (section 1), ce chapitre porte un regard sur l'évolution de certains systèmes d'alerte durant les décennies 2000-2020 (section 2). Pour cela, nous avons repris les résultats obtenus dans le cadre de l'étude Cap'Alert à laquelle j'ai participé durant la thèse. Financée par l'Institut des Hautes Études du Ministère de l'Intérieur (2019-2020) cette étude avait pour objectif d'étudier les pratiques opérationnelles et les systèmes d'alerte dans quatre pays (Australie, Belgique, États-Unis et Indonésie) afin de voir comment la France pouvait s'en inspirer. Le cadre d'analyse choisi se fonde sur les quatre composantes des systèmes d'alerte identifiées par Sorensen (2000) : la prévision des aléas, la prise de décision, la diffusion de l'alerte et la réception de l'alerte par les citoyens. En dernier lieu, les résultats de la thèse et un autre projet auquel je participe (*Cap4MultiCan'Alert*), permettent de proposer des recommandations sur les mutations des systèmes d'alerte nationaux dans les années à venir (section 3).

9.1. Un premier bilan à l'échelle internationale en 2000

9.1.1. Une évolution inégale des systèmes d'alerte entre 1980 et 2000

Sorensen (2000), considère les systèmes d'alerte comme un ensemble d'éléments scientifiques, managériaux, technologiques et sociaux qui sont liées par différents processus de communication. Il donne alors une importance à quatre composantes : la prévision des aléas, le processus décisionnel, les technologies de diffusion d'alerte, les réactions et comportements des citoyens.

a. Des connaissances disparates dans la prévision des aléas

Sur la période 1980-2000, Sorensen (2000) fait état d'avancées majeures dans le domaine de la prévision. Les premières instrumentations de cours d'eau émergent (Honsaker *et al.*, 1984) et l'utilisation de satellites améliore la prévision des phénomènes hydrométéorologiques (Renaut, 2004). Trois facteurs explicatifs sont avancés : 1) l'instrumentation (amélioration du suivit des aléas) ; 2) l'acquisition et l'analyse de données (amélioration de la connaissance des aléas) ; 3) l'amélioration des puissances de calcul (amélioration de la prédiction des aléas). Toutefois, ces avancées sont inégales selon la nature des aléas, car tous les aléas ne sont pas appréhendés de la même façon (Sorensen & Mileti, 1987). Certaines catégories d'aléas sont peu ou mal intégrées dans les SAN : les tornades, les sécheresses, les incendies, les avalanches ou les tsunamis sont ceux qui ont le moins bénéficié de progrès, contrairement aux crues rapides, aux ouragans, aux séismes, aux accidents nucléaires ou aux éruptions volcaniques, qui ont fait l'objet d'améliorations significatives. Toutefois, Sorensen (2000) ne cherche pas à expliquer les causes de ces avancées inégales, notamment l'existence d'un lien éventuel avec les catastrophes survenues durant la période.

b. Un processus décisionnel humain qui reste empreint de « mythes »

Les autorités sont souvent trop lentes à prendre la décision d'alerter la population. La diffusion de l'alerte est nettement plus longue la nuit que le jour, mais la plupart de la population est généralement alertée en moins de trois heures, même sans système « spécialisé » (équivalent aux premiers systèmes d'alerte précoces). À ce titre, les nouveaux outils de diffusions sont un levier majeur pour améliorer la temporalité de diffusion. Sorensen (2000) recense également des « mythes » qui persistent chez les décisionnaires, et qu'il conviendrait de déconstruire :

- L'effet de panique n'est scientifiquement pas constaté, hormis dans des cas très précis où les individus sont dans un espace clos avec des issues de secours insuffisantes.
- La surinformation n'est pas négative en période de crise : les citoyens sont souvent demandeurs du maximum d'information.
- La parole durant l'alerte et la crise peut être partagée (et pas seulement détenue par une seule personne, officiellement désigné) : les citoyens trouvent plus rassurant une information provenant de plusieurs sources, ne serait-ce que pour la confirmer.
- Les citoyens n'appliquent pas aveuglément les instructions reçues dans un message d'alerte : ils ne le font que si les instructions font « sens commun ».

c. Les prémices d'une mutation dans les modes de diffusion

Dans le domaine des technologies d'alerte, Sorensen (2000) note l'apparition de « nouveaux » moyens. Il note par exemple le développement des automates d'appel (sur téléphone fixe), du fax ou des emails, mais il pointe leur sous-utilisation malgré leur fort potentiel. L'alerte par radio permet de son côté de cibler des zones d'alerte et peut être considérée comme l'un des premiers LBAS à être utilisé. Si ces technologies améliorent la rapidité de diffusion de l'alerte, Sorensen (2000) admet aussi que « *peu de choses sont connues concernant l'efficacité de ces systèmes* ». Sorensen voit là un autre point d'achoppement dans la recherche scientifique du début du XXIe siècle. En effet, l'amélioration des technologies de communication, de captation, collecte et traitement des données laisse présager une profonde mutation des systèmes d'alerte nationaux.

d. La difficile anticipation des comportements individuels

Les enquêtes menées au cours de la période 1980-2000 sur les intentions comportementales ne permettent pas de prévoir avec exactitude la réaction des individus en cas d'alerte (Nelson *et al.*, 1989). La réaction des individus dépend en partie de leur perception de la menace. Un « bon » message doit être clair, spécifique à la situation (l'urgence doit être identifiable), précis et à jour. Il doit notamment contenir les quatre éléments fondamentaux suivants : (1) la nature du danger (2) sa localisation (3) son évolution temporelle et (4) son évolution spatiale. En revanche, aucune information n'est indiquée sur la nécessité d'inclure dans les messages des consignes comportementales. Par ailleurs, la compréhension individuelle de l'alerte est un processus qui passe par plusieurs étapes : (1) l'audition ou la visualisation de l'alerte ; (2) la compréhension du contenu du message ; (3) la croyance et l'authentification de la source ; (4) la mise en place d'actions de protection. Ces éléments seront d'ailleurs confirmés par diverses études publiées après (Kouabénan, 2007). Sorensen (2000) note aussi que le temps d'évacuation n'est pas corrélé à la taille de la population à évacuer et que l'évacuation verticale ou le confinement chez soi reste une alternative rarement mise en place par les autorités.

Ainsi, plusieurs niveaux d'inégalités semblent ressortir des résultats de Sorensen (2000) : (1) des inégalités d'évolution des systèmes selon la nature de l'aléa ; (2) l'inégale utilisation de certaines catégories de moyen (notamment les moyens « novateurs ») ; (3) l'inégale réactivité des systèmes dans le temps (notamment entre le jour et la nuit). À partir de ce constat, une figure de synthèse a été réalisée (Figure 9.1), pour servir de comparaison dans les sections à venir. En faisant écho à la Figure 1.6 (chapitre 1), on voit ici que le bilan met en avant des avancées dans le domaine technique (orange), organisationnel (marron) et humain (bleu), en omettant l'importance de l'environnement (cadre en jaune dans la figure 1.6), pourtant contingent au système.

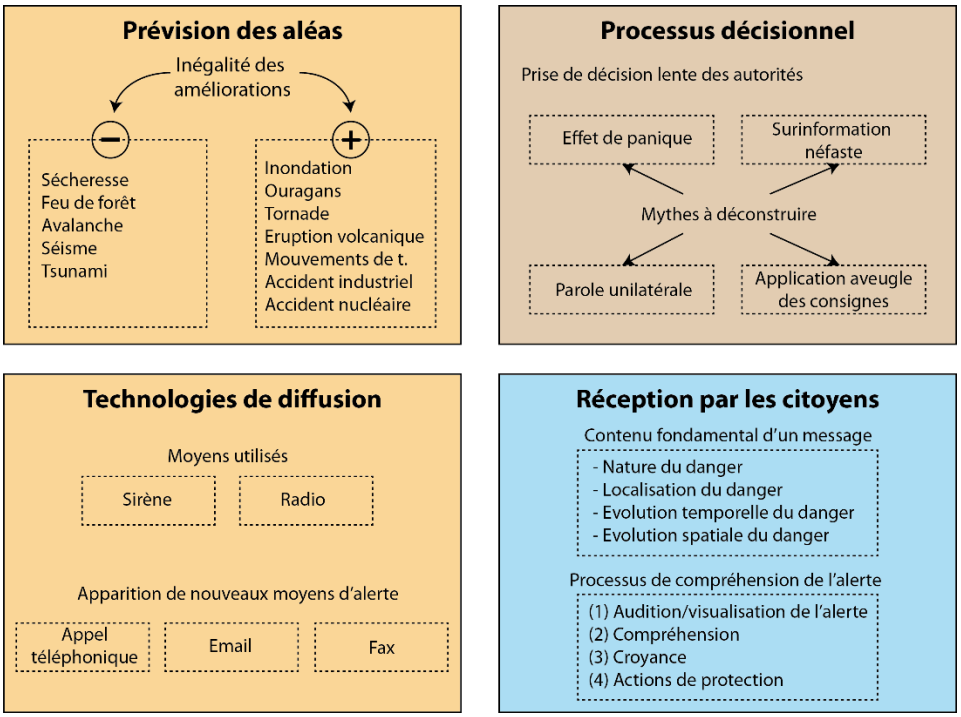


Figure 9.1. Synthèse de l'état des connaissances des 4 dimensions des systèmes d'alerte nationaux d'après les résultats de Sorensen (2000)

9.1.2. Les défis à relever pour la période post-2000

Selon Sorensen (2000), il n'y a pas de doutes sur le fait que les améliorations dans la prévision et dans la diffusion des alertes ont contribué à la réduction du nombre de victimes. Cependant, ce constat n'est pas homogène à l'échelle internationale : les pays en développement restent à l'écart des principales améliorations des systèmes d'alerte, souvent pour des questions de ressources (matérielles, humaines ou budgétaires).

Dans cette optique, Sorensen (2000) formule trois recommandations :

- **Définir une véritable stratégie nationale d'alerte** : il faut développer un modèle **compréhensif**, **adaptable** (à l'échelle locale, en proposant des assistances techniques pour les utilisateurs du système) et **équitable** (pour garantir un degré de protection équitable entre les citoyens) ;
- **Améliorer les procédures et la pratique des gestionnaires et des autorités**, ce qui peut aboutir à une amélioration significative du fonctionnement du système, sans dépendre des conditions financières. Le **perfectionnement technologique des systèmes ne fait que creuser l'écart entre l'existant et l'état de l'art**. Les efforts doivent plutôt se pencher sur la diffusion des technologies existantes éprouvées et sur une meilleure préparation des gestionnaires et des autorités aux procédures d'activation de l'alerte.
- **Améliorer la connaissance sur l'ensemble des maillons de la chaîne de l'alerte** et notamment des aléas qui n'ont pas encore bénéficié d'avancées majeures (les aléas géodynamiques notamment).

En termes de perspectives de recherche, Sorensen (2000) identifie cinq pistes clés :

- Évaluer l'efficacité réelle des nouveaux outils d'alerte ;
- Explorer les liens entre les systèmes d'alerte et le développement durable : la question est de savoir si les systèmes d'alertes précoces ont un effet pervers en permettant le développement d'activités sur des espaces à risque important ;
- Étudier la capacité des systèmes d'alerte à réduire les dégâts sur les infrastructures et à réduire les coûts des catastrophes ;
- Étudier la capacité des systèmes d'alerte à temporalité longue de réduire les risques de catastrophe ayant une cinétique très lente (sur plusieurs années) ;
- Mieux évaluer les réactions comportementales des individus durant l'alerte.

Pour résumer : L'étude de Sorensen (2000) dresse un bilan à l'échelle internationale sur les systèmes d'alerte nationaux qu'il est intéressant d'analyser 20 ans plus tard. Il est intéressant de se demander comment les systèmes ont évolué depuis, en s'appuyant sur les quatre dimensions identifiées. L'écart de prévisibilité entre les aléas est-il toujours existant ? Les doctrines et référentiels utilisés sont-ils semblables selon les pays ? Les évolutions techniques ont-elles facilité la prise de décision des autorités ? Les évolutions des technologies de diffusions sont-elles responsables, ou consécutives, à l'évolution des systèmes d'alerte ? S'ajoute à ces questions deux autres questions sur la verticalité des systèmes : 1) le niveau de verticalité diffère-t-il entre les pays ? ; 2) suite à l'émergence de nouveaux outils, constate-t-on une érosion du modèle vertical des systèmes d'alerte (approche « *top-down* »), au profit d'une approche plus horizontale et souple ?

9.2. Une étude plus récente menée sur 4 systèmes nationaux (2020)

Dans le cadre du projet *Cap'Alert*, rendu pour l'IHEMI (Institut des Hautes Études du Ministère de l'Intérieur) en juillet 2020, trois objectifs opérationnels étaient visés : 1) Faire un état des lieux des « bonnes » pratiques dans les systèmes d'alerte qui existent en dehors de la France, dans l'alerte montante (détection) et l'alerte descendante (réactions) ; 2) Faire une étude prospective des besoins et des évolutions technologiques à moyen terme en France ; 3) Faire des recommandations pour définir la doctrine la plus adaptée à la situation française (Douvinet *et al.*, 2020). Les résultats ont fait l'objet de nombreuses discussions, et les éléments repris ici sont le fruit d'un travail collectif, qui a récemment été publié (Bopp *et al.*, 2021).

9.2.1. Des entretiens auprès d'acteurs en Australie, Belgique, Indonésie et USA

Quatre pays ont été sélectionnés : l'Australie, la Belgique, l'Indonésie, les USA (plus la France à titre de comparaison). Ces pays ont la particularité d'avoir fait évoluer leur système d'alerte au cours des décennies 2000-2020 : l'Australie qui a modifié son système en 2009 et qui utilise le LB-SMS (Considine *et al.*, 2012) ; la Belgique, avec le développement du système *Be-Alert* en 2017 et qui utilise le LB-SMS en lieu et place des sirènes qui ont été abandonnées (Douvinet, 2018 ; IBZ, 2017) ; l'Indonésie, marquée par le tsunami de 2004 (environ 170 000 morts) et qui a consécutivement profondément modifié la gestion des risques et l'organisation de la crise (Lavigne *et al.*, 2010) ; les USA dont le système d'alerte a été profondément modifié en 2006 (suite à l'ouragan Katrina) et qui ont adopté en 2012 l'alerte par CB (Bean, 2019).

Dans ces pays, 34 acteurs ayant une compétence ou un intérêt dans le domaine de l'alerte (publication de travaux scientifiques sur l'alerte et/ou engagement associatif dans le domaine des risques et de la gestion de crise) ont été interviewés (Tableau 9.1). Une grille d'entretiens a été développée au préalable en suivant les principes de la théorie de la contingence qui repose sur l'hypothèse que les organisations, dont les structures internes qui répondent au mieux à la demande de leur environnement parviennent à une meilleure adaptation, et donc à une meilleure efficacité. Cette approche permet de comprendre les rapports qui unissent la performance d'un système au contexte sur lequel il se met en place (Burns & Stalker, 1969). Selon cette théorie, une organisation dépend de son environnement. Elle s'en inspire et l'enrichit de sa production. Ainsi, étudier un système d'alerte revient à analyser le contexte territorial dans lequel l'alerte s'organise.

Quatre points d'analyse ont été retenus et ont guidé l'élaboration de la grille d'entretiens :

- Les objectifs organisationnels (pourquoi ?) : quelles visions de l'alerte ont les acteurs impliqués dans le processus d'alerte ?
- La structure de l'organisation (qui ?) : quels sont les acteurs qui ont le droit de diffuser l'alerte à la population ? Comment l'information remonte telle aux autorités ?
- Les techniques (comment ?) : quels moyens sont utilisés ?
- La culture opérationnelle (de quelle manière ?) : le système d'alerte tient-il compte des spécificités du sociales et territoriales ? Est-il façonné selon les crises précédentes ?

Tableau 9.1. Fonction et pays des acteurs interviewés

Pays	Fonction des acteurs interviewés
Belgique	Responsable cellule de crise nationale
	Responsable du projet BE-ALERT
Australie	Managing Director, Zefonar Advisory, specialists in the design to delivery of an outcomes-driven and requirements-led multi-purpose Public Warning System (PWS)
	Chief of Staff | Director, Operations Support AFAC
	Acting Manager, Emergency Management Community Information emv
	Senior Advisor, Public Information and Warnings State Emergency Service
	Deputy Chief Officer, Bushfire for Country Fire Authority in Victoria
	Project Manager of disaster mitigation policy at Bureau of Meteorology
	Acting assistant commissioner Victoria Police
	Manager Consulted Solution/Everbridge
USA	Professeur des Universités – Berkeley
	PhD (ancienne expérience prévisions au Brésil)
	US Forest Service
	Fire Department Sacramento
	Santa Rosa Fire Department
	California EOS
Indonésie	Prof. de géologie, UGM
	Psychologue, Institute for Community Behavioral Change
	Merapi Forecast, PVMBG
	Primary Planner on Regional Development
	Junior Planner at BMKG
	Vice-President of HADI, BMKG
	Researcher, Faculty of Psychology of Jakarta
	Direction des régions défavorisées BAPPENAS
France	Chef d'état-major interministériel de la zone Sud-Ouest
	Assemblée des départements de France
	Directeur-adjoint de l'Association des Maires de France
	Agence Numérique Sécurité Civile
	Officier de liaison de la DGSCGC pour le Tour de France
	Responsable pôle Sécurité Sûreté Université d'Avignon
	Responsable sécurité du stade Orange Vélodrome
	Préfet de l'Hérault
	Directeur du SDIS des Bouches-du-Rhône
	Préfet de la Seine-Maritime

9.2.2. Synthèse des résultats du projet

a. Des objectifs organisationnels globalement similaires

La définition de l'alerte qui est partagée par l'ensemble des acteurs interviewés est la suivante : l'alerte sert à informer le plus grand nombre d'individus, dans une zone menacée par un danger, pour que ces individus puissent prendre des actions appropriées. Son objectif principal (lui aussi partagé par tous) est de minimiser les pertes humaines et économiques. Beaucoup d'acteurs interviewés (y compris en France) insistent sur le fait que l'alerte doit être adaptée au contexte spatial, social et territorial. Deux notions capitales et intimement liées ressortent des interviews : la notion temporelle et la notion d'incertitude. En effet, la prévisibilité des phénomènes n'est pas toujours optimale (notamment en Indonésie qui fait face à de nombreux aléas difficilement prévisibles comme les séismes et aléas volcaniques) et les

acteurs doivent composer avec un certain degré d'incertitudes (magnitude de l'aléa, territoire impacté, temporalité du phénomène, nombre d'individus à alerte, outils à utiliser, format du message, etc.).

Les acteurs interrogés attendent des individus qu'ils soient à l'écoute et qu'ils appliquent les consignes reçues. Les acteurs pensent qu'il faut au maximum éviter des messages qui pourraient faire peur aux populations, car ces messages pourraient conduire à une situation de panique. Par exemple, le préfet de Seine-Maritime qui a eu à gérer la crise de l'accident de Lubrizol (interviewé dans le cadre du projet), n'a pas souhaité déclencher les sirènes dans la nuit de peur de créer un effet de panique et un encombrement des voies de circulation par les citoyens souhaitant fuir la zone (empêchant par de la même l'accès à la zone par les services de secours). Cet exemple, déjà présenté dans le chapitre 3, démontre que le mythe de la panique identifié par Sorensen (2000) est toujours d'actualité 20 ans après.

Pour certains acteurs, ce que les autorités attendent des individus n'est pas explicite. Les acteurs interrogés confirment la nécessité d'organiser des actions en amont comme des opérations de communication et de sensibilisation (réunions publiques, communiqués de presse, création de groupes sur les RSN, etc.) et la formation des citoyens par les exercices est identifiée comme un levier majeur. Cependant, les exercices impliquant les citoyens ne sont pas organisés de manière systématique : si l'Australie et la Belgique en organisent régulièrement, c'est moins le cas dans les autres pays. Diffusée à temps et à bon escient, l'alerte crée un lien de confiance entre les autorités et la population, mais les retours d'expérience doivent être systématisés (et mutualisés) pour voir détecter les éléments qui n'ont pas fonctionné.

b. Un degré de hiérarchisation variable des quatre SAN

Les autorités, les niveaux décisionnels et les échelons administratifs sont différents d'un pays à un autre. Il y a une variabilité des acteurs en charge de la veille des phénomènes. Ces acteurs diffèrent selon les aléas : en Indonésie, l'Agence de météorologie, climatologie et géophysique s'occupe de la veille des aléas hydrodynamiques ainsi que de la veille des aléas géophysiques (séisme et tsunami) tandis que les acteurs chargés de la veille de ces aléas sont différents dans les autres pays. Parfois, une coopération internationale peut exister comme pour le risque de tsunami en Indonésie par exemple. Par ailleurs, si les services de secours et services prévisionnels sont identifiés comme des acteurs clés par les acteurs interrogés, les moyens dont ils communiquent et sont intégrés à la chaîne d'alerte est variable. En Australie par exemple, les prévisionnistes peuvent dans certains cas diffuser une alerte à la population. Concernant le processus décisionnel, certains pays ont parfois recours à des systèmes d'alerte automatisés localisés à des échelles locales et aléas centrés. En Indonésie, à cause d'un manque de capteurs de surveillance, l'alerte tsunami est une décision humaine malgré les enjeux.

Un point central identique à tous les pays ressort néanmoins. Il s'agit de l'application du principe de subsidiarité : le périmètre et la nature de l'événement définissent l'échelon décisionnel. Si le principe de subsidiarité et bel et bien commun à tous les pays, certains échelons administratifs pèsent plus lourdement dans le processus décisionnel (comme les autorités locales de gestion des catastrophes en Indonésie). Bien évidemment, ce principe de subsidiarité est adapté aux différents modes de gouvernance administratifs (nombre de strates et de subdivisions) de chaque pays et on observe différents degrés de hiérarchisation des

systèmes. Les pays unitaires (France, Indonésie) ont tendance à avoir des organisations plus hiérarchisées que les pays fédéraux (Australie, Belgique, USA) dont les systèmes semblent plus souples, par des modes de communication transversaux. Pour les acteurs interrogés, les faiblesses dans la chaîne d'alerte résident dans les modes de communication en période de crise. Pour quelques acteurs, certains individus ralentissent parfois la prise de décision (voulant affiner le contenu du message, vérifier la zone concernée, etc.).

c. Une grande variété de moyens utilisés selon les pays

Les technologies d'alerte sont disparates entre les pays. La sirène est utilisée dans tous les pays (sauf en Belgique), tout comme les réseaux sociaux numériques (constituant un moyen d'alerte complémentaire) et les médias (notamment la radio). La France et l'Indonésie ne disposent pas encore de LBAS contrairement aux USA (CB) et à l'Australie et la Belgique (LB-SMS). L'Australie, la Belgique et les États-Unis intègrent leur moyen d'alerte dans une seule plateforme à l'aide du protocole d'alerte commun (CAP). Cette coordination est moins évidente en France et en Indonésie. Certains acteurs admettent que les moyens traditionnels (notamment les sirènes en France ou les *kentogans* en Indonésie) sont désuets et qu'ils doivent être remplacés par des outils plus modernes. Sur les moyens à activer, deux visions s'opposent : certains acteurs indiquent que l'alerte doit être diffusée par tous les moyens possibles dans une logique multicanale, mais d'autres acteurs soulignent que la nature du ou des moyens à utiliser dépend de la situation (nature du risque, territoire impacté).

d. Des systèmes pas assez contingents avec leur environnement

Malgré la prise de conscience des acteurs sur la nécessité d'adapter l'alerte aux territoires et aux individus, aucun pays n'a véritablement inscrit cette adaptation dans sa doctrine d'alerte. Certains pays prennent néanmoins en compte certaines communautés dans la manière de diffuser une alerte. Certains États des USA et d'Australie tiennent compte des communautés tribales. L'Indonésie passe par des leaders communautaires et bénéficient ainsi de leurs auras dans la diffusion d'alerte vers certaines communautés religieuses et/ou ethniques. La France et la Belgique sont moins tournées vers la prise en compte de certaines catégories d'individus ou de communautés dans la diffusion d'alerte. Les gens du voyage par exemple, dont les structures spatiales diffèrent des structures résidentielles fixes et permanentes, ne sont pas pris en compte dans les modalités de diffusion des alertes. Les particularités de certains territoires ressortent pourtant dans les discours de certains acteurs, notamment sur la nécessité de porter attention en période de crise aux territoires ruraux et isolés ou sur la nécessité de discriminer les moyens d'alerte selon le profil social des individus. En France, un acteur évoque même la nécessité d'avoir une vision « ethnocentrée » durant l'alerte.

Dans les cinq pays étudiés, il semblerait que les systèmes d'alerte aient évolués au grès des crises et des catastrophes. En Belgique, le système *Be-Alert* a été pensé après la tornade du festival *Pukklepop* et rapidement mis en œuvre après les attentats de Bruxelles en 2016. En France, l'application SAIP a été développée en 2016 suite aux attentats perpétrés en 2015 sur le territoire. En Indonésie, le tsunami de 2004 a mis en œuvre une coopération internationale pour la veille des aléas tsunamis ainsi que le déploiement de sirènes d'alerte le long des côtes. Le tsunami de 2018 à Palu a d'ailleurs révélé la vétusté d'une partie des sirènes qui sont en cours de renouvellement. Aux États-Unis c'est l'ouragan Katrina qui semble avoir initié la modernisation du système d'alerte (*IPAWS*). En Australie, des inondations et incendies en 2009 ont précédé l'adoption du SMS géolocalisé un an plus tard. Si le lien de causalité entre

la catastrophe et la mutation du SAN n'est pas systématiquement avéré (notamment en Australie et en Belgique), il semble évident qu'en révélant des dysfonctionnements majeurs, les crises participent à l'amélioration et à la mutation des systèmes d'alerte nationaux.

Les quatre systèmes d'alerte nationaux sont schématisés ci-dessous (Figure 9.2 ; Figure 9.3 ; Figure 9.4 ; Figure 9.5).

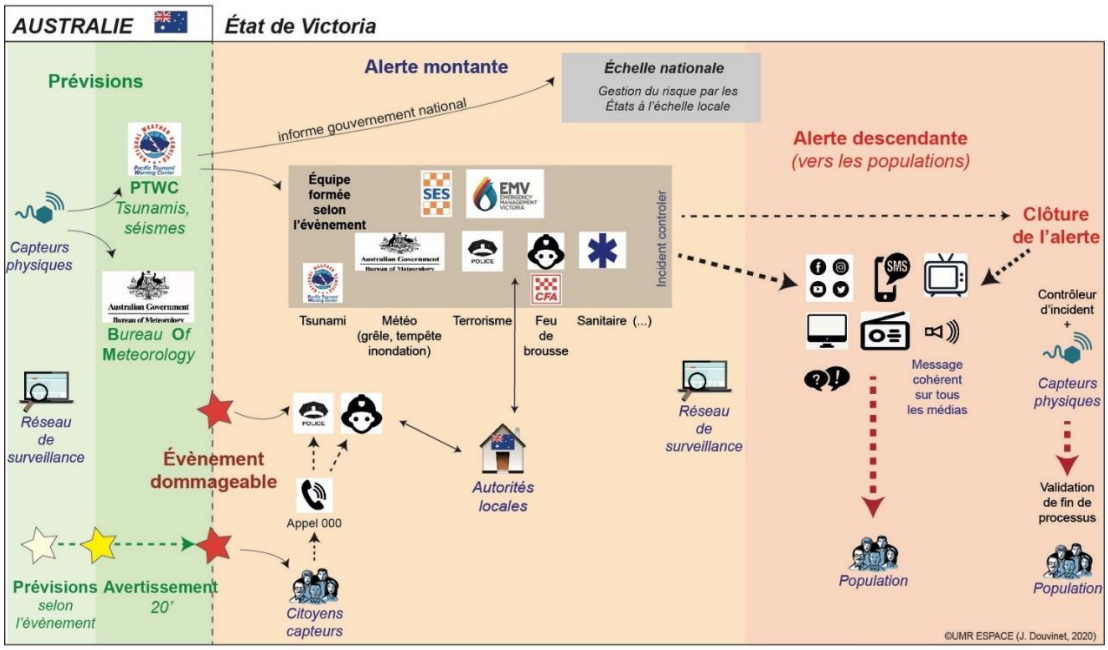


Figure 9.2. Système d'alerte australien

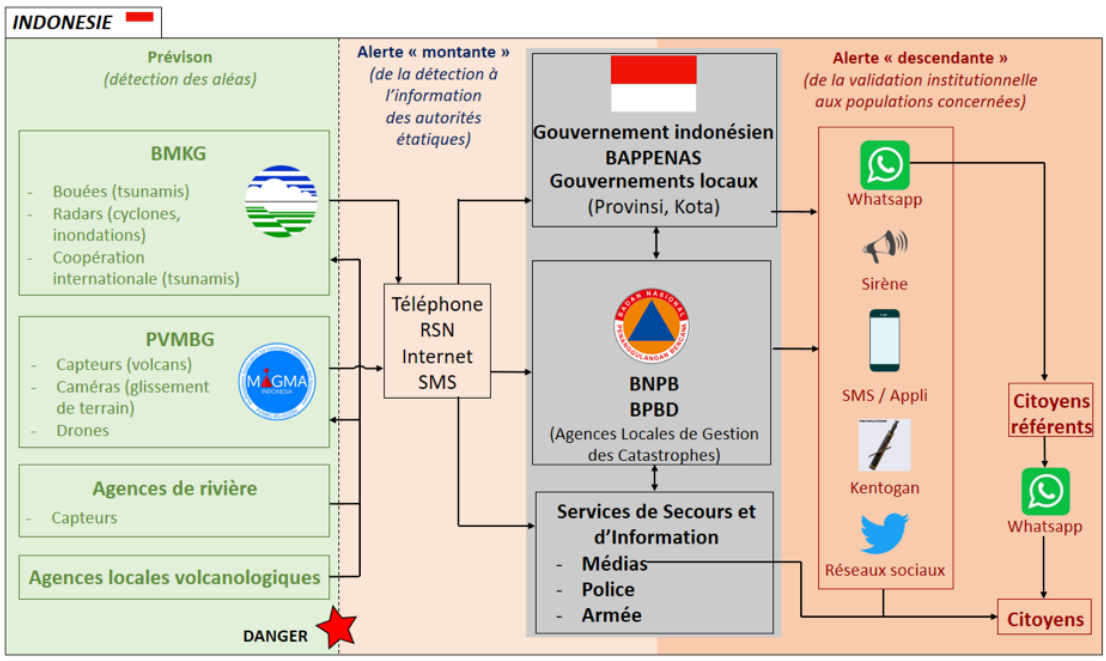


Figure 9.3. Système d'alerte indonésien

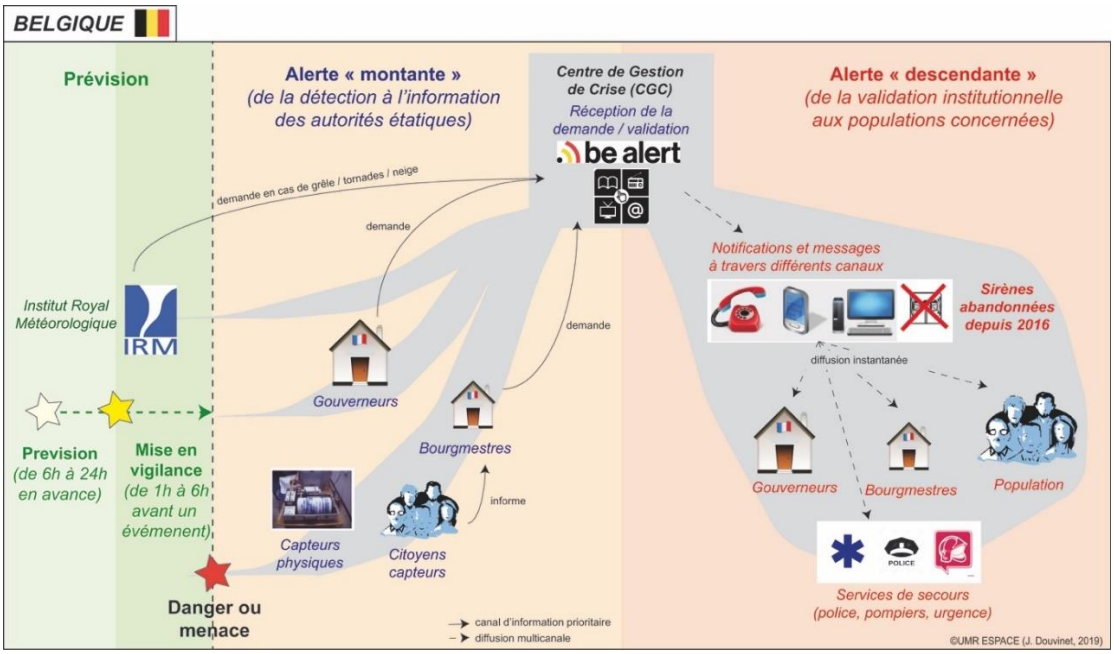


Figure 9.4. Système d'alerte belge

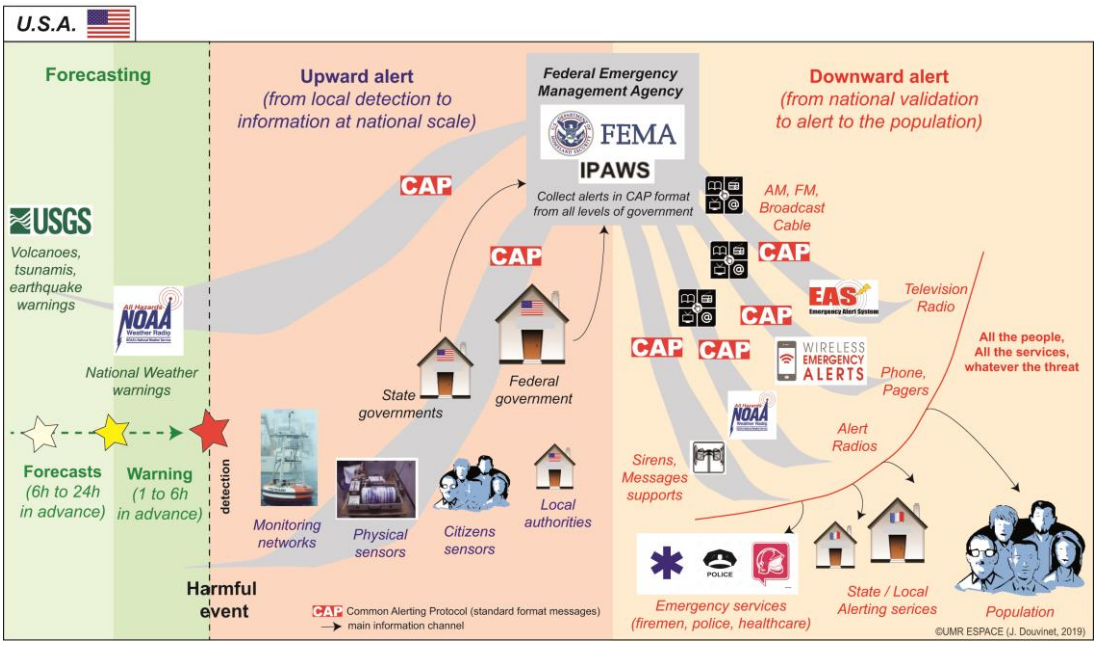


Figure 9.5. Système d'alerte des USA

Pour résumer : d'importantes différences sont relevées entre les cinq systèmes nationaux étudiés : le degré de hiérarchisation des systèmes est variable selon la gouvernance du pays, les individus autorisés à diffuser une alerte ne sont pas systématiquement des autorités politiques et les moyens utilisés varient entre les pays. En revanche, le principe de subsidiarité est commun aux cinq pays étudiés. Par ailleurs, les crises semblent provoquer l'évolution des systèmes qui s'adaptent en conséquence.

9.3. Quelle évolution des SAN entre 2000 et 2020 ?

La synthèse réalisée dans le cadre du projet Cap'Alert permet d'en savoir un peu plus sur les outils, la structuration de l'alerte, le poids des héritages. Toutefois, il est impossible de savoir si les mutations répondent bien aux améliorations suggérées par Sorensen, car en l'état, les cadres normatifs d'analyse ne sont pas les mêmes. Les résultats du projet Cap'Alert, complétés par la littérature scientifique lue tout au long de cette thèse sont remobilisés en reprenant les quatre composantes de Sorensen (2000).

9.3.1. Des évolutions essentiellement techno-centrées

a. Un rééquilibrage dans la prévision des aléas…mais des efforts à poursuivre

L'essor des capteurs, dont les prémices avaient déjà été observées par Sorensen (2000), s'est accentué au cours des décennies 2000-2020. Ces outils ont permis d'améliorer le suivi et la prévision des aléas qui n'avaient pas fait l'objet d'amélioration majeure avant les années 2000. En Indonésie, l'aléa tsunami est particulièrement surveillé depuis le tsunami de 2004. Un réseau de capteurs (bouées et capteurs ultra-marins) remonte des informations pouvant être traitées dans des délais très courts. Les autorités indonésiennes sont en capacité de diffuser une alerte à la population 5 minutes seulement après la détection du tsunami.

D'autres aléas ont bénéficié de ces améliorations. L'aléa volcanique est également surveillé par une batterie de capteurs en Indonésie, tout comme l'aléa inondation (dans tous les pays du projet). Pour l'aléa sismique, il est désormais possible, grâce à un réseau de capteurs, de détecter les ondes P (non destructrices) qui se déplacent plus rapidement que les ondes S (destructrices) ce qui permet via un système complètement automatisé de diffuser une alerte quelques secondes avant l'arrivée des ondes S (Allen *et al.*, 2009 ; Bossu *et al.*, 2018 ; Yoon *et al.*, 2015). En revanche, ce type d'outil reste peu intégré à des systèmes d'alerte nationaux. Seuls la Chine, la Roumanie, la Turquie et les USA l'ont intégré à un système d'alerte précoce localisé. Le Japon et le Mexique sont les seuls pays à avoir intégré ce système au sein de leur système d'alerte national (Yoon *et al.*, 2015). En Australie, la détection de l'aléa feu de forêt repose, en partie, sur de la télédétection par satellite ou par caméra (Govil *et al.*, 2020 ; Günay *et al.*, 2009), mais les moyens humains (vigie) restent privilégiés.

La détection des aléas reste à la charge des services de prévision (exemple de la salle de détection des aléas séisme et tsunami du BMKG en Indonésie, Figure 9.6). Le recours aux sciences humaines et participatives dans la détection des aléas n'est pas observé. Le concept de « citoyen-capteur », introduit par Goodchild (2007), n'a pas été institutionnalisé au sein des systèmes d'alerte nationaux, et les rares exemples restent observés aux échelles locales (le réseau « Sentinelles » du bassin de la Brévenne-Turdine (69) en France par exemple). Ce champ de recherche a ouvert dans les années 2010 de nouvelles opportunités en matière d'alerte, mais les avancées qui ont été intégrées restent très techno-centrées : capteurs, télédétection, *deep-learning* (pour prédire l'aléa glissement de terrain ; Dao *et al.*, 2020), radars pour la prévision météorologique, sondage géophysique pour les aléas volcaniques, altimétrie laser pour les glissements de terrain, etc. (Bui, 2018 ; Cooke *et al.*, 2014 ; Durage *et al.*, 2013 ; Musaev *et al.*, 2014).

Figure 9.6. Salle de détection des séismes et des tsunamis à l'Agence de Météorologie, de Climatologie et de Géophysique (BMKG pour *Badan Meteorologi, Kimatologi, dan Geofisika*), Jakarta, Indonésie (© Esteban Bopp)

Peu d'informations sont ressorties des entretiens du projet *Cap'Alert* sur les autres risques : menace attentat (et l'évolution des modes opératoires constatés depuis 2015), risque cyber, incertitude sur l'évolution des risques face au dérèglement climatique, etc.

b. Les évolutions technologiques n'ont pas amélioré le processus décisionnel

Les recommandations de Sorensen (2000) dans la définition d'une stratégie d'alerte semblent avoir été suivies. Plusieurs pays ont mis à jour leur système d'alerte depuis les années 2000 (la totalité des cinq pays du étudiés dans le projet *Cap'Alert*). Des doctrines et stratégies nationales d'alertes ont été clairement définies et des guides internationaux ont été rédigés, facilitant les partages d'expériences (Douvinet *et al.*, 2020 ; FEMA, 2015 ; IBZ, 2017 ; Kamal *et al.*, 2019 ; Vivier *et al.*, 2019). Quatre points complémentaires ressortent de la synthèse des entretiens et de la revue de la littérature réalisée tout le long de cette thèse.

Premièrement, nous ne constatons pas de différences majeures dans l'organisation de l'alerte entre les pays fédéraux et les pays unitaires. Certes, il existe un degré de hiérarchisation plus fort pour les pays unitaires, mais les objectifs organisationnels restent similaires : délivrer à temps une alerte à la population pour qu'elle puisse réagir, dans un objectif de réduction des pertes humaines et économiques (Bopp *et al.*, 2021). Le schéma organisationnel de l'alerte (Figure 9.7) est d'ailleurs commun aux cinq pays étudiés. Les pays fédéraux (Australie, Belgique, USA) laissent un degré de liberté élevé aux États dans l'organisation de l'alerte, mais dans tous les cas, des protocoles nationaux doivent être respectés. Le principe de subsidiarité est respecté dans tous les pays.

Deuxièmement, les systèmes d'alerte sont souvent graduels. En France, si l'alerte est binaire, le système est graduel selon les aléas (montée en puissance du système par différents seuils de vigilance pour les aléas hydrodynamiques). Les USA distinguent différents seuils d'alerte : « *watches* » (avertissement) et « *warning* » (alerte). L'Australie distingue 3 niveaux graduels : « *advice warning* » (recommandation suite à un incident), « *watch and act* » (action à mettre

en œuvre suite à un incident ayant une durée supérieure à 24h), et « *emergency warning* » (consigne d'évacuation ou de confinement associée à un danger grave). L'activation d'un de ces niveaux est déterminée dans une matrice prenant en compte la probabilité d'impact et le niveau des dommages attendus (Douvinet *et al.*, 2020). Les acteurs indonésiens rencontrés n'ont pas fait mention de gradualité dans leur système, essentiellement tourné vers des aléas peu prévisibles et à dynamique extrêmement rapide (séisme, tsunami, volcanisme). De même, en Belgique la plateforme *Be-Alert*® n'est activée qu'en cas d'urgence (pas de gradualité au sein du système).

Troisièmement, l'automatisation de l'alerte est très rarement observée. Elle n'est réservée qu'à des systèmes d'alertes précoces bien particuliers où la cinétique de l'aléa est extrêmement rapide (exemple dans la vallée du val Montjoie en France où un SAP entièrement automatisé a été mis en place face à un risque de rupture d'une poche sous-glaciaire, *cf.* chapitre 8). La plupart des systèmes d'alerte précoces visent une automatisation de la détection de l'aléa, mais le processus décisionnel reste humain (Bopp *et al.*, 2021).

Quatrièmement, les évolutions technologiques n'ont pas amélioré les processus décisionnels. En France, les procédures d'alerte extrêmement rigides n'étaient pas adaptées pour que l'application d'alerte SAIP soit pleinement efficace (trop rarement ou mal activée). En Australie ou aux USA, le protocole d'alerte commun a permis une simplification des procédures dans la diffusion des alertes, mais le choix de diffuser une alerte reste toujours aussi complexe, si ce n'est plus. Dans une ère où tout va très vite, les délais laissés à la prise de décision sont de plus en plus courts (Palen *et al.*, 2009). Les organisations de crise, trop engluées dans les procédures et lentes à réagir, sont devancées par la communication informelle sur les réseaux sociaux (Frerson *et al.*, 2015). Par ailleurs, l'amélioration des outils de diffusion n'empêche pas l'émission de fausses alertes. À Hawaï, les citoyens ont reçu en 2018 sur leur téléphonie mobile une alerte balistique, alors qu'il s'agissait d'un exercice (Bean, 2019). Ainsi, malgré les innovations technologiques, la prise de décision reste chronophage, soumise à interprétation et comporte des risques d'erreurs (alerte manquée et fausse alerte).

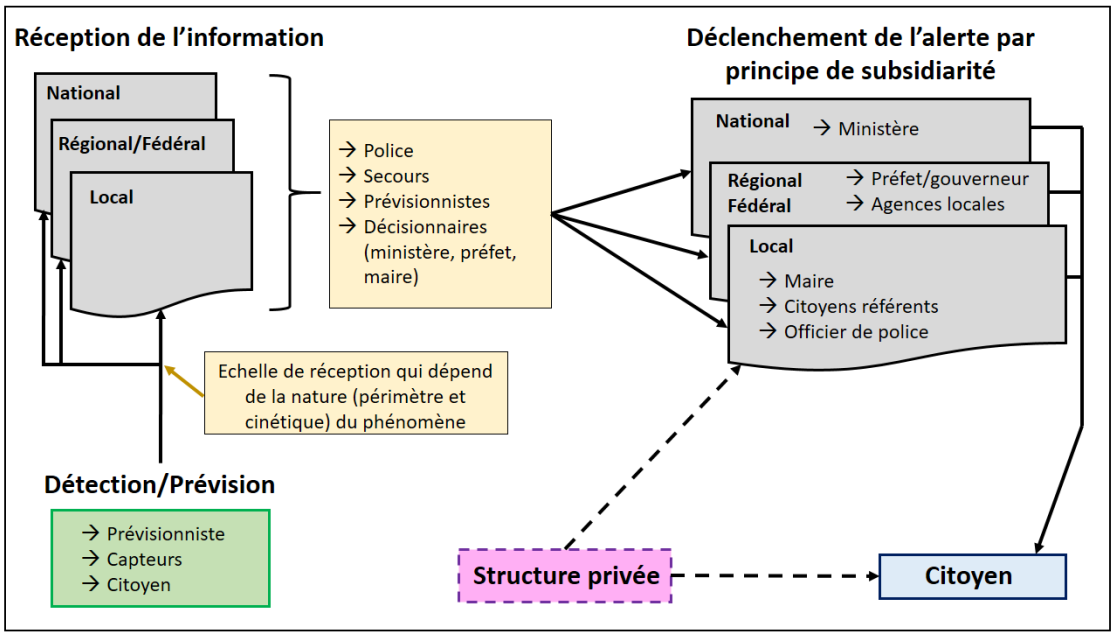


Figure 9.7. Schéma organisationnel de l'alerte observé dans les cinq pays du projet *Cap'Alert*

c. L'absence de doctrine claire sur l'utilisation des moyens d'alerte

Les moyens de diffusion de l'alerte à la population sont très hétérogènes. Tous les systèmes ont une logique multicanale. Fortement soupçonné dans les résultats du projet *Cap'Alert*, le lien de cause à effet entre une catastrophe et l'évolution du SAN semble être valable pour d'autres pays que ceux étudiés dans le projet (Figure 9.8). Sans entrer dans le déterminisme, l'adoption d'un LBAS à l'échelle nationale est généralement postérieure à une catastrophe majeure ayant frappé le pays (Figure 9.8). Ainsi, ce n'est pas les LBAS qui sont à l'origine des mutations des systèmes. Ils en sont bien une conséquence et les crises semblent être le véritable moteur de ces mutations.

Pour uniformiser la diffusion des alertes *via* différents canaux, le protocole d'alerte commun (CAP pour *Common Alerting Protocol*) a été standardisé par l'ETSI (en 2004). Il est utilisé depuis dans plusieurs pays (Australie, Allemagne, Canada, Italie, USA). C'est un standard de communication (format de données de type XML) permettant la diffusion d'un message d'alerte de manière cohérente et simultanée sur différents supports, ce qui accroît la performance des alertes et simplifie leur activation et leur diffusion (Botterell, 2006).

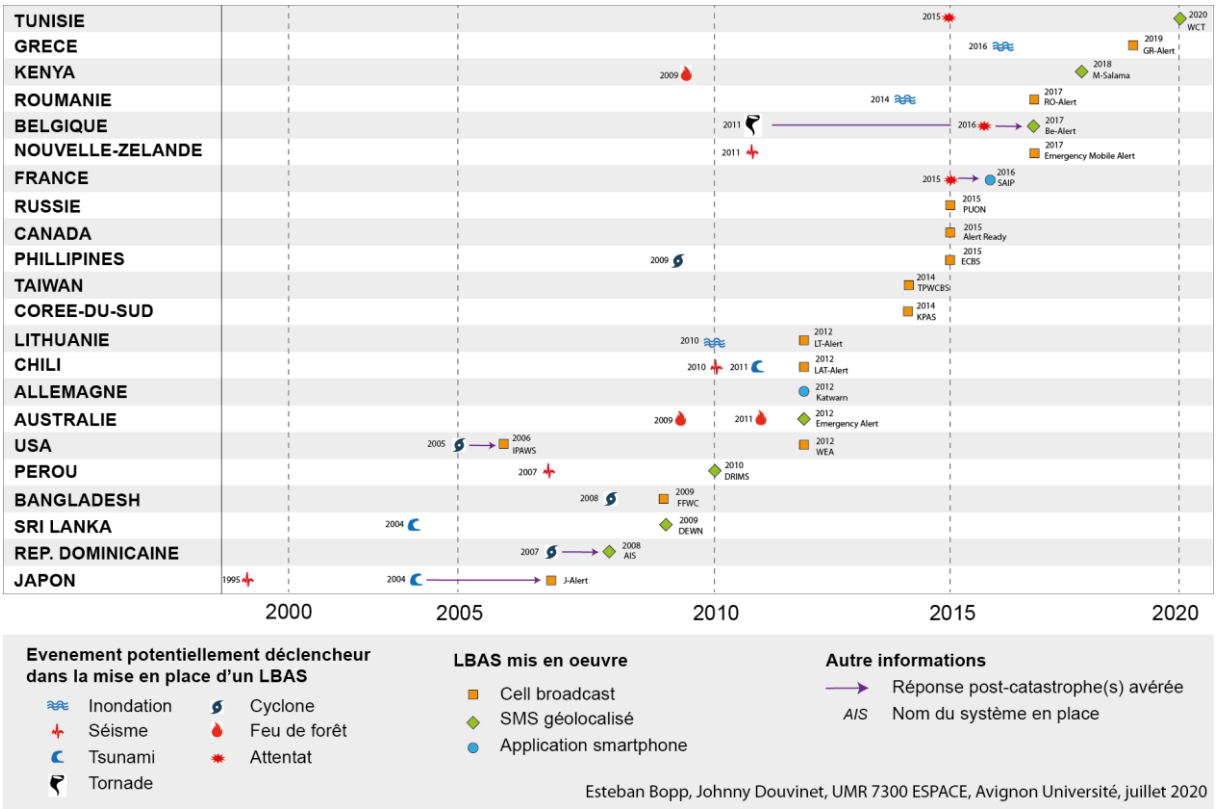


Figure 9.8. Chronologie de la mise en place d'un LBAS dans différents pays et causalité avérée ou soupçonnée par rapport à une catastrophe nationale majeure

En revanche, aucune doctrine claire ne ressort sur le type de moyens à utiliser en fonction de la nature du territoire et/ou des individus impactés. Il existe par moment une distinction des moyens d'alerte selon la nature des aléas (comme l'alerte par sirène en cas de tsunami en Indonésie par exemple), mais elle n'est pas systématique pour tous les pays ni précisée pour tous les aléas. Aucune étude scientifique ni rapport officiel ne semble démontrer l'existence d'une doctrine claire détaillant l'adaptation des moyens aux aléas, aux territoires et aux

individus. La distinction socio-spatiale des modes de diffusion n'apparait donc pas dans les doctrines et le choix des outils se fait avant tout en fonction de la catastrophe et des moyens disponibles, voire en fonction des choix politiques opérés nationalement.

d. Le citoyen reste un acteur passif

Malgré l'intégration des nouvelles technologies de communication dans les systèmes d'alerte, le citoyen reste considéré comme un acteur passif durant l'alerte. Au mieux, il est intégré dans les exercices de crise (comme en Belgique), mais ce n'est pas systématique (très rare en France). Les États-Unis notent un manque de retour sur l'efficacité des LBAS auprès des individus et connaissent des difficultés pour faire revenir les individus sur place après une évacuation par exemple. En Indonésie, ce sont même les leaders communautaires qui sont les relais de diffusion les plus plébiscités auprès des communautés ethniques et religieuses. Les acteurs interrogés confirment que la prise en compte de cette diversité sociale doit être mieux intégrée sein du système d'alerte.

De plus en plus d'acteurs prennent conscience de la force citoyenne durant les crises. Mais l'alerte reste trop hiérarchisée et encadrée pour réellement laisser la place à une force citoyenne, alors que les outils existent pour cela (Douvinet *et al.*, 2020). Ce constat perdurera tant que les organisations resteront ancrées dans un modèle pyramidal rigide. La verticalité restera omniprésente sans une rupture forte avec les schémas existants (Bopp *et al.*, 2021).

Ce bilan, tiré à la fois du projet *Cap'Alert* et à la fois de la littérature scientifique est synthétisé par la Figure 9.9.

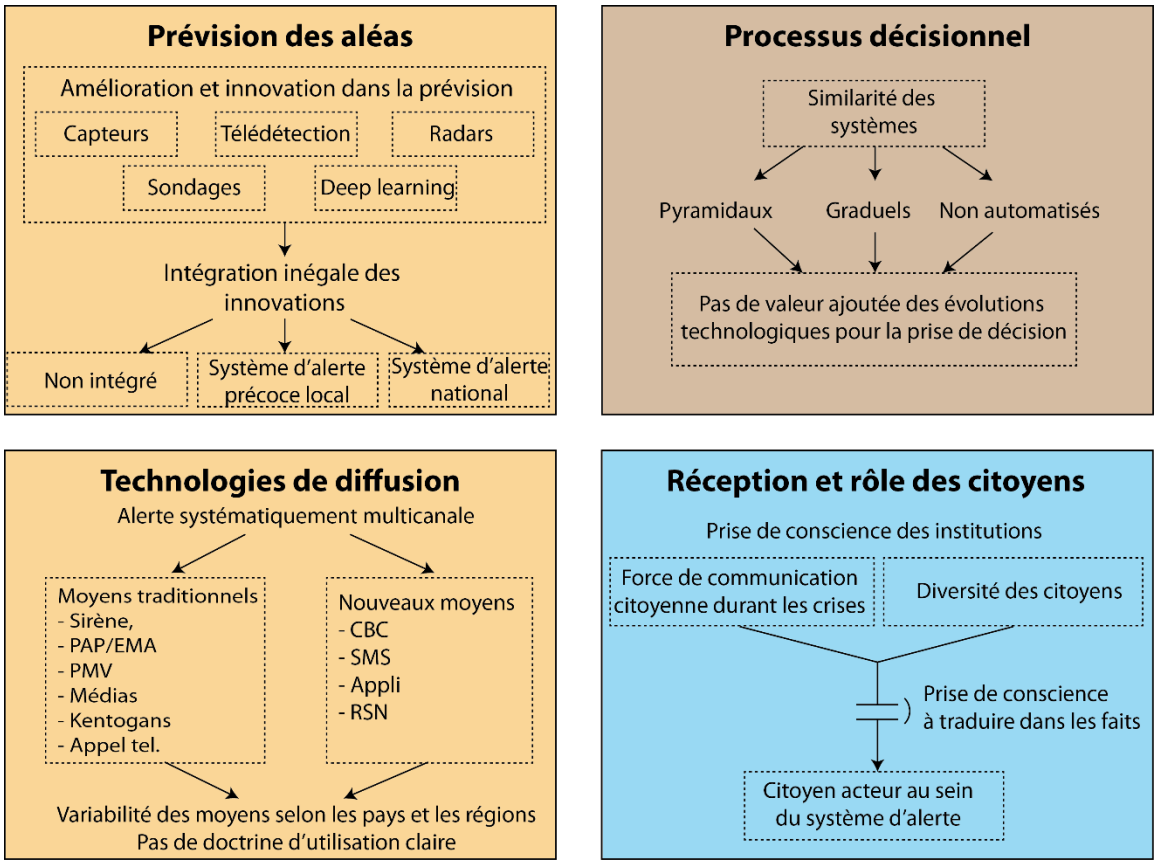


Figure 9.9. Synthèse des résultats du projet *Cap'Alert* sur les quatre dimensions des systèmes d'alerte et leur évolution entre 2000 et 2020

Pour résumer : les innovations technologiques, numériques et communicationnelles du début du XXIe siècle ont permis d'améliorer la prévision des aléas et la performance des modes de diffusion de l'alerte à la population. **Mais les innovations sont restées techno-centrées et la mutation des systèmes d'alerte observée est incomplète** (Figure 9.9) : (1) toutes les innovations sur la détection/prévision des aléas n'ont pas été intégrées dans les systèmes d'alerte ; (2) les innovations technologiques n'ont pas bouleversé la structure pyramidale des systèmes et la prise de décision de l'alerte reste humaine, soumise à interprétation et chronophage ; (3) les nouvelles technologies de diffusion de l'alerte ne sont pas intégrées partout et il n'existe pas de doctrine claire sur l'utilisation des moyens d'alerte de nature pourtant différente ; (4) le citoyen reste considéré comme un acteur passif des systèmes alors que les outils communicationnels existent pour l'intégrer pleinement, notamment dans la détection des aléas.

9.3.2. Des phases dans la mutation des systèmes d'alerte nationaux ?

Au vu des résultats du projet *Cap'Alert,* alimenté par la revue de la littérature réalisée tout au long de cette thèse, nous proposons d'identifier des grandes phases dans les mutations des SAN observées dans ce début du XXIe siècle. Nous identifions 4 phases successives par lesquelles semblent évoluer les pays étudiés : (1) la phase prévisionnelle ; (2) la phase de réorganisation du système ; (3) la phase d'utilisation nationale d'un LBAS ; (4) la phase de l'alerte interactive et multidirectionnelle. Ces phases restent toutefois sujettes à discussions et l'étude approfondie d'autres SAN pourrait les valider ou les remettre en cause.

a. La phase prévisionnelle

La phase prévisionnelle correspond à une phase où le pays cherche à améliorer au maximum la connaissance des phénomènes dommageables et leur prévisibilité. Cette phase peut faire suite à une crise, qui met en avant les fragilités du système d'alerte en place et le manque d'information sur les aléas. C'est pourquoi le pays cherche à intégrer au maximum les technologies et les innovations permettant la détection et le suivi des aléas. Cette étape correspond ainsi à une première intégration du numérique dans la collecte, et le traitement des données. Durant cette phase, la vision des organisations en charge de la gestion des risques est essentiellement aléa-centrée.

b. La phase de réorganisation du système

Rapidement, l'intégration des nouvelles connaissances sur les aléas et l'amélioration de leur prévisibilité vont permettre une première réorganisation du système. Le système doit s'adapter (définition de nouveaux seuils d'alerte par exemple, uniformisation des protocoles) et une doctrine nationale d'alerte est établie (par exemple en Australie, en France et aux USA). Cette phase correspond également à une première évolution des moyens d'alerte (spécifiés dans les doctrines nationales). L'utilisation d'un LBAS reste rare à cette étape (seule la Belgique a refondé son système sur la base de l'adoption d'un LBAS) : elle peut être constatée à des échelles localisées sous l'impulsion de gouvernements locaux ou d'entreprises privées (cas des applications d'alerte en France).

c. La phase de l'alerte par géolocalisation

L'adoption d'un LBAS à l'échelle nationale nécessite un ajustement des procédures, qui elles-mêmes doivent s'adapter à ce nouveau mode de diffusion. Cette phase constitue un bouleversement majeur dans l'efficacité et la précision spatiale des alertes. Elle correspond également à un premier assouplissement des systèmes : la distinction entre « alerte » et « information » devient plus floue, voire inexistante pour deux raisons : (1) l'alerte contient nécessairement de l'information ; (2) on peut utiliser ce système pour de l'information à la population sans forcément que le danger soit avéré ou imminent (la 1re version de la matrice des cas d'usage des LBAS en France prévoit l'utilisation de cette solution lors de manifestations sur la voie publique, *cf.* chapitre 8).

d. La phase de l'alerte interactive et multidirectionnelle

Cette phase est hypothétique, car non encore observée. Elle est marquée par une déhiérarchisation du système. Le système pyramidal est progressivement remplacé par un système horizontal, où les éléments du système peuvent interagir les uns avec les autres. Les citoyens sont pleinement intégrés au système. Leur force communicationnelle est prise en compte (citoyen-capteur, lanceur d'alerte). La communication durant l'alerte est désacralisée et multidirectionnelle : ce qui « tord le cou » à un mythe identifié par Sorensen (toujours d'actualité en 2020) qui est celui de la communication sacralisée, exceptionnelle (rare) et monodirectionnelle (du haut vers le bas). La section 9.3 détaille davantage cette étape.

e. Situation des cinq pays étudiés dans le processus de mutation des systèmes

La situation des cinq systèmes étudiés par rapport à ces quatre phases est inégale. Selon les systèmes, les phases n'ont pas la même durée, et la progression n'est pas linéaire (Figure 9.10). Encore une fois, la relation entre une catastrophe et l'évolution du système d'alerte est soupçonnée pour les cinq pays. L'Australie et les États-Unis (les deux seuls pays ayant des avancées linéaires de la phase 1 à la phase 3) qui ont modifié leur système après des catastrophes majeures (Katrina pour les États-Unis et les inondations de l'État de Victoria de 2010-2011 ainsi que des incendies dans la région de Kinglake en 2011 pour l'Australie).

En Indonésie, le tsunami de 2004 a obligé le pays à se lancer dans des opérations de suivit des aléas ce qui a abouti à la création de InaTEWS en 2012 (*Indonesia Tsunami Early Warning System*). Le tsunami de Palu en 2018 à cependant révélé les failles de ce système (Takagi *et al.*, 2019) et ouvert la voir à une « régression dans le processus » puisque l'Indonésie cherche à renforcer impérativement le suivit des tsunamis au moyen de capteurs (identifié comme première priorité par le vice-président du BMKG). La Belgique n'est pas passée par la phase 2 puisque c'est la mise en place du LB-SMS qui a entraîné la modification du système (qui n'avait pas évolué depuis la réforme de la sécurité civile en 2006). Suite à une série d'attentats en Île-de-France, la France a adopté pendant deux ans un LBAS (l'application SAIP) avant de se rétracter, car l'outil n'a pas été utilisé durant d'autres catastrophes (attentats de l'Aude notamment, *cf.* chapitre 3 et 4). Ainsi, si une catastrophe peut déclencher ou accélérer le processus de mutation du système d'alerte national, une catastrophe peut aussi révéler les failles dans le système en mutation et donc faire « régresser » le système vers la phase inférieure (en réalité il s'agit d'un processus d'amélioration continue du système donc le terme de régression ne doit pas être perçu comme péjoratif ici).

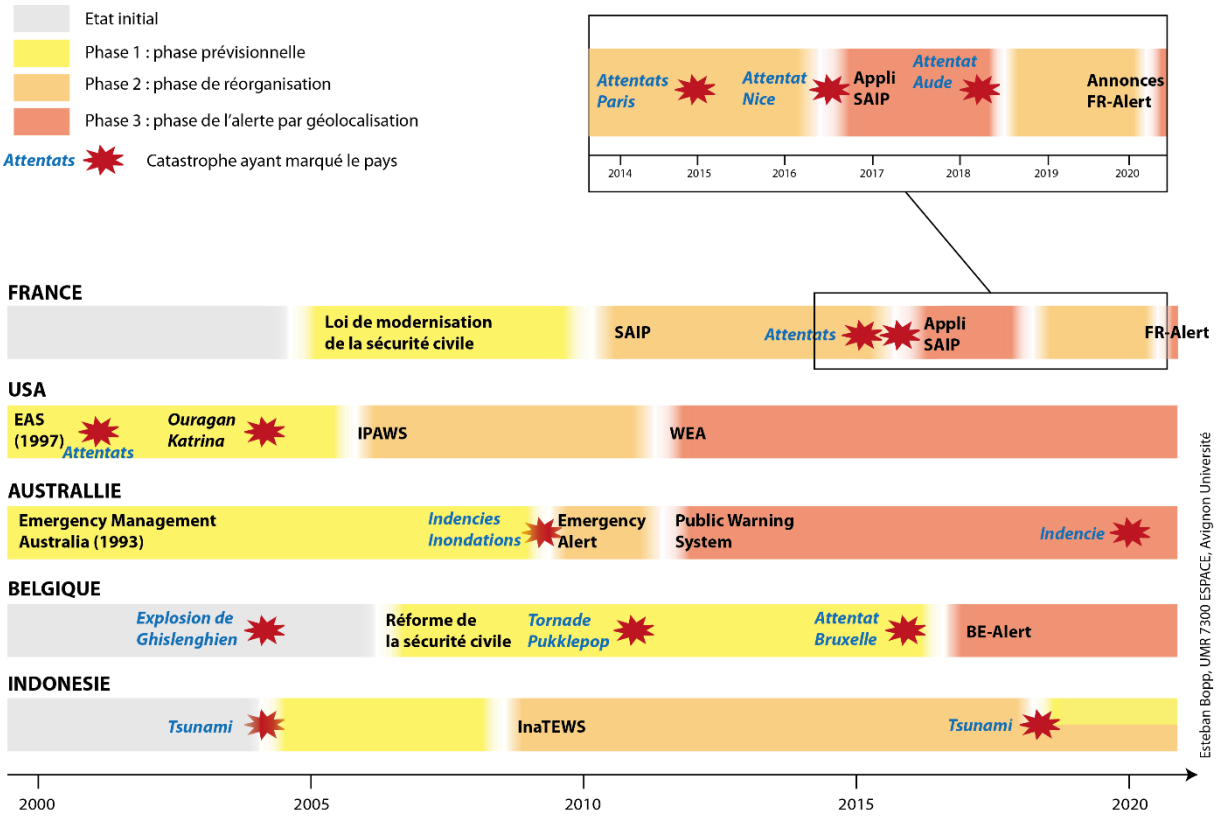


Figure 9.10. Les différentes phases de mutation des systèmes d'alerte nationaux appliquées aux cinq pays étudiés dans le projet *Cap'Alert*

Pour résumer : Tous les pays n'ont pas suivi de manière linéaire les différentes phases que nous proposons pour « lire » le processus de mutation des systèmes d'alerte nationaux. Les étapes 2 et 3 peuvent se faire conjointement (Belgique), sur une durée longue (plusieurs années). Une catastrophe marquante et/ou une crise peuvent déclencher le processus, ou l'accélérer. La durée des phases varie selon les pays, mais aucun des pays étudiés n'a atteint la phase de l'alerte interactive et multidimensionnelle (phase 4).

9.4. Recommandations et prospectives

A l'image de l'article de Sorensen (2000), cette section vise à suggérer des améliorations pour les systèmes nationaux dans les années à venir. Trois points sont abordés : (1) la nécessité de déployer les technologies existantes en évitant à tout prix le mythe de la technologie « salvatrice » (2) ; la nécessité d'adapter les systèmes d'alerte aux contextes (3) ; la nécessité d'avoir une « gouvernance » mondiale, et de poursuivre les recherches dans ce domaine.

9.4.1. Mettre en œuvre les technologies existantes…

Dans les années à venir, l'enjeu ne réside pas dans la montée en charge de solutions d'alerte encore plus performantes techniquement. Il faut plutôt intégrer des technologies existantes et déjà éprouvées au sein des systèmes d'alerte. Deux technologies doivent être plus largement développées : 1) les systèmes d'alerte précoces, et 2) les LBAS.

Les systèmes d'alerte précoces doivent être développés dans des territoires soumis à des risques rapides et difficilement prévisibles et les pays accusant un retard dans le déploiement de ces systèmes devraient faire l'objet d'une aide financière et d'un accompagnement. Zollo *et al.* (2014) ont par exemple cartographié les systèmes d'alerte précoce sismiques à l'échelle mondiale et montrent que des régions exposées (continent sud-américain, proche et Moyen-Orient, chaîne de l'Himalaya) restent dépourvues de système d'alerte précoce sismique. Le développement de l'IoT est intéressant dans la mesure où ces objets peu gourmands en énergie pourraient servir à la détection des phénomènes dangereux et à la transmission rapide d'information grâce à des protocoles de communication facile à déployer et également peu coûteuse en énergie (Vandana *et al.*, 2018). Leur facilité d'implantation et leur faible coût en font également des solutions très intéressantes pour les pays en développement (Miazi *et al.*, 2016).

L'utilisation d'un LBAS, dans un strict objectif d'alerte à la population, doit être encouragée. Le chapitre 3 de cette thèse a montré que certains pays en voie de développement disposaient déjà d'un LBAS (Bangladesh, Sierra Leone, Trinité-et-Tobago, etc.) et le choix de solutions (CB ou LB-SMS) relève plus du niveau d'exposition des pays face aux catastrophes que de leur Indice de Développement Humain (IDH). L'Afrique et l'Asie, en particulier, accusent un certain retard dans le déploiement des LBAS par rapport aux autres régions du globe. La situation est particulièrement préoccupante pour l'Asie qui est exposée à des aléas à cinétique rapide et peu prévisible (séisme, tsunami, éruption volcanique). De plus, la démocratisation de la téléphonie mobile est bien avancée dans les pays asiatiques (Lai *et al.*, 2018) signe qu'il existe bien un « terreau » favorable à l'utilisation des LBAS.

D'un autre côté, l'alerte par satellite pourrait pallier certaines limites des technologies d'alerte centrées sur les réseaux de télécommunication terrestres, grâce à une plus grande précision spatiale et à une meilleure couverture mondiale (chapitre 3), en s'affranchissant des limites spatiales qui existent pour certains LBAS (chapitre 5). Ce genre de solution pourrait être particulièrement bienvenue pour les pays en développement où les réseaux de télécommunication sont parfois peu développés (Loo & Ngan, 2012). Cette technologie, déjà testée avec succès en Australie en 2018, pourrait être déployée dès 2023 en Europe selon le rapport final du projet GRALLE (*Galileo-based Reliable Automatic Low-Latency Emergency Warning Service*) financé par la Commission Européenne (2017-2018) et visant à développer un système d'alerte prenant appui sur les satellites Galileo en Europe (Delprato, 2018). Un tel système pourrait aussi ouvrir la voie à de la coopération internationale. Les systèmes nationaux peuvent être différents entre des pays contiguës (ex : Espagne / France ; France / Belgique), alors que les dangers peuvent survenir dans un contexte transfrontalier identique.

Toutefois, les inégalités de couvertures seraient annihilées si et seulement si l'ensemble des pays de la planète étaient en capacité de disposer d'un accès aux satellites pour la diffusion d'alertes. À termes, les pays européens bénéficieront des satellites européens Galileo, mais tous les pays ne disposent pas d'une flotte de satellites sur lesquels s'appuyer pour diffuser un message d'alerte géographiquement ciblé. La question de l'instauration d'une gouvernance

mondiale permettant à tous les pays du globe de disposer du réseau satellitaire lorsqu'un danger survient mérite d'être posée. Par ailleurs, ce format d'alerte ne résout en rien les disparités sur la possession de téléphone mobile, assez faible dans les pays développés, mais plus conséquentes dans certains pays en développement (Oteri *et al.*, 2015).

9.4.2. … en laissant de côté le mythe de la technologie salvatrice

Croire que les avancées technologiques résoudraient tous les problèmes reste une utopie, qui est régulièrement rappelée (Braun, 1994 ; García-Peñalvo, 2018). Les alertes par téléphonies mobiles ne sont pas des solutions miracles. Elles sont par exemple très anxieuses pour les individus (Bean, 2019). Ces solutions génèrent aussi un paradoxe selon lequel disposer d'un système d'alerte centré sur les individus permet de réduire l'investissement dans les politiques de préparation à la crise (Bean, 2019). Il s'agit là d'un mythe à déconstruire. Premièrement, disposer d'une bonne technologie d'alerte ne prémunit pas les fausses alertes et des alertes manquées et tardives. L'exemple de la fausse alerte au missile balistique à Hawaï est très parlant, tout comme celui des alertes manquées de l'application SAIP en France. Si on part du principe que les innovations technologiques ne résolvent pas entièrement les questions de « prise de décision » (faut-il alerter ? Si oui, quand ?), il semble extrêmement dangereux de se passer de politique de prévention face aux risques naturels. Deuxièmement, lorsque l'on diffuse un message d'alerte à la population, une part de la population ne met pas systématiquement en œuvre les consignes de mises en sécurité (McCaffrey *et al.*, 2018). Selon Bean (2019), le déni des individus à croire en la menace est parfois puissant.

Aussi performant soit-il, un système d'alerte par téléphonie mobile peut rencontrer des formes d'opposition citoyennes. Ces derniers peuvent, en conséquence, désactiver la réception du CB sur leur téléphone mobile. En 2019, dans un papier lapidaire intitulé « *you are horrible people* »[23], le journaliste Scott Gilmore fustigeait les citoyens canadiens ayant publiquement manifesté leur désapprobation après que les autorités aient diffusé une *Amber Alert* (alerte enlèvement) par CB qui avait eu pour conséquence de réveiller un grand nombre de citoyens en pleine nuit. Sans rentrer dans le débat (aspiration à la tranquillité des individus *vs* situation d'urgence ayant malheureusement conduit à la mort d'une fillette de 11 ans), il s'agit ici de conséquences rarement anticipées par les opérationnels. C'est un exemple supplémentaire de l'inexistence de systèmes d'alerte parfaits, tout innovants soient-ils. Un des leviers pour améliorer l'acceptation par les citoyens de ces nouvelles technologies d'alerte serait d'intégrer pleinement les citoyens dans les tests et exercices qui doivent être régulièrement organisés et durant lesquels les technologies sont testées.

Un autre exemple permet de mettre à mal le mythe de la technologie salvatrice. Après une étude menée sur 15 pays de l'Afrique de l'ouest, Ejemeyovwi et Osabuohien (2018) ont démontré que l'abonnement à la téléphonie mobile n'a pas d'effet significatif sur la croissance inclusive des 15 pays étudiés (la croissance inclusive tient compte des inégalités sociales au sein du pays). Autrement dit, l'outil n'a pas amélioré le cadre socio-économique des utilisateurs. Si cet exemple ne relève pas du domaine de l'alerte, il illustre toutefois le fait que les avancées technologiques ne suffisent pas à elles seules à révolutionner et améliorer un système. Il faut surtout que ces évolutions technologiques s'appuient sur les contextes

[23] Maclean's : https://www.macleans.ca/news/canada/you-are-horrible-people/

politiques, économiques et sociaux des territoires sur lesquelles elles se développent (Bean, 2019).

9.4.3. Tendre vers des systèmes souples et adaptés aux contextes

Par opposition à un système rigide et hiérarchisé, un système d'alerte souple se caractérise par : 1) une automatisation de la prise de décision pour certains aléas ayant une cinétique rapide ; 2) un élargissement de la prise de décision à d'autres acteurs publics que les acteurs politisés seulement ; 3) une capacité du système à s'adapter aux spécificités locales ; 4) une intégration du citoyen comme un acteur actif et non simplement passif, en lui conférant un pouvoir communicatif, y compris de lanceur d'alerte.

L'intérêt de l'assouplissement des systèmes d'alerte est multiple :

- La prise de décision et la diffusion d'alertes sont moins chronophages : l'automatisation de l'alerte, mais aussi la diffusion d'alertes par les prévisionnistes voir par les citoyens permet de réduire la longueur de la chaîne d'alerte institutionnelle et consécutivement la temporalité de diffusion.
- Le système est renforcé : en identifiant différents acteurs autorisés à diffuser une alerte et en donnant la capacité aux citoyens de communiquer et de lancer des alertes (*cf*. chapitre 8), le risque d'alerte manquée diminue.
- Le système est mieux adapté aux spécificités locales : système d'alerte précoce localisé, différenciation des moyens, variation des acteurs autorisés à diffuser une alerte.
- En ayant un rôle actif (veilleur, lanceur d'alerte, communication pendant la crise) les citoyens sont responsabilisés (« *empowerment* ») ce qui participe également à l'amélioration de la culture du risque.

Ce type de système doit impérativement reposer sur des outils communicatifs bidirectionnels (autre que les LBAS qui restent des outils « *top-down* »). Les RSN pourraient jouer ce rôle. Il s'agit d'outils de communication interactifs, mal adaptés pour de l'alerte top-down (en France, le compte twitter officiel d'alerte du ministère de l'Intérieur « Beauvau-Alerte » compte environ 110 000 abonnés tandis que le compte officiel de Météo-France, qui fait de la prévision, en compte plus de 130 000 et près de 300 000 individus sont abonnées à au moins un compte d'un SDIS). Utiliser les RSN nécessite toutefois de créer des cadres stricts, qui permettent de manière efficace la mise en œuvre d'une communication de crise préalerte entre les citoyens et les autorités (Petersen *et al.*, 2018).

À l'échelle nationale, il faut multiplier les sous-systèmes adaptés aux risques et aux territoires. Les discours prônant de centrer les systèmes d'alerte sur les individus se sont multipliés ces dernières années, sans toutefois proposer de cadre concret ni même de représentation schématique. Nous avons schématisé deux exemples de système d'alerte complémentaires (Figure 9.11). Le premier système (A) est un système d'alerte précoce centré sur un aléa à cinétique rapide, détecté soit par capteur, soit par des prévisionnistes, et qui se passe du cadre décisionnel pour alerter rapidement une communauté de citoyens. Ce genre de système est très bien adapté à des échelles localisées, mais il reste envisageable à plus large échelle. Le second (B) est un système centré sur les citoyens qui sont de véritables acteurs du système. Ils peuvent communiquer entre eux, avec les autorités, et envoyer des alertes à d'autres

citoyens. Pour ce faire, il faut que des infrastructures de communications soient en place et fonctionnelles.

Les deux exemples de la Figure 9.11 illustrent la diversité des systèmes d'alerte pouvant être mis en œuvre à des échelles nationales ou plus localisées. Dans l'exemple B, le prévisionniste pourrait très bien alerter lui-même directement la communauté de citoyens, sans passer par les citoyens référents et gagner ainsi du temps. Les communautés d'individus pourraient même bâtir leur propre système d'alerte, en dehors de tout cadre institutionnel (Britton, 2017).

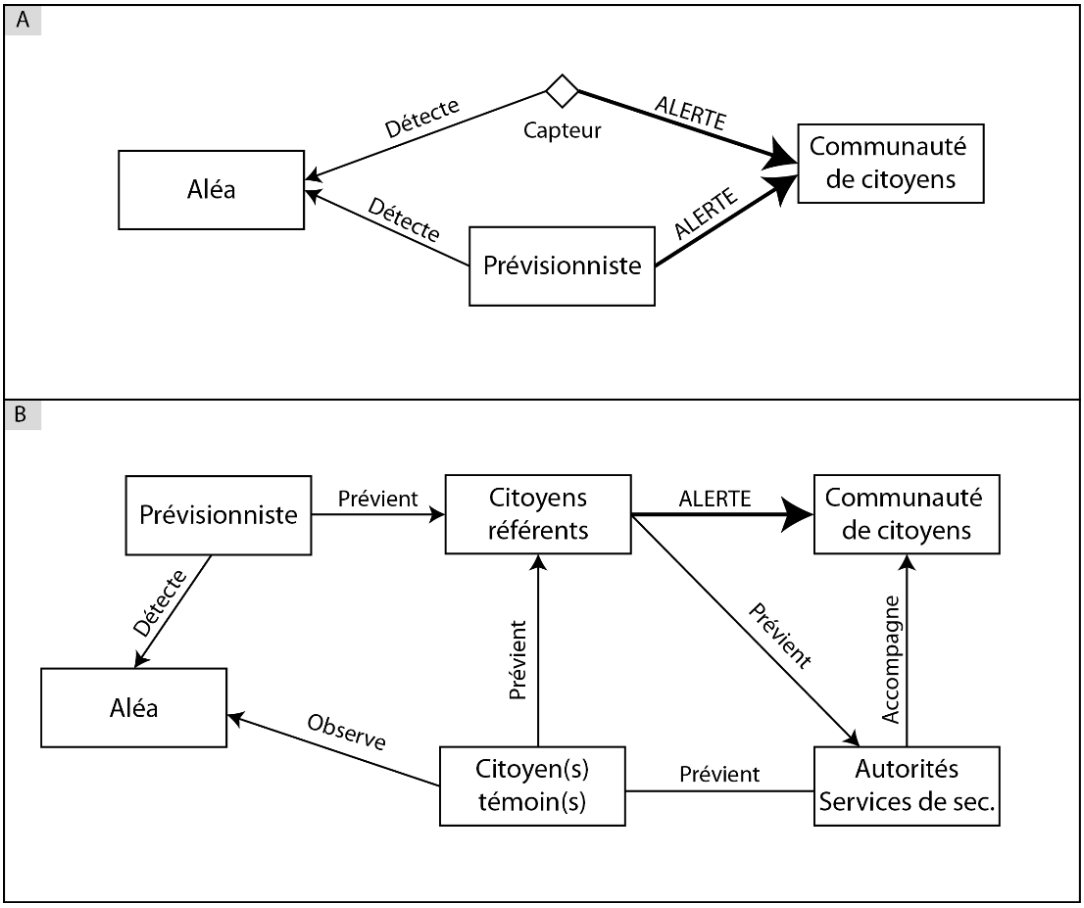


Figure 9.11. Exemple de deux systèmes d'alerte ; A : système d'alerte précoce déhiérarchisé ; B : exemple d'un système d'alerte déhiérarchisé et intégrant le citoyen comme un acteur à part entière. Les citoyens référents seraient des citoyens volontaires et formés par les institutions et autorisés à diffuser une alerte à la population ; les citoyens témoins sont des citoyens qui constatent les premiers effets d'un danger et qui peuvent prévenir les citoyens référents *via* un canal de communication direct (RSN, application smartphone, site internet…)

9.4.4. Organiser une gouvernance internationale sur l'alerte

L'organisation d'une gouvernance internationale sur l'alerte est importante sur au moins deux points. Premièrement, les coopérations internationales doivent être encouragées dans la prévision de risques transnationaux (tsunami, volcanisme, feu de forêt, accident nucléaire, etc.). Il existe déjà des systèmes de prévision des aléas à l'échelle internationale (*Indian Ocean Tsunami Warning System*), mais si la détection des aléas à large échelle peut s'internationaliser, la diffusion d'alerte reste à ce jour une prérogative étatique et non internationale. Le projet européen d'utiliser les satellites Galileo pour la détection d'aléa reste

lui aussi cantonné à de la prévision, mais l'utilisation prochaine de LBAS sur l'ensemble des pays européens laisse entrevoir la possibilité de construire un système d'alerte coordonné et activable à l'échelle européenne. Ailleurs, le bureau des Nations Unies pour la réduction des risques de catastrophe (*United Nations Office for Disaster Risk Reduction*) pourrait inciter à la mise en œuvre de systèmes d'alerte internationaux, voir même en assurer la gouvernance. Cependant, il reste encore sûrement beaucoup de chemin à parcourir avant d'en arriver à mettre en œuvre une organisation internationalisée de l'alerte.

Deuxièmement, il semble important de constituer un observatoire de l'alerte à l'échelle internationale, afin notamment d'aider les pays très exposés et qui peinent à mettre en œuvre des systèmes d'alerte pleinement efficaces. Cet observatoire s'inscrirait dans le cadre d'action de Sendaï pour la réduction des risques de catastrophes naturelles (2015-2030) dont un des objectifs à atteindre pour 2030 est l'amélioration nette de l'accès des populations aux dispositifs d'alerte rapide multirisques. Cet organe pourrait avoir à charge plusieurs missions : 1) identifier les pays ayant le plus besoin de système d'alerte précoce (à l'aide d'études épidémiologiques, ou centrées sur les risques par exemple) afin de les accompagner et de les aider (enveloppe financière, don d'outils, etc.) dans la mise en œuvre des systèmes ; 2) d'une manière générale, accompagner les pays qui en font la demande dans le processus d'évolution de leur système d'alerte (intégration de nouveaux outils, modification des procédures et organisations, prise en compte d'un risque en particulier, etc.) ; 3) identifier des alternatives aux solutions techno-centrées (notamment dans les pays où les technologies de communication sont peu développées, mais pas uniquement) en s'inspirant des méthodes traditionnelles et autochtones, davantage tournées vers l'humain (J. C. Gaillard *et al.*, 2013) ; 4) financer la recherche scientifique en privilégiant les recherches appliquées (sur l'adaptation des pratiques et des outils aux contextes des territoires et des individus qui les habitent).

Conclusion du chapitre 9

Les avancées technologiques durant ces 40 dernières années sont indéniables, tant dans le domaine de la détection des aléas que dans le domaine de la diffusion de l'alerte. Leur principal atout est d'accélérer les processus (détection de l'aléa et diffusion de l'alerte) afin de gagner du temps sur l'événement. Toutefois ce constat est à nuancer pour deux raisons : 1) les avancées technologiques ne sont pas systématiquement intégrées aux systèmes d'alerte et de grandes inégalités existent à l'échelle internationale dans le « niveau » technologique des systèmes d'alerte ; 2) les processus décisionnels évoluent difficilement lorsqu'une nouvelle technologie est intégrée : les prises de décisions restent humaines, même lorsque les aléas ont une cinétique rapide. L'accélération de l'information permise par ces innovations n'a pas d'intérêt si les procédures restent empêtrées dans des modes de fonctionnement calqués sur d'anciens modèles, où l'information était moins « immédiate ».

Dès lors, il faut adapter les systèmes aux innovations pour pleinement les intégrer. Pour cela, nous préconisons un assouplissement des procédures en autorisant, d'une part, d'autres acteurs que la sphère politique pour la diffusion de l'alerte et d'autre, part de donner un vrai pouvoir communicatif aux citoyens en période de crise. Nous préconisons également de calquer les systèmes sur les territoires, leur environnement et leurs sociétés. Un système d'alerte doit être intégré au territoire pour être efficace ce qui signifie que chaque système d'alerte nationaux doit être décliné localement. Si ces préconisations ressortent également

d’acteurs interviewés, elles peinent en revanche à se concrétiser et ne sont pas, pour le moment, traduites en actes. Enfin, à l’échelle internationale, une gouvernance des systèmes d’alerte devrait être mise en place pour accompagner les États dans la mutation de leur système. Nous pensons que ces préconisations peuvent s’inscrire dans le cadre d’action de Sendaï (2015-2030) pour la réduction des risques de catastrophe naturelle qui vise l’objectif « [d’]*investir dans des systèmes de prévision et d’alerte rapide, multirisques et multisectoriels, axés sur la population* (…) ; *d’élaborer ces systèmes dans le cadre d’un processus participatif, de veiller à ce qu’ils répondent bien aux besoins des utilisateurs, notamment d’un point de vue socioculturel, y compris pour la problématique homme-femme ; de promouvoir l’utilisation d’installations et de matériels d’alerte rapide, simple et peu coûteux* » (UNISDR, 2015).

CONCLUSION DE LA TROISIÈME PARTIE

Cette troisième partie confirme que l'amélioration d'un système d'alerte ne dépend pas des seules innovations technologiques. Celles-ci insufflent un nouveau souffle, mais elles doivent être intégrées dans les structures et les organisations existantes, qui doivent elles aussi s'y adapter, quitte à assumer un changement de paradigme, parfois opéré de façon radicale.

D'un côté, **l'alerte doit bien s'adapter au territoire sur lequel elle se structure**. À l'échelle communale, cela implique que les moyens d'alerte à mettre en œuvre tiennent compte du contexte (nombre d'individus à alerter, nature et cinétique du risque, morphologie urbaine). À l'aide d'une méthode exploratoire fondée sur un échantillon de 12 communes aux profils différents, **nous avons identifié trois niveaux de variabilité des moyens d'alerte**. 1) Entre les 12 communes choisies, le nombre et la nature des moyens adaptés ne sont pas identiques, même si plusieurs groupes de communes ayant les mêmes moyens adaptés ressortent. 2) À l'échelle infracommunale, les moyens adaptés varient selon la nature des zones exposées. Un moyen peut ainsi être ainsi adapté sur une portion du territoire communal, mais pas sur une autre. Cela implique de réfléchir l'équipement des moyens d'alerte à une échelle plus fine que l'échelle communale. 3) Selon la temporalité de l'événement (scénario jour *vs*. scénario nuit), les moyens adaptés ne sont pas nécessairement les mêmes à l'échelle des zones exposées et à l'échelle des communes.

D'un autre côté, **il faut assouplir le système d'alerte national afin d'intégrer pleinement les LBAS**. À cette fin, plusieurs points doivent être pris en compte. Les motifs d'usage doivent être clarifiés et réservés à de la sécurité civile et non publique pour éviter la « politisation » de la plateforme FR-Alert. L'autorisation de la diffusion de l'alerte à la population par la plateforme doit être élargie à de nouveaux acteurs (prévisionnistes et services de secours), dans des cas bien précis où la rapidité de la diffusion d'une alerte est un enjeu crucial. Les citoyens demandent à ce que l'identité du diffuseur varie selon la nature de l'événement. Des échelles de diffusion centrées sur les zones exposées et centrées sur les risques doivent être définies en amont pour gagner en rapidité lorsque le risque se produit. Cependant, il faut que la plateforme laisse la possibilité aux gestionnaires de sélectionner eux-mêmes la zone de diffusion et de différencier la diffusion dans l'espace (différents messages dans différentes zones) ou dans le temps (plusieurs messages envoyés selon la progression du danger). Enfin, il faut prendre en compte les demandes des citoyens concernant le contenu des messages (éléments essentiels à diffuser, format des messages, temporalité de diffusion).

En regardant ce qui existe ailleurs, on remarque que les mutations prennent du temps. Entre 1980 et 2000, les techniques de détection des aléas ont été améliorées, mais de manière inégale (selon les aléas et selon les territoires), et sans nécessairement impliquer une réorganisation de la prise de décision (Sorensen, 2000). Après 2000, l'arrivée de nouveaux moyens d'alerte est venue bouleverser les modalités d'alerte et les systèmes, qui tentent de s'y adapter du mieux possible. Les systèmes semblent cependant évoluer au grès des crises. Malgré l'intégration d'outils de communication performants (parfois à l'aide du protocole d'alerte commun), nous ne constatons pas une réelle intégration des individus dans les systèmes. Cette intégration est pourtant demandée par de nombreux scientifiques (Britton, 2017 ; J.-C. Gaillard *et al.*, 2010 ; Gisclard, 2017 ; Goodchild, 2007 ; Martin & Blay, 2014 ; Preis *et al.*, 2013). Ainsi, il reste encore des efforts à faire pour améliorer l'alerte et bâtir des systèmes performants, centrés sur les territoires et les individus.

Conclusion générale

L'objectif général de cette recherche doctorale était d'explorer les potentiels, spatiaux, sociaux et territoriaux de l'alerte par LBAS en France dans la mesure où deux solutions d'alerte centrées sur la localisation des individus devraient être mises en œuvre en 2022 : le *Cell Broadcast* (CB) et les SMS géolocalisés (LB-SMS), et tout en sachant qu'une application mobile (SAIP) avait été déployée de 2016 à 2018. En proposant une approche multisectorielle et à différentes échelles, nous pensons avoir démontré que les LBAS ont un potentiel indéniable pour faire progresser la diffusion de l'alerte en France, à condition toutefois que les procédures, les organisations et les modes opératoires s'y adaptent.

C.1. Synthèse des principaux résultats

C.1.1. La sirène ne doit plus prétendre au statut de « moyen prioritaire »

Depuis la fin de la Seconde Guerre Mondiale et la mise en place du Réseau National d'Alerte (RNA) en 1959, la sirène est considérée comme le moyen d'alerte prioritaire en France. En 2010, l'État a mis fin au RNA sans pour autant changer de paradigme. De nouvelles sirènes ont été déployées et une partie des anciennes sirènes RNA ont été rénovées pour intégrer un nouveau réseau de sirène : le *Système d'Alerte et d'Information des Populations* (SAIP). Toutefois, ce moyen ne peut plus prétendre rester le moyen d'alerte prioritaire en France. L'évolution du contexte social (modes de vie, révolutions numériques, évolution des modes de communication), territorial (évolution des localisations des individus, des activités, des modes de déplacement…), et environnemental (nouveaux risques, nouvelles crises) fait que la sirène est devenue obsolète et plusieurs études ont d'ailleurs montré la faible efficacité des sirènes en France (Douvinet, 2020 ; Douvinet *et al.*, 2019 ; Vogel, 2017).

D'un point de vue géographique, cette thèse apporte deux arguments supplémentaires concernant les limites des sirènes. **Deux niveaux d'inégalité spatiale** sont identifiés **:**

1) Le nombre de communes équipées est faible. Autrement dit, beaucoup de communes ne sont pas alertables par les sirènes. L'analyse réalisée à l'échelle de la région Sud-PACA révèle que 55% des communes équipées appartiennent à de grandes aires urbaines, tandis que seuls 15,5% des communes équipées sont des communes rurales, non intégrées à une aire urbaine. Ces disparités peuvent s'expliquer par des logiques de priorisation des sirènes dans les communes les plus peuplées. Cette logique n'est toutefois pas systématiquement respectée puisqu'en région Sud-PACA, des communes fortement peuplées ne sont pas équipées et des communes peu peuplées disposent de sirènes RNA. D'autres variables (le nombre de risques et de catastrophes naturelles ou l'existence d'un PPRN) ne jouent que secondairement dans la dotation des communes en sirènes, mais là encore, certaines communes échappent à ces logiques.

2) À l'échelle communale, le nombre de sirènes et leur localisation dans l'espace ne garantissent pas une couverture optimale de la population. Les sirènes ont une portée limitée (Douvinet *et al.*, 2019 ; Zunkel, 2015). En tenant compte de l'audibilité réelle, 1,9 million d'habitants sur les 5,05 habitant en région Sud-PACA seraient alertables (soit 38,2%). Dès lors, même lorsque les communes sont équipées, le niveau de couverture est inégal et rarement intégral : sur les 129 communes équipées en région Sud-PACA, seules deux

communes affichent un taux de couverture de 100%, et l'écart interquartile des taux d'alertabilité par sirène des communes équipées est de 54% (Q1 = 29,8% ; Q3 = 83,8%).

Face à un tel niveau d'inégalité, couplé au fait que le son des sirènes ne renseigne pas sur la nature du danger ni sur les conduites à tenir (Douvinet, 2020), les sirènes ne peuvent prétendre être le premier moyen d'alerte national et la mise en œuvre des LBAS est une opportunité pour changer l'hégémonie de la sirène qui dure depuis plus de 60 ans.

C.1.2. Le fort potentiel des alertes par CB ou par LB-SMS

En diffusant des alertes géolocalisées, qui tiennent compte de la localisation des individus en temps réel, les LBAS sont une réelle opportunité pour faire évoluer l'alerte en France. Grâce à une plateforme sur laquelle il est possible de sélectionner les aires de diffusion, ces solutions offrent l'opportunité de : 1) raccourcir les délais de diffusion en préformatant les messages et grâces à une interface numérique permettant aux décideurs de diffuser une alerte en moins de 5 minutes ; 2) toucher un nombre massif d'individus, dans des temps limités ; 3) améliorer la précision spatiale des alertes en ciblant au préalable les zones de diffusion ; 4) diffuser des informations et des consignes de comportement ; 5) d'inclure davantage les citoyens dans la chaîne d'alerte, en leur donnant la possibilité d'émettre des alertes et de communiquer en période de crise (même si cette particularité n'est pas observée pour le moment).

Contextuellement, ces outils sont particulièrement adaptés à l'évolution des risques (risque à faible prévisibilité et ayant des cinétiques parfois extrêmement rapides), ainsi qu'à l'évolution des modes de vie des individus, dont les multiples révolutions numériques ont accru les capacités de communication (Haas, 2017). La **thèse confirme le très fort potentiel du CB et du LB-SMS en France, tant sur le plan de la performance spatiale** (capacité des LBAS à atteindre les individus dans une zone géographique donnée) **que de l'acceptabilité sociale** (conditions qui font que les individus acceptent d'être alertés par un LBAS). Pas moins de 94,2% des français sont alertables sur leur lieu de résidence par CB ou par LB-SMS (à condition que les deux technologies soient implémentées sur les réseaux 2G, 3G et 4G). Jamais un moyen d'alerte n'a eu auparavant un tel potentiel de performance à l'échelle nationale. Plus encore, cette performance est spatialement homogène : 50% des communes françaises ont un taux d'individus alertables compris entre 92,9% et 94,8% (soit 1,9% d'écart entre le premier quartile et le troisième quartile). Lorsque l'on agrège les résultats à l'échelle régionale, l'écart entre la région la mieux alertables (Ile-de-France) et la moins alertable (Sud-PACA) est de seulement 2,2% ! Dès lors**, le recours à ces solutions réduirait considérablement les inégalités d'alertabilité entre les territoires**.

Ces solutions sont également bien acceptées par la population. Les notes données par 891 individus ayant participé à une enquête en ligne sont élevées : le CB a une note moyenne de 8,85 sur 10 et le LB-SMS de 7,80 sur 10. Là encore, il y a **une forte homogénéité d'acceptabilité pour ces solutions** : l'écart interquartile entre pour le CB est de 2 points (Q1 = 8 ; Q3 = 10) et celui du LB-SMS est de 3 points (Q1 = 7 ; Q3 = 10). Et il n'y a pas de différence des notes données selon le type d'aire urbaine dans laquelle vivent les répondants à l'enquête.

C.1.3. Des solutions qu'il ne faut pourtant pas surestimer

L'application smartphone (AS) a un potentiel de performance et d'acceptabilité bien plus faible que celui du CB et du LB-SMS en France. 74,2% de la population seraient alertables par AS (ce qui reste acceptable au vu des outils utilisés aujourd'hui), mais il faudrait pour cela que la problématique des téléchargements soit résolue. Or, même si de nombreuses applications d'alerte existent en France, leur nombre de téléchargements reste globalement bas. Le faible nombre de téléchargements de l'application SAIP avait d'ailleurs été l'un des arguments avancés lors de son abandon en mai 2018. Outre cet échec, **peu d'applications pourraient en réalité prétendre à être un moyen d'alerte efficace**. Pire encore, une partie des applications les mieux évaluées pour répondre à cet objectif (sur les 50 étudiées) ont disparu en 2021.

Les inégalités de performance sont également plus importantes pour l'AS que pour les deux autres solutions. À l'échelle communale, l'écart interquartile reste faible, mais est tout de même plus important que pour le CB et le LB-SMS (6% entre Q1 = 69,2% et Q3 = 15,2%). L'AS est aussi bien moins accepté par la population. Avec une moyenne de 6,67 sur 10, l'AS est même classé derrière la sirène (8), l'Automate d'Appel Téléphonique (7,77) et le Porte-à-Porte (7,16). En revanche, contrairement au CB et au LB-SMS on ne constate pas d'écart significatif de l'AS en fonction des classes d'âge. Par conséquent, la performance et l'acceptabilité de l'AS, plus mesurées, combiné à l'échec de l'application SAIP (2016-2018) et la volatilité temporelle de la multitude d'applications d'alerte existantes, incitent à devoir considérer ces technologies comme des outils de vigilance, plutôt que d'alerte.

À l'échelle métropolitaine, **la performance homogène des LBAS cache certaines faiblesses**. Ils sont significativement moins performants dans toutes les communes situées en dehors des grandes aires urbaines. En particulier, **ils sont moins performants dans les territoires ayant un habitat dispersé**. Ces inégalités seront par ailleurs renforcées si le choix est fait de ne déployer le CB que sur la 4G (la décision n'est pas encore actée par le ministère de l'Intérieur). L'écart urbain/rural serait alors considérablement renforcé : le CB permettrait d'alerter 88,5% des résidents des grandes aires urbaines, contre seulement 57,5% des résidents des communes rurales (soit un écart de 31%). Le choix de ne déployer le CB que sur la 4G reviendrait également à « perdre » 6,1 millions d'individus, qui sont alertables par CB si celui-ci est déployé sur la 3G et sur la 2G.

L'acceptabilité de ces solutions varie aussi selon le profil social ou le territoire de résidence des individus. Le **CB et le LB-SMS sont significativement moins acceptés par les individus plus âgés** (à partir de 55 ans) par rapport au reste de la population. L'AS est significativement mieux accepté par les individus résidants dans une moyenne aire urbaine (entre 100 000 et 500 000 habitants) que dans des communes appartenant à de plus petites aires urbaines.

C.1.4. Une alerte multicanale nécessitant une lecture « multi-échelles »

Les faiblesses des LBAS imposent de promouvoir une logique multicanale et de ne pas fermer la porte aux moyens d'alerte traditionnels. Leur complémentarité est en effet essentielle face à la diversité des aléas (emprise, cinétique) et la diversité des contextes (population, territoires, bassins de risque). De nouveaux résultats ont été acquis**. Les sirènes ont toute leur place au sein d'un système multicanal, mais au lieu de les installer dans les pôles urbains**

densément peuplés, il conviendrait de les déployer dans les secteurs de faible performance des LBAS pour rechercher de la complémentarité. Ce résultat questionne l'adaptation des moyens d'alerte aux territoires. Cette adaptation doit être appréhendée sous l'angle d'une complexité « multi-niveaux » (à la fois spatiale et temporelle) qui doit être considérée dans les logiques d'utilisation à venir (déploiement de FR-Alert). En analysant l'adéquation de 11 moyens d'alerte aux caractéristiques de 12 communes et de leurs zones exposées, n**ous avons identifié trois niveaux de variabilité dans l'adaptation des moyens aux communes** : 1) une variabilité des moyens adaptés entre les communes ; 2) une variabilité à l'échelle infracommunale, entre des zones exposées de différentes natures : 3) une variabilité temporelle, entre un scénario diurne et un scénario nocturne. Cette variabilité (spatiale et temporelle) de l'adaptation des moyens d'alerte révèle que **l'équipement en moyens des communes doit être réfléchi à une échelle très fine** (l'échelle des zones exposées) et en considérant différents scénarios modélisant les dynamiques de répartition des individus dans l'espace.

Par ailleurs, **l'arrivée du CB et du LB-SMS en France offre l'opportunité de « remodeler » le système d'alerte national**. Par conséquent, cette thèse discute de différentes pistes de réflexion sur le futur système d'alerte national. Les motifs d'usage sont en cours de discussions entre différents ministères. Nous attirons toutefois l'attention des décideurs sur le fait que plateforme ne devrait servir que pour des cas d'alerte et de vigilance pour des situations de sécurité civile (et non publique). La question de l'élargissement de l'autorisation de diffusion des alertes à de nouveaux acteurs (prévisionnistes, services de secours, citoyens) doit aussi être posée et elle est liée (à nouveau) à une question d'échelle. La présélection de zones de diffusion, centrées sur des zones à risques et sur des territoires (EPCI et/ou bassin de vie) devrait être intégré à la plateforme. Toutefois, les effets de bord liés à la diffusion d'un message à tous les téléphones mobiles situés dans une cellule de télécommunication peuvent amener à des situations inopportunes (diffusion d'alertes à des individus non exposés). Des techniques de *geofencing*, certes coûteuses, pourraient être déployées pour limiter ces effets de bord. L'alerte doit aussi être adaptée à ce que souhaitent les individus, et nous avons observé que l'identité de l'émetteur pourrait varier selon la nature du danger. Dans le contenu du message, des éléments (dont des informations spatiales) apparaissent comme essentiels dans plusieurs études menées récemment. Le mythe de la surinformation (tant dans le rythme de diffusion des messages que dans le contenu) doit être déconstruit.

La France pourrait aussi s'inspirer des premières expériences des LBAS à l'international. Si les systèmes d'alerte nationaux sont contingents à leur environnement (Bopp *et al.*, 2021), ils **se caractérisent par des similitudes (principe de subsidiarité) et processus (évolution phasée des systèmes) relativement proches**. L'organisation de l'alerte en France doit impérativement **s'adapter à ces nouvelles technologies et ne pas rester dans le même modèle (organisations, hiérarchie, procédures, doctrine) qui prévaut aujourd'hui** où les sirènes sont toujours le moyen prioritaire. En effet, il ne faut pas reproduire l'échec de l'application SAIP, en grande partie lié à l'inadaptation des organisations et procédures face à un outil de communication massif et quasi-instantané. Le protocole d'alerte commun (CAP) semble une solution idéale pour coordonner l'ensemble des moyens et des processus de communication durant les crises. Ce protocole ouvre également la voie à une automatisation de l'alerte qui serait bienvenue pour les aléas ayant une cinétique très rapide.

La Figure C.1 fait office de figure de synthèse en proposant un cadre multi-échelle à la plateforme FR-Alert.

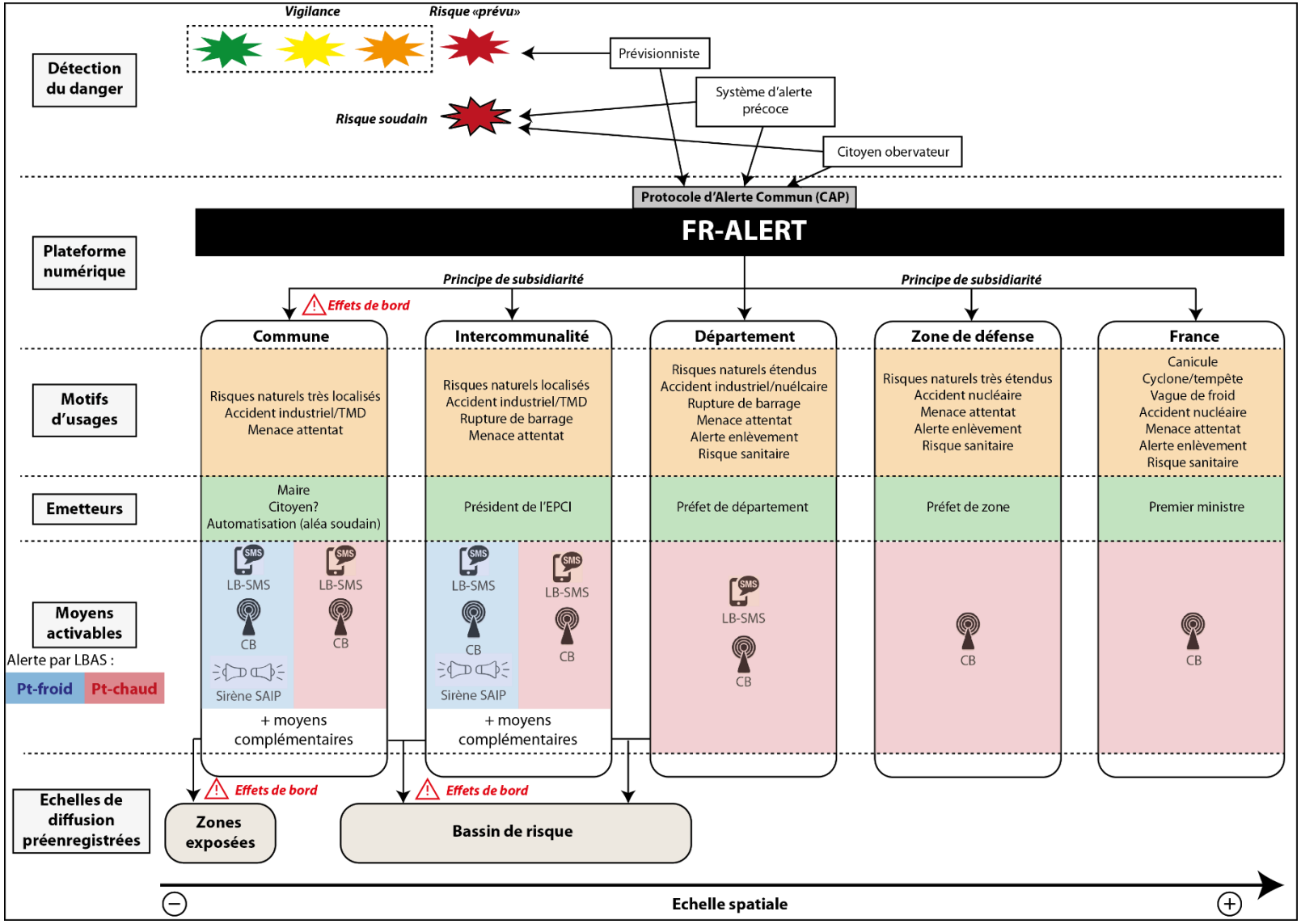


Figure C.1. Figure de synthèse représentant un système FR-Alert multicanal, multi-échelle et adapté aux contexte

C.2. Perspectives de recherche

C.2.1. Poursuivre les recherches sur la relation moyens / territoires

« *Dis-moi où tu habites et je te dirai quel(s) moyen(s) d'alerte utiliser* »… L'adéquation moyens / territoires, ou système d'alerte / territoires, doit être davantage questionnée. Alors qu'il existe un grand nombre de publications technocentrées, peu d'entre elles proposent d'inverser la focale, en investiguant la meilleure façon de construire les systèmes d'alerte selon les caractéristiques des territoires sur lesquels ils seront déployés. À ce titre, la méthode testée dans le chapitre 7 devra être poursuivie. Elle doit être ajustée (discussion sur les limites des zones exposées) et calibrée (discussion sur les différents seuils retenus) avant de pouvoir être généralisée sur un grand échantillon de communes de nature différente. En France, les outremers devraient notamment être pris en compte dans l'échantillon de territoires. Cette approche peut (et doit) aussi être conduite à l'international sur des territoires bien différents (Asie, Afrique, Amérique-du-Sud, Proche et Moyen Orient, systèmes insulaires, etc.) pour pleinement saisir comment les territoires, et les individus qui les habitent, sont déterminants dans le choix des moyens. La finalité serait de proposer une typologie des territoires en fonction des moyens d'alerte à utiliser (ou ne pas utiliser).

Pour répondre à cette question, nous identifions trois écueils méthodologiques. 1) Selon le type de territoire sélectionné, les données ne sont pas forcément accessibles (localisation des individus, réseaux de télécommunication, couche spatiale des risques). C'est d'autant plus vrai dans les pays en développement ou justement les caractéristiques morphologiques des territoires sont intéressantes pour investiguer l'adéquation moyens / territoire. 2) Selon les sites sélectionnés, l'organisation de l'alerte ne sera pas la même ni la structuration interne des territoires (maillage, échelle, gouvernance). La France par exemple se caractérise par un maillage communal très fin qui n'a rien à voir avec le maillage communal finlandais ou suédois (Grison, 2016). En Indonésie, l'alerte n'est pas une gouvernance des *walikota* (des maires), mais des bureaux de gestion de risque locaux (BPBD). 3) Le panel de moyens d'alertes utilisables varie d'un pays à un autre, ce qui complexifie la comparaison, à moins de garder le même « panier de moyens » pour tous les territoires analysés, sans prendre en compte le contexte du pays (absence ou présence de certains moyens particuliers, par exemple les *kentogans* en Indonésie). Par ailleurs, l'adéquation moyen / territoire devra prendre en compte certains paramètres sociaux (moyens plébiscités par les individus), ce qui nécessite de mener des enquêtes dans les territoires échantillonnés par exemple.

C.2.2. Quantifier l'efficacité « réelle » des systèmes d'alerte nationaux

L'évaluation de l'efficacité « réelle » des systèmes d'alerte est une autre piste de recherche à creuser, comme évoquée par H. Bean (2019) pour qui établir clairement l'efficacité du CB aux États-Unis est complexe. Pour le formuler autrement, une fois que les LBAS seront en œuvre en France, comment estimer leur efficacité réelle ? Selon nous, des tests et des retours d'expériences devront être réalisés.

L'approche par des tests est intéressante, à condition d'aller au-delà de simples tests de robustesse, tel qu'on peut les observer aux États-Unis ou au Canada. Il faut impérativement impliquer les citoyens dans ces expérimentations, afin de comprendre comment ils réagissent

à cette nouvelle forme d'alerte (même simulée dans un exercice). Il faut analyser la façon dont les individus ont reçu, lu et compris le message, et s'ils ont appliqué les consignes. Il faut aussi recenser les individus qui n'ont pas été touchés, comprendre pourquoi ils n'ont pas été touchés et imaginer éventuellement des moyens spécifiques qui pourraient leur être dédiés. Enfin, il faut comprendre les motifs des individus qui n'ont pas appliqué les consignes et tenter de trouver des solutions pour y remédier. Afin d'analyser efficacement les systèmes d'alerte, nous insistons sur l'importance d'inclure des équipes de recherche scientifique lorsque les autorités organisent des exercices (et encore plus lorsque les citoyens sont impliqués).

L'approche par retours d'expérience permet de compléter l'approche précédente, en tirant les enseignements d'une situation réelle. Les points d'analyses doivent rester les mêmes que l'approche par test, notamment sur la façon dont les individus ont reçu, lu et compris le message d'alerte. L'attention doit également être portée du côté opérationnel, pour voir si les procédures ont bien été appliquées ou si elles doivent être ajustées. Cette approche peut être critiquable dans le sens où cela signifierait d'attendre les crises pour évaluer l'efficacité du nouveau système, mais les retours d'expériences restent des processus d'apprentissage indéniables (Wybo, 2009). Cette double approche permettra également de comparer les résultats des situations simulées (les exercices) avec les situations réelles observées.

C.2.3. Tester l'alerte citoyenne

La création d'un système d'alerte citoyen autonome (géré par et pour les citoyens) à une échelle fine serait aussi intéressante à étudier. B. Gisclard (2017) a mené des ateliers créatifs, pour observer la réappropriation du risque inondation par les habitants, et elle propose une approche intéressante pour co-construire un système d'alerte citoyen. Il faudrait également s'inspirer de l'expérience du réseau Sentinelles du bassin de la Brévenne et de la Turdine (Deni & Gisclard, 2017) et voir comment ce système d'alerte « individu-centré » perdure dans le temps. Les travaux de J.C. Gaillard (2008, 2010) sur l'approche individu-centré en Asie du Sud-Ouest, sont également intéressants pour définir le cadre de la participation citoyenne dans la gestion des risques (Cadag *et al.*, 2017 ; Gaillard *et al.*, 2008 ; Lavigne *et al.*, 2008). Plus concrètement, ces recherches questionnent les notions de cartographie participative, la façon d'initier un « *empowerment* » des communautés dans leur gestion des catastrophes, de même que l'encouragement à la participation des acteurs locaux en temps de crise, etc. Ce sont des pistes à questionner pour mettre en œuvre un système citoyen. Les travaux de M. Goodchild (2007) sur la notion de « citoyen-capteur » ainsi que tout le domaine des médias sociaux en gestion d'urgence pourraient aussi être investigués.

Ces quelques perspectives de recherche montrent à quel point l'alerte à la population est un objet de recherche d'actualité qui doit encore être étudié dans les années à venir. La mutation inégale des systèmes d'alerte à travers le monde prouve qu'il existe encore beaucoup d'efforts à faire tant du point de vue des opérationnels (améliorer les systèmes) que du point de vue des chercheurs (étudier les systèmes et leurs évolutions). La nature territoriale, sociale, technique, politique, environnementale, et systémique de l'alerte démontre l'importance des approches globales et pluridisciplinaires pour investiguer cet objet. Les géographes ont indéniablement un rôle à jouer dans les années à venir pour estimer et quantifier, à l'aide des méthodes d'analyse spatiale, les conséquences engendrées par les nouveaux systèmes d'alerte sur les territoires.

Bibliographie

5G Americas (2018). *Public Warning Systems in the Americas*, 39p.

A

Adell, E., Varhelyi, A., & Nilsson, L. (2014). The Definition of Acceptance and Acceptability. In M. Regan (ed.), *Driver Acceptance of New Technology Theory, Measurement and Optimisation*, pp. 11–22.

Adoue, F. (2015). Information en temps réel et optimisation du déplacement: L'usage des applications pour smartphone dans et autour des transports en commun franciliens. *Netcom 29*(1/2), pp. 37–54.

Affeltranger, B., & Meschinet de Richemond, N. (2003). Gestion de l'alerte et de l'information lors des crues : conditions et limites d'une démarche participative locale. L'exemple des Deux-Sèvres. *Flux 51*, 16p.

Agahari, W., Rinaldi, M., Wijayanti, A.P., & Setiadarma, E.G. (2018). *Can Mobile Phones Improve Disaster Preparedness? A survey-based analysis on the impact of AtmaGo (Jakarta),* 51p.

Ahriz Roula, I. (2010). Application des techniques d'apprentissage à la géolocalisation par *radio fingerprint*. Thèse de doctorat de l'Université Pierre & Marie Curie - Paris 6.

Akanmu, S.A., and Rabiu, S. (2012). SMS as a Rural Disaster notification system in Malaysia: A feasibility study. *International Conference on Communication and Media, Istanbul, Turkey*, 10p.

Alexander, D.E. (2014). Social Media in Disaster Risk Reduction and Crisis Management. *Science and Engineering Ethics 20*, pp. 717–733.

Alexandre, B., Reynaud, E., Osiurak, F., and Navarro, J. (2018). Acceptance and acceptability criteria: a literature review. *Cogn Tech Work 20*, pp. 165–177.

Algan, Y., Malgouyres, C., and Senik, C. (2019). Territoires, bien-être et politiques publiques. *Notes du conseil d'analyse économique 55*, 1p.

Allard, L. (2015). L'engagement du chercheur à l'heure de la fabrication numérique personnelle, A researcher's commitment in the age of individual digital creation. *Hermès, La Revue 73*(3*)*, pp. 159–167.

Allen, R.M., Brown, H., Hellweg, M., Khainovski, O., Lombard, P., and Neuhauser, D. (2009). Real-time earthquake detection and hazard assessment by ElarmS across California. *Geophysical Research Letters 36*.

Aloudat, A. (2010). *Location-Based Mobile Phone Service Utilisation for Emergency Management in Australia*. Thèse de doctorat, University of Wollongong, Wollongong, Australia

Aloudat, A., & Alzoubi, Y. (2010). Rankings of importance of location-based services utilisation for emergency management. In *Proceedings of the 2010 IEEE International Symposium on Technology and Society (ISTAS)*, pp. 406–410.

Aloudat, A., & Michael, K. (2011). The application of location based services in national emergency warning systems: SMS, cell broadcast services and beyond. In *Proceedings of the 2010 National Security and Innovation Conference, (Canberra: Australian Security Research Center),* pp. 21–49.

Aloudat, A., Michael, K., & Yan, J. (2007). Location-Based Services in Emergency Management from Government to Citizens: Global Case Studies 2007. Faculty of Informatics, University of Wollongong, https://ro.uow.edu.au/infopapers/562/.

Aloudat, A., Michael, K., Chen, X., & Al-Debei, M.M. (2014). Social acceptance of location-based mobile government services for emergency management. *Telematics and Informatics 31,* pp. 153–171.

Alphonsa, A., & Ravi, G. (2016). Earthquake early warning system by IOT using Wireless sensor networks. In *2016 International Conference on Wireless Communications, Signal Processing and Networking (WiSPNET)*, Chennai, India: IEEE, pp. 1201–1205.

Amraoui, N. (2009). *Étude comparative de l'organisation des pouvoirs publics en temps de crise dans quelques pays occidentaux.* INHESJ, Cahiers de la Sécurité, pp. 202-2014.

Anzanpour, A., Rahmani, A.-M., Liljeberg, P., & Tenhunen, H. (2015). Internet of Things Enabled In-Home Health Monitoring System Using Early Warning Score. In *Proceedings of the 5th EAI International Conference on Wireless Mobile Communication and Healthcare - "Transforming Healthcare through Innovations in Mobile and Wireless Technologies,"* London, Great Britain: ICST.

Apparicio, P., Martori, J.C., Pearson, A.L., Fournier, É., & Apparicio, D. (2014). An Open-Source Software for Calculating Indices of Urban Residential Segregation. *Social Science Computer Review 32*, pp. 117–128.

Ardelet, C., Veg-Sala, N., Goudey, A., & Haikel-Elsabeh, M. (2017). Entre crainte et désir pour les objets connectés : comprendre l'ambivalence des consommateurs. *Décisions Marketing 86*, pp. 31–46.

Arts, K., van der Wal, R., & Adams, W.M. (2015). Digital technology and the conservation of nature. *Ambio 44*(54), pp. 661–673.

Assemat, B., Antonanzas, S., Butel, A., Candas, S., Casale-Brunet, D., Descoms, C., Gontier, J.-M., Gonzales, P., Hassaine, M., Langlois, E., et al. (2015). *La gestion de crise en Europe. Cers une coexistence des organisations actuelles basées sur la culture des Etats membres ou vers une convergence structurelle dans un système européen*? 147p.

Atarodi, S., Berardi, A.M., & Toniolo, A.-M. (2018). The technology acceptance model since 1986: 30 years of development. *Psychologie du travail et des organisations, Elsevier Masson,* 31p.

Attenborough, K., & Renterghem, T.V. (2021). *Predicting Outdoor Sound*. CRC Press, 690p.

Auclair, S., & Bertil, D. (2009). *Systèmes d'alerte sismique : principes et faisabilités aux Antilles françaises*, Rapport final, BRGM/RP-5663-FR, 92p.

Audric, S., Bellefon, M.-P., & Durieux, E. (2018). Analyse spatiale descriptive. In *Manuel d'analyse Spatiale*, Montrouge, pp. 3–31.

Axelsson, K., & Novak, C. (2007). *Support for Cell Broadcast as Global Emergency Alert System*, Linköpings universitet: Department of Science and Technology.

Azid, S., Sharma, B., Raghuwaiya, K., Chand, A., Prasad, S., & Jacquier, A. (2015). SMS based flood monitoring and early warning system. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences 10*, pp. 6387–6391.

B

Badoux, A., Graf, C., Rhyner, J., Kuntner, R., and McArdell, B.W. (2009). A debris-flow alarm system for the Alpine Illgraben catchment: design and performance. *Natural Hazards 49*, pp. 517–539.

Baelden, D., & Van Audenhove, L. (2015). Participative ICT4D and living lab research: The case study of a mobile social media application in a rural Tanzanian University setting. *Telematics and Informatics 32*(4), pp. 842–852.

Baert, A. (2005). Les risques industriels : dispositifs pour éviter les catastrophes et réduire les conséquences des accidents. *Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement 66*, pp. 488–493.

Bagozzi, R.P. (2007). The Legacy of the Technology Acceptance Model and a Proposal for a Paradigm Shift. *Journal of the Association for Information Systems 8*(4), 244–254.

Balziarini, R., Davoine, P.-A., & Ney, M. (2011). Evolution et développement des méthodes d'analyse spatiale multicritère pour des modèles d'aptitude : l'exemple des applications en Géosciences. In *Conférence Francophone ESRI*, Versailles, France 25p.

Bandyopadhyay, S., Munmun Sengupta, Souvik Maiti, & Subhajit Dutta (2011). Role of Middleware For Internet of Things: A Study. *International Journal of Computer Science & Engineering Survey 58*(1), pp. 94–105.

Barba, C.T., Mateos, M.A., Soto, P.R., Mezher, A.M., & Igartua, M.A. (2012). Smart city for VANETs using warning messages, traffic statistics and intelligent traffic lights. In *2012 IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, Alcal de Henares, Madrid, Spain: IEEE, pp. 902–907.

Barcenilla, J., & Bastien, J.-M.-C. (2009). L'acceptabilité des nouvelles technologies : quelles relations avec l'ergonomie, l'utilisabilité et l'expérience utilisateur ? *Le travail humain 72*(4), pp. 311-331.

Barthelemy, B., & Courrèges, P. (2011). *Gestion des risques: Méthode d'optimisation globale*, Editions Eyrolles, 482p.

Basher, R. (2006). Global early warning systems for natural hazards: systematic and people-centred. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences 364*(1845), pp. 2167–2182.

Baytiyeh, H. (2018). The uses of mobile technologies in the aftermath of terrorist attacks among low socioeconomic populations. *International Journal of Disaster Risk Reduction 28*, pp. 739–747.

Bean, H. (2019). *Mobile technology and the transformation of public alert and warning*, Santa Barbara, California: Praeger Security International, 207p.

Bean, H., Sutton, J., Liu, B.F., Madden, S., Wood, M.M., & Mileti, D.S. (2015). The Study of Mobile Public Warning Messages: A Research Review and Agenda. *Review of Communication 15*(1), pp. 60–80.

Bean, H., Liu, B.F., Madden, S., Sutton, J., Wood, M.M., & Mileti, D.S. (2016). Disaster Warnings in Your Pocket: How Audiences Interpret Mobile Alerts for an Unfamiliar Hazard. *Journal of Contingencies & Crisis Managment 24*(3), pp. 136–147.

Becerra, S., & Peltier, A. (2010). L'information préventive pour réduire la vulnérabilité aux risques d'inondation. Elaboration et efficacité d'une réponse sociale. In *Le Changement Climatique*, Lavoisier, pp. 35–53.

Becerra, S., Peltier, A., Antoine, J.M., Labat, D., Chorda, J., Ribolzi, O., Daupras, F., & Dartus, D. (2013). Comprendre les comportements face à un risque modéré d'inondation. Etude de cas dans le périurbain toulousain (Sud-Ouest de la France). *Hydrological Sciences Journal 58*(5), pp. 945–965.

Bégin, D., Devillers, R., & Roche, S. (2013). Assessing volunteered geographic information (VGI) quality based on contributors' mapping behavior. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XL-2/W1*, pp. 149–154.

Belin, P., & Moulin, C. (2016). La complexité des dispositifs de vigilance pour les inondations rapides. Constats et évolutions possibles. *La Houille Blanche 3, pp.* 5–10.

Bellurot, N., Chapelon, J., Meignien, X., & de Joannis de Verclos, C. (2013). *Evaluation des dispositions visant à l'information préventive des citoyens vis-à-vis des risques naturels auxquels ils peuvent être exposés*. Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie ; Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 131p.

Benghozi, P.-J., Bureau, S., & Massit-Folea, F. (2008). *L'Internet des objets. Quels enjeux pour les Européens* ? 66p. hal-00405070f.

BEREC (2020). *BEREC guidelines on how to assess the effectiveness of public warning systems transmitted by different means*. Body of European Regulators for Electronic Communications. BoR(20)115, 53p.

Bergier, B. (2016). *Sans "mobile" apparent. Un quotidien "sans portable", "sans smartphone"*. Chronique Sociale, Lyon, 176p.

Bhattacharya, D., Ghosh, J.K., & Samadhiya, N.K. (2012). Review of Geohazard Warning Systems toward Development of a Popular Usage Geohazard Warning Communication System. *Nat. Hazards Rev. 13*(4), pp. 260–271.

Blesius, J.-C. (2013). Discours sur la culture du risque, entre approches négative et positive. Vers une éducation aux risques ? Étude comparée du Québec et de la France. *Géographie et cultures 88*, pp. 249–265.

Blöschl, G. (2008). Flood warning - on the value of local information. International Journal of *River Basin Management 6*(1), pp. 41–50.

Bobillier-Chaumon, M., & Dubois, M. (2009). L'adoption des technologies en situation professionnelle : quelles articulations possibles entre acceptabilité et acceptation ? *Le travail humain 72*(4), pp. 355-382

Boissier, L. (2013). *La mortalité liée aux crues torrentielles dans le sud de la France : une approche de la vulnérabilité humaine face à l'inondation*. Thèse de doctorat, Paul Valéry, Montpellier 3.

Bonaretti, D., & Fischer-Preßler, D. (2021). The problem with SMS campus warning systems: An evaluation based on recipients' spatial awareness. *International Journal of Disaster Risk Reduction 54*.

Bonnetain, X., Canteaut, A., Cortier, V., Gaudry, P., Hischi, L., Kremer, S., Lacour, S., Lequesne, M., Laurent, G., Perrin, L., et al. (2020). *Le traçage anonyme, dangereux oxymore*. 13p.

Bopp, E. (2016). *Elaboration d'une stratégie locale de gestion du risque d'inondation. La SLGRI des TRI de Caen et de Dives-Ouistreham dans le Calvados (14).* Mémoire de recherche, Université de Paul Valéry, Montpellier.

Bopp, E., & Douvinet, J. (2019). Cell Broadcast *vs* Sirens: Which solution is the Most Spatially Efficient? Early findings in the southern part of France. In International Conference of the International Society of the Integrated Disaster Risk Management (session poster), Nice, France.

Bopp, E., & Douvinet, J. (2020). Spatial Performance of Location-Based Alerts in France. *International Journal of Disaster Risk Reduction 50*(101909).

Bopp, E., Douvinet, J., & Serre, D. (2019). Faire un tri dans le monde des applis. Expérimentation sur 50 applications smartphones proposant d'alerter la population face aux risques majeurs en France. *Netcom 32*(3-4), pp. 385-406.

Bopp, E., Gisclard, B., Johnny, D., Weiss, K., & Martin, G. (2021). How to improve alert systems: the technical, human, environmental and structural aspects. *Australian Journal of Emergency Management 36*(1), pp. 67–75.

Borchi, F., Carfagni, M., Martelli, L., Turchi, A., & Argenti, F. (2016). Design and experimental tests of active control barriers for low-frequency stationary noise reduction in urban outdoor environment. *Applied Acoustics 114*, pp. 125–135.

Bossu, R., Roussel, F., Fallou, L., Landès, M., Steed, R., Mazet-Roux, G., Dupont, A., Frobert, L., & Petersen, L. (2018). LastQuake: From rapid information to global seismic risk reduction. *International Journal of Disaster Risk Reduction 28*, pp. 32–42.

Botterell, A. (2006). The Common Alerting Protocol: An Open Standard for Alerting, Warning and Notification. In *Proceedings of the 3rd International ISCRAM Conference*, Newark, USA, pp. 497–503.

Boudou, M., Denis, C., Michel, L., & Freddy, V. (2015). Grille de lecture pour la caractérisation d'évènements remarquables d'inondations en France : Exemple d'application pour la crue de mars 1930 dans le bassin de la Garonne et du Tarn. In *Environnement,*

Politiques Publiques et Pratiques Locales, M. Beringuier P., Blot, F., Desailly, B., Saqalli, ed. L'Harmattan, 22p.

Boulier, J., Simon, L. (2010). Les forêts au secours de la planète : quel potentiel de stockage du carbone ? *L'Espage géographique 39*(4), pp. 309-324.

Bouron, J.-B. (2019). Bassin de vie. Géoconfluences. http://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/bassin-de-vie

Brachotte, G. (2011). ICT in Rural Areas: from the digital divide to the revitalization of an area. EPISTEME 137–157.

Brachotte, G. (2011b). ICT in Rural Areas: from the digital divide to the revitalization of an area. *Episteme 5,* pp. 137–157.

Bradburn, N.M., & Mason, W.M*.* (1964). *The Effect of Question Order on Responses. Journal of Marketing Research 1*(4), pp.57–61.

Braun, E. (1994). Can technological innovation lead us to utopia? *Futures 26*(8), pp. 852–861.

Bricker, J.D., Schwanghart, W., Adhikari, B.R., Moriguchi, S., Roeber, V., & Giri, S. (2017). Performance of Models for Flash Flood Warning and Hazard Assessment: The 2015 Kali Gandaki Landslide Dam Breach in Nepal. *Mountain Research and Development 37*(1), pp. 5–15.

Brisbane City Council (2011). *Queensland floods commission of inquiry*, 658p.

Britton, D. (2017). Putting people and their communities at the centre of early warning systems. *PreventionWeb*. https://www.preventionweb.net/experts/oped/view/54513

Brunet, R., Ferras, R., & Théry, H. (1992). *Les mots de la géographie: dictionnaire critique* Montpellier, Reclus.

Bruns, T., & Stalker, G. (1961). *The management of innovation*, Tavistock, London.

Brutel, C., & Levy, D. (2012). *Le nouveau zonage en bassins de vie de 2012*. INSEE Première 1425, 4p.

Buchenscheit, A., Schaub, F., Kargl, F., & Weber, M. (2009). A VANET-based emergency vehicle warning system. In *2009 IEEE Vehicular Networking Conference (VNC), Tokyo: IEEE*, pp. 1–8.

Budd, R.J. (1987). Response Bias and the Theory of Reasoned Action. *Social Cognition 5*(2), pp. 95–107.

Budhathoki, N., Nedovic-Budic, Z., & Bruce, B.C. (2010). An interdisciplinary frame for understanding volunteered geographic information. *Geomatica 64*(1), pp. 313–320.

Bui, L. (2018). Island Cities and Disaster Risk: A Study of San Juan's Hurricane Early Warning System. *Urban Island Studies*, 23p.

Burns, T., & Stalker, G.M. (1969). The Management of Innovation. *The Economic Journal 79(314)*, pp. 403-405.

C

Caclard, N. (2012). La médiation numérique : une urgence pédagogique et politique. *Cahiers de l'action 36*, 21p.

Cadag, J.R.D., Driedger, C., Garcia, C., Duncan, M., Gaillard, J.C., Lindsay, J., & Haynes, K. (2017). Fostering Participation of Local Actors in Volcanic Disaster Risk Reduction. In *Observing the Volcano World*, Advances in Volcanology, SpringerLink, pp. 481–497.

Cao, X., MacNaughton, P., Deng, Z., Yin, J., Zhang, X., & Allen, J. (2018). Using Twitter to Better Understand the Spatiotemporal Patterns of Public Sentiment: A Case Study in Massachusetts, USA. *International Journal of Environmental Research and Public Health 15*(2).

Cavalière, C., Davoine, P.-A., Lutoff, C., & Ruin, I. (2016). Analyser des tweets géolocalisés pour explorer les réponses sociales face aux phénomènes météorologiques extrêmes. *SAGEO*, Nice, France, 15p.

Chateauraynaud, F., & Torny, D. (1999). *Les Sombres précurseurs, une sociologie pragmatique de l'alerte et du risque.* Edition de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, Paris, 476p.

Chatzimilioudis, G., Konstantinidis, A., Laoudias, C., & Zeinalipour-Yazti, D. (2012). Crowdsourcing with Smartphones. *IEEE Internet Computing 16*, pp. 36–44.

Chauveau, E., Chadenas, C., Comentale, B., Pottier, P., Blanlœil, A., Feuillet, T., Mercier, D., Pourinet, L., Rollo, N., Tillier, I., et al. (2011). Xynthia : leçons d'une catastrophe. Cybergeo, document 538.

Chen, W.-L., Chen, L.-B., Chang, W.-J., & Tang, J.-J. (2018). An IoT-based elderly behavioral difference warning system. In 2018 IEEE International Conference on Applied System Invention (ICASI), *Chiba: IEEE*, pp. 308-309. https://journals.openedition.org/cybergeo/23763#quotation

Chilimo, W.L. (2008). Information and communication technologies and sustainable livelihoods: a case of selected rural areas of Tanzania. Thèse de doctorat, University of Kwazulu-Natal.

Chin, E., Felt, A.P., Sekar, V., & Wagner, D. (2012). Measuring user confidence in smartphone security and privacy. In *Proceedings of the Eighth Symposium on Usable Privacy and Security - SOUPS '12,* Washington, D.C.: ACM Press, 16p.

Chochilouros, I.P., Spiliopoulou, A., Agapiou, G., and Lazaridis, N. (2008). Cell Broadcasting Opportunities of Modern Mobile Communications and Its Usage in Emergency Warning Facilities. In *Handbook of Research in Mobile Business: Technicial, Methodological, and Social Perspectives*, IGI Global, pp. 375–398.

Choy, S., Handmer, J., Whittaker, J., Shinohara, Y., Hatori, T., & Kohtake, N. (2016). Application of satellite navigation system for emergency warning and alerting. *Computers, Environment and Urban Systems 58*, 12–18.

Cioca, M., Cioca, L.-I., & Buraga, S.-C. (2008). SMS disaster alert system programming. In 2008 *2nd IEEE International Conference on Digital Ecosystems and Technologies,* Phitsanulok: IEEE, pp. 260–264.

Coleman, D.J., Georgiadou, Y., and Labonte, J. (2009). Volunteered Geographic Information: the nature and motivation of produsers. *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research 4*, pp. 332–358.

Comfort, L.K. (2007). Crisis Management in Hindsight: Cognition, Communication, Coordination, and Control. *Public Administration Review 67*, pp. 189–197.

Comfort, L.K., Znati, T., Voortman, M., and Freitag, L.E. (2012). Early detection of near-field tsunamis using underwater sensor networks. *Journal of Tsunami Society International 31*(14), 13p.

Considine, J., Lucas, E., & Wunderlich, B. (2012). The uptake of an early warning system in an Australian emergency department: A pilot study. *Critical Care and Resuscitation 14*(2), pp. 35-41.

Cooke, M.C., Francis, P.N., Millington, S., Saunders, R., & Witham, C. (2014). Detection of the Grímsvötn 2011 volcanic eruption plumes using infrared satellite measurements. *Atmospheric Science Letters 15*(4), pp. 321–327.

Courteau, R. (2019). *La prévention et l'alerte du risque de tsunami sur les côtes françaises*. Rapport sénatorial n°399, http://www.senat.fr/rap/r18-399/r18-399_mono.html

Créton-Cazanave, L. (2010). *Penser l'alerte par les distances. Entre planification et émancipation, l'exemple du processus d'alerte aux crues rapides sur le bassin versant du Vidourle*. Thèse de doctorat, Université Joseph-Fourier - Grenoble I.

Créton-Cazanave, L., Lutoff, C., & Soubeyran, O. (2009). Alerte aux crues rapides : de l'utilité d'une nouvelle approche. In *Risques et Environnement : Recherches Interdisciplinaires sur la Vulnérabilité des Sociétés*, L'Hartman, coo. Sociologie et environnement.

Curien, N., & Muet, P.-A. (2004). *La société de l'information: rapport.* Paris: La Documentation Française, 312p.

Current, J., & O'Kelly, M. (1992). Locating Emergency Warning Sirens. *Decision Sciences 23*(1), pp. 221–234.

D

Dao, D.V., Jaafari, A., Bayat, M., Mafi-Gholami, D., Qi, C., Moayedi, H., Phong, T.V., Ly, H.-B., Le, T.-T., Trinh, P.T., et al. (2020). A spatially explicit deep learning neural network model for the prediction of landslide susceptibility. *CATENA 188*(104451), 13p.

Daupras, F. (2015). *Envisager la vigilance crue comme système organisationnel: les conditions de sa robustesse en territoires inondés dans le bassin Adour-Garonne (Sud-Ouest de la France)*. Thèse de doctorat, Université Toulouse le Mirail, Toulouse II.

Daupras, F., Antoine, J.M., Becerra, S., & Peltier, A. (2015). Analysis of the robustness of the French flood warning system: a study based on the 2009 flood of the Garonne River. *Natural Hazards 75*(1), pp. 215–241.

Dautun, C. (2007). *Contribution à l'étude des crises de grande ampleur: connaissance et aide à la décision pour la sécurité civile*. Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne.

Davis, F.D., & Venkatesh, V. (1996). A critical assessment of potential measurement biases in the technology acceptance model: three experiments. *International Journal of Human Computer Studies 45*(1), pp. 19–45.

Davis, F.D., Bagozzi, R.P., & Warshaw, P.R. (1989). User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models. *Management Science 35*(8), pp. 982–1003.

De Longueville, B., Smith, R.S., & Luraschi, G. (2009). "OMG, from here, I can see the flames!": a use case of mining location based social networks to acquire spatio-temporal data on forest fires. *Proceedings of the 2009 International Workshop on Location Based Social Networks*, ACM Press, p. 73.

De Saint-Aubin, C., Garandeau, L., Janet, B., & Javelle, P. (2016). A new French flash flood warning service. *E3S Web of Conferences 7*(18024).

Defossez, S. (2011). Réglementation vs conscience du risque dans le processus de gestion individuelle du risque inondation. *Géocarrefour 86*(3-4), pp. 281–290.

Délèze, J. (2013). *Le plan "Alerte enlèvement" suisse en comparaison internationale*. Université de Lausanne, Lausanne, Suisse.

Deloitte (2014). *Système d'alerte et d'information des populations (SAIP) - Note de capitalisation du projet (2009-2014)*.

Delprato, U. (2018). *GRALLE, a EU initiative for a GALILEO-based Emergency Warning System*. European Emergency Number Association, 22p.

Demeritt, D., Nobert, S., Cloke, H.L., & Pappenberger, F. (2013). The European Flood Alert System and the communication, perception, and use of ensemble predictions for operational flood risk management. *Hydrological Process. 27*(1), pp. 147–157.

Deni, M., & Gisclard, B. (2017). Le design dans la gestion de la communication du risque : apports sémiotiques. In *Formes de Vie et Modes d'existence "durables"*, A. Zinna, and I. Darrault-Harris, eds. Colloque Albi Médiations Sémiotiques / Observatoire, pp. 67–91.

Depraz, S. (2005). Le concept d'« Akzeptanz » et son utilité en géographie sociale: Exemple de l'acceptation locale des parcs nationaux allemands. *Espace géographique 34*(1), pp. 1-16.

Depra, S. (2016). *Acceptation sociale et développement des territoires*, ENS Éditions, coll. Sociétés, Espaces, Temps, 266p.

DGSCGC (2013). *Guide Orsec. Alerte et information des populations*. Ministère de l'Intérieur, 91p.

Di Méo, G. (2010). Le territoire selon Guy Di Méo. Géoconfluences. https://www.hypergeo.eu/spip.php?article485

Divard, R. (2009). La représentativité des échantillons issus d'access panels en ligne : une question majeure pour l'avenir des études de marché. Document de travail DR 2009-01, 31p.

Dixon, C.S., Haas, R., & Astrium, E. (2008). *GNSS User Requirements in Emergency Management.* 11p.

Douvinet, J. (2018). *Alerter la population face aux crues rapides en France : compréhension et évaluation d'un processus en mutation*. Habilitation à diriger des recherches, Université d'Avignon.

Douvinet, J. (2020). L'alerte par sirènes : une priorité discutable en France. *Annales de géographie 731*(1), 5p.

Douvinet, J., Defossez, S., Anselle, A., & Denolle, A.-S. (2011). Les maires face aux plans de prévention du risque inondation (Ppri). *L'Espace géographique 40*(1), 31p.

Douvinet, J., Pallares, R., Genre-Grandpierre, C., Gralepois, M., Rode, S., & Servain-Courant, S. (2013). 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* [en ligne]. http://journals.openedition.org/cybergeo/26112.

Douvinet, J., Gisclard, B., & Kouadio, J. (2015). *Séminaire SMARS, les Smartphones et les Réseaux Sociaux comme outils d'aide pour l'alerte face aux inondations*. Université d'Avignon et des Pays du Vaucluse.

Douvinet, J., Gisclard, B., Kouadio, J.S., Saint-Martin, C., & Martin, G. (2017). Une place pour les technologies smartphones et les Réseaux Sociaux Numériques (RSN) dans les dispositifs institutionnels de l'alerte aux inondations en France ? *Cybergeo* : *European Journal of Geography* [en ligne], https://journals.openedition.org/cybergeo/27875.

Douvinet, J., Gisclard, B., Martin, G., Vinet, F., Bopp, E., Grancher, D., Coulon, M., & Genre-Grandpierre, C. (2019). Les sirènes sont-elles pertinentes en France pour alerter la population en cas de crues rapides ? *La Houille Blanche 3-4*, pp. 84–92.

Douvinet, J., Bopp, E., Gisclard, B., Martin, G., Weiss, K., Préfet Condemine, J.-P., Vidal, R., & Faure, D. (2020). *Quel concept pour l'alerte à la population à l'horizon 2021 en France?* Rapport du projet *Cap'Alert*, Université d'Avignon, UMR ESPACE, CHROME, ATRISC.

Drabek, T.E. (1999). Understanding disaster warning responses. *The Social Science Journal 36*(3), pp. 515–523.

Drago, G. (1994). Le principe de subsidiarité comme principe de droit constitutionnel. *Revue internationale de droit comparé 46*, pp. 583–592.

Du, C., & Zhu, S. (2012). Research on Urban Public Safety Emergency Management Early Warning System based on Technologies for the Internet of Things. *Procedia Engineering 45*, pp. 748–754.

Duncan, O.D., & Duncan, B. (1955). A Methodological Analysis of Segregation Indexes. *American Sociological Review 20*(2), pp. 210-217.

Durage, S.W., Wirasinghe, S.C., & Ruwanpura, J. (2013). Comparison of the Canadian and US tornado detection and warning systems. *Natural Hazards 66*(1), pp. 117–137.

E

Egelman, S., Felt, A.P., & Wagner, D. (2013). Choice Architecture and Smartphone Privacy: There's a Price for That. In *The Economics of Information Security and Privacy*, R. Böhme, ed. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, pp. 211–236.

Ejemeyovwi, J.O., & Osabuohien, E.S. (2018). Investigating the relevance of mobile technology adoption on inclusive growth in West Africa. *Contemporary Social Science 15*(1), pp. 48–61.

Enia, J.S. (2008). Peace in its wake? The 2004 tsunamiland internal conflict in Indonesia and Sri Lanka. *Journal of Public & International Affairs 19*, pp. 7–21.

Etienne, J.-C., & Courteau, R. (2009). *Les dispositifs d'alerte aux tsunamis en France et dans le monde*. Rapport sénatorial n°546.

European Telecommunication Standard Institute (1996). *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Technical realization of Short Message Service Cell Broadcast (SMSCB.* Sophia Antipolis, France, 29p.

F

Fabito, B.S., Balahadia, F.F., & Cabatlao, J.D.N. (2016). AppLERT: A mobile application for incident and disaster notification for Metro Manila. In *2016 IEEE Region 10 Symposium (TENSYMP)*, Bali, Indonesia: IEEE, pp. 288–292.

Faggiani, A., Gregori, E., Lenzini, L., Luconi, V., & Vecchio, A. (2014). Smartphone-based crowdsourcing for network monitoring: Opportunities, challenges, and a case study. *IEEE Communications Magazine 52*, pp. 106–113.

Fajardo, J.T.B., & Oppus, C.M. (2009). A mobile disaster management system using the Android technology. *International Journal of Communications 3*(3), pp. 77–86.

Fang, S., Xu, L., Zhu, Y., Liu, Y., Liu, Z., Pei, H., Yan, J., & Zhang, H. (2015). An integrated information system for snowmelt flood early-warning based on internet of things. *Information Systems Frontiers 17*, pp. 321–335.

FEMA (2015). *Integrated Public Alert and Warning System*, Federal Emergency Management Agency, 32p.

Fenet, J., & Daudé, É. (2020). La population, grande oubliée des politiques de prévention et de gestion territoriales des risques industriels : le cas de l'agglomération rouennaise. *Cybergeo : European Journal of Geography* [en ligne], http://journals.openedition.org/cybergeo/34020.

Fernández-Bilbao, A.,Twigger-Ross, C., DEFRA/Environment Agency Flood and Coastal Defence R & D Programme (Great Britain), Great Britain, & Environment Agency (2009). *More targeted flood warnings: a review*. Bristol: Environment Agency.

Foukia, N., Billard, D., & Solana, E. (2016). PISCES: A framework for privacy by design in IoT. In 2016 *14th Annual Conference on Privacy, Security and Trust (PST).* Auckland, New Zealand: IEEE, pp. 706–713.

Fragkiadakis, A.G., Askoxylakis, I.G., Tragos, E.Z., & Verikoukis, C.V. (2011). Ubiquitous robust communications for emergency response using multi-operator heterogeneous networks. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking 2011*(13), 16p.

Fréalle, N. (2018). *Formation à la gestion de crise à l'échelle communale : méthode d'élaboration et de mise en oeuvre de scénarios de crise crédibles, pédagogiques et interactifs.* Thèse de doctorat, Ecole des Mines de Saint-Etienne.

Frerson, C., Galindo, J.-P., Linck, J., & Ramassamy, F. (2015). *Comment favoriser l'utilisation des médias sociaux dans le commandement d'une opération de secours?* ENSOSP, 94p.

Freund, N. (2018). Écrans et développement langagier de l'enfant : quels constats, quelles réponses ? In *Santé et épanouissement de l'enfant : dans quel environnement* ?, ERES, p. 201-207.

G

Gaillard, J.-C., Clave, E., Océane, A., Ae, V., Ae, A., dedi, D., Denain, J.-C., Yusuf, A., Ae, E., Grancher, D., et al. (2008). Ethnic groups' response to the 26 December 2004 earthquake and tsunami in Aceh, Indonesia. *Natural Hazards 47*, pp. 17–38.

Gaillard, J.-C., Wisner, B., Benouar, D., Cannon, T., Créton-Cazanave, L., Dekens, J., Fordham, M., Gilbert, C., Hewitt, K., Kelman, I., et al. (2010). Alternatives pour une réduction durable des risques de catastrophe. *Human geography 3*(1), pp.66-88.

Gaillard, J.C., Monteil, C., Perrillat-Collomb, A., Chaudhary, S., Chaudhary, M., Chaudhary, O., Giazzi, F., & Cadag, J.R.D. (2013). Participatory 3-dimension mapping: A tool for encouraging multi-caste collaboration to climate change adaptation and disaster risk reduction. *Applied Geography 45*, pp. 158–166.

García, C. (2012). Concevoir et mettre en place un Système d'Alerte Précoce Intégré plus efficace dans les zones de montagnes : une étude de cas en Italie du Nord. *Revue de géographie alpine 100*(1).

García-Peñalvo, F.J. (2018). The WYRED project: A Technological Platform for a generative research and dialogue about youth perspectives and interests in digital society. *Journal of information Technology Research 9*(4), 6p.

Garçon, R., Houdant, B., Garavaglia, F., Mathevet, T., Paquet, E., & Gailhard, J. (2009). Expertise humaine des prévisions hydrométéorologiques et communication de leurs incertitudes dans un contexte décisionnel. *La Houille Blanche 5*, 71–80.

Gill, J.C., & Malamud, B.D. (2014). Reviewing and visualizing the interactions of natural hazards: Interactions of Natural Hazards. *Reviews of Geophysics 52*(4), pp. 680–722.

Girard, C. (2014). *Diagnostic des dysfonctionnements des plans de secours pour la gestion des risques majeurs*. Thèse de doctorat, Ecole des Mines Saint-Etienne.

Gisclard, B. (2017). L'innovation sociale territorialisée : un levier de réappropriation du risque inondation par les habitants. L'exemple des crues rapides dans les territoires ruraux du Gard et du Vaucluse (France). Université d'Avignon et des Pays du Vaucluse.

Goniewicz, K., & Burkle, F.M. (2019). Disaster Early Warning Systems: The Potential Role and Limitations of Emerging Text and Data Messaging Mitigation Capabilities. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness 13*, pp. 709–712.

Gonzales, D., Miyashiro, L., Osburg, J., Shelton, S., & Woods, D. (2016). *Geo-Targeting Performance of Wireless Emergency Alerts in Imminent Threats Scenarios. Volume 1: Tornado Warnings*, Homeland Security, 124p.

Goodchild, M.F. (2007). Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *GeoJournal 69*, pp. 211–221.

Goto, H., & Murray, A.T. (2020). Acoustical properties in emergency warning siren coverage planning. Computers, *Environment and Urban Systems 81*(101477).

Gourine, R.T.T.M. (2013). *Enjeux et performance socio-économique d'actions proactives et innovantes de gestion des risques qui s'appuient sur la tradition de solidarité*. Thèse de doctorat, Conservatoire national des arts et métiers - CNAM.

Govil, K., Welch, M.L., Ball, J.T., & Pennypacker, C.R. (2020). Preliminary Results from a Wildfire Detection System Using Deep Learning on Remote Camera Images. *Remote Sensing 12*(1), 166.

Granjon, F. (2010). Le « non-usage » de l'internet : reconnaissance, mépris et idéologie. *Questions de communication 18*, [en ligne], https://journals.openedition.org/questionsdecommunication/410#quotation, pp. 37–62.

Grant, S., & Smith, K. (2019). *Emergency Alerting in England. Warning simulation exercise,* University of Hull.

Grison, J.-B. (2016). Les découpages municipaux en Europe : la France est-elle vraiment une exception ? *Echogeo 35*, 23p.

GSMA (2013). *Mobile Network Public Warning Systems and the Rise of Cell Broadcast*, 13p.

GSMA (2015). Disaster Response, DEWN - Dialog's Disaster and Emergency Warning Network, 18p.

Gu, G., & Peng, G. (2010). The survey of GSM wireless communication system. In *2010 International Conference on Computer and Information Application*, Tianjin, China: IEEE, pp. 121–124.

Guerin-Pace, F. (1992). *Deux siècles de croissance urbaine. La population des villes françaises de 1831 à 1990*, Thèse de doctorat, Paris 7.

Günay, O., Taşdemir, K., Uğur Töreyin, B., & Enis Çetin, A. (2009). Video based wildfire detection at night. *Fire Safety Journal 44*(6), pp. 860–868.

H

Haas, G., Crenn, J.-P., and Quemener, M. (2017). *L'internet des objets : la 3ème révolution*, Roubaix : Edition Kawa, 140p.

Haidar, R. (2006). *Le Préfet de département et la sécurité civile en France*. Thèse de doctorat, Université de Grenoble.

Hajdarevic, K., & Konjicija, S. (2015). A low energy computer infrastructure for radio VOIP supported communication and SDR APRS in education and disaster relief situations. In *2015 38th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*, Opatija, Croatia: IEEE, pp. 556–561.

Han, K., Shih, P.C., Rosson, M.B., & Carroll, J.M. (2014). Enhancing community awareness of and participation in local heritage with a mobile application. In *Proceedings of the 17th ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work & Social Computing - CSCW '14*, Baltimore, Maryland, USA: ACM Press, pp. 1144–1155.

Harlé, B., & Desmurget, M. (2012). Effets de l'exposition chronique aux écrans sur le développement cognitif de l'enfant. *Archives de Pédiatrie 19*(7), pp. 772–776.

Harrison, D.A., & McLaughlin, M.E. (1991). Exploring the cognitive processes underlying responses to self-report instruments: effects of item context on work attitude measures. *Proceedings of Academy of Management Annual Meeting 1991*, pp. 310–314.

Hébert, M. (2008). Les automates d'appel en masse : quel système pour ma collectivité ? *Risques Infos 3*, pp. 32-34

Higgins, L.S., & Smith, J.D. (1985). The Role of Amateur Radio in National and International Disasters. *Prehospital and Disaster Medicine S1*(1), pp. 339–341.

Hirel, G. (2002). *Rapport sur le réseau national d'alerte de l'inspection générale de l'administration, de l'inspection générale des finances, le conseil général des technologies de l'information, le contrôle général des armées et l'inspection général de l'environnement*. Rapport sénatorial n°340.

Hoedjes, J.C.B., Kooiman, A., Maathuis, B.H.P., Said, M.Y., Becht, R., Limo, A., Mumo, M., Nduhiu-Mathenge, J., Shaka, A., & Su, B. (2014). A Conceptual Flash Flood Early Warning System for Africa, Based on Terrestrial Microwave Links and Flash Flood Guidance. *ISPRS International Journal of Geo-Information 3*, pp. 584–598.

Honsaker, J.L., Campbell, I.A., & Bryan, R.B. (1984). Remote semiautomatic instrumentation for intermittent streamflow measurement and suspended sediment sampling. *Canadian Journal of Civil Engineering 11*, pp. 993–996.

Horita, F., Degrossi, L., Assis, L.F., Zipf, A., & De Albuquerque, J. (2013). The use of Volunteered Geographic Information and Crowdsourcing in Disaster Management: a Systematic Literature Review. In *19th Americas Conference on Information Systems, AMCIS 2013 - Hyperconnected World: Anything, Anywhere, Anytime,* 10p.

Houston, J.B., Hawthorne, J., Perreault, M.F., Park, E.H., Goldstein Hode, M., Halliwell, M.R., Turner McGowen, S.E., Davis, R., Vaid, S., McElderry, J.A., et al. (2015). Social

media and disasters: a functional framework for social media use in disaster planning, response, and research. *Disasters 39*, pp. 1–22.

Husson, F., Josse, J., & Pages, J. (2010). *Principal component methods - hierarchical clustering - partitional clustering: why would we need to choose for visualizing data?* Technical Report, Applied Mathematics Department, 17p.

Hyoungseong, P., Si-bum, C., Dongseag, K., & Sungjin-hong (2015). Development of a smartphone application for disaster response. In *OCEANS 2015* - MTS/IEEE Washington, pp. 1–4.

I-J

IBZ (2017). *Principe de fonctionnement de Be-Alert,* Service Public Fédéral Intérieur, 42p.

INTERSEC (2019). Using mobile technologies in public alerting. https://www.intersec.com/fr/mobile-technologies-in-public-alerting

Jagtman, H.M. (2010). Cell broadcast trials in The Netherlands: Using mobile phone technology for citizens' alarming. *Reliability Engineering & System Safety 95*(1), 18–28.

Jauréguiberry, F. (2012). Retour sur les théories du non-usage des technologies de communication. In *Connexions : communication numérique et lien social*, ed. Prouls et A. Klein, Presse Universitaire de Namur, pp. 335–350.

Jayasinghe, G., Fahmy, F., Gajaweera, N., & Dias, D. (2006). A GSM Alarm Device for Disaster Early Warning. In *First International Conference on Industrial and Information Systems*, Sri Lanka: IEEE, pp. 383–387.

Jin, D.Y., & Yoon, K. (2016). Reimagining smartphones in a local mediascape: A cultural analysis of young KakaoTalk users in Korea. Convergence: *The International Journal of Research into New Media Technologies 22*(5), pp. 510–523.

K

Kamal, A., Summa, D., Adhityawarma, J., Dimailing, L., Bisri, M., Faisal, S., & Malole, Y. (2019). *ASEAN Risk Monitor and Disaster Management Review*, AHA Center, 214p.

Kellner, C., Massou, L., and Morelli, P. (2010). (Re)penser le non-usage des tic. *Questions de communication 18*(2010), pp. 7–20.

Kim, G., Martel, A., Eisenman, D., Prelip, M., Arevian, A., Johnson, K.L., & Glik, D. (2019). Wireless Emergency Alert messages: Influences on protective action behaviour. J *Contingencies and Crisis Management 27*(4), pp. 374–386.

King, W.R., & He, J. (2006). A meta-analysis of the technology acceptance model. *Information & Management 43*, pp. 740–755.

Konckier, J. (2016). Une application pour l'entraide citoyenne. *Lettre d'Information sur les Risques et les Crises 51, pp.* 41–42.

Kouabénan, D.R. (2007). Des croyances aux comportements de protection. In *Psychologie du risque*, pp. 155–171.

Kouadio, J. (2016). *Les technologies smartphone comme outils d'aide à l'alerte face aux crues rapides en France : Expérimentation dans le Vaucluse et le Var.* Thèse de doctorat, Université d'Avignon et des Pays du Vaucluse.

Kuantama, E., Setyawan, L., & Darma, J. (2012). Early flood alerts using Short Message Service (SMS). In *2012 International Conference on System Engineering and Technology (ICSET)*, Bandung, West Java, Indonesia: IEEE, pp. 1–5.

Küpper, A. (2005). *Location-based services: fundamentals and operation*, Ed. Wiley, Chichester, England ; Hoboken, NJ: John Wiley, 386p.

Küpper, A., Bareth, U., Freese, B., & Berlin, T. (2011). Geofencing and Background Tracking – The Next Features in LBSs. *Proceedings of the 41th Annual Conference of the Gesellschaft für Informatik,* 14p.

Kushlev, K., Proulx, J., & Dunn, E.W. (2016). "Silence Your Phones": Smartphone Notifications Increase Inattention and Hyperactivity Symptoms. *Proceedings of Conference CHI'2016*, San Jose, USA, pp. 1011–1020.

Kwasinski, A. (2010). Analysis of vulnerabilities of telecommunication systems to natural disasters. In *2010 IEEE International Systems Conference*, San Diego, USA, pp. 359–364.

Kwasinski, A., & Krein, P.T. (2007). Telecom power planning for natural and man-made disasters. In *INTELEC 07 - 29th International Telecommunications Energy Conference*, Rome, Italy, pp. 216–222.

Kwon, M., Lee, J.-Y., Won, W.-Y., Park, J.-W., Min, J.-A., Hahn, C., Gu, X., Choi, J.-H., & Kim, D.-J. (2013). Development and Validation of a Smartphone Addiction Scale (SAS). *PLoS ONE 8*(2), https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0056936.

L

Lagadec, P. (2011). Le citoyen dans les crises. Nouvelles donnes, nouvelles pistes. *Préventique Sécurité 115*, pp.25–31.

Lai, C.-H., Chib, A., & Ling, R. (2018). Digital disparities and vulnerability: mobile phone use, information behaviour, and disaster preparedness in Southeast Asia. *Disasters 42*, pp. 734–760.

Langheinrich, M. (2001). Privacy by Design — Principles of Privacy-Aware Ubiquitous Systems. In *Ubicomp 2001: Ubiquitous Computing*, G.D. Abowd, B. Brumitt, and S. Shafer, eds. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, pp. 273–291.

Laverdet, C., Weiss, K., Bony-Dandrieux, A., Tixier, J., & Caparos, S. (2018). Digital Training for Authorities: What is the Best Way to CommunicateDuring a Crisis? In *Decision-Making in Crisis Situations*, S. Sauvagnargues, ed. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., pp. 149–173.

Lavigne, F., De Coster, B., Juvin, N., Flohic, F., Gaillard, J.-C., Texier, P., Morin, J., & Sartohadi, J. (2008). People's behaviour in the face of volcanic hazards: Perspectives from Javanese communities, Indonesia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research 172*(3-4), pp. 273–287.

Lavigne, F., Texier, P., & Fort, M. (2010). Réduction des risques d'inondation à Jakarta : de la nécessaire intégration d'une approche sociale et communautaire dans la réduction des risques de catastrophe (Reducing flood risk in Jakarta : integrating social and community approaches in the reduction of disaster risk). *Bulletin de l'Association de géographes français 87*(4), pp. 551–570.

Le Du, M. (2009). Le potentiel : enjeux et logique d'un concept. *Le Telemaque n° 36*, pp. 85–100.

Leblanc, A. (2017). Le bébé, la télé, la tablette et le smartphone. *Enfances & Psy 74*, 6p.

Lefever, D.W. (1926). Measuring Geographic Concentration by Means of the Standard Deviational Ellipse. *American Journal of Sociology 32*(1), pp. 89–94.

Leforestier, G., & Niel, X. (2018). *L'investissement des communes et son financement*. Bulletin d'information Statistique de La DGCL n°127.

Leo, Y., Sarraute, C., Busson, A., & Fleury, E. (2015). Taking Benefit from the User Density in Large Cities for Delivering SMS. In *Proceedings of the 12th ACM Symposium on Performance Evaluation of Wireless Ad Hoc, Sensor, & Ubiquitous Networks - PE-WASUN '15*, Cancun, Mexico: ACM Press, pp. 55–61.

Leone, F., Meschinet de Richemond, N., & Vinet, F. (2010). *Aléas naturels et gestion des risques*, Paris: PUF, Presses universitaires de France, 288p.

Lesnoff, M. (2013). Méthodes d'enquête pour l'estimation des taux démographiques des cheptels de ruminants domestiques tropicaux. Synthèse, limites et perspectives. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux 66* (2), 57p.

Lindsay, B.R. (2011). *Social Media and Disasters: current uses, future options, and policy considerations,* Congressional Research Service, 13p.

Liu, B.F., Wood, M.M., Egnoto, M., Bean, H., Sutton, J., Mileti, D., & Madden, S. (2017). Is a picture worth a thousand words? The effects of maps and warning messages on how publics respond to disaster information. *Public Relations Review 43*(3), pp. 493–506.

Loo, B.P.Y., & Ngan, Y.L. (2012). Developing mobile telecommunications to narrow digital divide in developing countries? Some lessons from China. *Telecommunications Policy 36*(10), pp. 888–900.

Loreti, P., Bracciale, L., & Caponi, A. (2018). Push Attack: Binding Virtual and Real Identities Using Mobile Push Notifications. *Future Internet 10*(2), 13p.

M

Mahmud, I., Akter, J., and Rawshon, S. (2012). SMS based disaster alert system in developing countries: a usability analysis. *International Journal of Multidisciplinary Management Studies 2*, 15p.

Marçot, N., Draperi, N., Soye, M.-A., Spinousa, N., Bacou, M., & Dautrey, E. (2011). *Les risques naturels en Provence-Alpes-Côte d'Azur*. Coedition BRGM, Region et DREAL Provence-Alpes-Côte d'Azur.

Markwart, H., Vitera, J., Lemanski, S., Kietzmann, D., Brasch, M., & Schmidt, S. (2019). Warning messages to modify safety behavior during crisis situations: A virtual reality study. *International Journal of Disaster Risk Reduction 38*(101235).

Marosi, A.C., Lovas, R., Kisari, A., & Simonyi, E. (2018). A novel IoT platform for the era of connected cars. In *2018 IEEE International Conference on Future IoT Technologies*, Eger: IEEE, pp. 1–11.

Martin, G. (2020). Gestion de crise : choisir le bon système d'alerte. *La Gazette Des Communes*. Club Techni.Cités. https://www.lagazettedescommunes.com/695350/gestion-de-crise-choisir-le-bon-systeme-dalerte/.

Martin, G., & Blay, L. (2014). Le citoyen au coeur de sa sauvegarde grâce à l'utilisation des médias sociaux en gestion de l'urgence. *Risques Infos 34,* 22–24.

Martin, N., Jamet, E., Erhel, S., & Rouxel, G. (2016). From Acceptability to Acceptance: Does Experience with the Product Influence User Initial Representations? In *HCI International,* Toronto, Canada, pp. 1–7.

Marzocchi, W., Garcia-Aristizabal, A., Gasparini, P., Mastellone, M.L., & Di Ruocco, A. (2012). Basic principles of multi-risk assessment: a case study in Italy. *Natural Hazards 62*(2), pp. 551–573.

Massey, D.S., & Denton, N.A. (1988). The Dimensions of Residential Segregation. *Social Forces 67*(2), pp. 281-315

Mathews, A.J., Haffner, M., & Ellis, E.A. (2017). GIS-based modeling of tornado siren sound propagation: Refining spatial extent and coverage estimations. *International Journal of Disaster Risk Reduction 23*, pp. 36–44.

Mathur, A.R., Ventura, J., Montefusco, C., Toran, F., Plag, H.P., Ruiz, L., Stojkovic, I., & Levy, J.C. (2005). Provision of emergency communication messages through SBAS: The ESA ALIVE concept. 7p.

Mawson, A.R. (2005). Understanding Mass Panic and Other Collective Responses to Threat and Disaster. *Psychiatry: Interpersonal and Biological Processes 68*(2), pp. 95–113.

Maystre, L.Y., Pictet, J., & Simos, J. (1994). Méthodes multicritères ELECTRE: description, conseils pratiques et cas d'application à la gestion environnementale (Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes).

McCaffrey, S., Wilson, R., & Konar, A. (2018). Should I Stay or Should I Go Now? Or Should I Wait and See? Influences on Wildfire Evacuation Decisions. *Risk Analysis 38*(7), pp. 1390–1404.

Meiyan, B.J., Lianchun, S., Tong, J., Di, Z., & Jianqing, Z. (2015). China's Implementation of Impact and Risk-based Early Warning. *World Meteorological Organization 64*(2).

Mellas, S. (2012). *Evaluation du risque tsunamique sur le littoral atlantique marocain*. Thèse de doctorat, Université Paul Valéry, Montpellier III.

Miazi, M.N.S., Erasmus, Z., Razzaque, Md.A., Zennaro, M., & Bagula, A. (2016). Enabling the Internet of Things in developing countries: Opportunities and challenges. In *2016 5th International Conference on Informatics, Electronics and Vision (ICIEV)*, Dhaka, Bangladesh: IEEE, pp. 564–569.

Ministère de l'Intérieur (2020). *Schéma National du Maintien de l'Ordre*, 29p.

Moatty, A., Grancher, D., Virmoux, C., & Cavero, J. (2019). Bilan humain de l'ouragan Irma à Saint-Martin : la rumeur post-catastrophe comme révélateur des disparités socio-territoriales. *Géocarrefour 93*(1). https://journals.openedition.org/geocarrefour/12918.

Mucchielli, A., Corbalan, J.-A., & Ferrandez, V. (1998). *Théorie des processus de la communication*, Paris: Colin, 177p.

Musaev, A., Wang, D., & Pu, C. (2014). LITMUS: Landslide Detection by Integrating Multiple Sources. In *Proceedings of the 5th ISCRAM Conference*, Pennsylvania, USA, p. 10

N

Nadesan, M.H. (2013). *Fukushima and the privatization of risk*. Palgrave Macmilian UK, 149p.

Nadim, F., & Liu, Z. (2013). *Next methodologies for multi-hazard and multi-risk assessment methods for Europe.* Armonia Project, 78p.

Nagarajan, M., Shaw, D., & Albores, P. (2012). Disseminating a warning message to evacuate: A simulation study of the behaviour of neighbours*. European Journal of Operational Research 220*(3), pp. 810–819.

Nandi, S., Thota, S., Nag, A., Divyasukhananda, Sw., Goswami, P., Aravindakshan, A., Rodriguez, R., & Mukherjee, B. (2016). Computing for rural empowerment: enabled by last-mile telecommunications. *IEEE Communication Magazine 54*, pp. 102–109.

National Research Council (2013). *Geo-Targeted Disaster Alerts and Warnings: A Workshop,* Washington DC, 78p.

Nelson, C., Crumley, C., Fritzsche, B., & Adcock, B. (1989). *Lower Southwest Florida hurricane study*. Jacksonville, Florida: University of South Florida, US Army Corps of Engineers).

Nollet, K.E., & Ohto, H. (2013). When all else fails: 21st century Amateur Radio as an emergency communications medium. *Transfusion and Apheresis Science 49*, pp. 422–427.

O

Okolloh, O. (2009). Ushaidi, or “testimony”: Web 2.0 tolls for crowdsourcing crisis information. *Participatory Learning and Action 59*, pp. 65–70.

Oliveau, S. (2010). Autocorrélation spatiale : leçons du changement d’échelle. *L’Espace géographique 39*(1), pp. 51-64.

Oliveau, S., & Doignon, Y. (2016). La diagonale se vide ? Analyse spatiale exploratoire des décroissances démographiques en France métropolitaine depuis 50 ans. *Cybergeo : European Journal of Geography*. https://journals.openedition.org/cybergeo/27439.

Ord, J.K., & Getis, A. (2010). Local Spatial Autocorrelation Statistics: Distributional Issues and an Application. *Geographical Analysis 27*(4), pp. 286–306.

Oteri, O.M., Kibet, L.P., & Edward, N. (2015). Mobile Subscription, Penetration and Coverage Trends in Kenya’s Telecommunication Sector. *International Journal of Advanced Research in Artificial Intelligence 4*, 7p.

P

Padioleau, J.-G. (2003). Inondations : la corruption du Régalien. *Pouvoirs Locaux 56*, 76p.

Pagès, J. (2004). Analyse Factorielle de Données Mixtes. *Revue Statistique Appliquée 4*, pp. 93–111.

Palen, L., Vieweg, S., Liu, S.B., & Hughes, A.L. (2009). Crisis in a Networked World: Features of Computer-Mediated Communication in the April 16, 2007, Virginia Tech Event. *Social Science Computer Review 27*(4), pp. 467–480.

Parker, A.M., Jackson, B.A., Martinez, A., Sanchez, R., Shelton, S., & Osburg, J. (2015). *Exploring the Effect of the Diffusion of Geo-Targeted Emergency Alerts*, Homeland Security, 121p.

Petersen, L., Fallou, L., Havârneanu, G., Reilly, P., Serafinelli, E., & Bossu, R. (2018). November 2015 Paris Terrorist Attacks and Social Media Use: Preliminary Findigs from Authorities, Critical Infrastructure Operators and Journalists. In *Proceedings of the 15th International ISCRAM Conference*, Rochester, NY, USA, p. 10.

Pielke, R.A. (1999). Who decides? Forecasts and responsibilities in the 1997 Red River flood. *Applied Behavioral Science Review 7*(2), pp. 83–101.

Pitron, G. (2018). *La guerre des métaux rares : la face cachée de la transition énergétique et numéique*. Les Liens Qui Libèrent, 234p.

Poirier, M.-S. (2010). *L'innovation fondée sur les nanotechnologies au regard de la notion d'acceptabilité sociale de ces développements*. Mémoire de recherche, Université de Sherbrooke, Québec, Canada

Poslad, S., Middleton, S.E., Chaves, F., Tao, R., Necmioglu, O., & Bugel, U. (2015). A Semantic IoT Early Warning System for Natural Environment Crisis Management. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing 3*, pp. 246–257.

Potter, S. (2018). *Recommendations for New Zealand agencies in writing effective short warning messages*. GNS Science Report 2018/02, 40p.

Preis, T., Moat, H.S., Bishop, S.R., Treleaven, P., & Stanley, H.E. (2013). Quantifying the Digital Traces of Hurricane Sandy on Flickr. *Scientific Reports 3*, 3p.

Preston, P., Cawley, A., & Metykova, M. (2007). Broadband and rural areas in the EU: From technology to applications and use. *Telecommunications Policy 31*(6-7), pp. 389–400.

Pries, R., Hobfeld, T., & Tran-Gia, P. (2006). On the Suitability of the Short Message Service for Emergency Warning Systems. In *2006 IEEE 63rd Vehicular Technology Conference*, Melbourne, Australia: IEEE, pp. 991–995.

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

Pumain, D. (2004). Système - HYPERGEO. https://www.hypergeo.eu/spip.php?article5.

Pumain, D. (2014). Fractale. https://www.hypergeo.eu/spip.php?article59.

Pumain, D., & Saint-Julien, T. (2010). L'analyse spatiale : les localisations (tome 1), Armand Colin, Paris, 167p.

R

Radu, A. (2004). *Evaluation de la Qualité de Service par l'utilisateur final dans les systèmes mobiles*. Thèse de doctorat, Université de Marle-La-Vallée.

Rahman, K.M., Alam, T., & Chowdhury, M. (2012). Location based early disaster warning and evacuation system on mobile phones using OpenStreetMap. In *2012 IEEE Conference on Open Systems*, Kuala Lumpur, Malaysia: IEEE, pp. 1–6.

Ramasamy, K.R., Chua, F.-F., & Chan, G.-Y. (2018). Cloud-Based Early Warning System for Forest Fire using IoT Techniques. In Knowledge Management International Conference (KMICe), Miri Sarawak, Malaysia, pp. 101–106.

Raper, J., Gartner, G., Karimi, H., & Rizos, C. (2007). Applications of location–based services: a selected review. *Journal of Location Based Services 1*(2), pp. 89–111.

Ray, P.P., Mukherjee, M., & Shu, L. (2017). Internet of Things for Disaster Management: State-of-the-Art and Prospects. In *IEEE Access 5*, pp. 18818–18835.

Reghezza-Zitt, M. (2015). Territorialiser ou ne pas territorialiser le risque et l'incertitude : la gestion territorialisée à l'épreuve du risque d'inondation en Ile-de-France. *L'Espace Politique 26*(2), 22p.

Relethford, J.H., & Lees, F.C. (1983). Correlation Analysis of Distance Measures Based on Geography, Anthropometry, and Isonymy. *Human Biology 55*(3), pp. 653–665.

Renaut, D. (2004). Les satellites météorologiques. *Météorologie 8*(45), 33p.

Reux, S. (2016). Étalement et émiettement urbains. *Revue d'Economie Regionale Urbaine 2016*(3) Juin, pp. 587–618.

Rey, T., Defossez, S., Vinet, F., & Boissier, L. (2016). Cinématique et impacts d'un événement hydrométéorologique : les inondations du 6-7 octobre 2014, Grabels (France méditerranéenne), Vertigo 16(1), https://journals.openedition.org/vertigo/16965.

Rey, T., Leone, F., Candela, T., Belmadani, A., Palany, P., Krien, Y., Cécé, R., Gherardi, M., Péroche, M., & Zahibo, N. (2019). Coastal Processes and Influence on Damage to Urban Structures during Hurricane Irma (St-Martin & St-Barthélemy, French West Indies). *Journal of Marine Science and Engineering 7*, 30p.

Reynolds, B., & W. Seeger, M. (2005). Crisis and Emergency Risk Communication as an Integrative Model. *Journal of Health Communication 10*(1), pp. 43–55.

Riccardi, M.T. (2016). The power of crowdsourcing in disaster response operations. *International Journal of Disaster Risk Reduction 20*, pp. 123–128.

Riegel, J. (2018). Le dialogue territorial au risque de l'écologie ? Traces et effets d'une concertation entre aménagements hydrauliques et restauration écologique. *Participations 20*(1), pp. 173-198.

Roy, B., Vincke, P. (1981). Multicriteria analysis: survey and new direction. *European Journal of Operational Research 8*(3), pp. 207-218.

S

Saaty, T.L. (1984). *Décider face à la complexité: une approche analytique multicritère d'aide à la décision*, Esf Editeur, 224p.

Sahal, A., Leone, F., & Péroche, M. (2013). Complementary methods to plan pedestrian evacuation of the French Riviera's beaches in case of tsunami threat: graph- and multi-agent-based modelling. *Natural Hazards and Earth System Sciences 13*(7), pp. 1735–1743.

Samaha, M., & Hawi, N.S. (2016). Relationships among smartphone addiction, stress, academic performance, and satisfaction with life. *Computers in Human Behavior 57*, pp. 321–325.

Samarajiva, R., & Waidyanatha, N. (2009). Two complementary mobile technologies for disaster warning. *Info 11*, pp. 58–65.

Samreth, D., Arnavielhe, S., Ingenrieth, F., Bedbrook, A., Onorato, G.L., Murray, R., Almeida, R., Mizani, M.A., Fonseca, J., Costa, E., et al. (2018). Geolocation with respect to personal privacy for the Allergy Diary app - a MASK study. *World Allergy Organization Journal 11*, 15p.

Sanders, L. (2011). Géographie quantitative et analyse spatiale : quelles forms de scientificités ? In Thierry Martin. *Les sciences humaines sont-elles des sciences ?* Vuibert, 17p.

Sanyas, N. (2012). Seulement 11 % des applications téléchargées sur mobiles sont payantes. *Next Impact*. https://www.nextinpact.com/article/526/73736-seulement-11-applications-telechargees-sur-mobiles-sont-payantes.

Sauvajol-Rialland, C. (2014). Infobésité, gros risques et vrais remèdes. *L'Expansion Management Review 152*(1), pp. 110-118. https://www.cairn.info/revue-l-expansion-management-review-2014-1-page-110.htm.

Schaller, P. (2016). *Outils de gestion de crise, comparatif des standards internationaux et perspectives*, ENSOSP, 131p.

Schehr, S. (2008). L'alerte comme forme de déviance : les lanceurs d'alerte entre dénonciation et trahison. *Déviance et Société 32*(2), pp. 149-162.

Scott, K. (2016). Digital urban health and security: NYC's got an app for that. *In Digital Futures & the City of Today: New Technologies and Physical Space*, G.A. Caldwell, C.H. Smith, and E.M. Clifs, eds.

Senaratne, H., Mobasheri, A., Ali, A.L., Capineri, C., & Haklay, M. (2017). A review of volunteered geographic information quality assessment methods. *International Journal of Geographical Information Science 31*, pp. 139–167.

Sender, E. (2016). Les smartphones peuvent vous rendre hyperactifs. *Sciences et Avenir*. https://www.sciencesetavenir.fr/sante/les-smartphones-peuvent-vous-rendre-hyperactifs_30443.

Shan, H.-Y., & Lai, Y.-L. (2015). Smartphone application and management system for disaster resistant community. In *Australian and New Zaeland Disaster and Emergency Management Conference*, Broadbeach, QLD, 11p.

Shehabi, A., Smith, S., Sartor, D., Brown, R., Herrlin, M., Koomey, J., Masanet, E., Horner, N., Azevedo, I., & Lintner, W. (2016). *United States Data Center Energy Usage Report.* 65p.

Shih, F., Seneviratne, O., Liccardi, I., Patton, E., Meier, P., & Castillo, C. (2013). Democratizing mobile app development for disaster management. In *Joint Proceedings of the Workshop on AI Problems and Approaches for Intelligent Environments and Workshop on Semantic Cities - AIIP '13*, Beijing, China: ACM Press, pp. 39–42.

Sid, A. (2019). *Cell Broadcast Alerts as Tools for Community Outreach in Ebola Virus Disease*. Master's thesis. Harvard Extension School.

SIDPC (2011). *Retour d'expérience. Glacier de Tête-rousse. Poche d'eau sous-glaciaire*. 52p.

Sillem, S., & Wiersma, E. (2006). Comparing Cell Broadcast and Text Messaging for Citizens Warning. In *Proceedings of the 3rd International ISCRAM Conference*, Newark, NJ (USA), pp. pp. 147–153.

Sillem, S., Jagtman, H.M., & Ale, B.J.M. (2006). Using Cell Broadcast in Citizens Warning: Characteristics of Messages (PSAM-0236). In *Proceedings of the Eighth International Conference on Probabilistic Safety Assessment & Management (PSAM),* ASME Press, pp. 152–160.

Slingsby, A., Beecham, R., & Wood, J. (2013). Visual analysis of social networks in space and time using smartphone logs. *Pervasive and Mobile Computing 9*(6), pp. 848–864.

Smailes, P.J., Argent, N., & Griffin, T.L.C. (2002). Rural population density: its impact on social and demographic aspects of rural communities. *Journal of Rural Studies 18*, pp. 385–404.

Song, M., Jun, K., & Chang, S. (2014). An efficient multiplexing method of T-DMB and cell broadcast service in emergency alert systems. *IEEE Transactions on Consumer Electronics 60*, pp. 549–557.

Sorensen, J.H. (2000). Hazard Warning Systems: Review of 20 Years of Progress. *Natural Hazards Review 1*(2), pp. 119–125.

Sorensen, J.H., & Mileti, D. (1987). Decision making uncertainties in emergency warning system organizations*. International Journal of Mass Emergencies and Disasters 5*(1).

Spångmyr, M. (2014). *Development of an Open-Source Mobile Application for Emergency Data Collection*. Thèse de Doctorat, Lund University.

Spialek, M.L., & Houston, J.B. (2018). The Development and Initial Validation of the Citizen Disaster Communication Assessment. *Communication Research 45*(6), pp. 934–955.

Spiekermann, S. (2004). General Aspects of Location-Based Services. In Location-Based Services, San Francisco, pp. 9–25.

Steen, R., & Morsut, C. (2019). Resilience in Crisis Management at the Municipal Level: The Synne Storm in Norway. *Risk, Hazards & Crisis in Public Policy 11*, pp. 35–60.

Sutanto, J., Palme, E., Tan, C.-H., & Phang, C.W. (2013). Addressing the Personalization-Privacy Paradox: An Empirical Assessment from a Field Experiment on Smartphone Users. *MIS Quartely 37*, pp. 1141–1164.

Sutton, J., Vos, S.C., Wood, M.M., & Turner, M. (2018). Designing Effective Tsunami Messages: Examining the Role of Short Messages and Fear in Warning Response. Weather, *Climate, and Society 10*(1), pp. 75–87.

T

Takagi, H., Pratama, M.B., Kurobe, S., Esteban, M., Aránguiz, R., & Ke, B. (2019). Analysis of generation and arrival time of landslide tsunami to Palu City due to the 2018 Sulawesi earthquake. *Landslides 16*, pp. 983–991.

Tang, K., Wang, Y., Liu, H., Sheng, Y., Wang, X., & Wei, Z. (2013). Design and Implementation of Push Notification System Based on the MQTT Protocol. *International Conference on Information Science and Computer Application (ISCA 2013)*, p. 116-119.

Taufiq, R., Slamet, C., Andrian, R., Aulawi, H., & Ramdhani, M.A. (2018). Early Warning System in Mobile-Based Impacted Areas. *International Journal of Engineering & Technology 7*, pp. 118–121.

Terrade, F., Pasquier, H., Reerinck-Boulanger, J., Guingouain, G., & Somat, A. (2009). L'acceptabilité sociale : la prise en compte des déterminants sociaux dans l'analyse de l'acceptabilité des systèmes technologiques. *Le travail humain 72*(4), pp. 383-395.

Terrier, M., Pedreros, R., & Poisson, B. (2007). *Tsunamis : étude de cas au niveau de la côte méditerranéenne française*, BRGM, 106p.

Tiruneh, B.T. (2010). Establishing an Early Warning System in the African Peace and Security Architecture: Challenges and Prospects. *KAIPTC Occasional Paper 29*, 24p.

Tixier, J., Dusserre, G., Salvi, O., & Gaston, D. (2002). Review of 62 risk analysis methodologies of industrial plants. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries 15*(4), pp. 291–303.

Tobago Emergency Management Agency (2017). *Consultative Document on the National Emergency Communications Plan*, 45p.

U-V

Udu, N. (2009). *Mobile Cell Broadcasting for Commercial Use and Public Warning in the Maldives*. 43p.

UNISDR (2015). *Cadre d'action de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe 2015 – 2030*, United Nations, 40p.

United Nations Development Programme (2018). *Five Approaches to Build Functional Early Warning System*, 67p.

Uribe, F. (2017). The classification of Internet of Things (IoT) devices Based on their impact on Living Things. *SSRN Electronic Journal*, 5p.

Vandana, S., Deepak Raj, D., Rushika, B., & Venkatesh, V. (2018). Flood Alert System Using IoT. *International Journal of Computer Sciences and Engineering 6*(11), pp. 444-447.

Veyret, Y., Beucher, S., & Bonnard, J.-Y. (2005). Risques naturels et territoires (Natural hazards and territories). *Bulletin de l'Association de géographes français 82*, pp. 63–74.

Vieweg, S., Palen, L., Liu, S.B., Hughes, A.L., & Sutton, J. (2008). Collective Intelligence in Disaster: Examination of the Phenomenon in the Aftermath of the 2007 Virginia Tech Shooting. *Proceedings of the 5th International ISCRAM Conference*, Washington DC, USA, 11p.

Vinet, F. (2003). *Crue et inondations dans la France méditerranéenne. Les crues torrentielles des 12 et 13 novembre 1999 (Aude, Tarn, Pyrénées-Orientales et Hérault)*. Du Temps, 240p.

Vinet, F. (2007). Approches nationales de la prévention des risques et besoins locaux : le cas de la prévision et de l'alerte aux crues dans le Midi méditerranéen. *Géocarrefour 82*(1-2), pp. 35–42.

Vinet, F. (2010). *Le risque inondation : diagnostic et gestion*. Edition Tec & Doc Lavoisier, coll. « Science du Risque et du Danger SRD) », 318p.

Vinet, Bigot, Petrucci, Papagiannaki, Llasat, Kotroni, Boissier, Aceto, Grimalt, Llasat-Botija, et al. (2019). Mapping Flood-Related Mortality in the Mediterranean Basin. Results from the MEFF v2.0 DB. *Water 11*(10):2196.

Vinet, F., Lumbroso, D., Defossez, S., & Boissier, L. (2012). A comparative analysis of the loss of life during two recent floods in France: the sea surge caused by the storm Xynthia and the flash flood in Var. *Natural Hazards 61*(3), pp. 1179–1201.

VISOV. (2015). *Utilisation des médias sociaux en gestion d'urgence (MSGU) pour améliorer la connaissance de la situation et l'aide à la decision*. 50p.

Vivier, B., Van Arum, C., Straume, H., Grangeat, A., & Gomez, P. (2019). *Public Warning Systems*, EENA European Emergency Number Association, 50p.

Vochin, M., Vulpe, A., Suciu, G., & Boicescu, L. (2017). Intelligent Displaying and Alerting System Based on an Integrated Communications Infrastructure and Low-Power Technology. In *Recent Advances in Information Systems and Technologies*, Á. Rocha, A.M. Correia, H. Adeli, L.P. Reis, and S. Costanzo, eds. (Cham: Springer International Publishing), pp. 135–141.

Vogel, J.-P. (2017). *Rapport sur le système d'alerte et d'information des populations (SAIP).* Rapport senatorial n°595, 48p.

W

Warren, I., Meads, A., Srirama, S., Weerasinghe, T., & Paniagua, C. (2014). Push Notification Mechanisms for Pervasive Smartphone Applications. *IEEE Pervasive Computing 13*(2), pp. 61–71.

Weill, M., & Souissi, M. (2010). L'Internet des objets : concept ou réalité ? *In Annales des Mines - Réalités industrielles, Novembre 2010*(4), 90p.

Weinlich, P., Semeradova, T., & Kubat, D. (2014). Design of an early warning mobile application. *5th International Conference LUMEN 2014, Transdisciplinary and Communicative Action (LUMEN-TCA 2014)*, Podebrady, Czech Republic, pp. 37–44.

Weiss, K., Girandola, F., & Colbeau-Justin, L. (2011). Les comportements de protection face au risque naturel : de la résistance à l'engagement. *Pratiques Psychologiques 17*(3), pp. 251–262.

Wellington Region Emergency Management Group (2012). *Social Media in a Emergency, a best practice guide*. Wellington Region Emergency Management. 58p.

Whitmore, A., Agarwal, A., & Da Xu, L. (2015). The Internet of Things—A survey of topics and trends. *Information Systems Frontiers 17*, pp. 261–274.

Wiersma, J.W.F., Jagtman, D.H.M., & Ale, B.J.M. (2008). *Report on the use of cell broadcast as a citizen alert system*. 23p.

Wobbrock, J.O., Findlater, L., Gergle, D., & Higgins, J.J. (2011). The aligned rank transform for nonparametric factorial analyses using only ANOVA procedures. In *Proceedings of the 2011 Annual Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '11*, Vancouver, BC, Canada: ACM Press, pp. 143-146.

Wood, M.M., Bean, H., Liu, B.F., & Boyd, M. (2015). *Comprehensive testing of imminent threat public messages for mobile devices: updated findings*, Homeland Security, 119p.

Wurster, S., Klafft, M., & Kühn, M. (2015). Beyond Saving Lives: Assessing the Economic Benefits of Early Warning Apps for Companies in the Context of Hydrological Hazards. *Proceedings of the ISCRAM 2015 Conference*, Kristiansand, pp. 34-43.

Wyatt, S. (2010). Les non-usagers de l'internet. Axes de recherche passés et futurs. *Question de communication 18*(2010), pp. 21-36.

Wybo, J. (2009). Le retour d'expérience : un processus d'acquisition de connaissances et d'apprentissage. In *Gestion de Crise : Le Maillon Humain Au Sein de l'organisation*, 20p.

X-Y-Z

Yang, Z., Zhou, Q., Lei, L., Zheng, K., & Xiang, W. (2016). An IoT-cloud Based Wearable ECG Monitoring System for Smart Healthcare. *Journal of Medical Systems 40*.

Yoon, C.E., O'Reilly, O., Bergen, K.J., & Beroza, G.C. (2015). Earthquake detection through computationally efficient similarity search. *Science Advances 1*(11), e1501057.

Yun, L., Xinjian, C., Qilie, L., & Xiaohu, Y. (2010). A Novel Congestion Control Strategy in Delay Tolerant Networks. In *2010 Second International Conference on Future Networks*, Sanya, Hainan, China: IEEE, pp. 233–237.

Zollo, A., Festa, G., Emolo, A., & Colombelli, S. (2014). Source Characterization for Earthquake Early Warning. In *Encyclopedia of Earthquake Engineering*, Berlin Heidelberg, pp. 1–21.

Zunkel, P. (2015). The spatial extent and coverage of tornado sirens in San Marcos, Texas. *Applied Geography 60*, pp. 308–312.

Table des matières

Sommaire 1
Avant-propos 2
Résumé 3
Abstract 3
Remerciements 4
Abréviations 6
Introduction générale 7
I.1. Contexte de recherche 9
I.2. Problématiques de recherche 11
I.3. Objectifs et orientations méthodologiques 13
I.4. La région Sud-PACA : un site d'étude privilégié 15
I.5. Structuration du manuscrit 17
PREMIÈRE PARTIE19 Diffuser une alerte à la population en France : constats, limites et opportunités 19
INTRODUCTION DE LA PREMIÈRE PARTIE 21
Chapitre 1 : L'alerte : une notion multidimensionnelle à appréhender à différentes échelles en France 23
Introduction du chapitre 1 24
1.1 Une notion polysémique et subjective 24
1.1.1 Un sens variable selon la nature et la cinétique du danger 24
1.1.2 Un sens variable selon les acteurs et leurs prérogatives 26
a. L'alerte selon les autorités compétentes 27
b. Un point de vue difficilement partagé par la population 27
c. Des « nuances » à intégrer selon la traduction de l'alerte 28
1.2 Plusieurs temporalités emboîtées 29
1.2.1 De la détection du danger à l'activation du signal 29
a. L'alerte montante 29
b. L'alerte descendante 31
1.2.2 Un point de rupture entre la prévention et l'action 32
1.2.3 Un processus qui doit pourtant s'inscrire dans la continuité du quotidien 34
1.3 Une notion multiscalaire 35
1.3.1 La subsidiarité comme principe de base 35
1.3.2 Des échelles décisionnelles multiples en France 36
a. La commune, un échelon central 36
b. Le département, un échelon qui reste tourné vers le local 37
c. La zone, un échelon dédié à la crise 37
d. L'État responsable de la gouvernance nationale de l'alerte 37
e. Des tentatives de coopération à l'échelle internationale 38
1.4 Une notion à aborder sous un angle systémique 39
1.4.1 Un ensemble d'éléments en interaction lorsque survient le danger 39
1.4.2 Le système d'alerte précoce : un système aléa-centré 41
1.4.3 Un système contingent à son environnement 41
1.5 Positionnement retenu dans le cadre de cette thèse 44
1.5.1 Les contradictions de l'alerte 44

1.5.2 Définition retenue dans le cadre de cette thèse 45
Conclusions du chapitre 1 45
Chapitre 2 : Les disparités spatiales de l'alerte par sirènes 47
Introduction du chapitre 2 48
2.1. Les sirènes : un moyen issu d'une longue tradition régalienne 48
2.1.1. Le RNA : un réseau « obsolète » 48
2.1.2. Le réseau SAIP : un réengagement étatique dans les sirènes 49
2.2. Que dire de la localisation des sirènes ? Zoom en Sud-PACA 50
2.2.1 Des évolutions inégales selon les départements 50
2.2.2 Une localisation plus proche du barycentre régional de la population 52
2.3. Est-on en mesure d'expliquer les choix d'équipement ? 53
2.3.1. Une relocalisation au profit des communes les plus peuplées 53
a. Une baisse significative du nombre de communes équipées dans les grandes aires urbaines… 53
b. …mais un nombre d'individus vivant dans une commune équipée qui reste stable 54
2.3.2. La relocalisation des sirènes n'est pas expliquée par le nombre d'arrêtés de catastrophe naturelle… 55
2.3.3. …ni par le nombre de risques 57
2.3.4. Les PPR ou les TRI : des variables toujours aussi peu explicatives 58
2.3.5. Vers une lecture synthétique de la distribution des sirènes SAIP 58
2.4. Un statut de « premier moyen » nettement discutable 61
2.4.1. Des « trous dans la raquette » qui subsistent à travers les échelles 61
a. Définition et calcul du taux d'alertabilité par sirènes 61
b. Application à la région Sud-PACA 62
2.4.2. Une solution peu opérationnelle 63
2.5. Éléments de discussion 65
2.5.1. Optimiser l'emplacement des sirènes ? 65
2.5.2. L'équipement des communes en AAT : des logiques identiques ? 66
a. Des moyens qui ne sont pas adaptés dans toutes les circonstances 67
b. Des solutions hétérogènes 67
c. Des équipements à nouveau en faveur des communes fortement peuplées 68
Conclusion du chapitre 2 70
Chapitre 3 : Apports et limites de l'alerte centrée sur la localisation des individus 71
Introduction du chapitre 3 72
3.1 Des technologies aux caractéristiques différentes 72
3.1.1 Le Cell Broadcast (CB) 73
3.1.2 Les SMS géolocalisés (LB-SMS) 74
3.1.3 L'alerte par satellites 75
3.1.4 L'alerte par application mobile 76
3.1.5 L'alerte par objets connectés 78
3.2 Des solutions en plein essor à l'échelle internationale 81
3.2.1 Une accélération du recours aux LBAS depuis 2012 81
3.2.2 Les pays fortement peuplés et ayant une mortalité élevée face aux catastrophes ont tendance à choisir le CB 84
3.3 Des avantages indéniables 86
3.3.1 Raccourcir les délais de diffusion et de réception de l'alerte 86
3.3.2 Alerter massivement et plus précisément 86

3.3.3 Accompagner l'alerte d'un message d'informations 87
3.3.4 Inciter à l'implication des individus dans la chaîne d'alerte 88
3.3.5 Des retours opérationnels concluants 90
3.4 Des solutions perfectibles 91
3.4.1 Des solutions vulnérables 91
a. Une vulnérabilité structurelle importante 91
b. Des risques de congestion qui subsistent dans les grandes agglomérations 92
c. Alerte manquée *vs*. fausse alerte 93
d. Piratage 93
3.4.2 Des solutions pas toujours ubiquitaires 94
3.4.3 Les dangers d'un monde « hyperconnecté » 95
Conclusion du chapitre 3 96
CONCLUSION DE LA PREMIÈRE PARTIE 97
DEUXIÈME PARTIE : Évaluer le potentiel des LBAS en France : développements méthodologiques 99
INTRODUCTION DE LA DEUXIÈME PARTIE 101
Chapitre 4 : Évaluation du potentiel offert par les applications mobiles d'alerte en France 103
Introduction du chapitre 4 104
4.1 Méthode et données utilisées 104
4.1.1 Nature des indicateurs retenus 105
a. Le potentiel d'alerte des applications 105
b. Le potentiel des applications à permettre les interactions 105
c. Une réponse à la logique « multi-aléas » 106
d. Le potentiel d'attractivité 107
4.1.2 Agrégation des paramètres et création d'indicateurs 107
a. Un système de cotation par points 107
b. Une agrégation simplifiée pour plus de lisibilité 109
4.2 Des applis qui intègrent bien les fonctionnalités d'alerte, mais qui sont peu interactives 110
4.2.1 Analyse détaillée par indicateurs 110
a. L'indicateur « alerte » (I_A) 110
b. L'indicateur « émission » (I_E) 110
c. L'indicateur « multi-aléas » (I_{MA}) 111
d. L'indicateur « attractivité » (I_{Attr}) 111
e. Analyse des corrélations entre indicateurs 112
4.2.2 Lecture globale : peu d'applis réellement opérationnelles 113
a. Classement des applications et analyse de l'indice global (I_G) 113
b. Analyse des résultats selon les structures gérantes des applications 115
c. Des applications limitées par deux indicateurs : I_E et I_{MA} 116
4.3 Discussion (1) d'ordre méthodologique 117
4.3.1 Le rôle joué par la pondération des paramètres 117
4.3.2 Le rôle joué par les indicateurs discriminants 118
4.3.3 Une lecture différente en créant des « valeurs seuils » ? 118
4.3.4 Vers la mise en place d'un arbre de décision hiérarchique ? 119
4.4 Discussions (2) d'ordre thématique 120
4.4.1 Une solution qui souffre de plusieurs écueils 120
4.4.2 Quelle place pour les applis à l'avenir ? 121
a. Éviter l'écueil du téléchargement 121

b. Ancrer les applications dans les territoires locaux 122
c. Envisager l'application comme un moyen de prévention et non d'alerte ? 122
Conclusion du chapitre 4 123
Chapitre 5 : Évaluation du potentiel de performance spatiale des LBAS en France métropolitaine 125
Introduction du chapitre 5 126
5.1 L'espace : une variable sous-estimée dans les analyses de performance des moyens d'alerte 126
5.1.1 Des approches méthodologiques principalement centrées sur les tests… 126
5.1.2 … mais dénuées d'analyses spatiales 127
5.1.3 Objectifs et hypothèses de recherche 128
5.2 Méthode et données 130
5.2.1 Estimation de la performance spatiale de chaque solution 130
a. Le Taux de Connectivité (TC) 130
b. Le Taux d'Équipement (TE) 131
c. Le Taux d'Alertabilité (TA) 132
5.2.2 Détection des différences spatiales 132
5.3 Résultats : des taux d'alertabilité très satisfaisants 134
5.3.1 Un potentiel très élevé pour le CB/LB-SMS à l'échelle nationale 134
5.3.2 L'émergence de disparités spatiales 136
a. Des moyens *a priori* égalitaires à l'échelle métropolitaine…. 136
b. …mais des disparités régionales et départementales persistantes 137
c. Des LBAS moins performants là où les habitants sont dispersés 140
5.4 Discussion (1) d'ordre méthodologique 141
5.4.1 Quelle performance lorsque les individus sont situés sur leur lieu de travail ? Test à l'échelle de la région Sud-PACA 142
5.4.2 Quelle performance si on considère le CB sur la 4G seulement ? 144
5.5 Discussion (2) d'ordre thématique 146
5.5.1 Des sirènes à implanter dans les points froids de performance par LBAS ? 147
5.5.2 Vers une spatialisation de la logique multicanale ? 148
Conclusion du chapitre 5 149
Chapitre 6 : Évaluation de l'acceptabilité des LBAS 151
Introduction du chapitre 6 152
6.1 Méthode et données utilisées 152
6.1.1 Le modèle d'acceptabilité des technologies (TAM) comme point de départ 152
6.1.2 Adaptation du TAM à notre évaluation de l'acceptabilité des LBAS 153
6.1.3 Caractérisation des indicateurs du TAM revisité 154
a. L'efficacité perçue 155
b. L'intention de réaction 155
c. La réticence d'utilisation 155
6.1.4 Hypothèses de recherche 156
6.1.5 Élaboration et diffusion du questionnaire 157
6.1.6 Taux de sondage 158
6.2 Résultats 159
6.2.1 La bonne acceptabilité des LBAS, avec le CB en tête 159
a. Efficacité perçue 159
b. Intention de réaction 160
c. Réticence d'utilisation 161

d. Corrélations entre les indicateurs du TAM 162
6.2.2 Variation des indicateurs du TAM selon des facteurs sociaux territoriaux.....162
a. Des facteurs sociaux à prendre en compte… 162
b. …mais des facteurs territoriaux qui ne jouent (presque) pas sur les indicateurs d'acceptabilité 163
6.2.3 Comparaison avec l'efficacité perçue des moyens d'alerte traditionnels.....165
a. La sirène : un outil d'alerte ancrée dans les « mœurs » 165
b. Variation de l'efficacité perçue selon les facteurs sociaux territoriaux 166
c. Classement des moyens pour chaque catégorie de facteurs sociaux territoriaux : le CB hégémonique 167
d. Les moyens qui obtiennent les meilleures notes ont des notes plus homogènes ... .167
6.3 Discussions (1) d'ordre méthodologique 169
6.3.1. Mise en perspective des résultats avec d'autres enquêtes 169
6.3.2. Un questionnement méthodologique à poursuivre.....170
6.4. Discussions (2) d'ordre thématique 172
6.4.1. Quelles pistes pour améliorer l'acceptabilité des LBAS ? 172
6.4.2. Les réseaux sociaux et les objets connectés : des solutions perçues comme marginales.....172
Conclusion du chapitre 6 174
CONCLUSION DE LA DEUXIÈME PARTIE 175
TROISIÈME PARTIE : Contributions à la géographie de l'alerte : enjeux et perspectives ..177
INTRODUCTION DE LA TROISIÈME PARTIE.....179
Chapitre 7 : Comment adapter l'offre aux territoires ? Investigations à l'échelle communale 181
Introduction du chapitre 7 182
7.1. Méthode et données utilisées.....182
7.1.1. Caractérisation des zones exposées 183
a. Étape 1 : une première lecture à l'échelle de la commune 183
b. Étape 2 : estimation des délais avant les premiers impacts des aléas dans les zones exposées (échelle infracommunale) 185
c. Étape 3 : Estimation de la population exposée et de son niveau d'agrégation dans les zones exposées 186
7.1.2. Créations de seuils pour définir l'adéquation des moyens 188
a. Étape 4 : un premier tri à l'échelle de la commune.....188
b. Étape 5 : un second tri selon les caractéristiques des zones exposées 189
c. Étape 6 : application de la matrice pour chaque zone à alerter et chaque scénario 192
d. Étape 7 : synthèse de l'adaptation des moyens à l'échelle de la commune 192
7.2. Résultats obtenus sur les 12 communes.....195
7.2.1. Un premier tri rédhibitoire pour certaines communes (étape 4) 195
7.2.2. Une offre influencée par la diversité des zones exposées (étape 5) 196
7.2.3. Une adaptation qui évolue selon les scénarios (étape 6).....200
7.2.4. Mise à jour d'une typologie selon le nombre de moyens adaptés (étape 7)...201
7.3. Discussions (1) : des effets de seuils multiples 204
7.3.1. Des résultats dépendant des communes et des seuils choisis 204
7.3.2. Identifier les communes où peu de moyens sont adaptés 205
7.3.3. Une hiérarchie à introduire entre les moyens ? 206
7.4. Discussion (2) : une grille d'aide à la discussion ? 207

7.4.1. Comparaison entre les résultats et les moyens existants 207
7.4.2. Définir le moyen optimal dans chaque zone ? 208
a. Proposition de règles permettant de hiérarchiser les moyens 208
b. Application des règles et résultats obtenus sur les 12 communes 209
7.4.3. Une grille pour guider une politique d'équipement équitable.....210
Conclusion du chapitre 7 210
Chapitre 8 : Quel regard géographique porter face à la mise en œuvre de la plateforme nationale FR-Alert ? 213
Introduction du chapitre 8 214
8.1. Bien définir la doctrine d'usage et les objectifs visés.....214
8.1.1. Liste des événements actuellement pris en compte (février 2021) 214
8.1.2. Un premier regard critique sur les événements actuellement considérés 215
8.1.3. Un deuxième regard conduisant à la création d'une matrice aléa/moyen 217
8.1.4. Choisir le moyen à l'aide d'un arbre de décision hiérarchique 221
8.2. Restreindre ou élargir les utilisateurs ? 223
8.2.1. FR-Alert : un outil préfectoral (scénario restrictif) ?.....223
8.2.2. Donner l'accès à tous les maires (scénario inchangé) ?.....224
8.2.3. Faire évoluer la réglementation (scénario inclusif) ?.....225
a. Une place pour les prévisionnistes et services de secours ? 225
b. Une place pour les présidents d'intercommunalités ? 226
8.2.4. Quid de l'automatisation de l'alerte pour certains aléas ?.....227
8.3. Adapter les échelles spatiales de diffusion de l'alerte.....229
8.3.1. Diffusion à l'échelle des risques : des effets de bords importants.....229
a. Caler l'alerte sur la zone exposée : une solution facile, mais parfois imparfaite 229
b. Caler l'alerte sur les bassins de risque.....230
c. Alerter en tenant compte de l'évolution spatio-temporelle des aléas.....232
d. Des effets de bords importants 233
8.3.2. Remettre le territoire au cœur du processus 235
8.4. Intégrer dès à présent les besoins des individus.....236
8.4.1. Incidence de la forme, du contenu et de la sonorité des alertes 236
a. Contenu essentiel d'un message d'alerte.....236
b. Des messages détaillés, plutôt que courts et imprécis.....237
c. L'importance des informations spatiales dans les messages d'alerte.....237
d. Faire sonner l'alarme, peu importe la tonalité 238
8.4.2. Des préférences dans l'émetteur qui sont variables selon le danger 239
Conclusion du chapitre 8 241
Chapitre 9 : Quelles perspectives d'évolution pour les systèmes d'alerte nationaux ? 243
Introduction du chapitre 9 244
9.1. Un premier bilan à l'échelle internationale en 2000 244
9.1.1. Une évolution inégale des systèmes d'alerte entre 1980 et 2000 244
a. Des connaissances disparates dans la prévision des aléas.....245
b. Un processus décisionnel humain qui reste empreint de « mythes » 245
c. Les prémices d'une mutation dans les modes de diffusion 245
d. La difficile anticipation des comportements individuels 246
9.1.2. Les défis à relever pour la période post-2000.....247
9.2. Une étude plus récente menée sur 4 systèmes nationaux (2020) 248
9.2.1. Des entretiens auprès d'acteurs en Australie, Belgique, Indonésie et USA ...248
9.2.2. Synthèse des résultats du projet 249

a. Des objectifs organisationnels globalement similaires 249
b. Un degré de hiérarchisation variable des quatre SAN.....250
c. Une grande variété de moyens utilisés selon les pays.....251
d. Des systèmes pas assez contingents avec leur environnement.....251
9.3. Quelle évolution des SAN entre 2000 et 2020 ?.....254
9.3.1. Des évolutions essentiellement techno-centrées.....254
a. Un rééquilibrage dans la prévision des aléas…mais des efforts à poursuivre...254
b. Les évolutions technologiques n'ont pas amélioré le processus décisionnel.....255
c. L'absence de doctrine claire sur l'utilisation des moyens d'alerte.....257
d. Le citoyen reste un acteur passif 258
9.3.2. Des phases dans la mutation des systèmes d'alerte nationaux ?.....259
a. La phase prévisionnelle 259
b. La phase de réorganisation du système 259
c. La phase de l'alerte par géolocalisation 260
d. La phase de l'alerte interactive et multidirectionnelle 260
e. Situation des cinq pays étudiés dans le processus de mutation des systèmes .260
9.4. Recommandations et prospectives 261
9.4.1. Mettre en œuvre les technologies existantes… 262
9.4.2. … en laissant de côté le mythe de la technologie salvatrice.....263
9.4.3. Tendre vers des systèmes souples et adaptés aux contextes.....264
9.4.4. Organiser une gouvernance internationale sur l'alerte.....265
Conclusion du chapitre 9 266
CONCLUSION DE LA TROISIÈME PARTIE 269
Conclusion générale.....271
C.1. Synthèse des principaux résultats.....273
C.1.1. La sirène ne doit plus prétendre au statut de « moyen prioritaire » 273
C.1.2. Le fort potentiel des alertes par CB ou par LB-SMS.....274
C.1.3. Des solutions qu'il ne faut pourtant pas surestimer 275
C.1.4. Une alerte multicanale nécessitant une lecture « multi-échelles ».....275
C.2. Perspectives de recherche.....278
C.2.1. Poursuivre les recherches sur la relation moyens / territoires.....278
C.2.2. Quantifier l'efficacité « réelle » des systèmes d'alerte nationaux.....278
C.2.3. Tester l'alerte citoyenne 279
Bibliographie 281
Table des matières.....309
Liste des figures 316
Liste des tableaux 320
Annexe 1 : Classement de performance par département (tableau 1) et par région (tableau 2) 322
Annexe 2 : Enquête diffusée en ligne 326
Annexe 3 : Résultats des tests statistiques sur l'efficacité perçue des moyens d'alerte.....334
Annexe 4 : Cartographie et caractéristiques des zones exposées pour les douze communes 338
Annexe 5 : Grille d'entretiens auprès des acteurs des cinq pays du projet Cap'Alert.....342

Liste des figures

Figure I.1. Tableau périodique des moyens d'alerte utilisables en France 11
Figure I.2. Objectifs, questions de recherche et protocole méthodologique associé 15
Figure I.3. Densité de population, nombre d'arrêtés de catastrophe naturelle par communes et dernières grandes catastrophes ayant affecté la région Sud-PACA.....16
Figure 1.1. Opportunité et possibilité de la diffusion d'une alerte selon une classification spatio-temporelle des aléas naturels, modifié d'après Gill et Malamud (2014) et Leone *et al.* (2010) 25
Figure 1.2. Organisation du système d'alerte français (Douvinet *et al.*, 2020).....32
Figure 1.3. Évolution temporelle d'une crise en fonction de la probabilité d'occurrence d'un phénomène destructeur et de sa distance temporelle et spatiale théorique au territoire 33
Figure 1.4. Organisation d'un système d'alerte théorique 40
Figure 1.5. Les différentes structurations de l'alerte possible selon l'échelle spatiale des territoires (R = Risque ; P = Prévisionniste ; À = Autorité ; I = Individu) 40
Figure 1.6. Aspects techniques, humains, environnementaux et organisationnels sur lesquels doit s'appuyer un système d'alerte pour être efficace 43
Figure 2.1. Répartition des sirènes RNA et SAIP en région Sud-PACA.....51
Figure 2.2. Analyse centrographique de la répartition spatiale des 254 sirènes SAIP, des 305 sirènes RNA et de la population de la région Sud-PACA.....52
Figure 2.3. Proportion de communes équipées et nombre de sirènes SAIP et RNA en fonction du type d'aire urbaine d'appartenance des communes (nomenclature INSEE, 2016).....54
Figure 2.4. Nuage de points des communes de la région PACA non équipées en sirène SAIP (à gauche) et équipées (à droite) en fonction du nombre d'arrêtés "Cat-Nat" (en abscisse) et du logarithme de la population (en ordonnées).....57
Figure 2.5. Analyse factorielle des données mixtes et classification par ascendance hiérarchique des communes équipées en sirènes SAIP selon cinq variables explicatives....59
Figure 2.6. Cartographie des 4 classes de communes tirées de la CAH des communes équipées en sirènes SAIP en région Sud-PACA.....60
Figure 2.7. Application de la méthode à la commune de Fréjus (83) 62
Figure 2.8. Carte du taux d'alertabilité par les sirènes SAIP en région Sud-PACA 63
Figure 2.9. Décalages entre les actions mises en œuvre en cas d'alerte réelle et les actions mises en œuvre lors d'un exercice où des sirènes ont été activées (n=280 dont 27 individus au courant de l'exercice ; modifié d'après Douvinet, 2018).....65
Figure 2.10. Localisation optimisée de 254 sirènes selon la densité de la population (carroyage de 1059m de côté) 66
Figure 2.11. Prix d'achat d'un AAT et prix par habitant selon le nombre d'habitants de 17 collectivités (communes et intercommunalités).....68
Figure 2.12. Communes équipées en Automate d'Appel Téléphonique (AAT) dans le Vaucluse 69
Figure 3.1. Trois techniques de géolocalisation des téléphones à l'échelle de la cellule.....73
Figure 3.2. Architecture d'une alerte diffusée par CB (modifié d'après BEREC, 2019) 74
Figure 3.3. Architecture d'une alerte diffusée par SMS géolocalisé (modifié d'après le rapport du BEREC, 2019).....75
Figure 3.4. Architecture d'une alerte envoyée sur les smartphones équipés d'une application mobile par les réseaux mobiles (modifié d'après le rapport du BEREC, 2019) 77

Figure 3.5. Architecture d'une alerte envoyée sur les smartphones équipés d'une application mobile par la Wifi (modifié d'après le rapport du BEREC, 2019) 77
Figure 3.6. Exemples de messages d'alerte sur 3 LBAS 78
Figure 3.7. Architecture systémique de communications d'objets connectés vers les individus 79
Figure 3.8. Couverture du réseau bas débit courte portée SigFox® en France (d'après SigFox®, sigfox.com/en/coverage) 80
Figure 3.9. Pays utilisant un moyen d'alerte centré sur la localisation à l'échelle nationale .. 83
Figure 3.10. Nuage de point de la population et de l'IDH des pays équipés d'un LBAS à l'échelle nationale et ellipses standard selon le LBAS utilisé 84
Figure 3.11. Boîte à moustache du nombre de catastrophes et du nombre de morts enregistré par chaque pays du monde entre 1970 et 2020 selon le type de LBAS utilisé à l'échelle nationale (d'après les données de l'EM-Dat : https://www.emdat.be/) 85
Figure 3.12. Trois visuels de géolocalisation pour l'alerte (a : capture de la plateforme de lancement d'alerte d'Everbridge® ; b : localisation d'un aléa avec des consignes associées sur l'application MyPredict® ; c : USA Flood Map de Esri®, plateforme de suivi en temps réel des précipitations et des crues sur des réseaux équipés en capteurs connectés) 87
Figure 3.13. Deux exemples de remontée d'information à travers les MSGU (a : la corrélation négative des courbes de l'ouragan Sandy et des photos reliées à l'ouragan postées dans Flickr® (Preis *et al.*, 2013) ; b : capture d'écran de la plateforme Ushahidi lors de la pandémie du Covid-19 en Suisse (http://ushahidi.com, 26/03/2020) 89
Figure 3.14. Quatre exemples d'interface de remontée d'information via une application mobile (a : Interface d'accueil de l'application Vialert ; b : Choix des aléas sur l'application Signalert ; c : Photographie de l'aléa sur l'application Swelp ; d : géolocalisation des remontées d'autres utilisateurs sur l'application Quidam) 89
Figure 3.15. Risque de congestion des cellules de télécommunication en région PACA 92
Figure 4.1. Les 7 différents sens de communication des applications smartphone d'alerte entre utilisateurs et centre de décision 106
Figure 4.2. Représentation graphique de la méthode et du processus de calcul choisis..... 109
Figure 4.3. Classement par ordre croissant des scores obtenus pour les 4 indicateurs 112
Figure 4.4. Synthèse des résultats pour les 50 applications testées 114
Figure 4.5. Classement par ordre croissant des indices globaux obtenus par les 50 applications testées 115
Figure 4.6. Analyse en composante principale en fonction du caractère public ou privé des structures gérantes des applications 116
Figure 4.7. Écart entre les scores pondérés et les scores globaux non pondérés..... 117
Figure 4.8. Arbre de décision hiérarchique selon les paramètres priorisés 119
Figure 5.1. Des différentiels de performance des LBAS à travers les échelles en France ?128
Figure 5.2. Méthode employée pour calculer le taux d'alertabilité du CB/LB-SMS et de la NP des individus résidents (exemple pour la commune de Barrême, Alpes-de-Haute-Provence, 436 habitants)..... 132
Figure 5.3. Taux d'alertabilité du CB/SMS estimé à l'échelle communale en France 135
Figure 5.4. Taux d'alertabilité de la NP estimé à l'échelle communale en France 136
Figure 5.5. Performance du CB/LB-SMS et de la NP au niveau départemental 138
Figure 5.6. Analyse spatiale de l'homogénéité et du niveau de performance de CB/LB-SMS et de l'AS en France 139
Figure 5.7. Taux d'alertabilité du CB/LB-SMS et de l'AS estimé à l'échelle communale en région Sud-PACA pour le scénario B 143

Figure 5.8. Différence entre le taux d'alertabilité des individus résidents et le taux d'alertabilité des individus au travail (scénario A – scénario B) et discrétisation des communes de la région Sud-PACA selon le résultat 144
Figure 5.9. Taux d'alertabilité du CB s'il n'est mis en œuvre que pour la 4G en France métropolitaine.....145
Figure 5.10. Indice localisé de Moran (LISA) pour le CB sur la 4G en France métropolitaine 146
Figure 5.11. Points chauds et froids du CB en région Sud-PACA et différentiel de performance avec la sirène sur les points froids de CB 147
Figure 5.12. Proposition de territorialisation du CB, du LB-SMS et de la sirène à l'échelle communale en France métropolitaine.....149
Figure 6.1. Structure conceptuelle du Modèle d'Acceptabilité Technologique (TAM), modifié d'après Kim & He (2006) 153
Figure 6.2. TAM revisité pour évaluer l'acceptabilité des LBAS 154
Figure 6.3. Méthode de quantification des trois indicateurs du TAM modifié.....156
Figure 6.4. Boîte à moustache des notes d'efficacité données aux LBAS.....160
Figure 6.5. Histogramme des notes d'efficacité perçue des trois LBAS 160
Figure 6.6. Boîte à moustache de l'indicateur d'intention de réaction pour les 3 LBAS.....161
Figure 6.7. Boîte à moustache de l'indicateur de réticence d'utilisation commun aux 3 LBAS 161
Figure 6.8. Synthèse des facteurs jouant positivement ou négativement sur les indicateurs du TAM revisité 164
Figure 6.9. Classement des 6 moyens les plus efficaces selon les catégories sociales et territoriales des répondants 167
Figure 6.10. Courbe de Lorenz des moyens d'alerte perçus comme efficaces (en rouge) et de ceux perçus comme moins efficaces (en bleu) 168
Figure 6.11. Nuage de mots tiré de commentaires libre des répondants sur les raisons pour lesquelles ils ne souhaitent pas être alertés par les objets connectés 173
Figure 7.1. Localisation des communes et nature des risques auxquelles elles sont exposées d'après le site Georisque.gouv.fr 184
Figure 7.2. Sélection de 12 communes présentant des « profils » différents (relation entre la population, à l'échelle logarithmique, et le nombre d'arrêtés CatNat) 185
Figure 7.3. Localisation et caractérisation des zones exposées pour la commune de La Ciotat (13) pour le scénario A 188
Figure 7.4. Résumé de la méthode (étape 1 à 3).....193
Figure 7.5. Résumé de la méthode (étape 4 à 7).....194
Figure 7.6. Nombre et variabilité des zones exposées et taux d'individus dans chaque zone 196
Figure 7.7. Variabilité spatiale à l'échelle infracommunale des moyens d'alerte utilisable à La Ciotat (13) pour un scénario où les individus sont situés à leur domicile (ScA).....198
Figure 7.8. Variabilité spatiale à l'échelle infracommunale des moyens d'alerte utilisable à La Ciotat (13) pour un scénario où les individus sont situés sur leur lieu de travail (ScB) 199
Figure 7.9. Variabilité spatiale à l'échelle infracommunale des moyens d'alerte utilisable à St-Julien (83) et à Digne-les-Bains Ciotat (04) pour les deux scénarios 200
Figure 7.10. Graphe classant les moyens d'alerte en fonction du nombre de fois où ils sont adaptés à 194 zones exposées réparties dans les 12 communes test 204
Figure 7.11. Nombre de moyens adaptés par rapport au nombre de zones exposées différentes pour les 12 communes test 206

Figure 8.1. Matrice spatio-temporelle des aléas naturels à retenir dans la plateforme FR-Alert (modifié d'après Gill & Malamud, 2014) 219
Figure 8.2. Distinction de la solution à privilégier selon la matrice des aléas naturels 219
Figure 8.3. Matrice spatio-temporelle des aléas anthropiques à retenir dans la plateforme FR-Alert (modifié d'après Gill & Malamud, 2014) 220
Figure 8.4. Distinction de la solution selon la matrice des aléas anthropiques 220
Figure 8.5. Arbre d'aide à la décision pour le choix du moyen à utiliser 222
Figure 8.6. Un exemple d'un système d'alerte précoce multicanal et automatisé s'appuyant sur la plateforme FR-Alert face à un risque de rupture glacière dans le Val Montjoie (74) 228
Figure 8.7. Un possible élargissement des modalités d'alerte aux services spécialisés en fonction de la répartition spatio-temporelle des aléas naturels 228
Figure 8.8. Trois exemples schématiques pour illustrer l'approche risque-centrée (les antennes et cellules sont placées fictivement) 230
Figure 8.9. Trois exemples d'approches centrées à l'échelle de bassins de risque (les antennes sont réelles et les cellules ont été estimées *via* la méthode des polygones de Voronoï) 231
Figure 8.10. Deux exemples de diffusions différenciées d'alertes sur un même événement 232
Figure 8.11. Deux choix de diffusion d'alerte selon la localisation des antennes relais et des cellules de télécommunication associée dans le bassin versant du Loup (83) 234
Figure 8.12. Synthèse des sons préférés selon les mises en situation par un échantillon de 757 répondants (modifié d'après Douvinet *et al.*, 2021) 239
Figure 8.13. Préférence des individus sur les acteurs délivrant une alerte en France (résultat issu du questionnaire présenté dans le chapitre 6, n=891) 240
Figure 9.1. Synthèse de l'état des connaissances des 4 dimensions des systèmes d'alerte nationaux d'après les résultats de Sorensen (2000) 246
Figure 9.2. Système d'alerte australien 252
Figure 9.3. Système d'alerte indonésien 252
Figure 9.4. Système d'alerte belge 253
Figure 9.5. Système d'alerte des USA 253
Figure 9.6. Salle de détection des séismes et des tsunamis à l'Agence de Météorologie, de Climatologie et de Géophysique (BMKG pour *Badan Meteorologi, Kimatologi, dan Geofisika*), Jakarta, Indonésie (© Esteban Bopp) 255
Figure 9.7. Schéma organisationnel de l'alerte observé dans les cinq pays du projet *Cap'Alert* 256
Figure 9.8. Chronologie de la mise en place d'un LBAS dans différents pays et causalité avérée ou soupçonnée par rapport à une catastrophe nationale majeure 257
Figure 9.9. Synthèse des résultats du projet *Cap'Alert* sur les quatre dimensions des systèmes d'alerte et leur évolution entre 2000 et 2020 258
Figure 9.10. Les différentes phases de mutation des systèmes d'alerte nationaux appliquées aux cinq pays étudiés dans le projet *Cap'Alert* 261
Figure 9.11. Exemple de deux systèmes d'alerte ; A : système d'alerte précoce déhiérarchisé ; B : exemple d'un système d'alerte déhiérarchisé et intégrant le citoyen comme un acteur à part entière. Les citoyens référents seraient des citoyens volontaires et formés par les institutions et autorisés à diffuser une alerte à la population ; les citoyens témoins sont des citoyens qui constatent les premiers effets d'un danger et qui peuvent prévenir les citoyens référents *via* un canal de communication direct (RSN, application smartphone, site internet…) 265
Figure C.1. Figure de synthèse représentant un système FR-Alert multicanal, multi-échelle et adapté aux contexte 277

Liste des tableaux

Tableau I.1. Population et nombre d'arrêtés de catastrophe naturelle des départements de la région Sud-PACA 16
Tableau 1.1. Dangers associés (ou non) à une alerte d'après la DGSCGC (2013) 25
Tableau 1.2. Les strates administratives de l'alerte en France 36
Tableau 2.1. Nombre de sirènes prévues dans le projet SAIP à l'échelle nationale (modifié d'après Douvinet, 2020 et Vogel, 2017) 49
Tableau 2.2. Nombre de sirènes et communes équipées dans la région Sud-PACA 51
Tableau 2.3. Évolution du nombre de sirènes, de communes équipées, du nombre moyen de sirènes par commune et du taux d'habitants vivant dans une commune équipée lors du passage du réseau RNA au réseau SAIP 55
Tableau 2.4. Nombre d'arrêtés moyens et valeurs du coefficient de corrélation de Spearman entre le nombre d'arrêtés et le nombre de sirènes selon l'équipement des communes de la région Sud-PACA en sirènes RNA ou SAIP 56
Tableau 3.1. Liste des LBAS recensés par pays à l'échelle internationale (en 2020) 82
Tableau 3.2. Relations entre l'IDH et la population couverte par un LBAS (hors application)84
Tableau 4.1. Notation et pondération des paramètres primordiaux 108
Tableau 4.2. Fonctionnalités permettant l'émission d'informations par l'utilisateur 111
Tableau 4.3. Classement des aléas pris en compte sur les 50 applications mobiles étudiées 111
Tableau 4.4. Matrice des corrélations entre les différents indicateurs (rho de Spearman) ..112
Tableau 4.5. Classement des 5 meilleures et 5 moins bonnes applications d'alerte 113
Tableau 4.6. Structures gérantes des applications testées 115
Tableau 4.7. Écarts obtenus suite à la suppression d'un ou de deux indicateurs 118
Tableau 4.8. Valeurs seuils proposées pour chaque indicateur 119
Tableau 4.9. Fourchette de téléchargement de l'échantillon des applications testées d'après les données de GooglePlay 121
Tableau 5.1. Taux d'individu connectant leur smartphone au réseau Wifi de leur domicile (d'après les données du CREDOC (2019)) 131
Tableau 5.2. Taux de possession de smartphone et de téléphone mobile (%) selon l'âge des individus (d'après les données du CREDOC (2018) 131
Tableau 5.3. Taux d'alertabilité, de connectivité et d'équipement pour le CB/LB-SMS et la NP en France 134
Tableau 5.4. Performance des LBAS selon la taille de l'Aire Urbaine (AU) d'appartenance des communes (lorsque les lettres sont différentes, les résultats sont significativement différents) 140
Tableau 5.5. Analyse des résultats des LBAS selon l'appartenance à un point chaud, neutre ou froid par rapport à des facteurs territoriaux et morphologiques 141
Tableau 5.6. Performance des LBAS selon le scénario en région Sud-PACA 142
Tableau 5.7. Résultats de la performance du CB sur la 4G en France métropolitaine selon les types d'aires urbaines 145
Tableau 6.1. Description des hypothèses de recherche du chapitre 6 157
Tableau 6.2. Profils des enquêtés et comparaison aux chiffres nationaux de l'INSEE (2019) 159
Tableau 6.3. Variation significative supérieure (en vert) ou inférieure (en rouge) des indicateurs du TAM revisité par rapport à des facteurs sociaux 163

Tableau 6.4. Variation significative supérieure (en vert) ou inférieure (en rouge) des indicateurs du TAM revisité par rapport à des facteurs territoriaux 164
Tableau 6.5. Statistiques descriptives des notes d'efficacité attribuées par les répondants à chaque moyen d'alerte 165
Tableau 6.6. Synthèse des réponses aux hypothèses sur la variation de l'efficacité perçue des moyens d'alerte traditionnels selon certaines catégories sociales et territoriales (À= hypothèse acceptée ; B = hypothèse rejetée) 166
Tableau 6.7. Coefficient de Gini (I_G) pour les notes d'efficacité de chaque moyen d'alerte et pour les deux catégories de moyen d'alerte 168
Tableau 6.8. Synthèse de différents questionnaires passés entre 2014 et 2019 et posant la question de l'alerte par la téléphonie mobile 170
Tableau 7.1. Données collectées à l'échelle des communes 184
Tableau 7.2. Cinétique des aléas retenus et bases de données utilisées 186
Tableau 7.3. Classification des zones exposées (exemple de lecture : une zone classée TGA+ est peuplée de plus de 10 000 individus séparés en moyenne de moins de 15m de leur voisin le plus proche) 187
Tableau 7.4. Seuils retenus pour dissocier les moyens d'alerte en fonction du profil communal 189
Tableau 7.5. Seuils retenus pour discriminer les moyens d'alerte à l'échelle des zones exposées 191
Tableau 7.6. Adéquation des moyens d'alerte aux différentes catégories des zones exposées selon les choix méthodologiques de l'étape 6 (x = moyen adapté) 191
Tableau 7.7. Adéquation des moyens d'alerte aux profils des 12 communes (*vert = moyen adapté ; gris = moyen non adapté*) 195
Tableau 7.8. Variabilité des zones exposées et des moyens d'alerte pour les 12 communes 197
Tableau 7.9. Variabilité des moyens d'alerte selon les scénarios (ScA et ScB) pour chacune des 12 communes (*vert = moyen adapté ; rouge = moyen non adapté ; gris = moyen non adapté au profil de la commune lors de l'étape 5*) 201
Tableau 7.10. Adéquation des moyens d'alerte aux profils et aux différentes zones exposées des 12 communes (vert = moyen d'alerte adapté au moins à une zone exposée de la commune, gris = moyen d'alerte non adapté à la commune lors du premier tri (étape 4), rouge = moyen adapté a aucune zone exposée de la commune) 202
Tableau 7.11. Vérification entre les moyens recommandés dans ce chapitre et les moyens réellement utilisés par les communes 207
Tableau 7.12. Moyen conseillé (vert), adapté (orange) et non adapté (rouge) pour chaque commune 210
Tableau 8.1. Extrait de la matrice des cas d'usage de FR-Alert (version du 21 février 2021) 215
Tableau 8.2. Proposition d'une liste d'événements pouvant faire l'objet du déclenchement de la plateforme FR-Alert 217
Tableau 8.3. Exemples de différents seuils d'ouverture de la plateforme FR-Alert aux maires selon le nombre d'habitants des communes 224
Tableau 8.4. Caractéristiques des bassins d'alerte selon le type d'entité administrative choisie 235
Tableau 9.1. Fonction et pays des acteurs interviewés 249

Annexe 1 : Classement de performance par département (tableau 1) et par région (tableau 2)

Tableau Ax.1. Performance des LBAS par départements

	CBC/LB-SMS			NP	
Classement	Départements	Performance	Classement	Départements	SC-APP
1	Seine-St-Denis	95,67	1	Seine-St-Denis	78,86
2	Val-d'Oise	95,48	2	Val-d'Oise	78,01
3	Seine-et-Marne	95,30	3	Seine-et-Marne	77,49
4	Val-de-Marne	95,29	4	Val-de-Marne	77,35
5	Hauts-de-Seine	95,26	5	Hauts-de-Seine	77,23
6	Essonne	95,21	6	Essonne	77,11
7	Paris	95,11	7	Paris	76,78
8	Nord	95,09	8	Nord	76,31
9	Haute-Garonne	94,87	9	Haute-Savoie	76,13
10	Yvelines	94,86	10	Haute-Garonne	76,12
11	Oise	94,79	11	Rhône	76,12
12	Rhône	94,77	12	Yvelines	76,11
13	Pas-de-Calais	94,76	13	Oise	76,00
14	Haute-Savoie	94,76	14	Ile-et-Vilaine	75,51
15	Ile-et-Vilaine	94,70	15	Loire-Atlantique	75,42
16	Loire-Atlantique	94,66	16	Pas-de-Calais	75,31
17	Somme	94,61	17	Bas-Rhin	75,20
18	Bas-Rhin	94,55	18	Ain	75,20
19	Bouches-du-Rhône	94,54	19	Isère	74,95
20	Ain	94,49	20	Eure	74,83
21	Seine-Maritime	94,49	21	Marne	74,74
22	Gironde	94,45	22	Gironde	74,70
23	Isère	94,45	23	Seine-Maritime	74,61
24	Eure-et-Loir	94,45	24	Somme	74,47
25	Moselle	94,43	25	Bouches-du-Rhône	74,40
26	Maine-et-Loire	94,36	26	Haut-Rhin	74,35
27	Marne	94,36	27	Moselle	74,33
28	Savoie	94,35	28	Meurthe-et-Moselle	74,33
29	Eure	94,35	29	Maine-et-Loire	74,31
30	Meurthe-et-Moselle	94,35	30	Territoire de Belfort	74,30
31	Territoire de Belfort	94,32	31	Eure-et-Loir	74,16
32	Loiret	94,24	32	Loiret	74,13
33	Calvados	94,18	33	Doubs	74,02
34	Vaucluse	94,07	34	Aisne	74,01
35	Mayenne	94,07	35	Savoie	73,83
36	Indre-et-Loir	94,05	36	Calvados	73,70
37	Sarthe	94,02	37	Cote-d'Or	73,45
38	Vienne	93,99	38	Indre-et-Loir	73,32

Classement	CBC/LB-SMS Départements	Performance	Classement	NP Départements	SC-APP
39	Haut-Rhin	93,99	39	Hérault	73,31
40	Aisne	93,97	40	Vaucluse	73,31
41	Corse-du-Sud	93,92	41	Aube	73,12
42	Hérault	93,92	42	Sarthe	73,06
43	Vendée	93,90	43	Mayenne	72,98
44	Deux-Sèvres	93,90	44	Vienne	72,94
45	Alpes-Maritimes	93,88	45	Puy-de-Dôme	72,90
46	Cote-d'Or	93,87	46	Loire	72,87
47	Doubs	93,82	47	Drôme	72,83
48	Aube	93,78	48	Tarn-et-Garonne	72,62
49	Ardennes	93,78	49	Vendée	72,60
50	Tarn-et-Garonne	93,78	50	Finistère	72,59
51	Pyrénées-Atlantiques	93,73	51	Ardennes	72,55
52	Finistère	93,73	52	Deux-Sèvres	72,46
53	Pyrénées-Orientales	93,72	53	Gard	72,31
54	Loire	93,67	54	Meuse	72,23
55	Landes	93,62	55	Vosges	72,22
56	Loir-et-Cher	93,62	56	Alpes-Maritimes	72,16
57	Hautes-Alpes	93,61	57	Haute-Saône	72,10
58	Drôme	93,60	58	Morbilhan	72,10
59	Haute-Corse	93,58	59	Yonne	71,87
60	Meuse	93,56	60	Jura	71,84
61	Puy-de-Dôme	93,53	61	Hautes-Alpes	71,65
62	Gard	93,48	62	Haute-Marne	71,58
63	Côtes d'Armor	93,45	63	Pyrénées-Atlantiques	71,55
64	Orne	93,44	64	Manche	71,54
65	Manche	93,41	65	Loir-et-Cher	71,51
66	Charente	93,36	66	Corse-du-Sud	71,36
67	Haute-Vienne	93,35	67	Haute-Corse	71,32
68	Haute-Marne	93,35	68	Landes	71,27
69	Vosges	93,33	69	Haute-Vienne	71,26
70	Var	93,33	70	Haute-Loire	71,21
71	Jura	93,32	71	Charente	71,20
72	Charente Maritime	93,31	72	Var	71,19
73	Cher	93,31	73	Cher	71,13
74	Morbilhan	93,24	74	Orne	71,01
75	Hautes-Pyrénées	93,24	75	Saône-et-Loire	70,93
76	Saône-et-Loire	93,20	76	Côtes d'Armor	70,91
77	Allier	93,05	77	Ardèche	70,86
78	Aude	92,92	78	Tarn	70,67
79	Gers	92,89	79	Pyrénées-Orientales	70,64
80	Tarn	92,88	80	Charente Maritime	70,57
81	Yonne	92,84	81	Alpes-de-Hte-Pce	70,48
82	Indre	92,83	82	Aude	70,44

	CBC/LB-SMS			NP	
Classement	Départements	Performance	Classement	Départements	SC-APP
83	Alpes-de-Hte-Pce	92,77	83	Hautes-Pyrénées	70,18
84	Ariège	92,63	84	Lot-et-Garonne	70,18
85	Haute-Saône	92,61	85	Allier	70,01
86	Lot-et-Garonne	92,29	86	Ariège	69,56
87	Corrèze	92,22	87	Gers	69,49
88	Dordogne	92,08	88	Indre	69,39
89	Haute-Loire	91,86	89	Corrèze	69,25
90	Ardèche	91,79	90	Aveyron	68,98
91	Lot	91,39	91	Dordogne	68,69
92	Nièvre	91,38	92	Cantal	68,67
93	Cantal	91,31	93	Nièvre	68,60
94	Aveyron	90,69	94	Lozère	68,36
95	Creuse	90,67	95	Lot	67,78
96	Lozère	86,66	96	Creuse	66,99

Tableau Ax.2. Performance du CBC/LB-SMS par départements

	CBC/LB-SMS	
Classement	Regions	Performance
1	Ile-de-France	95,17
2	Normandie	94,68
3	Hauts-de-France	94,56
4	Centre-Val-de-Loire	94,21
5	Auvergne-Rhône-Alpes	94,10
6	Bourgogne-Franche-Comté	94,02
7	Occitanie	93,99
8	Bretagne	93,98
9	Grand Est	93,79
10	Corse	93,75
11	Nouvelle-Aquitaine	93,69
12	Pays-de-la-Loire	93,03
13	Sud-PACA	92,98

Tableau Ax.3. Performance du CBC/LB-SMS par départements

	NP	
Classement	**Regions**	**Performance**
1	Ile-de-France	77,05
2	Normandie	75,32
3	Hauts-de-France	74,96
4	Bourgogne-Franche-Comté	73,97
5	Centre-Val-de-Loire	73,85
6	Auvergne-Rhône-Alpes	73,64
7	Bretagne	73,42
8	Occitanie	73,38
9	Grand Est	72,98
10	Nouvelle-Aquitaine	72,64
11	Corse	72,44
12	Pays-de-la-Loire	71,76
13	Sud-PACA	70,87

Risques naturels et industriels :

Comment mieux donner l'alerte en 2019

Enquête à destination de toute personne résidant en France âgée de 18 ans et +

Temps estimé : 10 minutes environ

1. Mise en situation

Répondez aux questions suivantes comme si vous étiez réellement en face de la situation présentée sur la photographie (trois situations différentes). Il n'y a pas de bonnes ou de mauvaises réponses, seule votre opinion nous importe.

SITUATION 1 :

Il pleut fortement depuis plusieurs heures sur l'ensemble du département. Vous constatez que la chaussée est inondée. Vous ni personne autour de vous ne semble être en danger pour le moment.

Q1 : Face à cette situation, auriez-vous cherché à informer des personnes sur l'inondation observée ? Oui ; Non. *1 seule réponse possible*

Si oui :

- **Q1a** : **Vers qui en priorité ?** Amis ; Autorités (Maire, Préfet) ; Proches (famille) ; Services de secours ; Autre (précisez). *1 seule réponse possible*
- **Q1b : Comment ?** Appel téléphonique ; Application smartphone dédiée aux situations d'urgence ; SMS ; Réseaux Sociaux (Précisez lequel en priorité) ; Site internet ; Autre (précisez). *1 seule réponse possible*
- **Q1c : Sous quelle forme ?** Transmission vocale ; Texte ; Photo ; Vidéo ; Texte + photo et/ou vidéo ; Autre (précisez). *1 seule réponse possible*

Si non :

- **Q1d : Pour quel motif ?** Pas de moyens de communication ; D'autres personnes ont probablement déjà communiqué sur cette inondation ; Il n'y a pas de danger réel ; Autre (précisez). *1 seule réponse possible*

SITUATION 2 :

Une puissante explosion vient d'avoir lieu au croisement de deux rues. Vous arrivez rapidement sur les lieux. Vous n'êtes pas blessé et aucun ami ou parent n'habite l'une des deux rues concernées.

Q2 : Face à cette situation, auriez-vous cherché à informer des personnes sur cette explosion qui vient de se produire ? Oui ; Non. *1 seule réponse possible*

Si oui :

- **Q2a : Vers qui en priorité ?** Amis ; Autorités (Maire, Préfet) ; Proches (famille) ; Services de secours ; Autre (précisez). *1 seule réponse possible*
- **Q2b : Comment ?** Appel téléphonique ; Application smartphone dédiée aux situations d'urgence ; SMS ; Réseaux Sociaux (Précisez lequel en priorité) ; Site internet ; Autre (précisez). *1 seule réponse possible*
- **Q2c : Sous quelle forme ?** Transmission vocale ; Texte ; Photo ; Vidéo ; Texte + photo et/ou vidéo ; Autre (précisez). *1 seule réponse possible*

Si non :

- **Q2d : Pour quel motif ?** Pas de moyens de communication ; D'autres personnes ont probablement déjà communiqué sur cette explosion ; Il n'y a pas de danger réel ; Autre (précisez). *1 seule réponse possible*

SITUATION 3 :

Vous constatez un départ de feu dans une forêt. Vous n'êtes pas en situation de danger.

Q3 : Face à cette situation, auriez-vous cherché à informer des personnes sur ce départ de feu ? Oui ; Non. *1 seule réponse possible*

Si oui :

- **Q3a : Vers qui en priorité ?** Amis ; Autorités (Maire, Préfet) ; Proches (famille) ; Services de secours ; Autre (précisez). *1 seule réponse possible*
- **Q3b : Comment ?** Appel téléphonique ; Application smartphone dédiée aux situations d'urgence ; SMS ; Réseaux Sociaux (Précisez lequel en priorité) ; Site internet ; Autre (précisez). *1 seule réponse possible*
- **Q3c : Sous quelle forme ?** Transmission vocale ; Texte ; Photo uniquement ; Vidéo uniquement ; Texte + photo et/ou vidéo ; Autre (précisez). *1 seule réponse possible*

Si non :

- **Q3d : Pour quel motif ?** Pas de moyens de communication ; D'autres personnes ont probablement déjà communiqué sur de départ de feu ; Il n'y a pas de danger réel ; Autre (précisez). *1 seule réponse possible*

2. Votre vécu

Q4 : Avez-vous déjà été impacté par un phénomène naturel ou technologique qui vous a mis en danger ? Oui, Non. *1 seule réponse possible*

Si oui :

- **Q4a : Lesquels ?** (Type, date et lieu). *Réponse libre*
- **Q4b : Par qui avez été vous alerté ?** Préfecture, Mairie, Prestataire privé, Employé communal, Service de secours, Voisin, Proche, Autre (précisez), Je n'ai pas été alerté. *Plusieurs réponses possibles*
- **Q4c : Par quel moyen avez-vous été alerté ?** Sirène, Mégaphone, panneau à message variable, appel téléphonique officiel, appel téléphonique d'un proche, SMS, mail, application smartphone officielle de votre commune ou de votre pays, autre

application smartphone non-officielle, boîtier alerte, de vive-voix, aucun, autre (précisez). *Plusieurs réponses possibles*

Q5 : Selon-vous, qui est chargé de vous alerter en cas de phénomène dangereux ? Préfecture, Maire, Prestataire privé, Voisin, Proche, Autre, NSP. *Plusieurs réponses possibles*

Q6 : La façon dont vous êtes alertés vous satisfait-elle ? Oui, Non, Je ne me suis jamais posé la question. *1 seule réponse possible*

Q6a : Si non, Pourquoi ? *Réponse libre*

Q7 : Selon-vous, par qui aimeriez-vous être alerté ? Préfecture, Maire, Prestataire privé, Voisin, Proche, Autre (précisez), NSP. *Plusieurs réponses possibles*

Q8 : Selon-vous, attribuez une note d'efficacité aux moyens d'alerte suivants (1 = pas du tout efficace ; **10 = très efficace)**

Appel téléphonique		Panneaux lumineux	
Application smartphone dédiée		Porte-à-porte	
Mail (sur ordinateur ou smartphone)		SMS géolocalisé	
Mégaphone		Sirène	
Message interruptif sur téléphone (différent de SMS)		Tocsin (cloche de l'église)	
Objet connecté			

3. Le numérique et vous

Q9 : Possédez-vous un smartphone ? Oui, Non. *1 seule réponse possible*

Si oui :

- **Q9a : Fréquence de connexion à l'Internet via le smartphone ?** Plusieurs fois par jour, au moins une fois par jour, quelques fois par semaine, très rarement, jamais. *1 seule réponse possible*

Q10 : Possédez-vous un ou plusieurs objet(s) connecté(s) pouvant vous localiser (smartphone compris) ? Oui, Non. *1 seule réponse possible*

Si oui :

4. **Q10a, le(s)quel(s) ?** *Réponse libre*

Si non :

- **Q10b, pourquoi n'en avez-vous pas ?** Pas l'intérêt, pas de réseau, trop cher, pas confiance, autre (précisez). *Plusieurs réponses possibles*

Q11 : Quel est votre opérateur téléphonique ? Free, Orange, Bouygues, SFR, Autre (précisez), NSP. *1 seule réponse possible*

Q12 : Quel est votre fournisseur Internet ? Free, Orange, Bouygues, SFR, Autre (précisez), NSP. *1 seule réponse possible*

5. L'alerte numérique

Q13 : Seriez-vous favorable à une alerte à travers des moyens d'alerte connectés (téléphones et smartphones compris) et qui localisent les individus en temps réel ? Oui ; Non. *1 seule réponse possible*

Si non :

- **Q13a Pourquoi ?** *Réponse libre*

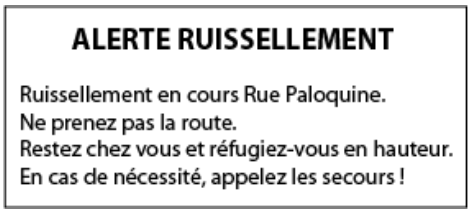
Q14 : Pour recevoir une alerte sur votre smartphone, vous préférez : Recevoir automatiquement des messages d'alerte ; Télécharger une application smartphone dédiée à l'alerte ; Je ne souhaite pas recevoir d'alerte par téléphone. *1 seule réponse possible*

Q15 : Selon-vous, quels seraient les trois types d'objets connectés les plus efficaces pour délivrer une alerte ? (Classez par ordre de préférence : 1, 2 et 3).

Smartphone	
Objet de la voiture connectée (tableau de bord, GPS)	
Objet porté (montre connectée, lunette, objet pour les suivis de santé)	
Objet de la maison connectée (Télévision, thermomètre, réfrigérateur, assistant personnel…)	
Objet de la smart-city (écran public, capteurs, panneau publicitaire…)	

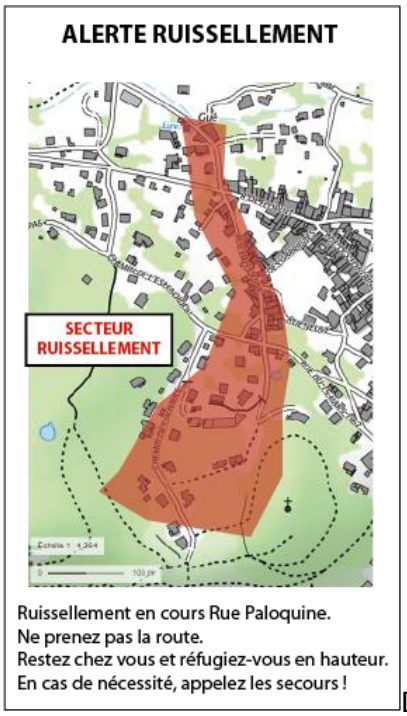
Q16 : Parmi ces messages d'alerte, lequel est le plus adapté selon-vous en cas de danger réel ? A, B ; C ; D. *1 seule réponse possible*

A



B

C



D

Q17. Vous recevez sur votre smartphone ou votre téléphone le message suivant

Quelle est la première chose que vous faites ? J'applique immédiatement les consignes ; Je me renseigne davantage en écoutant Alerte FM ; Je me renseigne davantage sur d'autres médias ; Je contacte mes proches pour savoir s'ils sont en sécurité ; Je vais chercher mes enfants à l'école ; Je poursuis mes activités ; Autre (libre). *1 seule réponse possible***.**

Q18 : En cas d'alerte, vers quels médias vous tourneriez-vous pour vous informer sur la situation ? Site Internet, Télévision, Radio locale, Voisins ou proches, Réseaux Sociaux, Autre (précisez). *Plusieurs réponses possibles*

Q19 : Quel est, selon-vous, le réseau social le mieux adapté pour diffuser une alerte ? Aucun, Facebook, Instagram, Linkedin, Reddit, Snapchat, Tumblr, Twitter, Whatsapp, Youtube, Autre (précisez). *1 seule réponse possible*

Q20 : Si vous deviez communiquer en pendant un événement dangereux, quels moyens utiliseriez-vous en priorité en fonction des différents interlocuteurs (cochez) ? Cocher au moins un moyen par interlocuteur, plusieurs réponses possibles

Moyens	Famille	Amis	Autorités	Services de secours
SMS				
Appel téléphonique				
Application smartphone				
Mail				
Site Internet dédié aux situations d'urgence				
Objet connecté				
Réseau social				
Autre				

Si Autre, précisez…… ……

Q21 : Diriez-vous que vous avez confiance en les outils connectés durant une alerte ? *Oui, non*. 1 seule réponse possible.

6. Identité

Q22 : Quel est votre sexe ? Femme ; Homme ; Autre. *1 seule réponse possible*

Q23 : Quel est votre âge ? *Réponse libre*

Q24 : Quelle est votre catégorie socio-professionnelle ? Agriculteur exploitant ; Artisan, commerçant, chef d'entreprise ; Cadres et profession intellectuelles sup. ; Profession intermédiaire (infirmier, instituteur, agent de maîtrise…) ; Employés ; Ouvrier ; Retraités ; Etudiants ; Autre personnes sans activité professionnelle. *1 seule réponse possible*

Q25 : Votre niveau d'étude ? Sans diplôme ou Brevet des collèges ; BEP ou CAP ; Baccalauréat général, technologique ou professionnel ; Diplôme de niveau Bac + 2 ; Diplôme du second ou troisième cycle universitaire. *1 seule réponse possible*

Q26 : Votre commune de résidence (précisez le code postal) : *Réponse libre*

Annexe 3 : Résultats des tests statistiques sur l'efficacité perçue des moyens d'alerte

Tableau A.1. Analyse de la variance entre l'efficacité perçue et les classes d'âges (deux résultats d'une même ligne ayant des lettres différentes sont significativement différents)

Classe d'âge	ANOVA	18-24	25-39	40-54	55-64	65+
Effectif		140	328	249	122	51
CBC	F=4,10 P=0,002** Df=4	a 9,16	a 8,97	a 8,89	b 8,34	b 8,10
AAT	F=0,65 P=0,622 df=4	a 7,82	a 7,68	a 7,73	a 7,81	a 8,29
AS	F=1,87 P=0,113 df=4	a 6,82	a 6,33	a 6,90	a 6,95	a 6,79
Email	F=12,69 P<2e-16 *** df=4	a 3,35	ab 3,71	a 3,57	b 4,65	b 5,80
EMA	F=2,01 P=0,090 df=4	a 5,21	a 5,57	a 5,50	a 6,19	a 5,97
CC	F=2,97 P=0,810 df=4	a 5,06	a 4,78	a 4,69	a 4,88	a 4,94
PAP	F=0,93 P=0,447 df=4	a 6,91	a 7,15	a 7,14	a 7,23	a 7,80
PMV	F=2,39 P=0,05* df=4	ab 6,13	a 6,54	b 5,97	ab 6,25	ab 5,81
Sirène	F=2,37 P=0,051 df=4	a 8,28	a 8,15	a 7,72	a 7,70	a 8,28
SMS	F=2,42 P=0,047* df=4	ab 7,71	ab 7,94	a 7,97	b 7,40	b 7,10
Tocsin	F=4,19 P=0,002** df=4	a 5,03	a 5,61	a 5,21	ab 5,82	b 7,04

Tableau A.2. Test de student de l'efficacité perçue des moyens d'alerte selon le type de CSP et le fait d'avoir vécu, ou non, une catastrophe

	Test T Student	CSP +	CSP -	Test T Student	Vécu catastrophe	Non vécu catastrophe
Effectif		466	421		233	657
CBC	T=0,59 P=0,554 Df=830,3	a 8,89	a 8,81	T=-2,12 P=0,035* Df=297,2	a 8,55	b 8,95
AAT	T=-1,02 P=0,310 Df=863,6	a 7,69	a 7,87	T=0,164 P=0,897 Df=394,8	a 7,78	a 7,76
AS	T=-0,69 P=0,491 Df=794,5	a 6,61	a 6,74	T=-1,15 P=0,25 Df=353,4	a 6,48	a 6,74
Email	T=0,42 P=0,677 Df=828,5	a 3,88	a 3,81	T=-0,44 P=0,658 Df=398,1	a 3,79	a 3,87
EMA	T=0,87 P=0,383 Df=798,8	a 5,69	a 5,52	T=1,70 P=0,090 Df=380,11	a 5,88	a 5,49
CC	T=-1,17 P=0,775 Df=726,0	a 4,72	a 4,95	T=-0,47 P=0,638 Df=336,2	a 4,75	a 4,86
PAP	T=-0,61 P=0,543 Df=840,0	a 7,11	a 7,23	T=-1,2 P=0,231 Df=360,84	a 6,96	a 7,23
PMV	T=-1,72 P=0,086 Df=826,7	a 6,12	a 6,41	T=0,45 P=0,650 Df=378,8	a 6,30	a 6,22
Sirène	T=-2,45 P=0,014* Df=828,4	a 7,83	b 8,21	T=-0,20 P=0,842 Df=377,4	a 7,97	a 8,01
SMS	T=1,50 P=0,133 Df=829,3	a 7,91	a 7,66	T=-0,15 P=0,878 Df=364,7	a 7,78	a 7,81
Tocsin	T=-2,21 P=0,028* Df=793,0	a 5,31	b 5,80	T=-0,26 P=0,792 Df=355,3	a 5,46	a 5,53

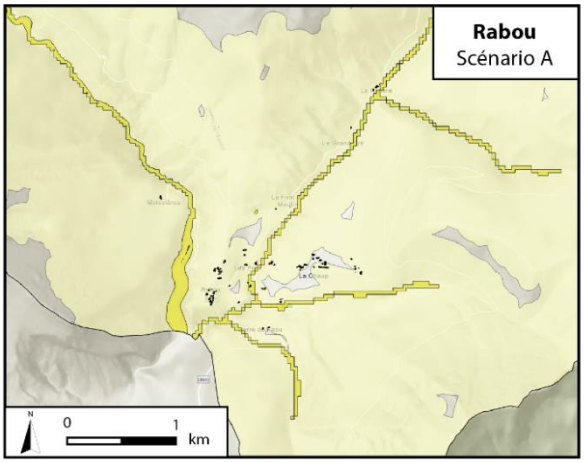
Tableau A.3. Analyse de la variance entre l'efficacité perçue et le niveau de diplôme des répondants

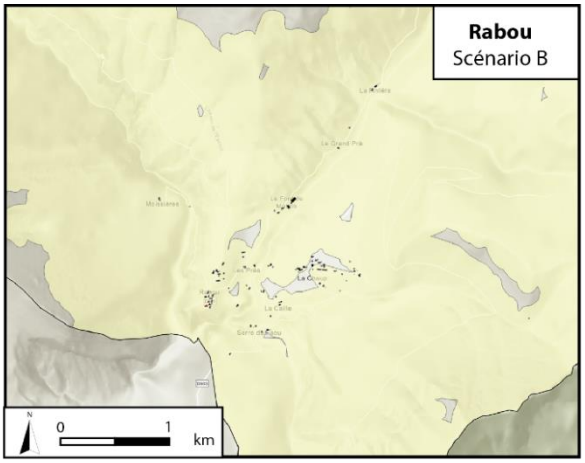
	ANOVA	Sans dipl	Bac	BEP / CAP	Bac +2	Bac +5
Effectif		19	41	113	155	522
CBC	F=2,25 P=0,062 Df=4	a 8,42	a 9,25	a 9,03	a 9,06	a 8,70
AAT	F=1,90 P=0,109 Df=4	a 6,12	a 7,81	a 7,98	a 7,95	a 7,76
AS	F=2,44 P=0,045* Df=4	ab 6,50	a 7,38	ab 6,39	ab 6,89	b 6,50
Email	F=1,16 P=0,328 Df=4	a 4,00	a 3,50	a 3,83	a 3,60	a 3,97
Mégaph.	F=3,06 P=0,016* Df=4	a 4,13	a 4,94	b 6,32	b 5,63	b 5,68
OC	F=4,87 P=0,001** df=4	a 5,69	a 5,37	a 6,11	b 4,91	b 4,52
PAP	F=3,94 P=0,004** Df=4	a 5,00	b 7,15	c 8,22	b 7,15	b 7,16
PMV	F=2,09 P=0,081 Df=4	a 6,06	a 6,49	a 7,16	a 6,06	a 6,15
Sirène	F=1,15 P=0,333 Df=4	a 7,38	a 8,26	a 7,68	a 8,18	a 7,92
SMS	F=0,418 P=0,796 Df=4	a 7,53	a 7,91	a 7,39	a 7,87	a 7,80
Tocsin	F=0,30 P=0,876 Df=4	a 5,13	a 5,38	a 6,00	a 5,52	a 5,47

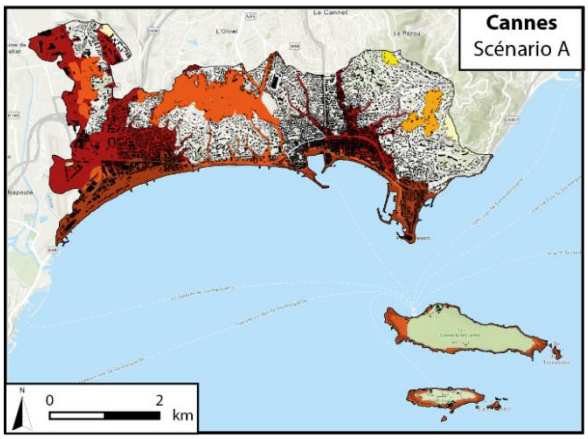
Tableau A.4. Analyse de la variance entre l'efficacité perçue et le type d'aire urbaine d'appartenance des répondants

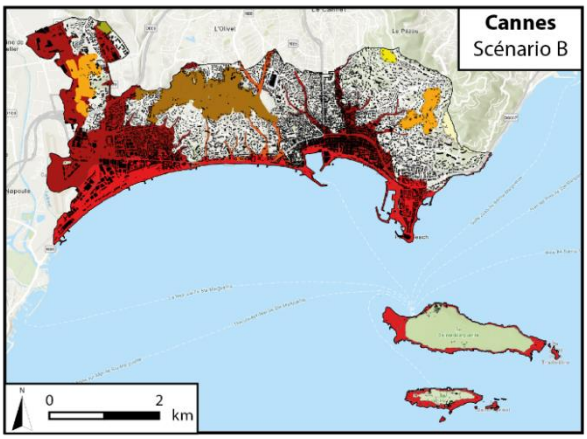
Moyen d'alerte	ANOVA	Hors AU	AU < 100 000 hab.	100 000 < AU < 500 000 hab.	AU > 500 000 hab.	Corrélation habitants
Effectif		105	128	124	447	
CBC	F=2,10 P=0,092 Df=3	a 8,46	a 9,09	a 9,03	a 8,83	Non significative
AAT	F=1,47 P=0,221 Df=3	a 8,21	a 7,78	a 7,78	a 7,66	Non significative
AS	F=2,98 P=0,031* Df=3	ab 6,91	a 6,43	b 7,33	ab 6,52	-0,08 P=0,023
Email	F=4,36 P=0,004** Df=3	a 4,46	b 3,44	ac 4,19	bc 3,73	Non significative
EMA	F=1,22 P=0,303 Df=3	a 5,79	a 5,38	a 5,98	a 5,51	Non significative
CC	F=0,69 P=0,557 Df=3	a 4,64	a 4,82	a 5,17	a 4,78	Non significative
PAP	F=1,94 P=0,122 Df=3	a 7,71	a 6,89	a 7,17	a 7,10	Non significative
PMV	F=5,24 P=0,001** Df=3	a 5,94	a 5,69	a 5,98	b 6,50	Non significative
Sirène	F=0,40 P=0,756 Df=3	a 8,15	a 8,06	a 8,08	a 7,93	0,09 P=0,007
SMS	F=0,23 P=0,233 Df=3	a 7,51	a 7,67	a 8,13	a 7,81	Non significative
Tocsin	F=3,60 P=0,013* Df=3	a 6,38	b 5,12	b 5,25	b 5,48	Non significative

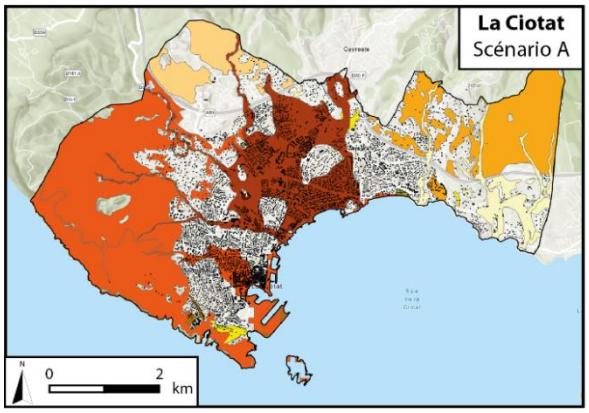
Annexe 4 : Cartographie et caractéristiques des zones exposées pour les douze communes

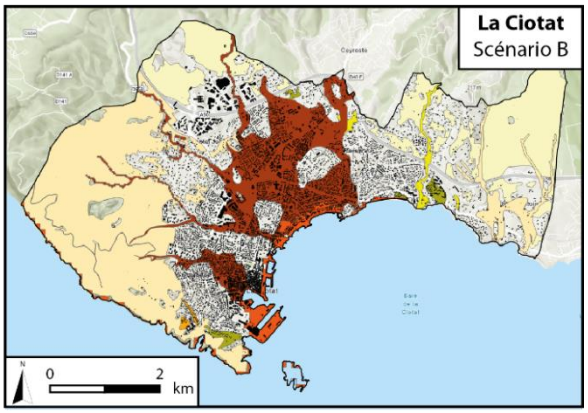




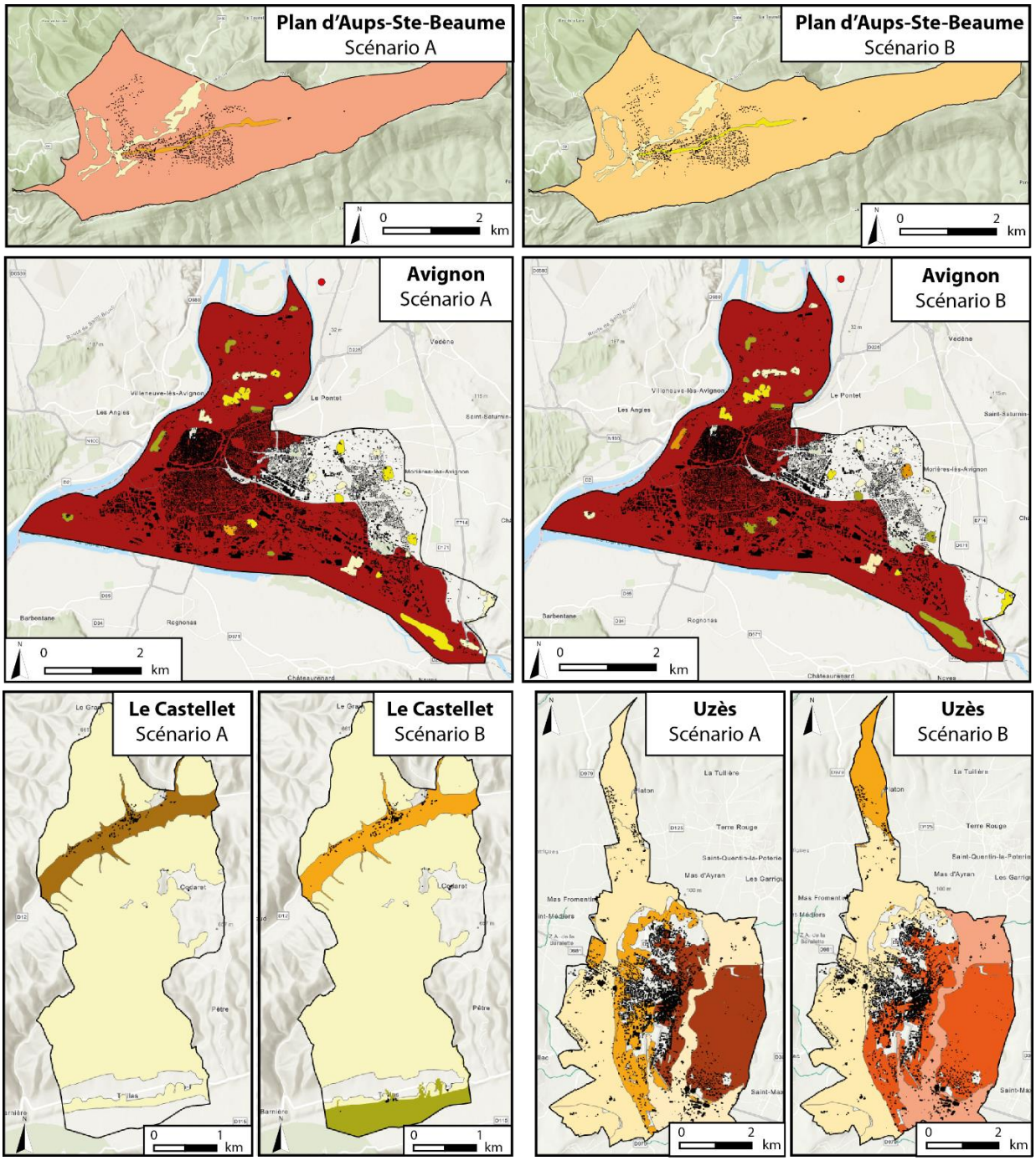




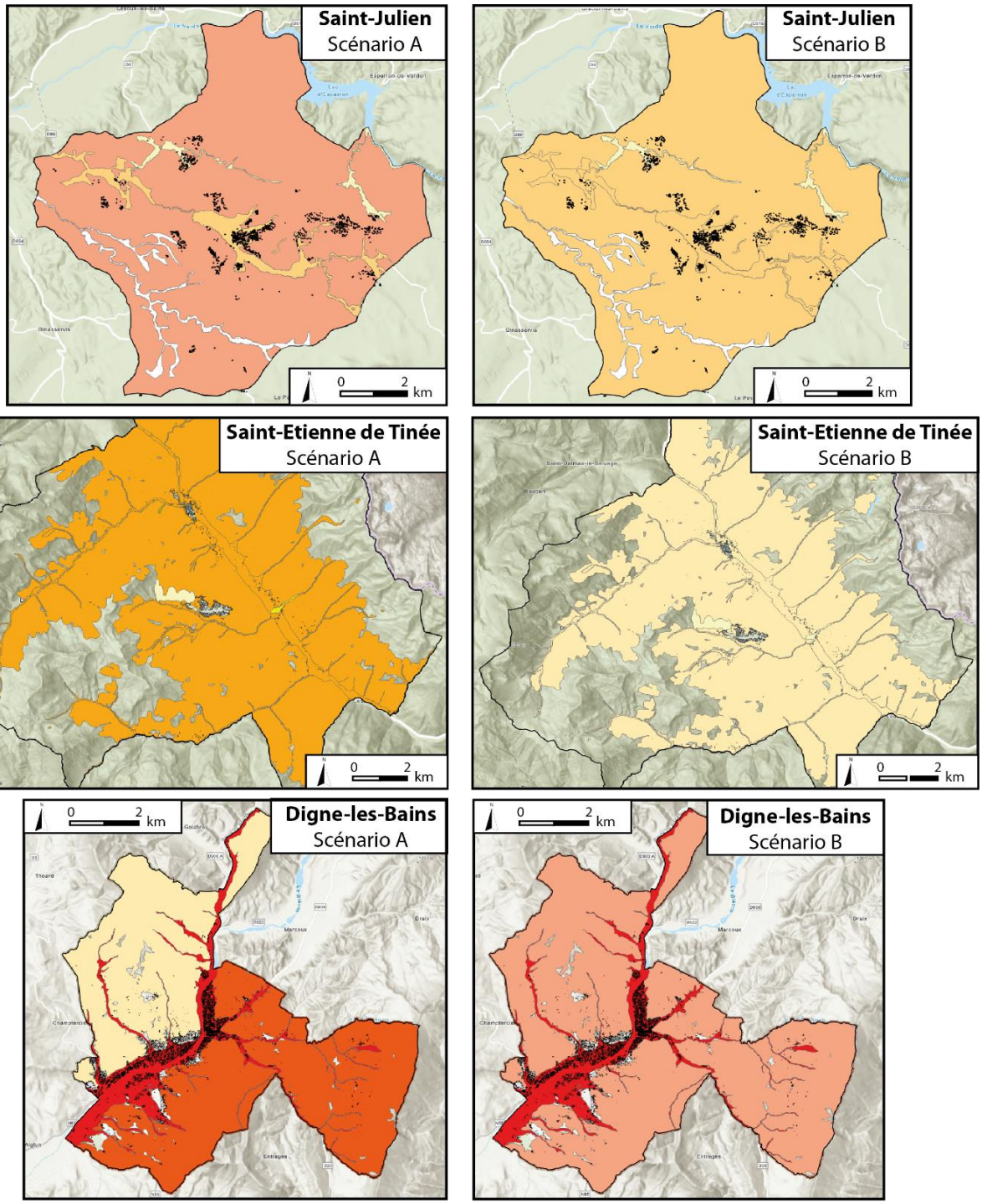




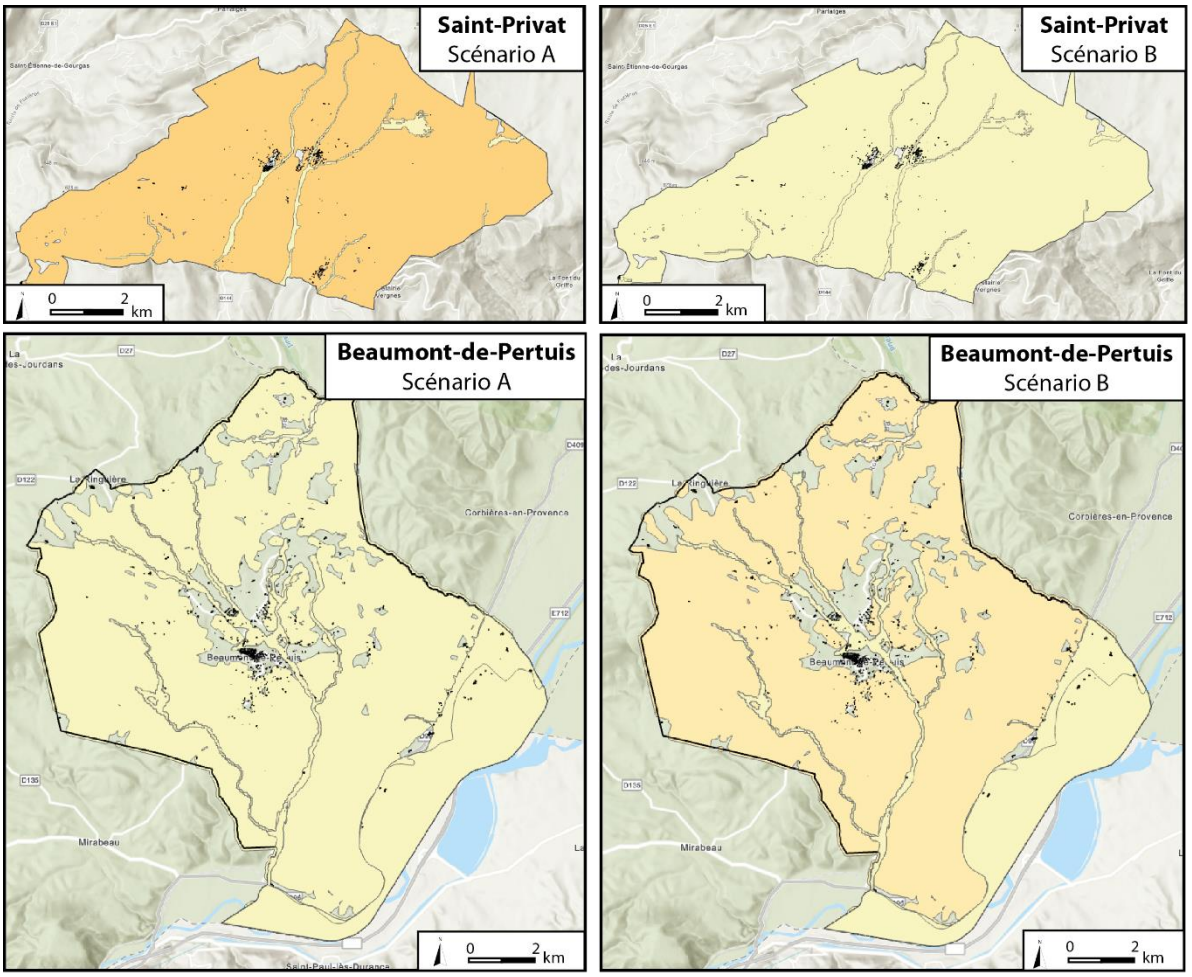
		Individus à alerter			
		Très grand (TG) > 10 000	**Grand (G)** [1 000 – 10 000]	**Faible (F)** [100 – 1 000[	**Très faible (TF)** <100
Niveau d'agrégation	**A+** <15m Très agrégé	**TGA+** Très grand, très agrégé	**GA+** Grand, très agrégé	**FA+** Faible, très agrégé	**TFA+** Très faible, très agrégé
	A [15-25m] Moyennement agrégé	**TGA** Très grand, moy. agrégé	**GA** Grand, moy. agrégé	**FA** Faible, moy. agrégé	**TFA** Très faible, moy. agrégé
	A- >25m Dispersé	**TGA-** Très grand, dispersé	**GA-** Grand, dispersé	**FA-** Faible, dispersé	**TFA-** Très faible, dispersé



		Individus à alerter			
		Très grand (TG) > 10 000	**Grand (G)** [1 000 – 10 000]	**Faible (F)** [100 – 1 000[	**Très faible (TF)** <100
Niveau d'agrégation	**A+** <15m Très agrégé	**TGA+** Très grand, très agrégé	**GA+** Grand, très agrégé	**FA+** Faible, très agrégé	**TFA+** Très faible, très agrégé
	A [15-25m] Moyennement agrégé	**TGA** Très grand, moy. agrégé	**GA** Grand, moy. agrégé	**FA** Faible, moy. agrégé	**TFA** Très faible, moy. agrégé
	A- >25m Dispersé	**TGA-** Très grand, dispersé	**GA-** Grand, dispersé	**FA-** Faible, dispersé	**TFA-** Très faible, dispersé



		Individus à alerter			
		Très grand (TG) > 10 000	**Grand (G)** [1 000 – 10 000]	**Faible (F)** [100 – 1 000[	**Très faible (TF)** <100
Niveau d'agrégation	**A+** <15m Très agrégé	**TGA+** Très grand, très agrégé	**GA+** Grand, très agrégé	**FA+** Faible, très agrégé	**TFA+** Très faible, très agrégé
	A [15-25m] Moyennement agrégé	**TGA** Très grand, moy. agrégé	**GA** Grand, moy. agrégé	**FA** Faible, moy. agrégé	**TFA** Très faible, moy. agrégé
	A- >25m Dispersé	**TGA-** Très grand, dispersé	**GA-** Grand, dispersé	**FA-** Faible, dispersé	**TFA-** Très faible, dispersé



		Individus à alerter			
		Très grand (TG) > 10 000	**Grand (G)** [1 000 – 10 000]	**Faible (F)** [100 – 1 000[	**Très faible (TF)** <100
Niveau d'agrégation	**A+** <15m Très agrégé	**TGA+** Très grand, très agrégé	**GA+** Grand, très agrégé	**FA+** Faible, très agrégé	**TFA+** Très faible, très agrégé
	A [15-25m] Moyennement agrégé	**TGA** Très grand, moy. agrégé	**GA** Grand, moy. agrégé	**FA** Faible, moy. agrégé	**TFA** Très faible, moy. agrégé
	A- >25m Dispersé	**TGA-** Très grand, dispersé	**GA-** Grand, dispersé	**FA-** Faible, dispersé	**TFA-** Très faible, dispersé

Annexe 5 : Grille d'entretiens auprès des acteurs des cinq pays du projet Cap'Alert

Thématiques	Questions à poser	Relances ou compléments
Objectifs organisationnels (***Cela sert à quoi ?***)	Quels sont les objectifs de l'alerte à la population ? Quels sont les résultats attendus ? Sur quelle temporalité est-elle adaptée ? Quelles sont les actions réalisées en amont ? Quelles sont les actions réalisées en aval ? (évacuation, confinement)	Qu'attend-on en termes de comportements ? De la part de qui ? Ces attentes sont-elles claires (explicites) au moment de l'alerte ?
Structure (division du travail) ***(qui fait quoi ?)***	Quels sont les services et les acteurs impliqués ? Quel est le processus de validation ? Qui reçoit et analyse l'information montante ? Qui déclenche l'alerte descendante ? Qui valide l'activation auprès du public ?	Quels sont les maillons de la chaîne qui sont indispensables ? Ceux dont on pourrait se passer (et dans quels cas) ? Ceux qui peuvent être gênants (en termes de rapidité des procédures par exemple) ?
Techniques ***(comment ?)***	Quels sont les outils habituellement utilisés ? Pour quels phénomènes sont-ils pertinents ? Les avez-vous utilisés, et si oui, pourquoi et dans quelle temporalité ? Quels sont les outils dont vous auriez besoin ? Qui gère la mise en œuvre des outils (coût, investissement) ?	Comment se fait le choix des outils ? Peut-on (doit-on) utiliser les mêmes outils quelle que soit l'alerte à donner ?
Culture opérationnelle ***(selon quel référentiel ?)***	Quelle est l'efficacité des outils à votre disposition ? Quelles sont les conditions d'appropriation des outils par les utilisateurs et les destinataires ? Quels sont les éléments qui vous amènent à prendre la décision d'alerter ? A quel moment avez-vous la conviction que c'est une « bonne » décision ? Pourquoi est-ce le « bon » moment ?	Les outils tiennent-ils compte de la diversité des utilisateurs et des publics ? Comment ? Est-ce suffisant ?
Alerte idéale ? ***(vision prospective)***	Comment pallier les carences techniques ? Comment pallier les carences organisationnelles ? Quelles sont les menaces / dangers à venir les plus importants ?	Le système actuel vous semble-t-il idéal ? Si non, d'après votre expérience, que préconiseriez-vous pour l'améliorer ? Y a-t-il des points de blocage ? Où se situent-ils ?