

Une approche géographique pour spatialiser les besoins en hébergements d'urgence en situation de crise : une étude appliquée au cas d'une évacuation massive provoquée par une crue majeure de la seine en région francilienne

Kenji Fujiki^{1,*} et Mélanie Laleau²

¹ CNRS LIVE UMR 7362 – Université de Strasbourg, Strasbourg, France

² Préfecture de Police de Paris SGZDS, Paris, France

Reçu le 30 janvier 2018 / Accepté le 9 octobre 2018

Résumé – Avec jusqu'à 1 million de personnes inondées, et 6,5 millions d'habitants privés d'eau ou d'électricité, les autorités régionales s'interrogent sur la capacité à mener à bien une évacuation de l'agglomération francilienne en cas de crue exceptionnelle de la Seine. L'étude présentée ici vise à répondre à une partie de ces interrogations, en proposant un outil d'aide à la décision sous SIG pour identifier de façon spatialisée les besoins de prise en charge dans l'hébergement d'urgence des populations sinistrées, en cas d'évacuation massive. La méthodologie se fonde sur la combinaison de deux indices, agrégés à l'échelle du bâti : (1) un « indice d'exposition », qui synthétise des variables relatives à l'aléa et aux impacts physiques induits par ce dernier. Cet indice est constitué à partir d'une réflexion sur la stratégie d'évacuation envisagée par la Préfecture de Police, coordinatrice de la gestion de crise à l'échelle régionale ; (2) un « indice de susceptibilité à l'auto-hébergement », qui vise à représenter la capacité d'une population donnée à trouver un hébergement par ses propres moyens, chez des proches notamment, en synthétisant diverses variables sociales et démographiques. Ces variables sont identifiées grâce à un état de l'art *ad hoc*, constitué à partir de retours d'expérience internationaux d'évacuations massives passées.

Mots clés : évacuation massive / SIG / hébergements d'urgence / région francilienne

Abstract – A geographic approach for spatializing emergency sheltering needs in a crisis situation – Case study of a massive evacuation triggered by a major Seine flood in Ile-de-France region. One million inhabitants could be flooded and 6.5 million could suffer electricity or water outage in case of a major Seine flood in the Ile-de-France (Paris) region – these impacts question the feasibility of a massive evacuation in the scenario of a flood similar or superior to the 100-year flood of 1910. Our study aims at developing a decision support tool for the regional authorities (Préfecture de Police de Paris), in their planning process of a massive evacuation. It consists in a GIS methodology designed to identify spatialized emergency sheltering needs of affected populations. The methodology relies on the combination of two indexes, aggregated at the building scale: (1) an “exposure index” – aggregating different variables related to the features of the hazard and its physical direct impacts (flood height, geographic isolation, utilities outage). This index is computed for a given flood scenario and stems from the planning process of the Préfecture de Police de Paris, coordinating crisis management at the regional scale, and its considerations regarding a potential evacuation strategy; (2) a “self-sheltering index”, aiming at representing the inhabitants' capability to take refuge by their own means, amongst friends or relatives, and synthesizing social and demographic variables. These variables are identified through an appropriate state-of-the-art of former massive evacuations.

Keywords: massive evacuation / GIS / emergency sheltering / Ile-de-France region

*Correspondance : kenji.fujiki@live-cnrs.unistra.fr

1 Introduction

Les crues de la Seine et de ses affluents des dernières années interrogent sur la capacité des autorités, régionales et nationales, à faire face aux conséquences d'une évacuation massive. Si quelques centaines de personnes seulement ont été évacuées lors de la crue de janvier 2018, et si environ 20 000 personnes ont été évacuées lors de la crue de juin 2016, les conséquences pourraient être beaucoup plus marquées en cas de crue exceptionnelle, similaire ou supérieure à la crue de référence de janvier 1910 : d'après l'OCDE (2014), 1 million de personnes pourrait alors être inondé, et 6,5 millions d'habitants laissés sans eau ou électricité, et ce sur plusieurs semaines à plusieurs mois, du fait de la configuration du bassin de la Seine qui favorise une cinétique lente de l'événement. Du fait des enjeux exposés, la Préfecture de Police de Paris, qui coordonne la gestion de crise à l'échelle régionale, mène aujourd'hui une réflexion poussée sur la planification d'une évacuation de masse.

L'étude présentée ici vise à appuyer le processus de planification, en proposant un outil d'aide à la décision sous SIG pour identifier de façon spatialisée les besoins de prise en charge dans l'hébergement d'urgence des populations évacuées. Cet outil est appliqué à l'hypothèse d'une crue majeure de la Seine et de la Marne, sur la région francilienne. Le choix de s'interroger sur les hébergements d'urgence est utile pour au moins deux raisons : d'abord, il permet de questionner la stratégie d'évacuation envisagée par la Préfecture de Police de Paris, puisque cette stratégie a un impact direct sur le nombre de personnes évacuées, et donc sur le nombre de personnes hébergées. Ensuite, il permet de répondre à un enjeu fort de l'évacuation massive – à savoir celui de la prise en charge par l'hébergement des populations évacuées. Or, à l'heure actuelle, les autorités ne sont pas en mesure d'anticiper sur les besoins en la matière.

D'un point de vue scientifique, les travaux existants sur la problématique des hébergements consistent essentiellement dans le développement de modèles SIG visant à identifier des sites potentiels pouvant servir de refuges pour les populations évacuées (Gall, 2004 ; Kar et Hodgson, 2008 ; Sanyal et Lu, 2009 ; Liu et Lim, 2016) : ces modèles sont plus adaptés à une réflexion sur des aléas de cinétique rapide et violente, où la distance entre le lieu évacué et le site de refuge est cruciale pour la survie des populations. S'il existe quelques modèles développés pour quantifier plus précisément les besoins en hébergements, en particulier le modèle HAZUS–MH développé par la FEMA¹ (French et al., 2008 ; Vecere et al., 2017), ces derniers présentent néanmoins divers inconvénients, qui les rend peu applicables sur notre terrain d'étude. D'une part, ils ne considèrent la problématique de l'hébergement d'urgence que sous l'angle de l'endommagement des logements : les estimations des populations évacuées, et indirectement des populations hébergées, se fondent sur une estimation des logements endommagés ; dans notre étude, le choix est à l'inverse fait d'estimer les populations évacuées à partir de la cartographie d'un zonage de l'évacuation, zonage bien plus étendu que celui des seules zones directement endommagées par l'inondation, du fait notamment d'effets induits (comme la rupture des réseaux). D'autre part, ces modèles font peu cas des

disparités géographiques et spatiales ; or, c'est précisément l'objectif de notre étude, qui vise justement à identifier des territoires prioritaires en cas d'évacuation massive.

2 Méthode

La méthodologie développée consiste à croiser deux indices, à l'échelle du bâtiment : un indice d'exposition à l'aléa, et un indice social de susceptibilité à l'auto hébergement (ISSAH) (Fujiki, 2017).

2.1 Le développement d'un indice d'exposition pour cartographier le zonage de l'évacuation

Le zonage de l'évacuation est cartographié à partir du calcul d'un indice d'exposition pour chaque bâtiment résidentiel d'Ile-de-France², pour un scénario d'inondation donné. Cet indice agrège sous SIG différentes variables, relatives à l'aléa et à ses impacts (hauteur d'eau sur chaussée, isolement géographique provoqué par la crue, rupture du réseau électrique, rupture du réseau d'adduction d'eau potable). Les données géoréférencées utilisées pour cartographier ces variables ont été mises à disposition par la Préfecture de Police de Paris : la principale variable – celle relative à la hauteur d'eau sur chaussée – est cartographiée à partir des « Zones inondées potentielles », développée par la DRIEE³ à partir du croisement du modèle hydraulique du bassin de la Seine (modèle ALPHEE) et d'un modèle numérique de terrain (IIBRBS, 1998 ; DRIEE et SGZDS-Paris, 2015).

L'agrégation des variables a lieu à partir de la lecture d'un arbre de décision logique d'évacuation (Fig. 1). Cet arbre de décision représente la traduction d'une stratégie d'évacuation envisagée par la Préfecture de Police de Paris (parmi d'autres alternatives en cours d'étude), et permet de regrouper les bâtiments résidentiels en quatre zones – constituant le zonage de l'évacuation :

- une « zone A », où l'évacuation est obligatoire du fait des risques que fait peser l'inondation sur la sécurité des personnes (chaussée inondée ou isolement géographique) ;
- une « zone B », où l'évacuation est recommandée du fait des conditions de vie dégradées. Cette zone B correspond aux espaces concernés par la rupture du réseau électrique ;
- une « zone C », où l'évacuation n'est pas explicitement recommandée – cependant les personnes qui demeurent sur place doivent accepter de vivre dans des conditions de vie dégradées, du fait de la rupture du réseau d'adduction d'eau potable ;
- une « zone D », qui n'est pas affectée directement par l'inondation.

² La constitution d'une base de données géoréférencées de bâtiments résidentiels s'appuie sur des méthodes existantes, par exemple pour estimer la population en zone inondable (Commissariat Général au Développement Durable et Service de l'Observation et des Statistiques, 2012) : elle consiste ici à croiser la « BD Topo » (IGN), comprenant une représentation du bâti, et une base de données sur l'occupation des sols (« BD MOS » de l'Iau-Idf).

³ DRIEE : Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Energie.

¹ FEMA : Federal Emergency Management Agency (États-Unis).

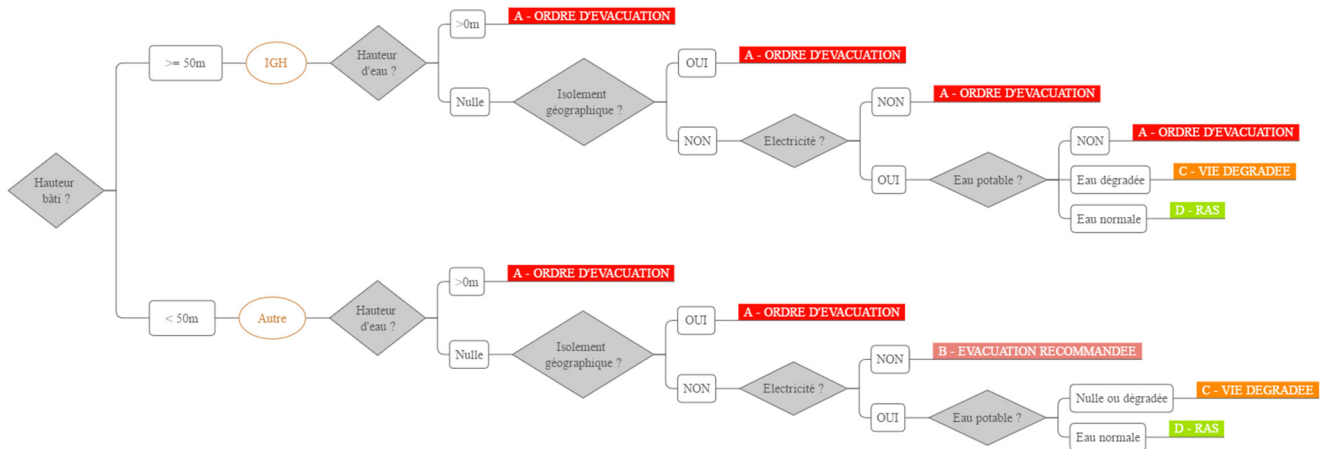


Fig. 1. Arbre de décision logique d'évacuation, d'après une proposition de stratégie de la Préfecture de Police de Paris.

Il faut aussi noter qu'une stratégie différenciée s'applique aux IGH⁴, beaucoup plus stricte – pour des raisons réglementaires : en l'absence d'eau ou d'électricité, un IGH doit être immédiatement évacué du fait qu'il n'est plus possible d'assurer la sécurité incendie du bâtiment.

2.2 La création de l'ISSAH, représentant la capacité des populations à trouver un hébergement par leurs propres moyens

Si l'indice d'exposition permet de cartographier les zones évacuées, il faut cependant noter que l'ensemble des populations évacuées n'est pas destiné à être pris en charge par la collectivité pour son hébergement. Les études de catastrophes passées (à l'échelle internationale) mettent en effet en évidence le fait que les populations évacuées s'adressent d'abord à leurs proches pour trouver un hébergement, à défaut trouvent une place en hôtel ou louent un autre logement ; le recours aux hébergements d'urgence collectifs constitue seulement un dernier recours. La littérature internationale met ainsi en évidence des taux de prise en charge en centres d'hébergement d'urgence souvent égaux ou inférieurs à 5–6 % (Smith et McCarty, 1996, 2009 ; Whitehead *et al.*, 2000 ; Siebeneck et Cova, 2012 ; Khazai *et al.*, 2013). Ces taux varient cependant fortement en fonction des évacuations, et peuvent dans certaines conditions dépasser 30 ou 40 %, même s'il s'agit alors généralement d'évacuations de très courte durée (Mileti *et al.*, 1992). Sur notre terrain d'étude, la crue de juin 2016 a mis en évidence la très faible utilisation des centres d'hébergement mis en place par les autorités : s'il n'y pas eu de recensement à l'échelle régionale, il faut néanmoins observer que la part de la population évacuée ayant été accueillie dans des centres d'hébergement a rarement dépassé 10 % localement.

Les choix des ménages en matière d'hébergement s'expliquent par différents facteurs : des facteurs environnementaux et collectifs (comme l'offre en centres d'hébergements d'urgence, la publicité faite autour de ces derniers, mais

aussi l'ampleur de l'évacuation), mais surtout des facteurs individuels, démographiques et socio-économiques (Mileti *et al.*, 1992 ; Whitehead *et al.*, 2000 ; Smith et McCarty, 2009). En effet, les habitants exposés ne sont pas égaux dans la capacité à trouver un hébergement par leurs propres moyens : c'est précisément l'objet de l'Indice social de susceptibilité à l'auto-hébergement (ISSAH), développé dans le cadre de cette étude, que de représenter sur un plan spatial la capacité des populations à trouver un hébergement – et donc de connaître, à l'inverse, les populations (et les territoires) qui nécessitent plus que les autres une prise en charge par la collectivité.

L'ISSAH agrège différentes variables individuelles, tirées des données de l'INSEE (« Recensement général de la population » et « Revenus fiscaux localisés ») sur la base des observations faites par les études précédemment citées. Il faut ici noter que les exemples de catastrophes passés utilisés pour construire l'indice sont tous étrangers : d'abord en l'absence d'événement référent en France d'évacuation massive récente ; ensuite, concernant des évacuations plus localisées en France et *a fortiori* en Ile-de-France, en l'absence d'étude documentée sur le comportement des populations évacuées.

Un indice composite, comprenant des variables très diverses, ne peut avoir du sens qu'à la condition d'être robuste sur un plan statistique – pour s'en assurer, différents outils statistiques ont été appliqués, souvent utilisés dans le développement d'indices composites (Cutter *et al.*, 2003, 2010 ; Myers *et al.*, 2008 ; OECD et JRC, 2008 ; Wolf et McGregor, 2013 ; Su *et al.*, 2015). Ils comprennent : (1) la rationalisation et la normalisation des données utilisées ; (2) la gestion des données manquantes ; (3) la suppression des variables redondantes (par un test de corrélation) ; (4) le regroupement des variables restantes au sein de facteurs par une analyse en composantes principales, précédée d'un test Kaiser–Meyer–Olkin visant à supprimer les variables isolées (trop faiblement corrélées à d'autres variables de la matrice de données, et ne pouvant donc pas être regroupées en facteurs) ; (5) le calcul de l'indice composite à partir de la moyenne des coordonnées de chaque composante principale, moyenne pondérée par la proportion de la variance totale qu'explique chacune des composantes (Tab. 1).

⁴IGH : Immeuble de Grande Hauteur.

Tableau 1. Décomposition de l'ISSAH en variables et facteurs.

Composantes principales (Facteurs)	Variables corrélées
Revenus et éducation	Médiane des revenus (euros) par UC ⁵ 1 ^{er} décile des revenus (euros) par UC % femmes dans la population totale % sans diplôme (ou CEP / Brevet des collèges unqmt.) % titulaires d'un diplôme de l'enseignement supérieur long
Conditions de logement	Part de ménages composés d'hommes seuls % de personnes vivant dans leur logement depuis au moins 10 ans % de personnes vivant dans leur logement depuis moins de 2 ans
Âge du ménage	Part de la population ayant 75 ans ou plus Part de la population de 15–75 ans
Capital économique et capacité d'insertion	% de propriétaires Part de logements sociaux / occupation gratuite % population immigrée

L'indice est calculé à l'échelle de l'IRIS (plus petite unité statistique de l'INSEE), puis redistribué à l'échelle du bâtiment—qui représente notre échelle d'analyse. Le calcul de l'indice s'accompagne d'une estimation du nombre d'habitants par bâtiment, sur la base des méthodes déjà développées pour estimer la population en zone inondable (Commissariat Général au Développement Durable et Service de l'Observation et des Statistiques, 2012).

Cet indice est cartographié, mais il est également utilisé pour quantifier les besoins en hébergements d'urgence. Précisément, pour chaque bâtiment compris dans une zone d'évacuation, le taux de populations évacuées nécessitant une prise en charge de leur hébergement par la collectivité varie de 5 à 25 %, avec une médiane fixée à 15 %, de façon inversement proportionnelle à la valeur de l'ISSAH attribuée. En l'absence de données empiriques spatialisées précises, à notre disposition, portant sur des évacuations massives sur notre terrain d'étude ou un autre affecté par un aléa de même nature, les taux d'hébergement choisis le sont sur la base de simples postulats : la valeur basse (5 %) correspond au taux moyen observé à l'échelle internationale ; la valeur médiane (15 %) représente le scénario de travail principal de la Préfecture de Police ; la valeur haute (25 %) est un autre scénario – maximisant – utilisé par la Préfecture de Police, et c'est aussi le postulat retenu dans certains plans d'évacuation français (CEPRI, 2014). Ces postulats tendent à maximiser les besoins potentiels en hébergement, plutôt qu'à les minimiser – considérant les conditions propres à notre terrain d'étude, tant cinétiques (longue durée de l'évacuation) que géographiques (ampleur spatiale et géographique de l'évacuation, sur une zone très densément peuplée).

3 Résultats

En croisant les deux indices –ISSAH et indice d'exposition–, il est possible d'estimer, de façon cartographiée et quantifiée, les besoins en hébergements d'urgence, pour un scénario d'inondation donné. Les résultats sont en l'occurrence

présentés pour le scénario dit « R1,15 », correspondant à 115 % du débit atteint lors de la crue de la Seine de référence de janvier 1910 – scénario qui pourrait provoquer une évacuation massive, d'une ampleur sans précédent récent à l'échelle française ou européenne.

3.1 Une transcription cartographique de la stratégie d'évacuation de la Préfecture de Police

Notre étude permet d'abord de faire émerger une cartographie de l'évacuation. Cette cartographie s'accompagne d'une estimation de la population résidente au sein des zones affectées.

3.1.1 Zonage cartographié de l'évacuation massive

La cartographie du zonage de l'évacuation massive met en avant l'exposition forte de l'agglomération francilienne au risque inondation, et en particulier aux conséquences de l'inondation sur les réseaux (Fig. 2). La zone A (ordre d'évacuation) s'étend dans le lit majeur urbanisé de la Seine et de la Marne – et en particulier dans les zones de rupture de pente, anciens champs d'expansion des crues, du Val-de-Marne et des Hauts-de-Seine. La zone B (évacuation recommandée), constituée des zones de fragilité électrique, s'étend plus largement, en amont de la Marne en Seine-et-Marne, dans la boucle de la Seine en Essonne (au niveau de Viry-Châtillon), entre la Seine et la Marne avant la confluence des deux cours d'eau (Val-de-Marne), en aval dans les boucles de la Seine (Hauts-de-Seine et Yvelines), au niveau de Mantes-la-Jolie enfin après la confluence de la Seine avec l'Oise. La zone C (maintien en vie dégradée) est la plus étendue, et s'explique du fait de la rupture généralisée du réseau d'adduction d'eau potable au-delà du scénario dit « R1 » (correspondant à 100 % du débit atteint lors de la crue de janvier 1910).

Il faut aussi constater que la stratégie différenciée à l'égard des IGH n'a pas d'impact sur la cartographie globale de l'évacuation : émergent cependant, dans la petite

⁵ UC : Unité de Consommation.

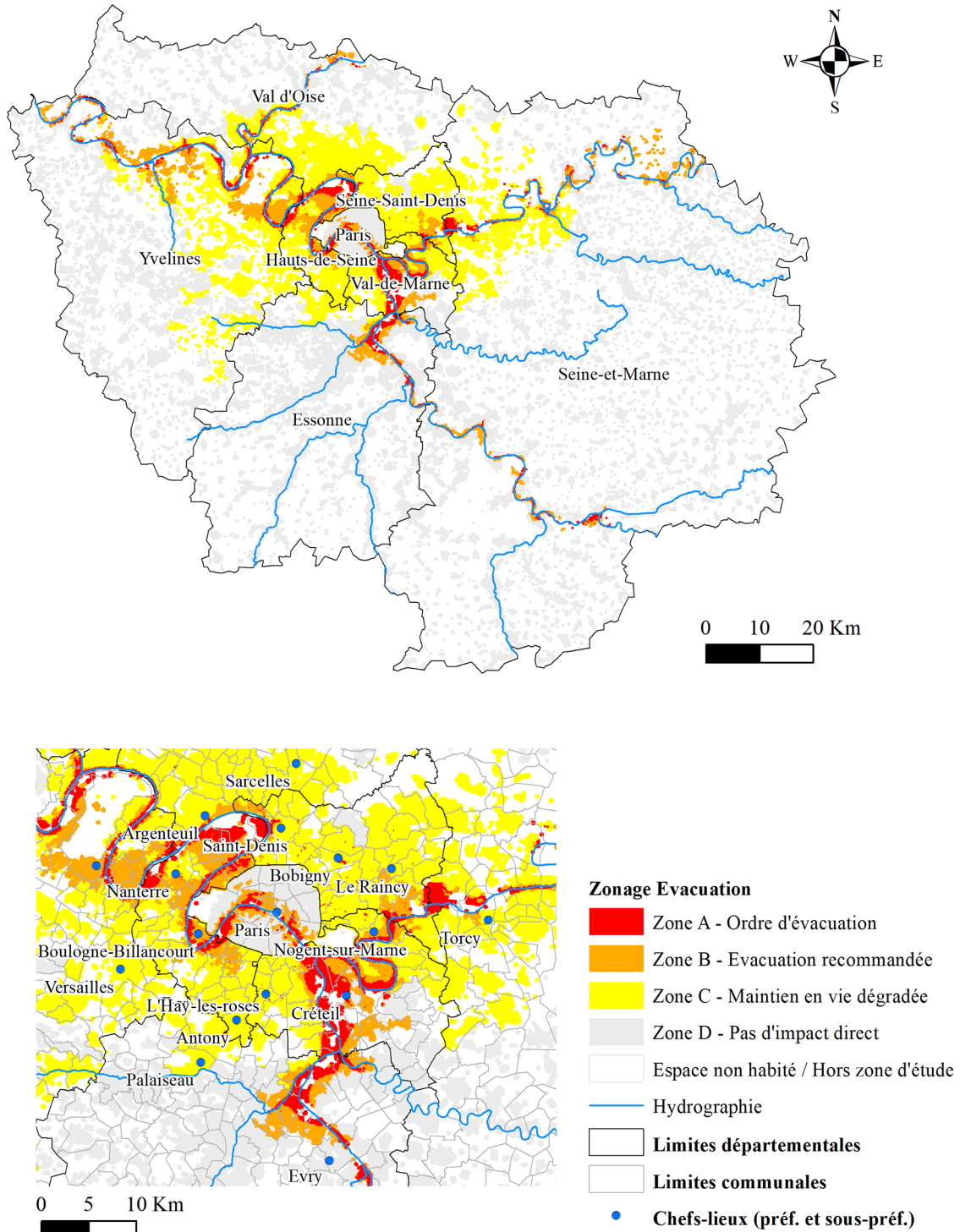


Fig. 2. Zonage de l'évacuation au sein des espaces habités de la région francilienne, pour le scénario d'inondation R1,15 (Données : DRIEE-SGZDS, IGN).

couronne francilienne et en particulier en Seine-Saint-Denis, des « points » d'évacuation situés parfois très loin du fleuve. Il s'agit en l'occurrence d'IGH, vulnérables à une coupure totale du réseau d'adduction d'eau potable, qu'il faudra surveiller de près lors de l'inondation, alors même que l'attention générale sera portée ailleurs – au plus près des zones inondées.

3.1.2 Estimations quantifiées du nombre de personnes par zone d'évacuation

Ayant connaissance du nombre approximatif de personnes vivant dans chaque bâtiment résidentiel d'Ile-de-France, il est possible d'estimer le nombre de personnes résidentes exposées pour chaque zone (Fig. 3). À l'échelle régionale, presque

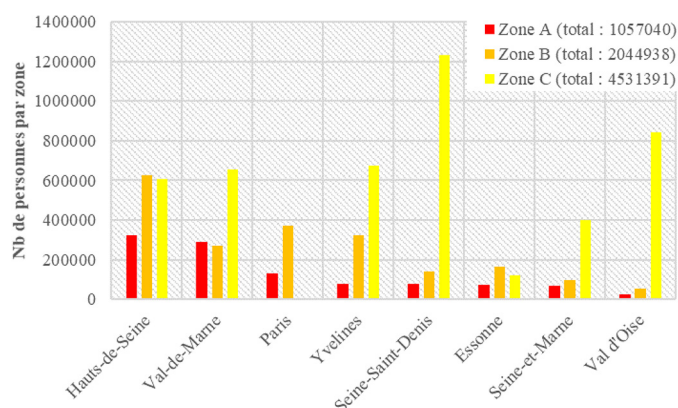


Fig. 3. Nombre d'habitants par zone d'évacuation pour le scénario R1,15 (Données : DRIEE-SGZDS, IGN, INSEE).

1,1 millions de personnes pourraient se voir ordonner l'évacuation (zone A), plus de 2 millions se voir recommander celle-ci (zone B), et 4,5 millions de personnes maintenues chez elles dans des conditions de vie dégradées (zone C). Ces estimations quantifiées confirment par ailleurs la lecture cartographique du zonage de l'évacuation. Il faut d'abord observer la nette surexposition des Hauts-de-Seine, devant le Val-de-Marne, dans le processus d'évacuation : 320 000 personnes en zone A et 630 000 personnes en zone B dans les Hauts-de-Seine, contre 290 000 et 270 000 respectivement dans le Val-de-Marne. Paris et les Yvelines apparaissent aussi fortement exposés : 130 000 et 370 000 personnes en zones A et B pour Paris, environ 75 000 et 320 000 personnes pour les Yvelines. La Seine-Saint-Denis, si elle est moins concernée par le processus d'évacuation *stricto sensu*, est cependant largement exposée à des conditions de vie dégradées – ce qui pose notamment la problématique du maintien sur place de centaines de milliers de personnes, sans eau, pendant des semaines voire des mois.

3.2 Une cartographie de l'ISSAH : l'identification de zones prioritaires pour les autorités locales et régionales

En croisant ensuite le zonage de l'évacuation et la cartographie de l'ISSAH, il est possible d'identifier des zones prioritaires dans la prise en charge de l'hébergement des populations évacuées. La figure 4 cartographie l'ISSAH sur les zones A et B – donc les zones qui sont amenées à être évacuées, pour le scénario d'inondation considéré.

À ce titre, il apparaît clairement un double clivage : d'abord, entre Paris et la petite couronne francilienne, les besoins apparaissent largement supérieurs dans cette dernière, avec un ISSAH faible (donc des besoins en hébergements d'urgence élevés) dans la partie « Seine » du Val-de-Marne et dans la boucle de Gennevilliers dans les Hauts-de-Seine, ainsi que dans les îlots évacués de Seine-Saint-Denis, et un ISSAH élevé dans la majeure partie des quartiers parisiens exposés. Ensuite, en grande couronne francilienne, entre les zones densément peuplées et celles plus faiblement peuplées, les premières présentent des besoins plus élevés que les secondes : les agglomérations et les quartiers de grands ensembles de la

grande couronne ressortent nettement de la cartographie. On observe ainsi de faibles valeurs à Meaux et Melun en Seine-et-Marne, dans la banlieue sud de l'agglomération en Essonne, ou encore à Mantes-la-Jolie dans les Yvelines.

En l'occurrence, l'ISSAH, dans sa composition, met en avant des variables socio-économiques et des variables de densité : les disparités géographiques observées rendent compte de la distribution de ces variables. En effet, la littérature a mis en évidence le rôle de la densité urbaine et des faibles revenus dans les besoins en hébergements d'urgence (Mileti *et al.*, 1992). Les disparités du quotidien pèsent de ce fait aussi dans la gestion de crise – et dans la gestion de l'évacuation également.

3.3 Une quantification des besoins en hébergements d'urgence : l'impact du zonage sur la prise en charge des populations

Cette seule cartographie permet de faire émerger des besoins relatifs – en priorisant des espaces plutôt que d'autres ; cependant, elle nécessite d'être complétée par une analyse quantifiée, pour connaître en valeur absolue le nombre de personnes à prendre en charge.

Cette analyse met en évidence des besoins différenciés, en fonction du zonage de l'évacuation retenu (Tab. 2) : si la collectivité ne prend en charge que l'hébergement des populations pour lesquelles l'évacuation est obligatoire (zone A), environ 160 000 pourraient être hébergées. En revanche, si elle prend en charge l'ensemble des populations amenées à être évacuées (évacuation obligatoire et recommandée – zones A et B), ces besoins pourraient presque tripler, avec 460 000 personnes hébergées. Dans la dernière hypothèse, considérant que les conditions de vie sont trop dégradées sur une trop longue période en zone C, la prise en charge des populations résidant dans cette dernière aurait des répercussions immenses sur la gestion de crise : les besoins cumulés des zones A, B et C pourraient représenter presque 10 fois les besoins restreints de la zone A.

Les priorités géographiques seraient également bouleversées par une prise en charge élargie des hébergements d'urgence : en zone A seulement, les Hauts-de-Seine et le Val-de-Marne concentrent à eux seuls plus de la moitié des besoins, tandis que les autres départements comprennent chacun entre 10 000 et 18 000 personnes à prendre en charge, le Val d'Oise fermant la marche (avec 3 600 personnes). À l'inverse, en considérant l'impact cumulé des trois zones, des départements peu exposés au risque de submersion même apparaissent alors en tête des besoins : la Seine-Saint-Denis concentre le plus de besoins (avec presque 240 000 personnes hébergées), devant les Hauts-de-Seine et le Val-de-Marne, tandis que le Val d'Oise et les Yvelines comprennent également chacun entre 140 000 et 150 000 personnes à prendre en charge.

4 Conclusions

En conclusion, la méthode développée permet, sous SIG et à l'échelle du bâtiment, d'estimer sur un plan spatialisé et chiffré les besoins des populations en matière d'hébergements d'urgence, dans l'hypothèse d'une évacuation massive de la région Ile-de-France provoquée par une crue majeure de la

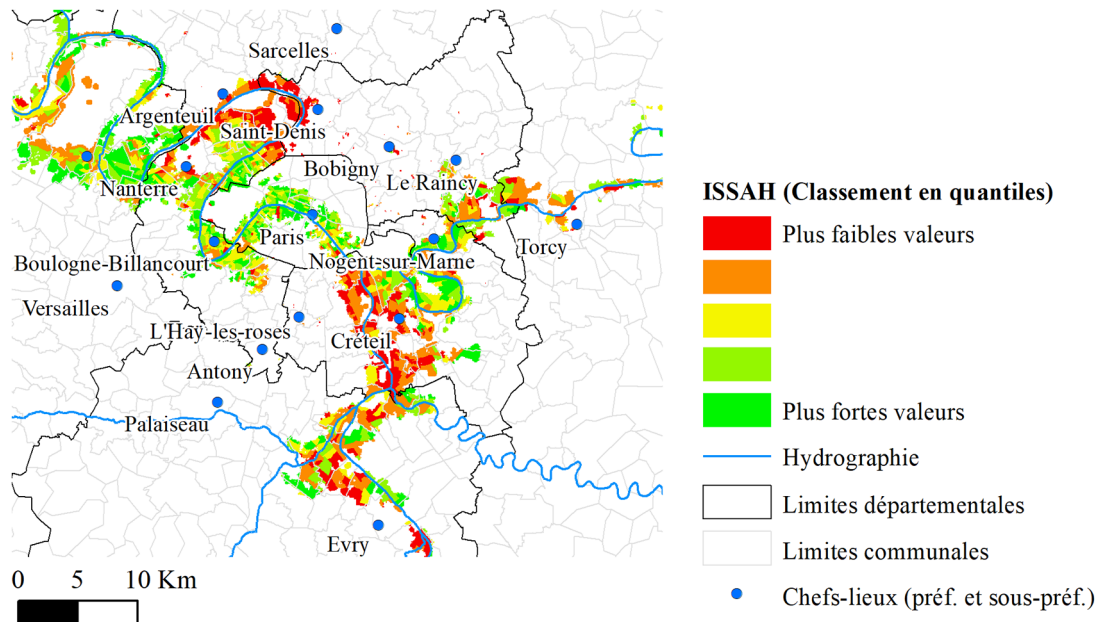
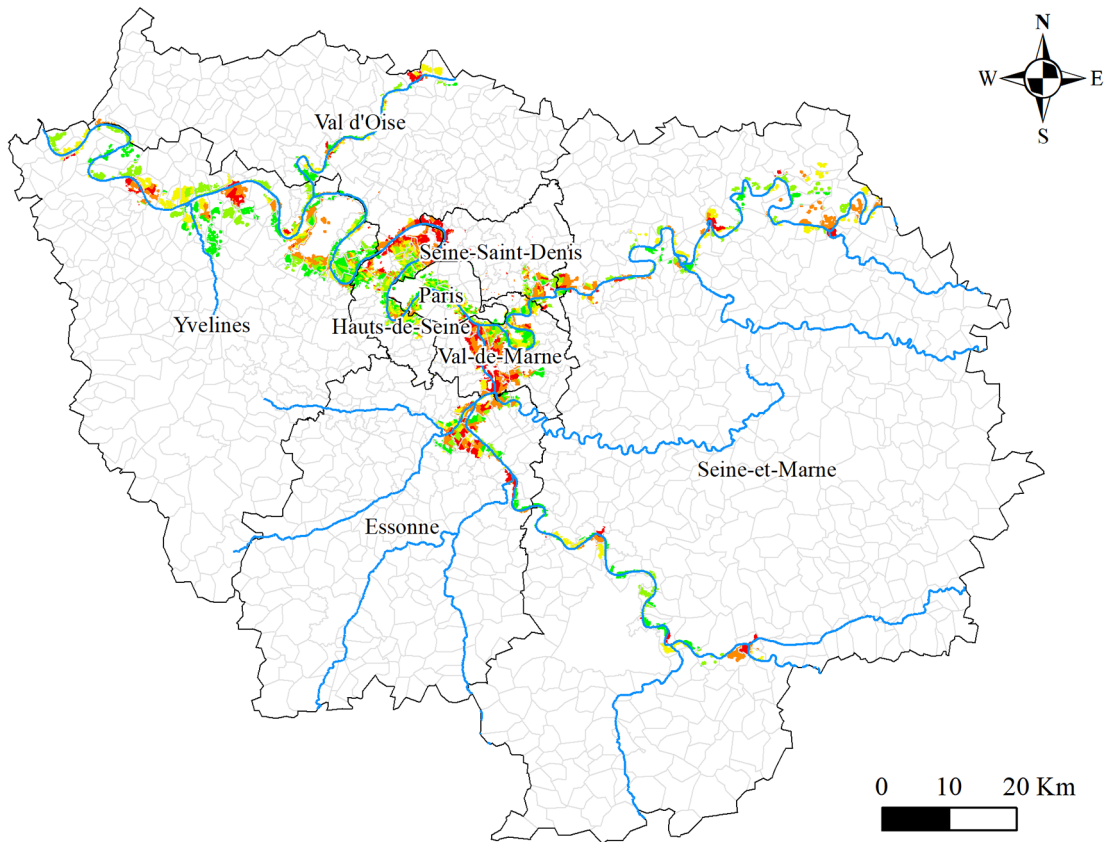


Fig. 4. Cartographie croisée de l'ISSAH et des zones d'évacuation (zones A et B), pour le scénario d'inondation R1,15 (Données : DRIEE-SGZDS, IGN, INSEE).

Seine. Cette méthode gagnerait à être appliquée à d'autres aléas, sur d'autres terrains, et étendue à d'autres types de besoins, car, évidemment, l'évacuation ne s'arrête pas à la problématique de l'hébergement : les populations doivent être

accompagnées en amont, dans le processus d'alerte puis d'évacuation *stricto sensu*, et en aval, dans le processus de retour au logement – ou de relogement et de reconstruction en cas d'endommagement ou de destruction de l'habitat originel.

Tableau 2. Besoins quantifiés en hébergements d'urgence, en fonction du zonage considéré (Données : DRIEE-SGZDS, IGN, INSEE).

Départements		Zonage de l'évacuation		
Nom	Code	A	A-B	A-B-C
Paris	75	18 158	68 514	68 697
Seine-et-Marne	77	10 413	25 223	83 659
Yvelines	78	11 347	58 316	153 160
Essonne	91	11 277	36 508	53 744
Hauts-de-Seine	92	48 923	138 805	225 257
Seine-Saint-Denis	93	12 391	34 444	237 300
Val-de-Marne	94	44 620	85 071	183 266
Val d'Oise	95	3 600	11 971	139 960
Région Ile-de-France		160 729	458 851	1 145 043

Les espaces les plus exposés peuvent alors varier, selon les besoins considérés, selon encore l'aléa ou le scénario d'inondation envisagé.

L'intérêt de la méthode est double, pour les autorités planificatrices : d'une part, elle permet d'identifier des espaces prioritaires dans le processus d'évacuation ; d'autre part, elle permet d'anticiper sur l'impact de la stratégie d'évacuation sur les besoins des populations, entre autres dans la prise en charge de leur hébergement. Une stratégie extensive de l'évacuation conduit évidemment à des besoins plus élevés. Plus largement, la méthode permet d'interroger l'incertitude pesant sur la stratégie d'évacuation et sa faisabilité : en matière de communication en particulier, selon les messages transmis aux populations, ces dernières pourraient être plus ou moins incitées à évacuer, avec des conséquences majeures sur les besoins de prise en charge en matière d'hébergement d'urgence. Il faut en effet s'interroger sur les messages comportementaux à faire passer auprès des populations ciblées, en particulier de celles vivant dans les zones « non explicites » (zones B et C) : par exemple, quel message fait-on passer auprès des populations de la zone B, pour lesquelles on ne fait que recommander l'évacuation ? Que doivent faire les populations de la zone C, dans l'hypothèse d'une inondation de longue durée remettant en cause leur capacité à demeurer sur place ? Quel message adresser aux populations fragiles, personnes médicalisées, handicapées ou âgées – dans cette même zone ?

Remerciements. Les auteurs remercient le Secrétariat Général de la Zone de Défense et de Sécurité de Paris (Préfecture de Police) pour son appui dans la conduite de cette étude. Ils remercient également les chercheurs du programme EURI-DICE, pour les nombreuses discussions qui ont permis d'enrichir l'analyse.

Références

- CEPRI. 2014. L'évacuation massive des populations. Les territoires face à l'inondation. Les guides du CEPRI. Orléans, 98 p.
- Commissariat Général au Développement Durable et Service de l'Observation et des Statistiques. 2012. Méthodes d'estimation de population et de logements en zone inondable. Rapport – Développement durable. Paris : Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie, 23 p.
- Cutter S, Boruff B, Shirley W. 2003. Social vulnerability to environmental hazards. *Soc Sci Q* 84: 242–261.
- Cutter S, Burton C, Emrich C. 2010. Disaster resilience indicators for benchmarking baseline conditions. *J Homel Secur Emerg Manag* 7: 51–51.
- DRIEE, SGZDS-Paris. 2015. Tableau récapitulatif des modélisations de zones inondables. Zones inondées potentielles. Paris, 1 p.
- French S, Feser E, Peacock W. 2008. Quantitative models of the social and economic consequences of earthquakes and other natural hazards. Final Report. Mid-America Earthquake Center. Project SE-2.
- Fujiki K. 2017. Étude prospective des impacts sociaux d'une inondation majeure en région Ile-de-France. Disparités socio-spatiales dans la prise en charge des populations franciliennes en situation de crise et de post-crise : une analyse cartographiée et quantifiée des besoins des ménages, de l'évacuation à la reconstruction. Thèse de Géographie-Aménagement, Université Jean Moulin Lyon 3.
- Gall M. 2004. Where to go? Strategic modelling of access to emergency shelters in Mozambique. *Disasters* 28: 82–97.
- IIBRBS. 1998. Évaluation des dommages liés aux crues en région Ile-de-France. Hydratec. Société d'Ingénierie pour l'Eau et l'Environnement. Territoires Conseil.
- Kar B, Hodgson M. 2008. A GIS-based model to determine site suitability of emergency evacuation shelters. *Trans GIS* 12: 227–248.
- Khazai B, Bessel T, Möhrle S, et al. 2013. June 2013 flood in Central Europe – Focus Germany CEDIM Report on the 2013 June floods in Central Europe 2. CEDIM Forensic Disaster Analysis Group (FDA).
- Liu X, Lim S. 2016. Integration of spatial analysis and an agent-based model into evacuation management for shelter assignment and routing. *Spat Sci* 61: 283–298.
- Mileti D, Sorensen J, O'Brien P. 1992. Toward an explanation of mass care shelter use in evacuations. *Int J Mass Emerg Disasters* 10: 25–42.
- Myers C, Slack T, Singelmann J. 2008. Social vulnerability and migration in the wake of disaster: The case of hurricanes Katrina and Rita. *Popul Environ* 29: 271–291.
- OCDE. 2014. Étude de l'OCDE sur la gestion des risques d'inondation. La Seine en Ile-de-France. Paris : Éditions OCDE, 216 p. DOI: [10.1787/9789264207929-fr](https://doi.org/10.1787/9789264207929-fr).
- OECD. 2008. Handbook on constructing composite indicators. Methodology and user guide. Paris : OECD Publications, 158 p.
- Sanyal J, Lu X. 2009. Ideal location for flood shelter: A geographic information system approach. *J Flood Risk Manag* 2: 262–271.

- Siebeneck L, Cova T. 2012. Spatial and temporal variation in evacuee risk perception throughout the evacuation and return-entry process. *Risk Anal* 32: 1468–1480.
- Smith S, McCarty C. 1996. Demographic effects of natural disasters: A case study of hurricane Andrew. *Demography* 33: 265–275.
- Smith S, McCarty C. 2009. Fleeing the storm(s): An examination of evacuation behavior during Florida's 2004 hurricane season. *Demography* 46: 127–145.
- Su S, Pi J, Wan C, Li H, Xiao R, Li B. 2015. Categorizing social vulnerability patterns in Chinese coastal cities. *Ocean Coast Manag* 116: 1–8.
- Vecere A, Monteiro R, Ammann W, Giovinazzi S, Melo Santos R. 2017. Predictive models for post disaster shelter needs assessment. *Int J Disaster Risk Reduct* 21: 44–62.
- Whitehead J, Edwards B, Van Willigen M, Maiolo J, Wilson K, Smith K. 2000. Heading for higher ground: Factors affecting real and hypothetical hurricane evacuation behavior. *Environ Hazards* 2: 133–142.
- Wolf T, McGregor G. 2013. The development of a heat wave vulnerability index for London, United Kingdom. *Weather Clim Extremes* 1: 59–68.

Citation de l'article : Fujiki K, Laleau M. 2019. Une approche géographique pour spatialiser les besoins en hébergements d'urgence en situation de crise : une étude appliquée au cas d'une évacuation massive provoquée par une crue majeure de la seine en région francilienne. *La Houille Blanche* 3-4: 75–83.