

---

## Présentation du projet de recherche RGC4 et des 1ers résultats

### Nathalie POTTIER (MCF géographie)

---

**Résilience urbaine et Gestion de Crise dans un Contexte de Crue à Cinétique lente. Développement d'outils pour l'aide à la gestion des réseaux techniques critiques : application au Grand Paris (RGC4).**

*Le projet de recherche « RGC4 » est une belle illustration des recherches du laboratoire :*

- En effet, il peut être rattaché à plusieurs thématiques transversales du laboratoire<sup>1</sup> : enjeux de développement territorial et de gouvernance (ici les enjeux liés au développement d'une métropole sans équivalent en France voire en Europe en termes de poids économique et d'enjeux stratégiques), sécurité énergétique et maintien de la distribution des services urbains (dépendance aux réseaux de distribution des services essentiels au fonctionnement urbain : énergie et eau en particulier), défi climatique (extrêmes pluviométriques et spectre d'une inondation majeure de la Seine « plongeant » l'Ile-de-France dans une crise de longue durée), soutenabilité du patrimoine urbain et dynamique des systèmes touristiques face au défi climatique (vulnérabilité des musées, bâtiments publics et logements à la submersion et impacts d'une inondation majeure sur les flux touristiques), et enfin évaluation de la vulnérabilité et résiliences territoriales (au cœur de ce projet, rendre le territoire métropolitain plus résilient face aux risques pour garantir la durabilité de son attractivité et de sa compétitivité dans un panorama économique français, européen et mondial fortement concurrentiel).
- Il est en cohérence avec le cœur thématique des travaux menés au sein de l'UMI Résilience (IRD) avec laquelle le CEMOTEV est associée.
- Et il relève le défi de la pluridisciplinarité à la transdisciplinarité<sup>2</sup> en impliquant des chercheurs en sciences humaines et sociales tels que les géographes avec des chercheurs issus d'autres disciplines comme ici les sciences de l'ingénieur autour d'un projet dit de « recherche collaborative » selon le classement de l'ANR (car portant sur un sujet complexe nécessitant une approche globale multidimensionnelle).
- Enfin, il couple la recherche académique à la recherche-action à finalité opérationnelle (la coopération étroite concerne des chercheurs du monde académique et les praticiens impliqués dans la gestion de crise que sont les gestionnaires de réseaux structurants dits « critiques » (eau, énergie, transports) et les services publics (Préfectures, communes), plus des experts ou consultants de la sphère publique et/ou privée (EPTB<sup>3</sup>, syndicats de rivière, entreprises, ...). Les savoirs académiques ont ainsi vocation à être enrichis par des savoir et dires d'experts et des savoirs praticiens.

Sélectionné par l'Agence Nationale de la Recherche pour répondre à l'axe 3 « Risques, gestion de crise quelle que soit son origine et résilience » du défi 9 « Liberté et sécurité de l'Europe et de ses citoyens » de l'appel à projet générique 2015, RGC4 (de fév 2016 à sept 2019) a reçu l'appui et un co-financement du Secrétariat général de la défense et de la sécurité nationale (SGDSN) directement rattaché au ministère de l'Intérieur.

Il est porté par l'Ecole des Ingénieurs de la Ville de Paris (EIVP, coord. Marc Vuillet) en association avec plusieurs partenaires académiques (hormis le Cemotev qui pilote le 1<sup>er</sup> des 3 volets constitutifs du projet, le Lab'Urba laboratoire d'urbanisme commun à l'EIVP, l'Université Paris Est Créteil et Paris Est Marne-la-Vallée ; le LITIS laboratoire d'informatique, du traitement de l'information et des systèmes de l'INSA de Rouen ainsi que l'UMR GéoRessources, équipe Géomatériaux, ouvrages et risques de l'Université de Lorraine) et partenaires opérationnels (l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'IDF, la Ville de Paris et la cellule de crise de la Préfecture de Police de Paris – SGZDS secrétariat général de la zone de défense et de sécurité).

---

<sup>1</sup> Dossier d'évaluation CEMOTEV Bilan (2010-2013) – projet (2015-2019), Cartier-Bresson J., 20/09/2013, pp.16-23.

<sup>2</sup> La pluridisciplinarité aborde un objet d'étude selon les différents points de vue de la juxtaposition des regards spécialisés. Elle fait coïncider le travail de plusieurs disciplines à un même sujet. La transdisciplinarité travaille autour d'objets qui n'appartiennent pas en propre à une discipline. Elle relie des disciplines, sans obligation, de manière à atteindre le même objectif à travers des activités très variées (Goupy Evelyne, « Croiser les disciplines, croiser les arts » Repère 5 p. 135 in « Pour enseigner l'histoire des Arts - Regards interdisciplinaires », Duvin-Parmentier B., CRDP d'Amiens et cahiers pédagogiques, 2010).

<sup>3</sup> EPTB : établissement public territorial de bassin.

### Définition des mots clé dans cette recherche : résilience urbaine, réseau technique critique

L'objet dans cette recherche n'est pas de discuter les concepts mais de s'appuyer sur des définitions déjà explicitées dans de précédents travaux, lesquels sont précisément à l'origine de cette recherche qui se place dans leur continuité (travaux de Damien Serre sur la ville résiliente (Serre, 2013), de Serge Lhomme sur les réseaux techniques comme vecteurs de risques en milieu urbain (Lhomme, 2012), de Marie Toubin (Toubin, 2014) sur l'approche collaborative comme moyen d'améliorer la résilience des services urbains parisiens ; ensemble des travaux sur la résilience, la vulnérabilité des territoires et le génie urbain menés au sein de l'EIVP (Landau B., Diab Y., 2016).

Ainsi, la résilience, terme fortement polysémique, est entendue ici au sens de la « résilience urbaine » définie comme la capacité d'une ville à absorber une perturbation et à récupérer ses fonctions à la suite de celle-ci (Lhomme, 2012), autrement dit sa capacité à fonctionner « en mode dégradé » et à revenir rapidement à la normale en fonction de ses capacités de résistance, d'absorption et de récupération.

Fig.1. Définition de la résilience urbaine (Lhomme, 2012).

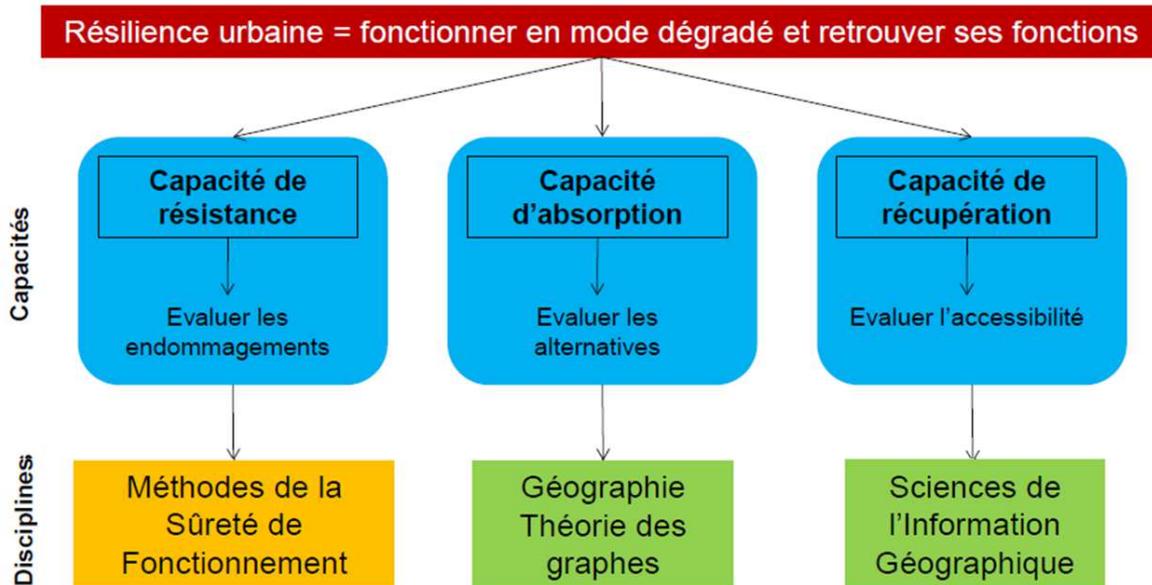


Fig.2. Compléments sur la notion de résilience en géographie (Toubin et al., 2013, site web CEREMA)

### Penser la résilience des réseaux dans le temps et ds l'espace



Les réseaux sont entendus ici au sens courant du terme. Ils désignent les infrastructures de voiries, de transport, eau, gaz, électricité, etc. (avec leur système de gestion) propres à une agglomération et non pas les « réseaux urbains » au sens où l'entendent couramment les géographes c'est-à-dire les réseaux de villes et l'organisation de ces villes dans l'espace.

Ces réseaux sont dits techniques car ils englobent un ensemble d'éléments physiques (circuits, canalisations et appareils) reliés entre eux qui permet la circulation et la distribution de l'électricité, de l'eau, du gaz, du téléphone, etc. S. Lhomme (2012, p.109-110) précise qu'un « réseau technique est [...] caractérisé par au moins trois niveaux : un niveau matériel (les composants constitutifs du réseau : grands linéaires et éléments ponctuels), un niveau structurel (topologie, configuration du réseau), un niveau fonctionnel (le flux qui se diffuse, la rhéologie) – leur principale particularité étant finalement qu'ils impliquent des infrastructures linéaires matérielles ».

Les réseaux techniques sont qualifiés de « critiques » si l'impact que leur dysfonctionnement engendrerait met en péril (affaiblit) la sécurité, l'économie, le mode de vie et la santé publique d'une ville, d'une région, voire d'un Etat (Rinaldi, 2004 cité par Lhomme, 2012, p.28).

### ***Contexte et positionnement thématique de RGC4 : le rôle des réseaux techniques dans la résilience urbaine.***

On part du constat que le développement des réseaux et des villes interconnectées vont de pair avec le développement de la vulnérabilité des territoires et que cette interdépendance multi-niveau des territoires et des réseaux tend à complexifier les situations à risque (Dutoza, 2013). Ces 15 dernières années, plusieurs grandes agglomérations ont été « paralysées » plusieurs jours à plusieurs mois par des inondations de grande ampleur dont les impacts ont été démultipliés par la dépendance aux réseaux (à Pragues, Dresdes (2002), à la Nouvelle-Orléans suite à Katrina (2005), à Bangkok (2011, 2014), dans la région de Fukushima au Japon (2011), à New York suite à Sandy (2012), ...). Ces événements ont relancé la question de la grande vulnérabilité de la ville contemporaine face aux inondations longues et amples. Ils ont révélé en particulier les limites du fonctionnement des réseaux urbains qui assurent les services publics essentiels et les conséquences en cascade (effets domino) liées aux dysfonctionnements de réseaux interdépendants. Ces situations sont des facteurs aggravants de la gestion de crise. Elles augmentent les délais de rétablissement des réseaux donc de « retour à la normale » dans des délais admissibles pour la population et pour la continuité d'activité (CGEDD, 2013 et 2015 ; CEPRI, 2016). Elles sont aussi susceptibles d'augmenter considérablement le coût économique pour la collectivité, même si un rapport du CGEDD de 2015 stipule que la modélisation économique de la résilience des réseaux n'a pas été suffisamment abordée jusqu'ici (CGEDD, 2015, p.4).

Il apparaît alors nécessaire d'étendre les concepts de vulnérabilité et de risque à la notion de résilience, mesure de la capacité de réponse d'un système ou d'une société à s'adapter lors d'une perturbation et au-delà. L'étude de la résilience urbaine implique, pour un aléa donné, la prise en compte de nombreux éléments et, notamment, le fonctionnement des réseaux techniques (transport, électricité, eau potable, assainissement, télécom etc.), par anticipation des événements extrêmes et l'établissement de stratégies de gestion de crise.

De fait, la réduction de la vulnérabilité des réseaux structurants est devenue un axe d'amélioration prioritaire à la Stratégie Française de Gestion du Risque Inondation adoptée en 2014 en application de la Directive Européenne Inondation de 2007 et de ses déclinaisons locales en IDF (DRIEE et SGZDS, 2016 ; EPTB, 2014).

La question se pose aujourd'hui pour un développement robuste et durable du Grand Paris très vulnérable face aux crues de la Seine et ses affluents, avec encore plus d'acuité depuis la crue de mai-juin 2016 qui a touché l'IDF. Le coût des dommages directs d'une crue majeure de la Seine à Paris représenterait a minima 30 milliards d'euros selon l'OCDE (2014) et la surface de la zone touchée par une interruption des services d'électricité correspondrait environ au double de la surface inondée (DRIEE-SGZDS, 2016). Des chiffres à revoir sans aucun doute à la hausse après l'aperçu des premiers enseignements tirés des conséquences de cette crue du printemps 2016 (EPTB et al., 2017).

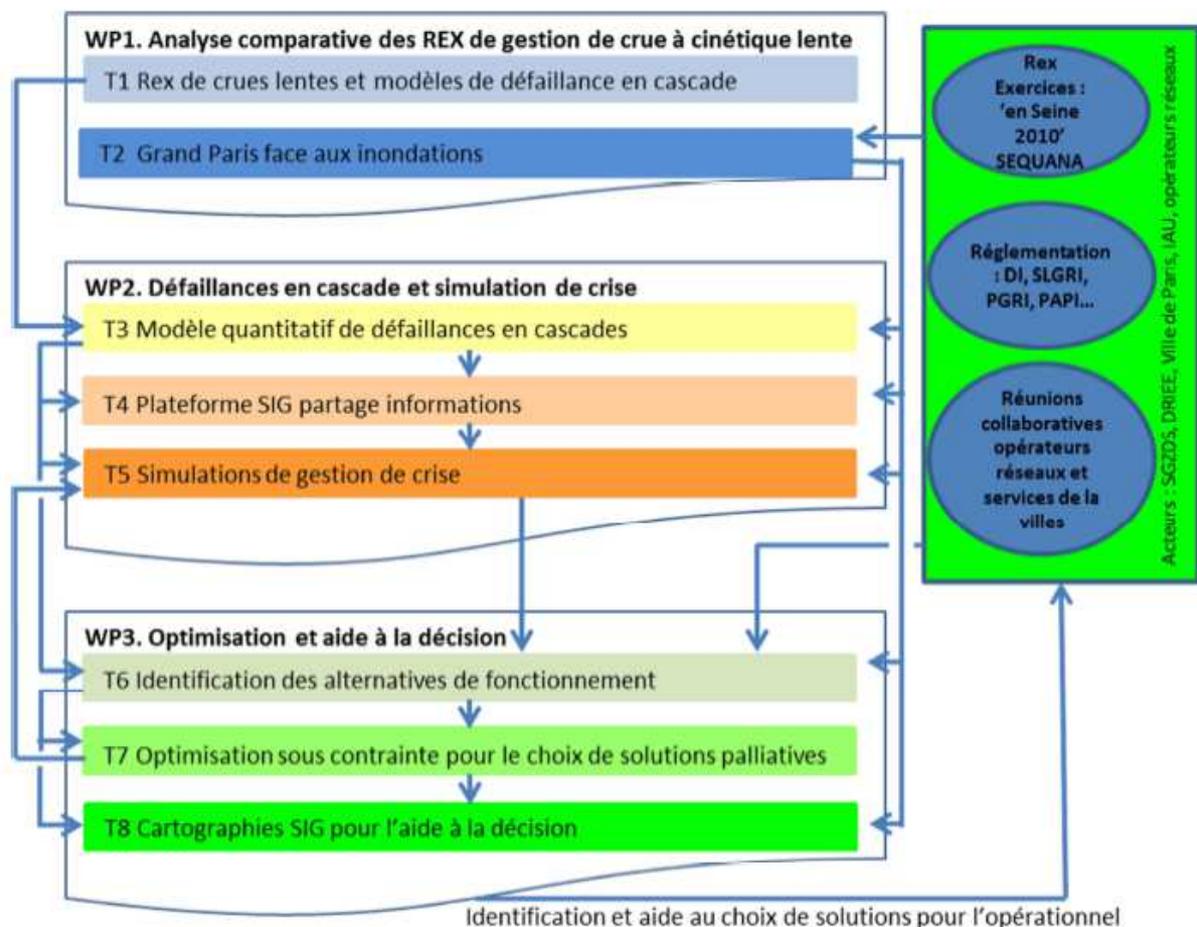
La métropole parisienne est déjà engagée dans un processus d'analyse et d'amélioration de sa résilience. S'appuyant sur une démarche novatrice qui met en œuvre méthodologies systémiques et ateliers collaboratifs des gestionnaires de réseaux techniques parisiens, les travaux de Toubin (2014) ont apporté une série de réponses sur les risques liés aux interdépendances des réseaux et la (jusqu'alors) trop faible prise en compte de ce phénomène dans les plans de gestion de crise des services concernés. La diversité d'indicateurs utilisés et les incertitudes qu'ont les gestionnaires sur le fonctionnement de leurs propres réseaux appellent à une meilleure communication entre les acteurs et à une analyse plus fine, quantifiée, des risques de défaillance des infrastructures. Une autre difficulté est liée au temps de mise en place des plans de gestion de crise. Etablis isolément, ils prennent peu en compte les délais d'intervention des autres gestionnaires et le temps nécessaire à la coordination de tous les plans dépasse largement les délais de prévision des crues.

La démarche de partage des données entre opérateurs et acteurs des cellules de crise devenant urgente, une déclaration d'intention de partager les données sur les réseaux structurants pour mieux se préparer à la gestion de crise a été signée en avril 2016 entre l'Etat (préfectures d'IDF, SGZDS), les collectivités du Grand Paris et 15 opérateurs d'importance vitale (ENEDIS, SIAAP, RATP, etc), une première en France ! Ce verrou levé (du moins sur le papier), le projet RGC4 peut maintenant prendre appui dessus pour développer ses volets WP2 et WP3 (cf. figure ci-dessous).

Le projet RGC4 propose donc le développement d'un ensemble d'outils et de méthodes d'amélioration de la gestion de crise à destination des services opérationnels (services de la ville, de la préfecture et des opérateurs privés concernés). Il adopte une approche globale, en prenant en compte les dimensions technologique, organisationnelle et humaine de la gestion de crise des services urbains (au carrefour des sciences géographiques, sociales et de l'ingénieur).

Ce projet est structuré en 3 volets (cf. figure ci-dessous) dont le volet 1 porté par Nathalie Pottier au Cemotev est en cours de finalisation au printemps 2017 (la synthèse des modèles de défaillance étant laissée à l'EIVP).

Fig.3. Structure du projet RGC4.



Parce que les enseignements tirés des expériences passées permettent de mieux comprendre le présent pour mieux préparer l'avenir, le projet RGC4 s'est donc porté dans le volet 1 d'une part sur une analyse approfondie de retours d'expérience (RETEX) d'événements d'inondations majeures ayant paralysé de grandes métropoles et de RETEX de simulations de crise inondation (WP1.T1) et d'autre part sur le recueil d'informations sur le Grand Paris et ses réseaux techniques face aux inondations (WP1.T2).

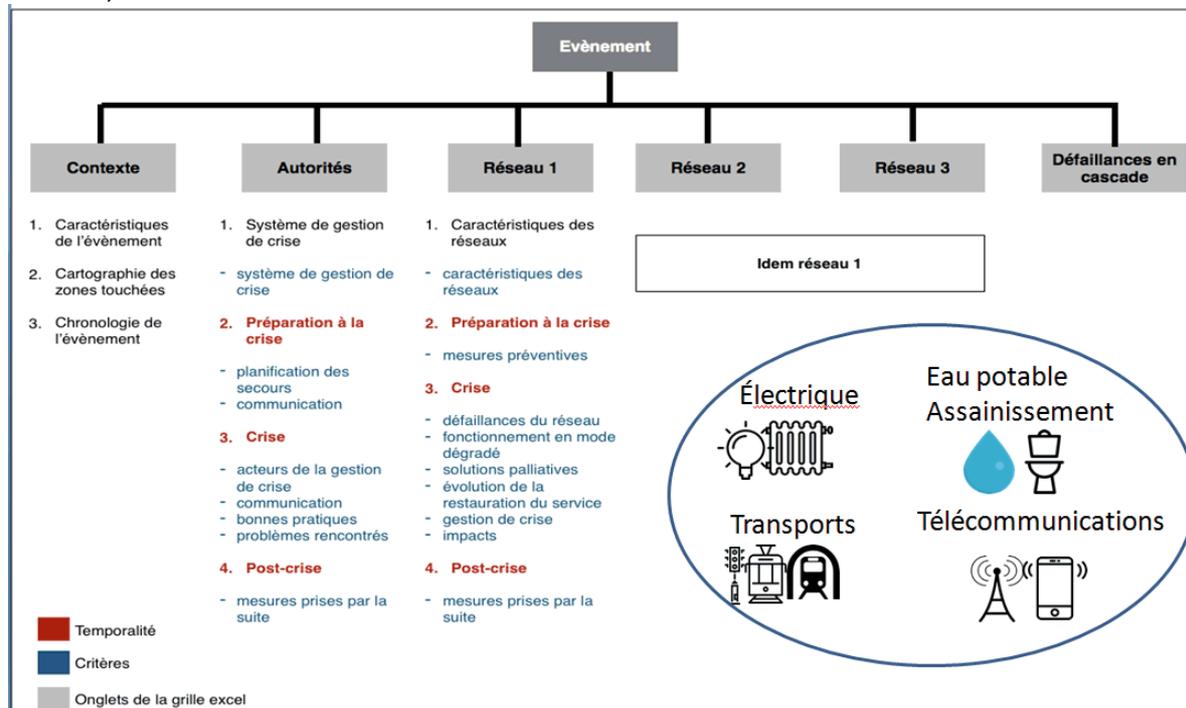
Deux chargées de mission en stage de Master 2 au CEMOTEV ont participé à ce volet 1 entre avril et septembre 2016: Jenna DANIEL (M2 Ingénierie du développement territorial de l'Institut de Géographie Alpine de Grenoble) a réalisé une analyse comparative de l'apport des retours d'expérience de crue lentes pour l'amélioration de la gestion de crise inondation et la résilience urbaine du Grand Paris. Mathilde RICHARDOT (M2 Gestion des risques ds les collectivités territoriales » de Lyon 3) a réalisé un diagnostic des données disponibles et démarches engagées sur la résilience des réseaux et services urbains face à l'inondation sur le territoire du Grand Paris. Pour le moment, ces rapports et les livrables WP1 sont classés confidentiels.

Dans le cadre du WP1.T1, les RETEX de 7 événements d'inondation dans le monde et 4 exercices de gestion de crise en France ont été étudiés pour mettre en exergue les défaillances (en cascade) des réseaux urbains et les facteurs qui conditionnent un retour rapide à leur fonctionnement normal.

Pour tirer les enseignements des RETEX rarement ciblés sur les réseaux, une grille d'analyse par cas étudié a été réalisée sous Excel à partir d'un état de l'art des principaux guides traitant de la vulnérabilité des réseaux face aux catastrophes naturelles. Elle est assortie d'onglets, eux-mêmes associés à des critères et sous-critères d'analyse qui décortiquent l'événement d'inondation en intégrant la question spatiale et la temporalité (préparation, crise, post-crise). Les six onglets principaux sont : 1) celui du contexte, 2) du système de gestion de crise par les autorités compétentes, 3) des réseaux pris un à un (sont relevées des informations sur le réseau électrique, gaz, assainissement, télécommunications, transports), 4) des défaillances en cascades qui ont pu être identifiées 5) des éléments de synthèse à retenir 6) des références documentaires.

Les enseignements tirés de chaque grille d'analyse de RETEX sont résumés dans une fiche de synthèse « focus sur les réseaux urbains ».

Fig.4. Arborescence de la grille d'analyse des RETEX pour la résilience des réseaux (Daniel, 2016, modifié par Pottier N.)



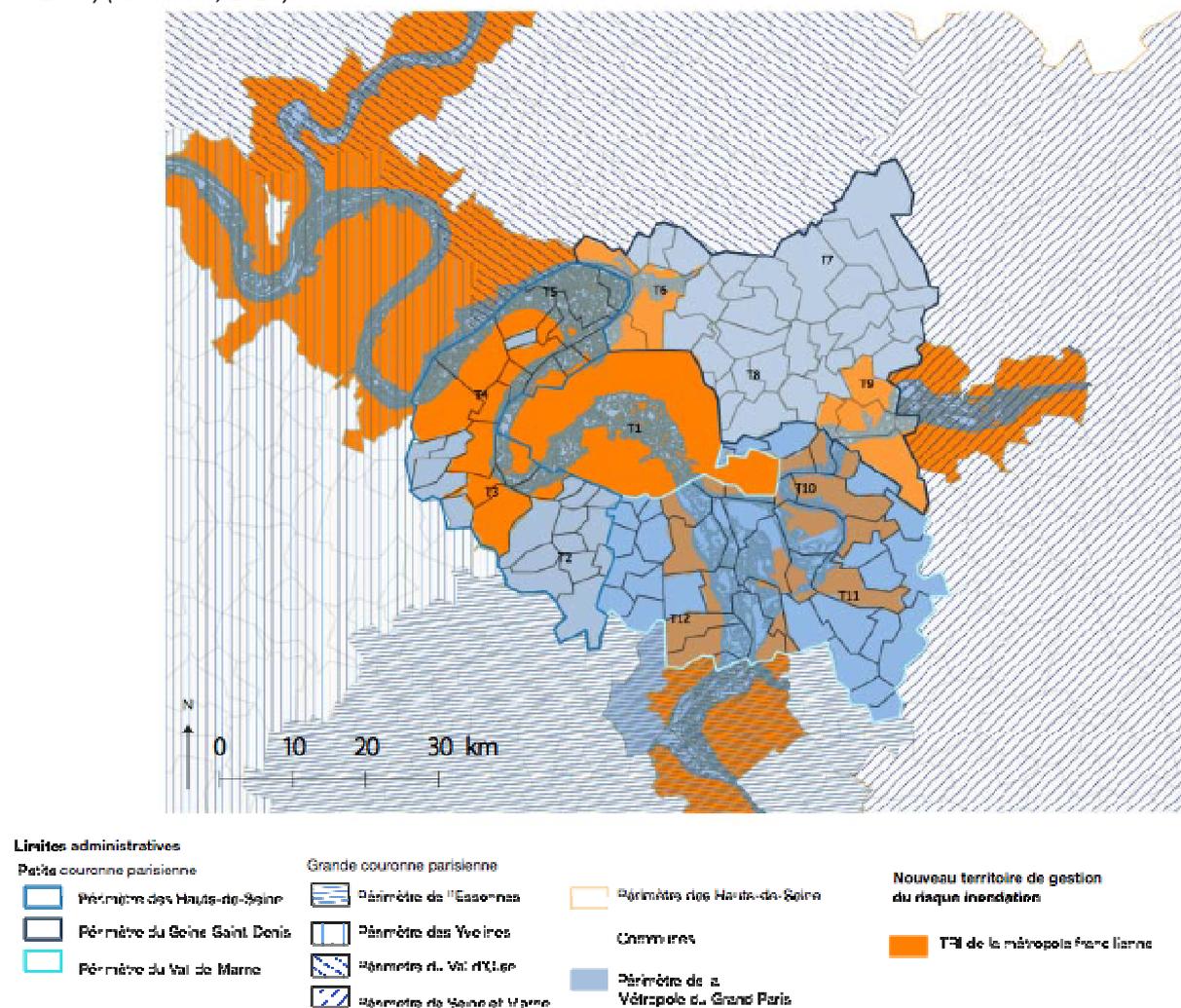
Finalement, le retour d'expérience est un très bon outil de la résilience. Il permet de « regarder derrière soi » pour avancer avec les bonnes clés sur un chemin où l'on saura mieux identifier et contourner les embûches à la prochaine crise (techniques mais surtout organisationnelles et humaines,). Encore faut-il qu'il soit conçu dès le départ pour répondre à une meilleure résilience face aux risques. Or on note globalement un manque de détails quant au fonctionnement des réseaux urbains en temps de crise (chronologie, temps de récupération, etc.). Les RETEX français abordent beaucoup moins que les RETEX étrangers la question du fonctionnement territorial conditionné par celui des réseaux urbains. Principalement centrés sur la chronologie de l'événement et les dommages, ils oublient souvent la préparation des opérateurs et le retour à la normale des réseaux ou des services et leurs dimensions espace-temps. Des 7 cas étudiés, seul le RETEX réalisé par la ville de New York après l'ouragan Sandy en 2012 (New York, 2013) est exemplaire tant en matière de précision d'information que de cartographie, schémas, graphiques. Il se suffit à lui seul pour travailler sur la résilience des réseaux. Dans les autres cas, des analyses plus approfondies complétées par des entretiens seraient nécessaires pour reconstituer les faits et en tirer des enseignements.

Dans le cadre du WP1.T2, une méthode de collecte d'informations selon une approche bottom-up a été adoptée pour faire une synthèse des nombreuses informations disponibles sur le risque d'inondation en IDF et sur la prise en compte des réseaux techniques urbains dans les stratégies de prévention et de gestion de crise inondation ciblée sur la petite couronne parisienne (92, 93, 94) : état de l'art bibliographique (revue

académique avec plus de 35 références commentées, analyse des documents réglementaires de prévention, guides, rapports internes, revue de presse, visualisation de vidéos et écoutes d'émissions), réalisation de 15 entretiens d'une durée de 2 à 4h appuyés sur un questionnaire semi-directif adressé aux acteurs impliqués dans la gestion de crise inondation (représentants d'opérateurs réseau, de préfectures, d'experts, de collectivités locales), 20 participations à colloques, conférences-débat et ateliers ; 12 réunions d'équipe RGC4 dont certaines avec le SGZDS<sup>4</sup>, l'intégration du groupe de travail de l'AFPCN<sup>5</sup> « Des villes et leurs réseaux résilients face aux risques naturels » depuis novembre 2016, 2 jours de visites de terrain, 2 communications. De ce gros travail de collecte d'information, en cours d'exploitation en mai 2017, il ressort déjà qu'effectivement se dessine une esquisse de connaissances sur les effets dominos liés à l'interdépendance des réseaux et les stratégies de résilience. Mais subsistent les obstacles de la confidentialité des données et de la complexité de la gouvernance au sein de la métropole francilienne. A cela s'ajoute le respect de la réglementation parfois, voir trop souvent, en contradiction avec les stratégies de résilience que voudraient développer les gestionnaires de réseaux pour leurs infrastructures. Il apparaît aussi la nécessité de plus communiquer sur la question de l'incertitude (des données et des limites sur les cartes fournies), d'affiner mais aussi d'harmonier les cartographies support d'aide à la décision en temps de crise et de déterminer différents niveaux de transparence des informations selon les destinataires (infos perçues différemment par un élu, un préfet, un gestionnaire de réseau ou un habitant).

Dans tous les cas, ce volet 1 de RGC4 souligne combien il est nécessaire d'avoir une vision globale et transdisciplinaire de la complexité territoriale du fonctionnement urbain car plus que sur les éléments techniques, c'est bien sur le facteur humain, plus instable encore que le climat qu'il faut travailler et agir.

Fig.5. Le Grand Paris et ses « territoires à risques importants d'inondation » (TRI, issus de la Directive Inondation de 2007) (Richardot, 2016).



<sup>4</sup> SGZDS : secrétariat général de la zone de défense et de sécurité de Paris.

<sup>5</sup> AFPCN Association française pour la prévention des catastrophes naturelles.

## ***Éléments de bibliographie***

- CEPRI. 2016. « Le territoire et ses réseaux techniques face au risque d'inondation », 88 p. + annexe fiches techniques par réseau 38 p.
- CGEDD. 2013. « Vulnérabilité des réseaux d'infrastructures aux risques naturels », rapport n° 008414-01, 102 p.
- CGEDD. 2015. « Résilience des réseaux dans le champ du MEDDE à l'égard des risques », rapport n°008414-03, 147 p.
- CGEDD. 2015. « Les enjeux économiques de la résilience des réseaux », CGEDD, rapport n°008414-02, juillet 2015 100 p.
- Daniel J. 2016 (sept). Quels enseignements tirer des retours d'expériences d'événements d'inondation pour améliorer la résilience des réseaux urbains du Grand Paris ? Rapport final de stage de M2 sous la direction de Nathalie POTTIER, UVSQ-CEMOTEV, 154 p. plus annexes.
- Déclaration d'Intention conclue le 20 avril 2016 dite « convention d'échange de données risque inondation » : [http://seinegrandslacs.fr/sites/default/files/convention\\_echange\\_de\\_donnees\\_risque\\_inondation.pdf](http://seinegrandslacs.fr/sites/default/files/convention_echange_de_donnees_risque_inondation.pdf)
- DRIEE, SGZDS. 2016. Stratégie locale de gestion des risques d'inondation TRI «Métropole francilienne», rapport déc 2016, 99 p.
- Dutozia Jérôme. 2013. Espaces à enjeux et effets de réseau dans les systèmes de risques. Région Provence-Alpes-Côte d'Azur, Département du Var, Métropole de Marseille et Métropole de Barcelone. Thèse de doctorat de Géographie et Aménagement de l'Université de Nice Sophia-Antipolis (sous dir. Voiron-Canicio Christine), 314 p.
- EPTB Seine Grands Lacs. 2014. Programme d'actions de prévention des inondations de la Seine et de la Marne Franciliennes (PAPI). Synthèse, 28 p.
- EPTB Grands lacs de Seine, Ville de Paris, SGZDS. Plouf 75. Tous concernés, tous préparés. Informons-nous sur les inondations. Conférence-débat « crues de juin 2016 : quels enseignements ? », 26 avril 2017, Paris.
- Landau Bernard, Diab Youssef (dir.). 2016. « Résilience, vulnérabilité des territoires et génie urbain », EIVP, Presses des Ponts, juin 2016, 287 p.
- Lhomme Serge. 2012. Les réseaux techniques comme vecteur de propagation des risques en milieu urbain. Une contribution théorique et pratique à l'analyse de la résilience urbaine, Thèse de doctorat en géographie de l'Université Paris Diderot (sous la dir. Laganier R. & Serre D.), 365 p.
- New-York: A stronger, more resilient New York, ville de NYC, 2013, 430 p.
- OCDE. Etude de l'OCDE sur la gestion des risques d'inondation : la Seine en Ile-de-France. Éditions OCDE, 2014, 214 p. Résumé exécutif disponible en ligne, 27 p.
- Pottier N., Daniel J., Vuillet M. (à paraître). Analyse des retours d'expérience d'inondations majeures pour la résilience des réseaux urbains, Presses Universitaires de la Méditerranée, coll. Géorisques.
- Richardot M. 2016 (sept). Amélioration de la résilience urbaine du Grand Paris face à une crue majeure de la Seine. Quelles connaissances et démarches engagées pour la réduction de la vulnérabilité des réseaux urbains en petite couronne parisienne ? Rapport final de stage de M2 sous la direction de Nathalie POTTIER, UVSQ-CEMOTEV, 202 p. plus annexes.
- Serre Damien. 2013. La ville résiliente aux inondations Méthodes et outils d'évaluation, mémoire d'Habilitation à diriger des recherches en génie urbain (sous la dir. Diab Youssef), Université Paris-Est, 173 p
- Toubin Marie. 2014. Améliorer la résilience urbaine par un diagnostic collaboratif, l'exemple des services urbains parisiens face à l'inondation. Thèse de doctorat en géographie aménagement. Université Paris-Diderot - Paris VII, 2014. Français, 408 p.