



HAL
open science

Les sirènes sont-elles pertinentes pour alerter la population en cas de crues rapides en France ?

Johnny Douvinet, Béatrice Gisclard, Gilles Martin, Freddy Vinet, Esteban Bopp, Delphine Grancher, Mathieu Coulon, Cyrille Genre-Grandpierre

► To cite this version:

Johnny Douvinet, Béatrice Gisclard, Gilles Martin, Freddy Vinet, Esteban Bopp, et al.. Les sirènes sont-elles pertinentes pour alerter la population en cas de crues rapides en France ?. La Houille Blanche - Revue internationale de l'eau, 2019. hal-02398124

HAL Id: hal-02398124

<https://hal.science/hal-02398124>

Submitted on 6 Dec 2019

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.

LES SIRENES SONT-ELLE PERTINENTES EN FRANCE POUR ALERTE LA POPULATION EN CAS DE CRUES RAPIDES ?

Johnny DOUVINET¹, Béatrice GISCLARD¹, Gilles MARTIN², Freddy VINET³, Esteban BOPP¹,
Delphine GRANCHER⁴, Mathieu COULON¹, Cyrille GENRE-GRANDPIERRE¹

(1) Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, UMR ESPACE, johnny.douvinet@univ-avignon.fr, beatrice.gisclard@univ-avignon.fr, esteban.bopp@univ-avignon.fr, mathieu.coulon@univ-avignon.fr, cyrille.genre-grandpierre@univ-avignon.fr

(2) Atrisc, 123 rue des 3 épis, 68230 Katzenthal, gilles.martin@atrisc.com

(3) Université Montpellier III, UMR GRED IRD, freddy.vinet@univ-montp3.fr

(4) Laboratoire de Géographie Physique, UMR8591 CNRS-Université Paris 1 Panthéon Sorbonne –UPEC, 1 place A. Briand 92195 Meudon, Delphine.GRANCHER@ljp.cnrs.fr

Depuis 1954, sous couvert d'une défense passive post-Second Guerre Mondiale, et pour pallier les défaillances d'utilisation des *tocons* des églises pendant les inondations de 1930, l'État a déployé en France le RNA (Réseau National d'Alerte), composé essentiellement de sirènes. Le signal associé était destiné à interrompre toutes les activités sociales, et il était censé induire un comportement « approprié » de la part des autorités et des habitants concernés pour face à un danger, quelle qu'en soit la nature. Mais au fil des années, le RNA est devenu désuet et vieillissant et dans la majorité des cas, l'hésitation et les incertitudes sur les évolutions attendues des aléas en cours conduisent plus les autorités à une inaction plus qu'à une réelle réactivité. Pour autant, les sirènes restent l'outil prioritaire en France, et le nouveau système SAIP (*Système d'Alerte et d'Information de la Population*), dont l'opérationnalité est attendue pour 2022, conforte la priorité actée par les gouvernements à un tel vecteur. Cet article a alors pour but d'évaluer la pertinence de ce choix, éminemment politique, notamment pour l'alerte à la population en cas de crues rapides. Après avoir rappelé le contexte institutionnel, les avantages et limites de l'alerte par sirènes, nous avons mesuré la pertinence du réseau actuel dans le Vaucluse, en montrant notamment l'inadéquation de la localisation des sirènes par rapport aux zones à risque, et plusieurs axes d'amélioration des systèmes d'alerte sont proposés, en mesurant notamment les bénéfices à attendre d'une relocation des sirènes.

MOTS CLEFS : alerte, inondation, vecteurs, communication, population

Do the sirens are useful to alert the populations during flash floods?

After different failures observed in the use of church toms for alerting the population during the early 1930 and under a passive defense following the Second World War, the French government have decided to deploy the National Alert Network (NAN) since 1954. The signal sent by the sirens was intended to interrupt all the social activities, and the sound was likely to induce “adapted” behavior by the concerned authorities but also by the inhabitants. However, the NAN remains often not used to alert population, as recalled after the flash floods observed in the Aude basin river the 2018, October, 15th. Thus, this article involves to a further assessment and evaluation of supports and drawbacks of the NAN face to flash floods. Results obtained in the department of Vaucluse confirms that most of the sirens are not located in sensitive areas, thus we cannot hope to use such notifications for alerting the populations. Several improvements are explored, namely because the government has decided to replace this NAN with a new system, SAIP (*System of Alert and Information for the Population*), whose deployment began at the metropolitan scale in 2017 and whose operationality is expected for 2022.

KEY WORDS : alert, floods, communication tools, inhabitants.

I PREVISION, ALERTE, VIGILANCE : QUELQUES RAPPELS TERMINOLOGIQUES

En France, l' « alerte » correspond, au sens de la sécurité civile, à la diffusion par les services de l'État d'un signal destiné à alerter des individus, des institutions et/ou des entreprises, face à l'imminence ou la survenue d'un danger susceptible de porter atteinte à leur intégrité physique (DGSCGC, 2013). Étant donné la gravité des situations que l'alerte annonce et les responsabilités induites (l'auteur d'une alerte intempestive ou mal dimensionnée peut par exemple être sanctionné par une peine de deux ans d'emprisonnement et de 30 000 € d'amende ; Douvinet, 2018), les services de l'État et ses représentants aux échelles locales (maires et préfets)

52 sont les seuls habilités pour administrer cette alerte. Le signal envoyé peut être accompagné d'un message
53 d'information (pour rendre le signal d'une sirène plus explicite par exemple), qui appelle à des réactions les
54 plus adéquates possibles de la part des autorités (pour assurer la sécurité des biens et des personnes), mais
55 aussi de la part des individus (qui sont supposés prendre des réflexes de sauvegarde, comme se mettre hors
56 d'eau, couper l'électricité et le gaz, appeler ses parents et ses proches sans saturer les lignes téléphoniques, ou
57 ne pas aller chercher ses enfants à l'école lors d'inondations par exemple). L'alerte naît sur fond de veille, de
58 surveillance, de vigilance ou d'avertissement. Aussi, elle présuppose l'activation de réflexes supposés acquis
59 (grâce à des expériences passées ou grâce à des ateliers de mise en situation ou des exercices d'entraînement)
60 pour faire face à un phénomène en train de se produire ou à son éventualité.

61 Concept lié à l'alerte tout en étant différent, la « vigilance » est utilisée en France depuis les événements
62 catastrophiques de l'année 1999 (inondations de l'Aude, tempêtes Lothar et Martin). L'idée de départ était de
63 diffuser une information conjointe aux autorités et aux citoyens, en suivant 4 niveaux de gravité (vert, jaune,
64 orange, rouge), de façon à inciter tout un chacun à prendre des précautions avant l'apparition du phénomène.
65 Elle a d'abord été instaurée dès 2001 à travers la vigilance météorologique, avant de devenir une vigilance
66 hydrométéorologique en 2006 (Kharroubi, 2013) suite au « syndrome » de Nîmes : le 17 novembre 2005, la
67 vigilance météorologique était rétrogradée de rouge à orange (baisse des intensités des pluies) alors que les
68 cours d'eau commençaient à peine à réagir, ce manque de lien entre niveaux de pluies et réaction différée des
69 bassins (lié au temps de transfert) ayant entraîné la diffusion d'information non adaptées à la crise.

70 Aujourd'hui, le suivi hydrologique est assuré par Météo France et par le SCHAPI, qui surveillent 22 300
71 km de linéaire de cours d'eau, soit 1/6 des tronçons supérieurs à 1 m de largeur sur l'ensemble du territoire
72 national. La vigilance est établie à une échelle départementale, car les intensités des pluies restent difficiles à
73 prévoir aux échelles fines (Braud *et al.*, 2014 ; Vincendon *et al.*, 2016). Cette vigilance vient répondre à une
74 gestion territoriale de la sécurité encadrée par les préfets, et la vigilance a démontré toute sa pertinence lors
75 d'événements de grande ampleur durant la première décennie du XXIème siècle (comme par exemple lors
76 des crues des Gardons en 2002, du Rhône en 2003). Elle a aussi montré des faiblesses, comme lors de crues
77 soudaines catastrophiques par exemple à Nivelles en 2007, à Sainte-Maxime en 2008, à Draguignan en 2010,
78 à Cannes en 2015 ou dans l'Aude en 2018, avec des dizaines de victimes recensées malgré la diffusion de
79 bulletins météorologiques de vigilance en amont. La vigilance orange semble par exemple peu coercitive (car
80 trop banalisée ?), contrairement à la vigilance rouge, alors que c'est pendant les phases de vigilance orange
81 que surviennent la majorité des décès liés à des inondations en France (Boissier, 2013).

82 Prévisions, vigilance et alerte renvoient donc à des concepts différents en France, avec des responsabilités
83 qui ne relèvent pas des mêmes acteurs, qui agissent dans des temporalités différentes, et il faut donc éviter de
84 confondre ces termes (alors même que les médias relaient fréquemment des alertes « rouge » ou « orange »).

85

86 II POURQUOI QUESTIONNER L'ALERTE PAR SIRENES ?

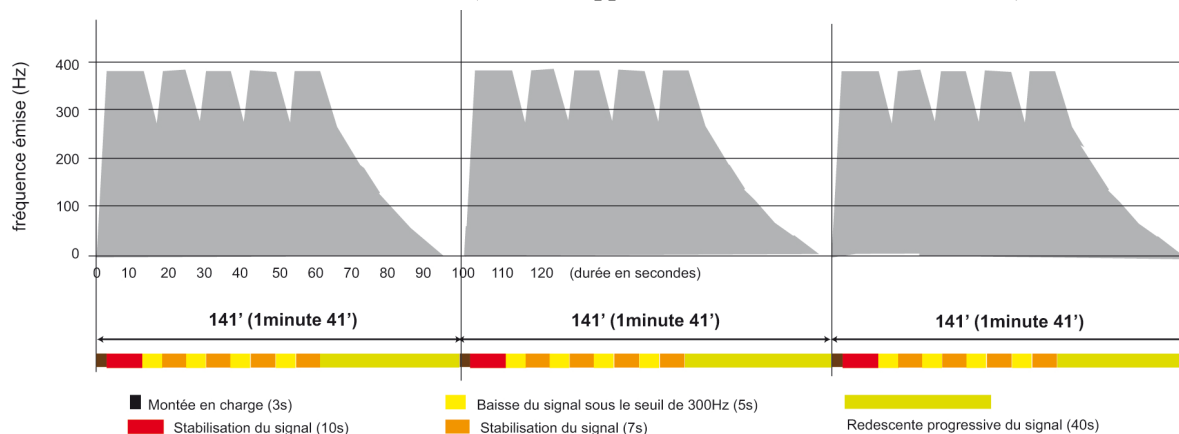
87 II. 1. Un outil d'alerte prioritaire en France

88 Depuis le début du Moyen Âge (voire depuis l'Antiquité si l'on tient compte du fait que les guetteurs de la
89 Rome Antique faisaient sonner des cloches pour prévenir des feux), l'administration assume la responsabilité
90 de signaler tout incident pouvant menacer l'intégrité physique des biens et/ou des personnes. Un tel pouvoir
91 incombait notamment aux paroisses, et le curé était le seul habilité à engager le déclenchement du *tocsin*. La
92 cloche des églises était ainsi frappée et mise en branle selon un rythme soutenu (60 coups par minutes), et
93 certaines cloches étaient même réservées au feu. La plus connue d'entre elles était le « braillard », plus large,
94 ayant une sonorité plus discordante et une portée sonore théorique de près de 40 km. En fonction du danger,
95 le tocsin pouvait sonner de 5 à 10 minutes (incendies), ou plus longtemps face aux invasions : en 1914, les
96 cloches ont par exemple sonné pendant plus d'une heure sur plusieurs communes pour avertir le maximum
97 de personnes, même les plus éloignées (Douvinet, 2018). La direction du sinistre pouvait aussi être indiquée
98 dans certaines localités (par des coups de cloches spécifiques ou à l'aide de lampes à huile qui se situaient
99 sous les abat-sons du clocher), afin d'orienter les volontaires en direction du sinistre en cours. Quel que soit
100 le danger, le curé de la paroisse restait en tous cas le seul à autoriser le déclenchement du tocsin : après les
101 émeutes de février 1854 qui ont occasionné le pillage de bateaux de grains sur la Loire et le Cher, le présidial
102 de Tours a fait exécuter deux vigneron, qui avaient sonné le tocsin sans autorisation (Maillard, 2011).

103 Sur les 160 000 cloches recensées au début du XXème siècle (datant du XVIème au XVIIème siècle), près
104 d'une centaine étaient réservées à l'alerte. Toutes sont désormais classées au titre de monuments historiques

105 (d'après E. Sutter (2014), président de la Société Française de Campanologie). Or, elles ont été inefficaces au
 106 début du XIXème siècle dans plusieurs villes (Boudou, 2015) et les tocsins n'ont pas été activées pour faire
 107 face à de sévères inondations, comme par exemple celles survenues en 1856, 1875, 1910 ou 1924 (Lang et
 108 Cœur, 2014). Peu de personnes connaissent ces anciens dispositifs et ce problème est tel qu'en 2002, à titre
 109 d'exemple, lorsque le curé de la paroisse à Aramon (Gard) fit sonner le tocsin à la demande du maire vers 1h
 110 du matin, très peu d'habitants ont identifié que des inondations étaient en cours (Durand, 2014).

111 Sous couvert d'une défense passive post-Seconde Guerre Mondiale, les tocsins sont alors progressivement
 112 remplacés par des sirènes, qui vont constituer le Réseau National d'Alerte (RNA) suite à une ordonnance du
 113 Général de Gaulle en 1954. Le signal sonore défini à cette époque (un son modulé ascendant puis descendant
 114 d'1min 41s., séparé par un silence de 5 s., répété à trois reprises ; figure 1) renvoie à la limite technique des
 115 sirènes, qui risquaient de disjoncter si elles tournaient trop longtemps (Deloitte, 2014). Le délai d'alerte a été
 116 établi en accord avec les fabricants de l'époque pour assurer leur opérationnalité, les 41 s. correspondaient au
 117 délai de montée et de descente de la sirène (comme rappelé dans l'arrêté du 23 mars 2007).



118

119 **Figure 1.** Décomposition du signal d'alarme généré par une sirène du réseau RNA.

120

121 Malgré les différents changements au sein du ministère de l'intérieur, la priorité donnée aux sirènes comme
 122 moyen d'alerte a toujours été maintenue jusqu'à aujourd'hui. En 2010, 4 291 sirènes (présentes dans 2 226
 123 communes) composent le RNA (Deloitte, 2014) et toutes les villes de plus de 23 000 habitants en sont dotées
 124 (on peut même en recenser 58 à Strasbourg, 57 à Marseille, 28 à Lyon...). 1 071 sirènes se situent sur le toit
 125 des mairies, 573 sur le toit des églises, tandis que la plupart des sirènes restantes se retrouvent sur d'autres
 126 bâtiments administratifs (écoles, gymnases, salles communales). Si on se fonde sur les normes constructeurs,
 127 18% de la population aurait été couverte par le RNA au début des années 1960 (avec un rayon de 3km), et ce
 128 chiffre atteindrait 48% en 2010 (Douvinet, 2018). Si on réduit ce rayon à 1km (seuil plus réaliste si on tient
 129 compte de nos observations de terrain), 32% de la population serait aujourd'hui couverte.

130 L'alerte par sirènes cherche à privilégier la sensibilité : il ne faut pas manquer un événement exceptionnel
 131 car cela pourrait avoir des conséquences sur les actions et les contre-mesures mises en place. En revanche, on
 132 ne recherche jamais la représentativité (Pritnat, 2006) : on demande à l'alarme de fournir le plus vite possible
 133 un signal qui ne doit pas laisser le temps à une hésitation, mais on ne cherche pas pour autant à fournir un
 134 message exhaustif. Il permet ainsi d'attirer rapidement l'attention de la population, de jour tout comme de
 135 nuit, en cas de danger immédiat (ce qui sous-entend que la population ait une bonne compréhension de la
 136 situation et comprenne ce qui est attendue de sa part). Il convient de ne pas le confondre ce signal d'alerte
 137 (SNA) avec le signal d'essai des sirènes (qui a lieu le premier mercredi de chaque mois), ni avec le son du
 138 type « corne de brume », utilisé en cas de danger sur les aménagements hydrauliques. Si certains considèrent
 139 l'alarme comme le simple « relais » d'une information technique (Vinet, 2008), la rapidité de diffusion est
 140 finalement devenue l'emblème de l'alerte (Creton-Cazanave, 2010).

141

142 II. 2. Des limites techniques et des défaillances pourtant nombreuses

143 La priorité allouée aux sirènes pose rapidement question, notamment parce que ces outils peuvent présenter
 144 un certain nombre de limites, en particulier sur le plan technique :

- 145 - au fil des années, le RNA est devenu « obsolète » (Vogel, 2017) à cause du vieillissement des sirènes
 146 et de pannes répétées : à titre d'exemple, la moyenne d'âge des sirènes dans le Vaucluse est de 47 ans ;

- 147 - le RNA est coûteux à entretenir (avec un coût moyen annuel estimé à 11 millions d'euros, selon IGA,
148 2002) et les entreprises qui les ont fabriqués ont souvent changé de nom, interrompu leur prestation (par
149 exemple, *France Télécom* depuis 2011), ou n'existent plus ;
- 150 - l'état de fonctionnement des sirènes se révèle souvent mauvais : en 2010, les préfetures indiquent que
151 35% des sirènes ne diffusent plus un signal conforme, et 25% ne fonctionnent même plus du tout (à titre
152 d'exemple, en Corse, les tests du 1^{er} mercredi du mois ne sont plus possibles depuis 2008) ;
- 153 - les problèmes techniques peuvent se cumuler dans certains territoires : impossibilité de déclencher les
154 sirènes à distance, déclenchements intempestifs, manque de conformité des circuits électriques, etc. On
155 observe en outre qu'il n'y a pas d'harmonisation entre les sirènes RNA et les autres sirènes (type PPI,
156 sirènes communales ou sirènes des SDIS), ce qui réduit la portée sonore en cas de crise ;
- 157 - baser un système d'alerte sur les sirènes suppose de bien maîtriser les conditions de propagation du son
158 qui varie selon la force et la direction du vent, la température, la densité de l'air ambiant, la nature des
159 matériaux utilisés pour les constructions, l'organisation du bâti, le niveau sonore ambiant, etc., ce qui
160 est loin d'être simple à prendre en compte ou à considérer en temps réel. Ainsi, si la portée du signal
161 sonore théorique est de 3km, en réalité, les sirènes ne sont plus entendues au-delà d'une distance d'1km
162 depuis le point émetteur (comme le confirme E. Pourtain de l'association CYPRES) ;
- 163 - les énergies sonores de deux sirènes peuvent s'annuler si elles ne sont pas assez éloignées : pour une
164 sirène de 4kw, l'espacement minimal à respecter est de 2,1 km en milieu urbain calme, contre 0,57 km
165 en milieu urbain sonore et plus dense (Deloitte, 2014).

166 Le réseau apparaît finalement désuet, vieillissant et obsolète (IGA, 2002 ; Vogel, 2017 ; Douvinet, 2018) et
167 son utilisation est souvent remise en cause car les évolutions des territoires restent peu prises en compte.

168

169 II. 3. D'autres problèmes tout aussi préjudiciables

170 L'utilisation des sirènes est également sujette à caution pour d'autres raisons :

- 171 - la mise en œuvre des sirènes répond à des choix politiques « *sans aucune référence à une quelconque*
172 *efficacité* » (Vinet, 2007) : la répartition du RNA a ainsi été conditionnée par des logiques urbaines (en
173 priorisant la densité de population résidente) et par des enjeux stratégiques et militaires (prédominance
174 du RNA dans l'est de la France ou à proximité de Brest et de Toulon par exemple), sans pour autant
175 accorder une plus grande importance aux interactions entre les dangers, la répétitivité des événements,
176 les effets dominos entre aléas ou la vulnérabilité des enjeux. Le réseau apparaît finalement empreint de
177 choix politiques, qui ont parfois été spécifiques selon les époques (en priorisant la prise en compte des
178 Risques Nucléaires, Radiologiques, Bactériologiques, Chimiques dans les années 1970 par exemple) ;
- 179 - la législation encadrant l'usage des sirènes symbolise le primat politique de l'alerte institutionnelle : les
180 élus y restent très attachés car ces dispositifs « s'entendent » (Préfecture des Bouches du Rhône, 2011 ;
181 Préfecture du Var, 2016), contrairement à des mesures non structurelles (la mise en œuvre des Plans de
182 Prévention des Risques par exemple) ou à des mesures bien moins médiatisées (comme l'entretien des
183 cours d'eau, qui incombent aux riverains depuis 1827). Le déclenchement des sirènes revient d'ailleurs
184 à « ceux qui ont le pouvoir », même s'ils n'en font pas usage. A ce titre, « *la France valorise à l'excès*
185 *les politiques de sécurité civile* » (Padioleau, 2003) : la planification des secours ou la mobilisation des
186 services nationaux et locaux (police, hôpitaux, pompiers, etc.) sont prioritaires par rapport aux besoins
187 des populations, à la sécurisation des réseaux (assainissement, électrique) ou encore à l'indemnisation
188 en cas de sinistres au nom de la solidarité nationale (mise en place seulement à partir de 1982) ;
- 189 - les sirènes n'ont jamais été utilisées pour répondre à leur but originel (fort heureusement...), mais elles
190 ne sont pas plus activées face à des événements soudains et peu prévisibles (Guzetti et al., 2008) ;
- 191 - activer un signal sonore unique suppose que les individus soient capables d'identifier, de reconnaître et
192 de faire face à des aléas qui ont des origines et des cinétiques différentes. Or, peu d'individus arrivent à
193 identifier la nature du danger en entendant l'alarme des sirènes (qui n'est d'ailleurs identifiée que par
194 22% de la population française en 2010 ; Deloitte, 2014). Ce signal sonore, présenté comme univoque,
195 est aussi difficile à interpréter en condition réelle : c'est « *un son en plus d'un autre* » (Dedieu, 2009),
196 qui vient s'ajouter aux bruits ambiants, en particulier dans les zones urbaines, et qui n'est accompagné
197 d'aucune information supplémentaire. Plusieurs études (Haziza, 2007 ; Becerra et al., 2013 ; Creton-
198 Cazanave, 2010 ; Daupras et al., 2015) ont par ailleurs confirmé que la prise de décision était complexe
199 en situation de stress, car elle fait appel à des facteurs cognitifs et/ou perceptifs imbriqués.

200

201 II. 4. Une efficacité qu'il convient alors de mieux évaluer

202 Au-delà du seul cas des sirènes, c'est même l'efficacité de l'alerte qui peut être questionnée. En effet, elle
203 dépend de la manière dont les individus perçoivent et comprennent le danger (Weiss *et al.*, 2011 ; Gisclard,
204 2017). Ces chercheurs ont ainsi montré le décalage entre les intentions comportementales et la connaissance
205 des consignes de sécurité (en dehors de la crise), et les comportements qui sont observés en cas de danger (en
206 situation réelle), notamment en cas d'inondation (Weiss *et al.*, 2011). Même si le signal d'alerte est entendu
207 et compris, encore faut-il que les consignes à appliquer soient connues du grand public, ce qui est loin d'être
208 le cas (évacuation en cas de feu versus mise à l'abri en cas de nuage toxique ou d'attaque terroriste). Compte
209 tenu des incertitudes qui accompagne l'alarme, les populations sont aussi confrontées à des difficultés dans
210 les prises de décisions concernant leurs propres comportements (e.g. aller chercher ses enfants à l'école, se
211 déplacer en voiture, etc.). Par ailleurs les conditions de déclenchement de l'alerte posent d'autres problèmes :
212 à quel moment déclencher l'alerte face à la variation des temporalités des aléas couverts ? faut-il déclencher
213 l'alerte avant l'évènement, à ses débuts, juste avant son paroxysme ou une fois que les dommages ne font
214 que commencer ? Tout ceci suppose de connaître la cinétique des aléas, qui ne sont pas toujours prévisibles.

215 Concernant les crues rapides, d'autres questions spécifiques se posent quant à la pertinence des sirènes. On
216 observe tout d'abord qu'elles ne sont presque jamais pas utilisées (une seule fois en plus de cinquante ans,
217 lors des crues du Vidourle en septembre 2014). Récemment, lors des crues survenues le 15 octobre 2018 (qui
218 ont entraîné le décès de 14 personnes) dans la vallée de l'Aude, elles n'ont à nouveau pas été activées. Une
219 des hypothèses que l'on peut avancer pour expliquer cette non utilisation face aux crues rapides, réside dans
220 le fait que leur distribution spatiale n'est pas en adéquation avec les secteurs sensibles à ce type d'aléa. C'est
221 alors dans cette direction que nous allons poursuivre nos recherches, en zoomant sur le Vaucluse.

222 En tous cas, en guise de conclusion de cette partie, les différentes incertitudes (comme la source du danger,
223 l'exposition des populations concernées, le degré de vulnérabilité) et les hésitations expliquent pourquoi les
224 autorités n'activent pas les sirènes : l'inconnu fait place à une inaction, bien plus qu'à une réelle réactivité.

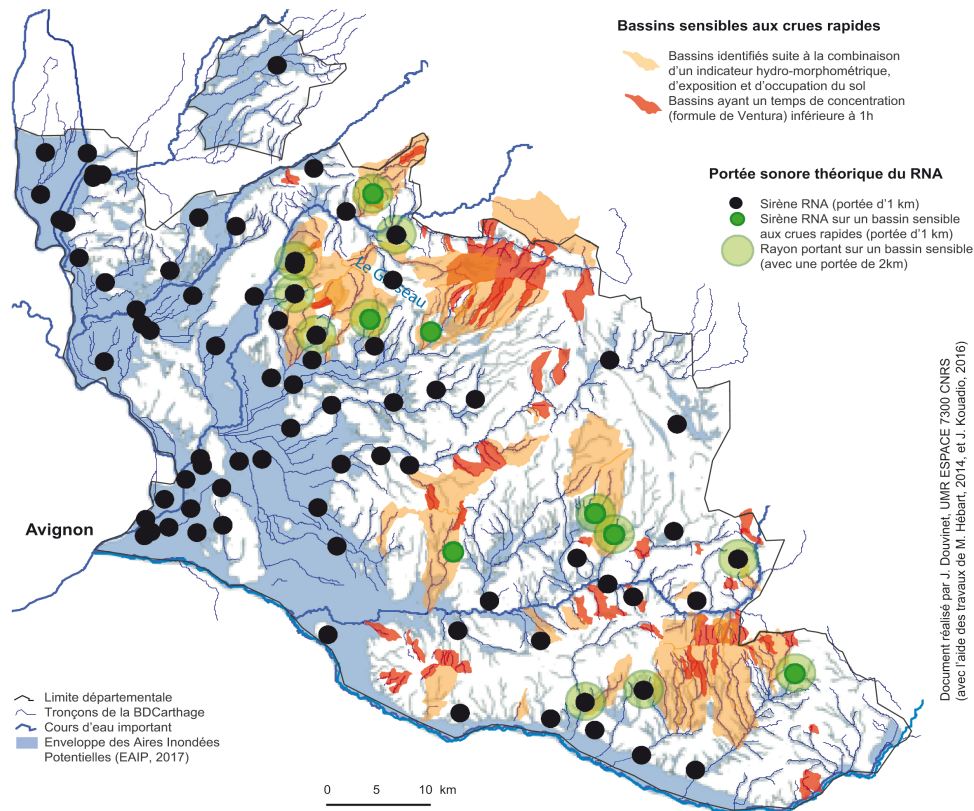
225

226 III RETOUR D'EXPERIENCE A L'ECHELLE D'UN DEPARTEMENT : LE VAUCLUSE

227 Si le problème du RNA est d'ordre technique, il l'est sans doute tout autant en termes de distribution. En
228 effet, les localisations des sirènes ont peu varié depuis 1954, alors que dans le même temps la distribution de
229 la population a connu de profonds bouleversements. D'un autre côté, la connaissance sur les risques s'est elle
230 aussi améliorée, comme par exemple sur les espace sensibles aux crues rapides, sans avoir eu pour autant
231 d'impact notable sur la distribution des sirènes. Ce problème d'inadéquation des sirènes RNA limite ainsi sa
232 pertinence comme outil d'alerte, et nous avons décidé de vérifier cette idée à l'échelle du Vaucluse. Ce choix
233 se justifie par le fait que le risque inondation est très présent dans ce département. D'après les données de
234 l'INSEE, au 1^{er} janvier 2016, 177 200 résidents (soit 31% de la population) et 86 600 logements (soit 28% du
235 parc) sont exposés à cet aléa, et 53,6% des nouvelles habitations ont été autorisées « sous conditions » dans
236 des secteurs à aléa modéré. 29% des habitants vivent dans des maisons de plain-pied et dans près d'un cas
237 sur cinq, ce type de maison abrite une personne vulnérable (âgée de moins de 6 ans ou de plus de 85 ans).

238 Afin d'identifier les secteurs les plus exposés aux crues rapides, un diagnostic a été réalisé sur 138 bassins
239 versants (< 50km²), en croisant l'indicateur de Gravelius (Kc), la pente moyenne, le temps de concentration
240 (en faisant la moyenne entre les formules de Ventura, Kirplich et Passini), puis l'occupation du sol (zones
241 urbaines, ampleur des surfaces boisées et cultivées) et les propriétés hydriques des sols (définies à partir des
242 données de la BDAlti© et de la BDLithothèque©IGN). L'indicateur global permet d'identifier des secteurs
243 sensibles à la formation de ruissellement et potentiellement des crues rapides. Plusieurs secteurs émergent :
244 le sud-est du Luberon (composée de marnes sur la partie inférieure des bassins et favorable au ruissellement
245 hypodermique), le sud du Mont-Ventoux (marqué par la présence de marne, d'argile et d'ocre) ou le
246 pourtour des Dentelles de Montmirail (zone calcaire entourée d'espaces argileux et marneux). Les bassins où
247 des enjeux étaient exposés (à l'échelle de drains ou à l'exutoire) ont ensuite été conservés dans l'analyse.

248 La comparaison des zones identifiées avec la distribution des sirènes RNA s'avère riche d'enseignements.
249 Les petits bassins (< 5km²) très réactifs sont tous exclus de la portée sonore théorique d'une sirène (avec un
250 rayon de 2km), alors même que leur temps de concentration est inférieur à 1h et 26% des linéaires de cours
251 d'eau seulement sont inclus pour un rayon de diffusion des sirènes de 3km (figure 2). Quant aux 96 371
252 habitants situés en dehors de la couverture théorique à 3km, pas moins de 21 000 (19%) sont potentiellement
253 exposés aux crues rapides : cette part de la population ne pourra donc jamais être alertée par une sirène...



254

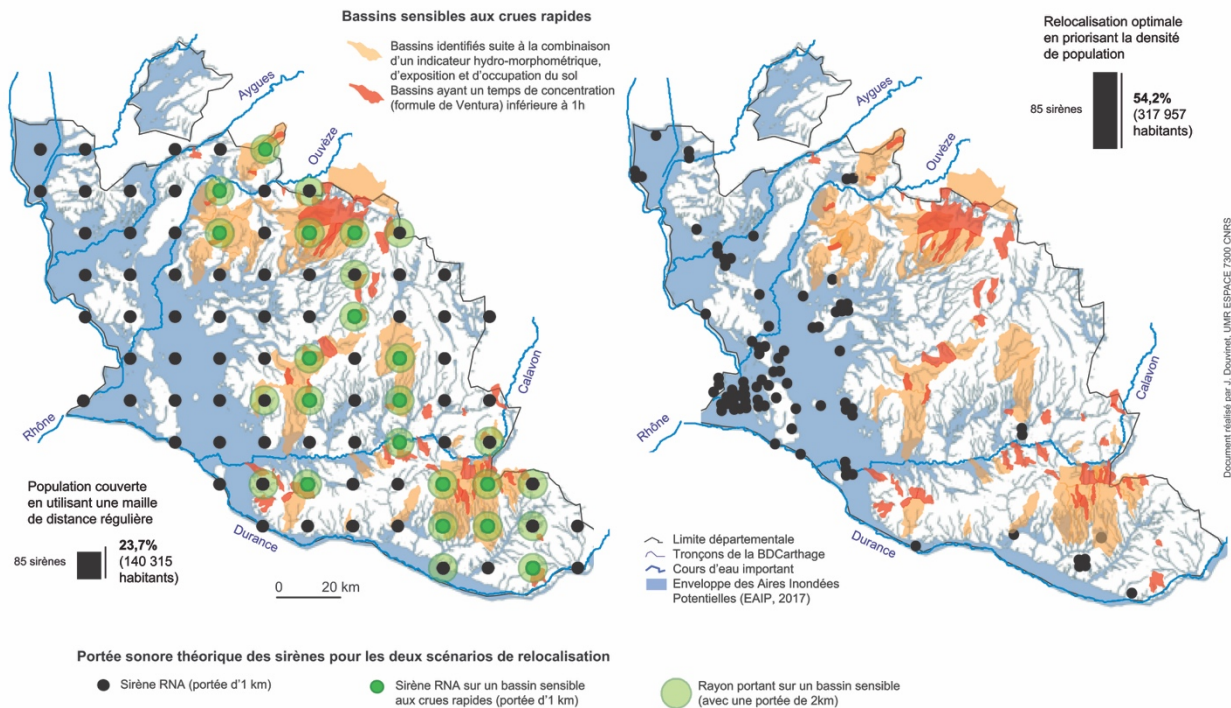
255 **Figure 2.** Portée sonore théorique du RNA à l'échelle du département du Vaucluse et localisation des cours d'eau sujets
 256 à des crues rapides (modifié d'après les données du SIDPC-84 et d'après Douvinet *et al.*, 2017)
 257
 258

259 La distribution des sirènes n'étant pas adéquate dans ce département, une première piste d'amélioration du
 260 RNA pourrait consister à relocaliser tout ou partie des sirènes. Pour mesurer ce qu'on pourrait attendre d'une
 261 telle opération, des simulations de relocalisation optimale des sirènes actuelles ont été effectuées à l'image
 262 celles faites par dans d'autres travaux (Current et O'Kelly, 1992 ; Murray et O'Kelly, 2002 ; Stimers, 2006 ;
 263 Webster, 2014 ; Mathews et Ellis, 2016 ; Douvinet, 2018). Les simulations ont été opérées à moyen constant,
 264 c'est-à-dire que les relocalisations ont conservé le nombre de sirènes (85) couvrant le Vaucluse en 2010 ;
 265 nous n'avons pas non plus ajouté de nouvelles sirènes. Deux logiques de relocalisation ont été utilisées :

- 266 - La première localise les sirènes de façon à maximiser la couverture spatiale, dans une logique d'équité,
 267 en considérant que le son se diffuse à 1 et 2 kilomètres de l'émetteur ;
- 268 - La seconde cherche à optimiser, dans une logique d'efficacité, la part de la population couverte par les
 269 sirènes en se basant sur la population résidente dans des carreaux de 200 mètres de côté (Insee, 2014).

270 Ces méthodes de relocalisation sont imparfaites : la complexité liée à la propagation du son, qui dépend de
 271 la température, la force et la direction du vent, la végétation ou le type de matériaux utilisés pour les
 272 bâtiments etc., n'est par exemple pas prise en compte. On pourrait aussi discuter le fait de travailler avec des
 273 populations résidentes, sans prendre en compte leurs mobilités. Elles permettent néanmoins de questionner
 274 de façon heuristique la localisation des sirènes RNA. Ainsi, la relocalisation visant à maximiser la couverture
 275 spatiale des sirènes (figure 3) permet de couvrir 18% des secteurs exposés aux crues rapides (ce qui est bien
 276 mieux que le RNA actuel...), mais elle conduirait à faire fortement chuter la part de la population couverte
 277 sur l'ensemble du département (- 48% à 3km). 17 sirènes couvriraient d'ailleurs les plus petits bassins dans
 278 un rayon d'1km, et elles seraient donc plus « adaptées » aux crues rapides. Avec la relocalisation maximisant
 279 la population couverte, le taux de couverture à 1 km croît fortement (+ 26 % par rapport à la localisation du
 280 RNA actuel) sur l'ensemble du Vaucluse (avec 317 957 résidents couverts en 2014, sur une population totale
 281 de 593 048 habitants), mais de nombreuses petites communes se retrouveraient cette fois-ci sans couverture,
 282 ainsi que la plupart des secteurs sensibles aux crues rapides, en particulier ceux où les crues peuvent survenir
 283 en moins d'une heure. Précisons de plus que la relocalisation potentielle des sirènes, outre les choix à
 284 effectuer en termes de localisation, pose aussi une question économique car toute relocalisation a un coût.
 285 Cependant, les risques Nucléaires, Bactériologiques, Biologiques et Chimiques (NRBC) restant une priorité

286 pour l'État et ses représentants locaux, il est peu probable, si ce n'est impossible, sauf financement local, de
 287 déployer un réseau dédié uniquement à l'alerte aux crues rapides, qui se caractérisent par une faible période
 288 de retour et qui, de ce fait, justifient difficilement des investissements lourds.
 289



290

291 **Figure 3.** Comparaison entre la spatialisation des bassins versants les plus réactifs avec une réorganisation du réseau
 292 des sirènes par équité spatiale (carte à gauche) ou par des méthodes de relocalisation optimale priorisant la densité de
 293 population (carte à droite).

294 **IV QUELLES AMELIORATIONS PEUT-ON ATTENDRE ?**

295 Outre la (re)localisation de sirènes, qui ne ferait pas l'économie de discussions sur la logique à utiliser
 296 concernant les optimisations et sur les coûts afférents, d'autres améliorations du système actuel des sirènes
 297 sont envisageables, notamment d'un point de vue organisationnel.

298 Depuis la publication du *Livre Blanc sur la défense et la sécurité nationale* en 2008, le RNA est destiné à
 299 être remplacé par un projet plus ambitieux, le SAIP (*Système d'Alerte et d'Information à la Population*). Il
 300 s'agit de doter les autorités (maires, préfets) d'un réseau d'alerte « plus performant et plus résistant », en leur
 301 permettant en particulier d'activer les sirènes à distance et dans une zone géographique spécifique, à l'aide
 302 d'un logiciel unique dont la conception a été confiée à *Airbus Defence and Space* (anciennement *Cassidian*).
 303 Les sirènes pourront être activées en même temps, pour faire face à des événements à cinétique rapide, tels
 304 que des explosions (nuages toxiques, projection de débris), des prises d'otage, des attaques terroristes, ou des
 305 crues rapides. À l'inverse, les phénomènes progressifs et plus lents ne justifieraient pas de son activation.

306 Ce projet prévoit le raccordement de 5 531 sirènes pour couvrir 1 743 « bassins de risque » à l'échelle de
 307 France métropolitaine (carte non fournie pour des questions de confidentialité). La distribution du futur parc
 308 repose sur la notion de bassin de risque et non plus seulement sur le seul critère de la densité de population,
 309 pour désormais tenir compte de la cinétique et de la prévisibilité des risques et de la position des sirènes par
 310 rapport aux enjeux locaux (concentration de zones industrielles, pluralité de risques). Le découpage en «
 311 bassin de risque » a été mis en application par les États-Majors Interministériels de Zone (EMIZ), pour
 312 arriver *in fine* à deux niveaux de priorité : 640 bassins devraient être couverts par 2 832 sirènes (dont 1 286
 313 (45%) appartiennent à l'ancien réseau RNA) et ils sont considérés comme prioritaires, tandis que les 1 103
 314 bassins restants seront concernés par la seconde vague qui débutera en 2020. Le raccordement des sirènes sur
 315 les bassins de rang 1 a d'ailleurs débuté depuis juin 2013. Les récentes crues rapides ont également induit des
 316 changements par rapport au planning prévisionnel : suite aux crues du 3 octobre 2015, plus d'une centaine de

317 nouvelles sirènes (financées directement par l'État) ont été rajoutées dans le Var, dont plus de 20 dans le seul
318 secteur de la ville de Cannes (d'après les informations de la BASEP, mars 2018).

319 Au moment où nous finalisons cet article (mai 2018) la phase d'aptitude au bon fonctionnement du logiciel
320 est par ailleurs achevée (prononcée le 6 avril 2017 et effective depuis le 4 octobre 2017), même si elle a pris
321 un retard de 37 mois par rapport à la date initiale de la livraison. Elle a coûté près de 5 millions €, contre 2,6
322 millions € prévus au départ (sans considérer ici les coûts liés à l'assistance à maîtrise d'ouvrage). Le nombre
323 de sirènes déclenchées en même temps, et des soucis dans la performance de l'envoi et de retour de
324 l'acquiescement, ont mis du temps à être réglés. Des sessions de formation organisées par les *Formateurs*
325 *Internes Occasionnels* (FIO) sont en cours, en impliquant 2 agents par EMIZ (État-Major Interministériel de
326 Zone) et les SIDPC (Service Interministériel de Défense et Protection Civiles). Le cadre juridique et
327 organisationnel des sirènes reste inchangé par rapport au cadre réglementaire en vigueur (Vogel, 2017).
328 Seule exception, les préfetures pourront, en tant qu'autorité chargée du déclenchement, permettre aux SDIS
329 ou aux EMIZ d'accéder à la plate-forme d'activation en leur nom propre, par le biais d'une convention. La
330 première a été signée en juin 2017 dans l'Hérault et 15 autres l'étaient en avril 2018 en France.

331 Dans le projet SAIP, l'alerte devait aussi être accompagnée par la diffusion de messages complémentaires,
332 à l'aide de tous les outils mobilisables, en incluant les radios, les téléphones mobiles, les panneaux à message
333 variable, etc. Le second volet du projet devait notamment reposer sur une solution permettant la diffusion de
334 SMS géo-localisés, tel que rédigé en juin 2010. Suite à la recrudescence du risque attentat en 2015 en France,
335 le ministère de l'intérieur a préféré avoir recours, à partir de juin 2016, à une application smartphone portant
336 le nom du projet (*SAIP®*). Mais cette application a connu divers problèmes : mise à jour du logiciel le soir
337 du 14 juillet 2016, fausse alerte lors de la soi-disant attaque à Saint-Etienne de Rouvray, ou non-utilisation en
338 septembre 2017 car l'alerte avait déjà été diffusé sur les réseaux sociaux... Cette application smartphone a
339 alors été abandonnée depuis le 29 mai 2018, au profit de l'envoi de messages d'alerte via différents réseaux
340 sociaux numériques (en particulier Facebook), cette piste ayant été considérée comme plus pertinente...

341

342 VI CONCLUSIONS

343 Cet article apporte de très riches enseignements quant à l'origine de la non utilisation des sirènes en cas
344 de crues rapides. Certes, ces outils peuvent être défaillants ou connaître des soucis techniques, mais il semble
345 que l'absence de déclenchement en cas de crues rapides soit avant tout liée à leur inadaptation à ces aléas et
346 aux territoires les plus à même de subir des dommages. Autrement dit, la distribution spatiale des alertes, qui
347 a été conditionnée pour répondre à des logiques urbaines et à des stratégies politiques, ne correspond pas à
348 celle des crues rapides. Par conséquent, il est vain de s'attendre à pouvoir alerter tout le monde avec de tels
349 outils, et leur « non-utilisation » n'est donc pas seulement lié à un problème de pratique et/ou de doctrine.

350 Face aux nombreuses défaillances du RNA, le réseau fait l'objet d'une modernisation importante et le
351 projet SAIP, qui doit aboutir à la mise en œuvre d'un logiciel d'activation unique et à une diffusion adaptable
352 aux dangers et à leur étendue spatiale, est attendu pour 2022 à l'échelle de la France métropolitaine, sans
353 inclure pour le moment les Départements ou les Collectivités d'Outre-Mer (DROM et COM). Si les critères
354 de cotation (existence d'une sirène RNA, densité de la population résidente, pondération sur des critères de
355 dangerosité) semblent plus cohérents par rapport à la diversité des risques, la distribution du futur parc pose
356 néanmoins d'autres questions : pourquoi ne pas intégrer d'autres critères (le cumul des risques à cinétique
357 rapide, la réception des populations du signal envoyé par les sirènes, les points chauds de vulnérabilité, ou la
358 mobilité des habitants à différents moments de la journée par exemple) ? Peut-on augmenter la couverture du
359 nombre d'habitants présents avec le même nombre de sirènes (à moyens constants) ou avoir le même taux de
360 couverture en répartissant autrement les sirènes, ou diminuer le nombre de sirènes en réfléchissant cette fois-
361 ci sur l'efficacité du dispositif (dans une logique coûts / bénéfiques) ? Comment alerter les espaces isolés ?

362 Le projet SAIP ne constitue pourtant pas une « fin en soi » : dans le département du Vaucluse, le futur parc
363 sera constitué de 33 sirènes (correspondant toutes à d'anciennes sirènes RNA) et 29 pourront être activées en
364 cas de crues rapides ou d'inondation par les préfetures ou les EMIZ. Or, dans ce département, le RNA était
365 composé de 85 sirènes. Aussi, les 52 sirènes « non-SAIP » resteront à la charge des communes, qui devront
366 trouver les ressources nécessaires pour les maintenir (ou non) ; elles pourront aussi utiliser d'autres moyens
367 d'alerte, ce qui va accroître les inégalités dans les taux de couverture. Ce second constat amène lui aussi à
368 poser d'autres interrogations : pourquoi ne pas alerter la population avec un seul système, qui combinerait la
369 totalité des canaux de communication et des solutions techniques existants, et qui sera utilisable dans une
370 logique multirisques, comme c'est le cas aux États-Unis (avec le système IPAWS) depuis 2006 ? Comment
371 comprendre également la décision prise par le ministère de l'intérieur d'abandonner l'application SAIP® le

372 29 mai 2018, alors que plus de 50 applications se présentent comme des outils d’alerte potentiels (Bopp et
373 Douvinet, 2019) ? A cette question, une seule réponse semble communément admise pour le moment : les
374 gouvernements restent figés dans leurs « carcans institutionnels », sans vouloir diffuser autrement l’alerte à
375 la population, ou sans regarder ce qui se fait ailleurs (la Belgique ou les Pays-Bas ont décidé d’abandonner
376 les sirènes depuis 2015 et 2016). Cette position, de plus en plus incomprise, favorise la création, l’émergence
377 et le déploiement de nouvelles solutions collaboratives ou participatives (à l’image des réseaux de sentinelles
378 sur le bassin versant de Brévennes-Turdine) et le fossé se creuse entre les besoins des populations (les cibles)
379 et les outils dont disposent aujourd’hui les autorités pour tenter d’y répondre...

380

381 VII REMERCIEMENTS

382 Cette étude est le fruit de plusieurs projets financés par la Fédération de Recherche Agor@ntic (FR CNRS
383 3621), à travers les projets SMARS1 (2015) et SMARS2 (2016), par l’Université d’Avignon et des Pays de
384 Vaucluse (SMARS3, 2017), et par les fonds FEDER à travers le WP4 du méta-projet Co-RESTART, financé
385 avec le concours de l’Union européenne (« L’Europe s’engage sur le Massif Alpin avec le Fonds Européen de
386 Développement Régional »), du Programme Opérationnel Interrégional du massif des Alpes (2017-2020).
387 Les auteurs tiennent à remercier ces structures pour leur confiance accordée sur cette thématique d’actualité,
388 tout comme la Direction Générale de la Sécurité Civile et la Gestion de Crise (DGSCGC) et la Préfecture du
389 Vaucluse pour la mise à disposition des données de géolocalisation sur les sirènes. Les auteurs remercient in
390 fine les relecteurs pour leur avis et leurs conseils.

391 VIII REFERENCES

- 392 Becerra, S., Peltier, A., Antoine, J.M., Labat, D., Chorda, J., Ribolzi, O., Daupras, F. et Dartus, D. (2013).
393 Comprendre les comportements face à un risque modéré d’inondation. Etude de cas dans le périurbain
394 toulousain (Sud-Ouest de la France). *Hydrological Sciences Journal*, 58 (5), 945–965
- 395 Ben Abid-Zarrouk, S. (2013). *De l’efficacité institutionnelle à l’efficacité individuelle d’un dispositif*
396 *pédagogique*. (Thèse d’Habilitation à Diriger la Recherche). Université de Strasbourg, Strasbourg, France
- 397 Boissier, L. (2013). *La mortalité liée aux crues torrentielles dans le sud de la France : une approche de la*
398 *vulnérabilité humaine face à l’inondation* (thèse de doctorat, Université Paul Valéry, Montpellier 3, France).
- 399 Boudou, M. (2015). *Approche multidisciplinaire pour la caractérisation d’inondations remarquables.*
400 *Enseignements tirés de neuf évènements en France (1910-2010)* (thèse de doctorat, Université Paul Valéry
401 III, Montpellier, France.)
- 402 Braud, I., Ayrat, P.A., Bouvier, C., Branger, F., Delrieu, G. et al. (2014). Multi-scale hydrometeorological
403 observation and modelling for flash-flood understading. *Hydrology and Earth System Sciences*, European
404 Geosciences Union, 18(9), 3733-3761.
- 405 Casteigts, M. (2013). Risques, développement durable et transactions discursives. *Pensées Plurielles*, 2, 117-
406 129.
- 407 Centre Européen de Prévention du Risque d’Inondation (Cepri) (2017). *Prévision et anticipation des crues et*
408 *des inondations*. 72p.
- 409 Chateauraynaud, F. et Torny, D. (1999). *Les sombres précurseurs. Une sociologie de l’alerte et du risque*.
410 Paris, France : EHESS.
- 411 CLEVER, (2015). *Le livre blanc : alerte et information des populations en cas de risque majeur*. Rapport : [s](#)
- 412 Colbeau-Justin, L. (2002). *Stratégies de faire face dans le cas d’une inondation catastrophique : analyse des*
413 *paramètres psychosociaux dans les procédures de gestion de crise*. Ministère de l’Écologie et du
414 Développement Durable. Programme de recherche RIO2. 91p
- 415 Créton-Cazanave, L. (2010). *Penser l’alerte par les distances. Entre planification et émancipation, l’exemple*
416 *du processus d’alerte aux crues rapides sur le bassin versant du Vidourle* (thèse de doctorat, Université de
417 Grenoble, France).
- 418 Current, J. et O’Kelly, M. (1992). Locating emergency warning sirens. *Decision Sciences*, 23-1, 221-234.
- 419 Daupras, F., Antoine, J.M., Becerra, S. et Peltier, A. (2015). Analysis of the robustness of the French flood
420 warning system: a study based on the 2009 flood of the Garonne River. *Natural Hazards*, 75(1), 215-241.

421 Dedieu, F. (2009). Alerte et catastrophe : le cas de la tempête de 1999, un risque scélérat. *Sociologie du*
422 *travail*, 51, 379-401.

423 Deloitte (2014). *Rapport sur le système d'alerte et d'information à la population*, 36 p.

424 Direction Générale de Sécurité Civile et de la Gestion de Crise (2013, juin). *Guide ORSEC. Alerte et*
425 *information des populations*. Tome G.4. Ministère de l'intérieur, France, 91p.

426 Douvinet J. (2018). *Alerter la population face aux crues rapides en France : compréhension et évaluation*
427 *d'un processus en mutation*, Volume scientifique inédit de l'Habilitation à Diriger des Recherches (HDR),
428 Avignon Université, 221 p.

429 Douvinet, J., Gisclard, B., Kouadio, J.S., Saint-Martin C., Martin, G. (2017). Une place pour les technologies
430 smartphones et les Réseaux Sociaux Numériques (RSN) dans les dispositifs institutionnels de l'alerte aux
431 inondations en France ? *Cybergeo : European Journal of Geography*, Récupéré le 25 avril 2017 du site de
432 Cybergeo : cybergeo.revues.org/27875

433 Gisclard, B. (2017). *L'innovation sociale territorialisée : un levier de réappropriation du risque inondation*
434 *par les habitants. L'exemple des crues rapides dans les territoires ruraux du Gard et du Vaucluse (France)*.
435 (thèse de doctorat, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, France).

436 Gralepois, M. (2012). *Face aux risques d'inondation*. Paris, France : Presses de la Rue d'Ulm.

437 Haziza, E. (2007). *Contribution au développement de stratégies préventives face au risque de crue éclair*.
438 (Thèse De Doctorat, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, France).

439 Hubert M. (2008). Les automates d'appel en masse : quel système pour ma collectivité ?, *Risques Infos*, 21,
440 32-34

441 Inspection Générale de l'Administration (IGA), Inspection Générale des Finances (IGF), Conseil Général
442 des Technologies de l'Information (CGTI), Contrôle Général des Armées et Inspection Générale de
443 l'Environnement (IGE) (2002, novembre). *Rapport « Hired » sur le réseau national d'alerte*.

444 Jonkman, S.N. et Kelman, I. (2005). An analysis of the causes and circumstances of flood disaster deaths.
445 *Disasters*, 29-1, 75-97.

446 Kharroubi, O. (2013). *Prévision des crues par modèle de réseau de neurones artificiels : application au*
447 *bassin versant de l'Eure*. (Thèse de doctorat, Université de Lille 1, Lille, France).

448 Kouadio, J.S. (2016). *Les technologies smartphones comme outils d'aide à l'alerte face aux crues rapides en*
449 *France – Expérimentation dans le Vaucluse et le Var* (thèse de doctorat, Université d'Avignon et des Pays de
450 Vaucluse, Avignon, France).

451 Lutoff, C. et Ruin, I. (2007). Les crues rapides, un problème d'échelle ou de société ? *Communication*
452 *présentée au colloque des 2e Rencontres Géographes et Assureurs*, Montpellier, France.

453 Lutoff, C., Creutin, J. D., Ruin, I. et Borga, M. (2016). Anticipating flash-floods : multi-scale aspects of the
454 social response. *Journal of Hydrology*, 541, 626-535.

455 Mathews E.A., Ellis, An evaluation of tornado siren coverage in Stillwater, Oklahoma: optimal GIS methods
456 for a spatially explicit interpretation, *Applied Geography*, 68 (2016) 28–36.

457 Murray, A-T. et O'Kelly, M. (2002). Assessing representation error un point-based coverage modeling.
458 *Journal of Geographical Systems*, 4, 171-191.

459 Padioleau, J. G. (2003). Inondations : la corruption du régalién. *Pouvoirs locaux*, 56, 76-80.

460 Pôle des RISques NATurels en montagne de la COTRAO (PRITNAT) (2006) - Actes de l'atelier
461 transfrontalier sur les risques naturels « Gestion du risque torrentiel partage transfrontalier d'expériences »,
462 31 mai et 1er juin 2006 au Cemagref de Grenoble. Pôle Grenoblois des risques Naturels, 100 p.

463 Préfecture des Alpes-Maritimes (2016, mai). *Inondations des 3 et 4 octobre 2015 dans les Alpes-Maritimes*.
464 *Retour d'expérience*, rapport final. 65p.

465 Roux, J. (2006). Être vigilant. *L'opérativité discrète de la société du risque*. Saint-Étienne, France : Presses
466 Universitaires de Saint-Étienne.

467 Stimers M.J. (2006), A GIS-based approach to analyzing warning siren networks: an analysis of Riley and
468 Wabaunsee Counties, Kansas, Pap. *Applied Geography*, Conf. 29, 186–195.

469 Valleron A.J., Chauvin, P., Flahaut, A. et Vibert, J.F. (1994). Les systèmes d'alerte : passé, présent, futur.
470 *Transfusion Clinique et Biologique*, 6 (1), 443-454.

471 Vincendon, B., Edouard, S. Dewaele, H., Ducrocq, V., Lespinas, F., Delrieu, G. et Anquetin, S. (2016).
472 Modeling flash-floods for any mediterranean sub-catchments for raods management purposes. In Braud I.,

473 Borgia M., Gourley J., Hürlimann Marcel, Zappa M., Gallart F. (eds.) Flash floods, hydro-geomorphic
474 response and risk management. *Journal of Hydrology*, 541 (Part A No Spécial), 190-205.
475 Vinet, F. (2007). Approches nationales de la prevention des risques et besoins locaux : le cas de la prévision
476 et de l'alerte aux crues dans le Midi méditerranéen. *Géocarrefour*, 82/1-2. Récupéré le 6 septembre 2018 :
477 <http://geocarrefour.revues.org/1438>

478 Vinet, F. (2008). Geographical analysis of damage due to flash floods in southern France : The cases of 12-
479 13 november 1999 and 8-9 september 2002. *Applied Geography*, 28(4), 323-336.

480 Vinet, F. (2017). *Floods 2- Risk Management*. ISTE Press, Elsevier Editios, 424p.

481 Vogel, J.P. (2017, juin). *Rapport d'information sur le système d'alerte et d'information des populations*
482 (SAIP). Sénat n°595, 48p.

483 Webster B. (2014). *Emergency Siren Sound Propagation and Coverage Optimization Analysis (Master's*
484 *thesis)*, University of Redlands, Redlands, CA, USA, 167 p.

485 Weiss, K., Girandola, F. et Colbeau-Justin, L. (2011). Les comportements de protection face au risque
486 naturel : de la résistance à l'engagement. *Pratiques Psychologiques*, 17, 251-262.

487