





L'Office national des forêts (ONF) et l'Institut des risques majeurs (IRMa) ont eu le plaisir d'inaugurer le 27 juin dernier le sentier de découverte des paravalanches de Celliers et le



film « 900 ans face aux avalanches » réalisés dans le cadre d'un projet européen CIMA-POIA porté par la communauté de communes des vallées d'Aigueblanche (CCVA).



L'objectif de ce projet était de faire connaître à la population touristique les travaux de reboisements réalisés depuis les années cinquante pour lutter contre les avalanches et sécuriser l'accès au village de

Celliers. Un pari un peu fou qui fait des risques naturels un objet de valorisation du territoire!

UN GRAND MERÇI POUR **LEUR PRÉSENCE À:**

- ► M. François-Xavier Nicot, directeur de l'agence ONF de Savoie;
- M. Philippe Troutot, président de l'Institut des risques majeurs ;
- M. André Pointet, président de la communauté de communes des vallées d'Aigueblanche;
- ► M. Paul Guillard, maire délégué de la commune de La Léchère-Celliers;
- ► M. Vincent Rolland, député de la Savoie (2e circonscription);
- M. Hervé Gaymard, président du conseil départemental de la Savoie;
- ► M. Frédéric LOISEAU, sous-

préfet d'Albertville.

Copyright photos : Sébastien Gominet, Evelyne Stuber, Valérie Costabloz

Visite du sentier et découverte des quinze stations réalisées avec différents types de supports/ médias tels que des panneaux, des planchettes avec des messages gravés, des bornes gravées, deux mobiliers sonores, une sculpture monumentale d'avalanche ou encore des fresques sur supports végétaux.



INITIATIVES LOCALES P. 6

UNE NUIT - UNE AVENTURE ARTISTIQUE AUTOUR DU RISQUE INONDATION

INITIATIVES LOCALES P. 9

900 ANS FACE AUX AVALANCHES

DOSSIER P. 11

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET ÉVÈNEMENTS EXTRÊMES : QUELLE(S) ADAPTATION(S) DES TERRITOIRES ?

P. 12

L'INTERVIEW DE SAMUEL MORIN

P. 15
RÉSILIENÇE DES TERRITOIRES

ET DES RÉSEAUX EN CONTEXTE DE CHANGEMENT CLIMATIQUE

P. 17

POUR DES TERRITOIRES PLUS RÉSILIENTS FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE : DES SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE

P. 20

LA MAÎTRISE DU RUISSELLEMENT AU SEIN DE L'AGGLOMÉRATION CÔTE BASQUE-ADOUR

PORTFOLIO P. 22

CELLIERS, UN TERRITOIRE ATYPIQUE, UNE FORÊT UNIQUE

INNOVATION P. 25

DIDRO: DES DRONES POUR LA SURVEILLANCE ET LE DIAGNOSTIC DES DIGUES

MÉMOIRE P. 28

LA SÛRETÉ NUCLÉAIRE QUARANTE ANS APRÈS THREE MILE ISLAND

SCIENCE P. 31

IL EST TEMPS DE CARTOGRAPHIER LES CRISES!

POLITIQUE PUBLIQUE P. 35

LA STRATÉGIE RISQUES MAJEURS ET RÉSILIENCE MÉTROPOLITAINE DE GRENOBLE ALPES MÉTROPOLE

JURIDIQUE P. 38

QUELLE RESPONSABILITÉ EN CAS DE RUPTURE D'UNE DIGUE EN COURS DE CONSTRUCTION? Ce numéro 39 de Risques Infos consacre un dossier à l'adaptation des territoires au changement climatique. Depuis plus d'une dizaine d'années, le changement climatique est traité par de nombreux travaux académiques, comme des rapports institutionnels qui traitent à la fois de la catastrophe, de la résilience ou de l'adaptation des territoires face aux aléas naturels et leurs conséquences. Les politiques publiques cherchent à mettre l'accent sur les stratégies requises pour rendre les territoires à la fois moins vulnérables et plus résilients aux catastrophes d'origine climatique tout en répondant aux enjeux à long terme de développement durable qui doivent préserver la qualité de la vie. Nous avons donné la parole dans ce dossier à des spécialistes et à des experts qui apportent leur point de vue sur le sujet en présentant des territoires qui mettent en œuvre des actions spécifiques.

La rubrique « Mémoire et retour d'expérience » nous permet quant à elle de revenir sur l'accident nucléaire qui s'est produit le 28 mars 1979, il y a juste quarante ans, dans la centrale nucléaire de Three Mile Island. Cet événement résonne avec la campagne de distribution d'iode stable à la population qui sera lancée sur tout le territoire national en septembre 2019. Cette opération s'inscrit dans le cadre de l'extension – décidée par les pouvoirs publics en 2016 – des périmètres des Plans particuliers d'intervention qui passent de 10 à 20 km. Ainsi, les personnes et les établissements recevant du public (ERP) qui se situent dans ce rayon de 20 km autour d'une centrale nucléaire seront concernés par de nouvelles dispositions de sécurité en cas d'accident : mise à l'abri et ingestion de comprimés d'iode sur ordre des autorités. Dans la région Auvergne-Rhône-Alpes, ce sont 726 300 habitants et 277 communes qui sont concernés.

Depuis 1988, Risques Infos est réalisé avec le soutien du conseil départemental de l'Isère. Ce dernier numéro a également été soutenu par le conseil régional Auvergne-Rhône-Alpes et SMACL Assurances.

Je vous souhaite une bonne lecture!

Philippe Troutot, président de l'IRMa



RISQUES INFOS N°39

est édité par l'Institut des Risques Majeurs 15, rue Eugène Faure 38000 Grenoble Tél. : 04 76 47 73 73

- ▶ Directeur de la publication : Philippe Troutot
- ▶ Directeur de la rédaction : François Giannoccaro
- ► Rédacteurs en chef : Celine Lestievent, Sebastien Gominet
- ► Graphisme: François Blaire
- ► Impression: Imprimerie Notre-Dame Montbonnot ISSN 0999-5633

EN BREF

AMÉLIORER LE CARACTÈRE OPÉRATIONNEL DES PCS, UN ENJEU NATIONAL

Au regard de son expertise, l'IRMa a été auditionné pour contribuer à la réflexion engagée par l'Administration pour évaluer le niveau d'efficacité du dispositif législatif et réglementaire sur les Plans communaux de sauvegarde (PCS) et sur le positionnement des intercommunalités en gestion de crise. Au cours d'une visite dans ses locaux, l'institut a été amené à cet égard à formuler plusieurs propositions auprès des inspecteurs du ministère de l'Intérieur, Marie-Hélène Debart et Renaud Fournales

« LES BONS RÉFLEXES » : LES ÉLUS S'ENTRAÎNENT À LA GESTION DE CRISE

Dans le cadre de la campagne d'information préventive sur les risques industriels en Auvergne-Rhône-Alpes portée par la DREAL, les Secrétariats permanents pour la prévention des pollutions et des risques dans les régions grenobloise (SPPPY) et lyonnaise (SPIRAL) et l'Association des entreprises pour l'environnement (APORA), trentecinq participants ont été sensibilisés et entraînés à la gestion de crise, du 4 au 9 juillet 2019, lors de trois sessions de formation « Piloter une cellule de crise » animées par l'IRMa sur la plateforme chimique de Pont-de-Claix, à la mairie de Serrières et à l'école départementale & métropolitaine du SDMIS à Saint-

UN GUIDE MÉTHODOLOGIQUE POUR FAIRE FACE AUX INONDATIONS

Avec l'appui technique de l'IRMa, du Cerema et du ministère de l'Intérieur (Direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises), la mission interrégionale "Inondation arc méditerranéen" du préfet de la zone de défense sud a travaillé à la rédaction de ce guide méthodologique portant sur la création d'un volet spécifique aux inondations dans les Plans communaux de sauvegarde (PCS). Ce guide sera disponible à partir de l'automne 2019. L'IRMa envisage des formations dédiées sur le sujet dès 2020.

Voir le guide : www.mementodumaire.net/guidepcs-inondation/

NOS FORMATIONS S'EXPORTENT AU NIVEAU NATIONAL :



Formation "communication de crise" - © IRMa

En 2019, l'établissement public territorial de bassin du Vistre (Gard) a choisi de proposer un programme formateur pour les élus et agents de son territoire sur le thème « Les communes se préparent à la crise ». Plus de quarante personnes ont été ainsi formées par l'IRMa pour disposer d'outils opérationnels (PCS, tableaux de bord, cartographie à vocation de gestion de crise), et monter en compétence pour mieux gérer la crise (études de cas, entraînements sur table, médiatrainings filmés avec journaliste...).

NOS SIMULATIONS DE CRISE RECONNUES PAR L'ASSOCIATION DES MAIRES DE FRANCE

En collaboration avec l'IRMa, l'association des maires de France (AMF) propose depuis 2017, deux jours de formations pour accompagner les maires et élus communaux de toute la France à rendre opérationnel leurs PCS. Les participants alternent entre théorie et pratique avec des exercices de simulation de crise sur table.

POMSE* : GÉNÉRALISER LA MISE À L'ABRI DANS LES ERP POUR FAIRE FACE AUX RISQUES



Formation POMSE pour le SM3A - © IRMa

Le 2 avril 2019, à la mairie de Reignier-Esery, onze collectivités territoriales ont participé à une session de formation sur le POMSE dans les entreprises et les établissements recevant du public organisée dans le cadre d'un parcours formateur territorialisé du Syndicat mixte d'aménagement de l'Arve et de ses affluents (SM3a).

* Plan d'Organisation de Mise en Sûreté

L'IRMa EST INTERVENU AU CONGRÈS DES MAIRES DE CORSE 2019



Congrès des maires de Corse du Sud - © Luc Brunet - Smacl

À la demande de l'Association des Maires de France (AMF), l'IRMa est intervenu, le 22 février 2019, au Congrès des maires et Présidents d'EPCI de la Corse-du-Sud, à Ajaccio, sur le thème « La responsabilité de l'Élu ». Mathias Lavolé, y a animé une table ronde : « Les responsabilités attachées aux risques inondations et incendies Mesures préventives » dont l'objectif était d'identifier les différents acteurs de la sécurité civile, leurs missions et les outils opérationnels. Une centaine de maires de Corse et de la Région Provence-Alpes-Côte-d'Azur étaient présents

FILMS

« 900 ANS FACE AUX AVALANCHES »



Projection du film à la mairie de Celliers - © IRMa - Sébastien Gominet

Après la projection inaugurale, le 27 juin 2019, devant les élus et les partenaires du projet, le film « 900 ans face aux avalanches » a été également projeté à Celliers devant un public nombreux - une centaine de personnes environ, composé d'habitants et de touristes. Le film a aussi été diffusé à Valmorel plusieurs fois au cours de l'été. L'occasion d'aller à la rencontre d'un public touristique qui s'est particulièrement intéressé au sujet comme l'ont montré les débats qui ont eu lieu après les projections en présence du service RTM de l'ONF et de l'IRMa. Ce film a obtenu le trophée d'argent aux Deauville Green Award 2019. Il sera mis en ligne au cours de l'automne.

RISQUE D'INONDATION : DES CLIPS POUR FAIRE RÉAGIR



Clip de sensibilisation " Je ne descends pas dans les sous-sols " - © IRMa - MIIAM

L'IRMa vient de finaliser la réalisation de 5 clips vidéo sur les consignes de sécurité à respecter en cas d'inondation. Coproduits avec la mission Interrégionale Inondation Arc Méditerranéen de la DREAL PACA, ces films sont disponibles en ligne sur www.risques.tv et sur notre chaîne Youtube.

L'IRMa EN OUTRE MER, À LA MARTINIQUE

les 24 et 25 juin 2019 aux Trois-Îlets dans le cadre de l'université des maires. Organisée par l'Association des maires de Martinique et Mairie 2000 (Association des maires de France), la session s'est terminée par un exercice de simulation de crise sur table animé par l'IRMa avec le concours de Samuel Desmazon, ancien élu du Carbet.



JOURNÉE TECHNIQUE DE L'IRMa : ÉT LE CITOYEN DANS TOUT ÇA ?

Le 4 juin 2019, à Aix-en-Provence, dans les locaux de l'École nationale supérieure des officiers de sapeurs-pompiers (ENSOSP), quatre-vingt-dix acteurs représentants de la protection civile et notamment de la Citta metropolitana di Torino (Italie), des secours et des collectivités territoriales se sont réunis pour la journée technique de l'IRMa sur le thème : « Implication cityvenne en cas le thème : « Implication citoyenne en cas de catastrophe : réalités et perspectives pour les collectivités » journée qui présentait diverses actions en lien avec l'implication citoyenne en cas de catastrophe. Revoir les interventions



MATINALE DE L'IRMa: ÇA CHAUFFE!

Le 14 mai 2019 à Grenoble, dans l'hémicycle des locaux de la Métropole, s'est tenue une conférence intitulée « Événements extrêmes et changement pour les territoires ? » avec l'expert scientifique Samuel Morin, chercheur à Météo France. Cent soixante et une personnes sont venues assister à cette . Matinale! Revoir l'intervention : https://youtu.be/ M02g2QnnWw





INONDAȚIONS: ÉVALUER LA VULNÉRABILITÉ SOCIALE

Approches socio-ethnologiques et applications au delta du Rhône, Aurélien Allouche, Laurence Nicolas. Connaissances et Savoirs, (Sciences humaines et sociales), 2017, 92 p.

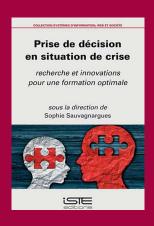
Les inondations sont la première cause de catastrophes naturelles. Leurs impacts matériels, sociaux, humains et environnementaux dépendent largement des sociétés, de leur organisation, de leur préparation, ou encore de leurs inégalités. C'est ce qu'on appelle la « vulnérabilité sociale ». Mais comment l'évaluer ? Partant des travaux existants, les auteurs proposent une méthodologie originale d'évaluation de la vulnérabilité sociale et l'expérimentent dans une étude de cas appliquée au delta du Rhône.



UN TSUNAMI SUR LE LÉMAN

Pierre-Yves Frei, Sandra Marongiu. Tauredunum 563, PPUR, Lausanne, 2019, 187 p.

En 2010, deux géologues de l'université de Genève découvrent une anomalie sédimentaire dans les profondeurs du lac Léman. Seul un événement extraordinaire, hors norme, a pu la provoquer. Une énigme vieille de 1500 ans sur l'hypothèse d'un tsunami devient un fait scientifique avéré, comme en témoigne un manuscrit du Moyen Âge. Mais que s'est-il donc passé en cette année 563 ? Et surtout, cela pourrait-il se reproduire un jour ?



PRISE DE DÉCISION N SITUATION DE CRISE

recherche et innovations pour une formation optimale, Sophie Sauvagnargues. ISTE éditions, (Collection : Systèmes d'information, web et société), 2019, 182 p.

Cet ouvrage présente les concepts, outils et méthodes qui peuvent être mis en œuvre pour former à la prise de décision en situation de crise. Il expose des résultats de recherche récents sur les exercices de crise et leur construction scénaristique, mais aussi sur la réalisation d'une animation d'exercice optimale, ainsi que l'observation et le débriefing des participants.

C'est le nombre d'intercommunalités qui se sont dotées de la taxe GEMAPI en 2019¹

C'est la température la plus chaude jamais mesurée par Météo-France le vendredi 28 juin 2019 à Vérargues dans l'Hérault lors de la canicule de cet été²

C'est la quantité d'eau limite en-dessous de laquelle la ressource en eau devient insuffisante aux activités humaines et aux besoins de l'environnement. Au 6 août 2019, sur 17 pays du globe, un quart ont atteint cette limite et sont en situation de stress hydrique.3

- 1 "De plus en plus de territoires adoptent la taxe GEMAPI", Techni.CItés, n° 321, mars 2019, p. 6
- 2 « C'est officiel : on a atteint les 46 °C en France en juin ». Meteo-France [En ligne], 19 juillet 2019.
- 3 « Près d'un quart des êtres humains menacés par la pénurie d'eau ». Le Monde avec AFP [En ligne], le 07 août 2019.



« Les Voix Croisées », Chalon-sur-Saône, 22 mars 2019 - © Michel Wiart

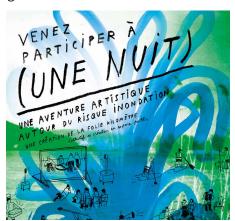
UNE NUIT - UNE AVENTURE ARTISTIQUE AUTOUR DU RISQUE INONDATION

La Folie Kilomètre - collectif de création en espace public

Bonjour, bienvenue au centre d'hébergement n° 12. Vous avez été évacués suite aux inondations sur le territoire. Mettez-vous à l'aise, choisissez un lit. C'est ici que nous allons passer la nuit. La réunion de crise aura lieu à 20 h, le repas d'urgence sera servi à 21 h. Vous pouvez vous inscrire sur le tableau des ressources si vous voulez nous aider. Dans cette expérience, vous jouez votre propre rôle.

La montée des eaux est fictive, mais la situation d'évacuation bien réelle. C'est ce que propose le collectif artistique La Folie Kilomètre¹ avec (UNE NUIT), spectacle-expérience autour du risque inondation. Cette aventure s'est déroulée cet hiver sur quatre territoires entre Saône et Rhône, invitant le public à questionner sa propre perception du fleuve et du risque.

Lauréat de l'appel à projets « Culture du risque - projets innovants » porté par le Plan Rhône, (UNE NUIT) bénéficie pour sa création et sa mise en œuvre du soutien de l'Union européenne et d'EDF. Cet appel à projets, adressé aux artistes, structures culturelles, collectivités, chercheurs, vise à expérimenter grandeur nature de nouvelles



Affiche "Une Nuit" - © La foliekilometre

voies de sensibilisation au risque inondation à travers des supports sensibles et/ou numériques.

Pour cette création La Folie Kilomètre a regroupé une dizaine d'artistes, techniciens, constructeurs, scénographes. Le collectif a également impulsé la formation d'un groupe de spécialistes, experts, techniciens du risque inondation, impliqué pendant la création sur des questions de validation scientifique et de regard extérieur. Parallèlement, le projet (UNE NUIT) fait l'objet de la création d'un film de fiction-documentaire.

Conçu dans la continuité du projet Jour inondable que le collectif avait créé en 2012 dans le cadre d'une commande artistique du pOlau pôle des arts urbains à Tours -, le projet (UNE NUIT) s'est déployé sur l'ensemble du bassin rhodanien dans quatre villes : Arles les 22 et 23 février 2019, Salaise-sur-Sanne le 2 mars, Chalon-sur-Saône les 22 et 23 mars et Valence les 13 et 14 avril. Chaque nuit a accueilli entre cinquante et cent personnes. Parmi les motivations : l'envie de vivre une expérience artistique hors du commun, la curiosité de découvrir ou de questionner la gestion du risque, le partage d'une situation intime et collective générée par la fiction de l'évacuation.

¹ Créé en 2011 et basé à Marseille, le collectif La Folie Kilomètre regroupe des artistes issus du spectacle vivant, des arts plastiques et de l'aménagement du territoire. Ses créations associent mises en fiction et dispositifs documentaires, installations plastiques et formes spectaculaires, écriture contextuelle et expériences scénarisées. Construites à partir de temps longs d'immersion, elles s'ancrent dans les territoires qu'elles explorent et s'articulent autour d'une dramaturgie des paysages traversés. Pour en savoir plus : http://www.lafoliekilometre.org



Panneau d'information au PC Sécurité, Arles, 22 février 2019 - © Magda

Sans chercher la vraisemblance d'une reconstitution ou d'une simulation, (UNE NUIT) est une proposition sensible qui bouscule la place du spectateur en fabriquant une mise en situation poétique, des zones de flou entre réel et imaginaire.

Cette immersion dans des enjeux sociétaux, environnementaux et techniques est portée par une mise en récit artistique. Il s'agit de fabriquer un vécu commun autour d'une expérience immersive, multipliant les points de vue au gré d'une dramaturgie ouverte.

Convoqués dans différents endroits de la ville, les spectateurs vont progressivement comprendre qu'une inondation est annoncée. Ils vont passer une soirée et une nuit entre réalité et fiction dans un gymnase, aménagé en centre d'hébergement d'urgence avec plusieurs zones : accueil, dortoir, cuisine, PC sécurité, point presse, poste de secours...

Chaque espace est en accès libre et a son propre rythme de fonctionnement avec des propositions en continu (point écoute ou centre de relaxation au pôle santé...), des actions régulières (flashs infos au point presse...), des temps forts (préparation du repas, réunion de crise au PC sécurité...).

Il y a des choses à voir, des choses à vivre, des choses à faire. Il est aussi possible de ne rien faire. La plupart des actions sont à envisager comme des cadres offerts qui ne prendront leur forme finale qu'avec l'implication des participants.

Cinq chapitres structurent la progression globale, au rythme de la montée des eaux. Un comédien endosse successivement le rôle du pompier, du journaliste, du directeur de cabinet, du guide de musée... Il embarque les participants dans la fiction.

Le reste de l'équipe artistique accompagne et active les situations : encadrement du montage des lits, des tables, de la préparation du repas, mise en relation de personnes dont les compétences et les besoins recensés pourraient se rencontrer. Ce lien étroit et permanent avec le public porte le bon déroulement des actions et veille à la cohérence narrative.

Cette équipe est complétée sur chaque territoire par l'intervention de complices² qui sont invités à venir jouer leur propre rôle. Ainsi, les équipes en présence au PC sécurité, au point presse et au poste de secours sont majoritairement composées du personnel, des techniciens, experts, bénévoles, qui seraient réellement amenés à intervenir auprès de la

population en cas d'inondation. Cette présence accentue la situation et vient interroger chacun dans son rapport à la réalité.

Cette variété de présences et de situations favorise l'émergence d'un propos complexe et pluriel, qui n'impose pas un point de vue univoque, mais devient l'opportunité d'un élargissement du regard et d'une appropriation personnelle de la thématique.

La création entremêle actions documentaires (utilisation de documents, d'archives, de témoignages, interventions de complices, élus, météorologues, secouristes...), dimensions spectaculaires et théâtrales (apparitions de personnages poétiques, installations plastiques, projections...) et temps de vie quotidienne extra-ordinaire (installation des lits, confection du repas d'urgence, vaisselle...).

Il s'agit de donner envie à chacun de se mettre en jeu, d'être actif dans ce



Interview de Roland Roux, président du CPIE Rhône-Pays d'Arles, au point presse, Arles, 22 février 2019 - © Magda

² Ont par exemple participé à l'expérience : des secouristes de la Croix-Rouge ou de la Protection civile, un capitaine des pompiers, des responsables politiques (maires, élus, service de sécurité civile, adjoints, chargés de communication), des journalistes de la presse locale ou régionale, des photographes, des prévisionnistes, des chargés de recherche (Unité mixte de recherche « Environnement ville société »), un chargé de projet ouvrage hydraulique, des chargés de mission (Institut des risques majeurs), un hydrométéorologue, des ingénieurs, un chargé (des risques majeurs), un hydrométéorologue, des ingénieurs, un chargé (des risques majeurs), un hydrométéorologue, des ingénieurs, un chargé (des prévention de la ville, une géographe, une apprentie géographe de l'École normale supérieure de Lyon, une paysagiste, des conducteurs de bus, une directrice d'école, une directrice de piscine, une animatrice au service Patrimoine d'art et d'histoire de la ville, des membres du Yacht motor club rhodanien, des membres d'associations (Les canaux de Valence, 1er siècle), un historien, un conservateur, un entraîneur de natation, des membres et le directeur du CPIE (Centre permanent d'initiatives pour l'environnement Rhône Pays d'Arles).

INITIATIVES LOCALES & BONNES PRATIQUES

dispositif d'expérience-spectacle, de bousculer la place du spectateur et de favoriser son implication dans une situation à la fois intime et collective. Cette proposition rend possible la formation d'une communauté spontanée et éphémère. En reconnaissant la place de chacun, sa singularité et son histoire, émerge le moyen de faire groupe et, par là, de relier les histoires individuelles à l'histoire commune.

Cet aspect fondamental met en jeu le rapport entre territoire et habitants, entre gestion du risque et choix de société.



Accueil du public au centre d'hébergement d'urgence n°12 - © MichelWiart

Aborder le sujet du risque signifie parler de quelque chose de non advenu. On parle d'un potentiel, d'un possible. Car dès lors qu'il devient réalité, il change de statut, et n'est plus un risque. Partant de là, la distance poétique et la mise en jeu, au sens théâtral et symbolique, permettent à chacun d'enclencher un processus de projection dans une réalité potentielle, de devenir un protagoniste en action, de mettre en récit le territoire, sa relation au fleuve, la mémoire d'inondations passées, le rapport au futur, de naviguer entre des registres émotionnels diversifiés.

Le processus de sensibilisation est ici envisagé au sens premier du terme. Comment rendre sensibles, par l'expérience éprouvée, les enjeux de prévention des risques ?

Loin d'une démarche didactique, (UNE NUIT) fait exister une proposition poétique, qui met le réel à distance et, par là même, permet de faire évoluer la perception que l'on en a.

Les deux activateurs principaux de ce processus sont le temps et l'espace.

Le temps de la nuit entière est nécessaire à l'immersion du public dans l'expérience. Il rend possible une bascule des sensations et des perceptions. Il laisse à chacun le temps d'évoluer dans son positionnement. Le lieu joue également un rôle fondamental, car il pourrait être réellement utilisé comme centre d'hébergement d'urgence. Cela accentue le caractère plausible de la situation, la tension entre réalité et fiction. Ce huis clos rend d'autant plus prégnant le lien à l'espace. Le centre d'hébergement d'urgence est ici une bulle hermétique à l'extérieur, le théâtre d'une histoire qui se construit.

Le projet s'est réalisé dans des villes aux tailles et aux problématiques variées. Chaque représentation est l'occasion d'intégrer des éléments contextuels. À Salaise-sur-Sanne par exemple, la conférence de



Démonstration de secourisme au pôle santé par la Croix Rouge de Arles - © Magda

presse abordait le risque industriel du fait de la proximité d'usines pétrochimiques. À Arles, certaines personnes avaient vécu les inondations de 2003 et leur regard sur l'expérience en était imprégné.

À ce titre, chaque représentation est une expérience unique.

La série de représentations est également l'occasion d'opérer un changement d'échelle, au sein d'une réalité complexe et d'un territoire plus large dont les parties sont pourtant liées les unes aux autres.

Cette manière de traverser les échelles fait écho au rapport intime/collectif évoqué ci-dessus. Les spécificités locales ancrent le projet dans une réalité connue, celle du quotidien et du palpable. Tandis que la vision à l'échelle du bassin rhodanien place cette réalité dans des enjeux plus vastes, dépassant l'individu et nécessitant de penser le commun.



Panneau d'information à l'entrée du centre d'hébergement d'urgence, Arles, 22 février 2019 - © Magda

Enfin, et parce qu'il s'agit d'une expérience collaborative venant mettre en jeu les pratiques de chacun, le déploiement d'un tel projet sur un territoire permet d'enclencher, de soutenir, d'intensifier une dynamique au sein du réseau des acteurs concernés par le risque inondation dans chaque ville. Les retours d'expérience des différents complices témoignent du déplacement de regard apporté par la proposition artistique, laissant la possibilité à chacun de faire un pas de côté, de s'ouvrir à d'autres pratiques, d'interroger et de faire évoluer sa perception du risque, face à des enjeux de société qui, eux aussi, évoluent constamment.





Le village de Celliers-Dessus au pied du grand pic de la Lauzière © IRMa/Sébastien Gominet

900 ANS FACE AUX AVALANCHES

Valérie Costabloz, chef de projet accueil du public – Office national des forêts **Sébastien Gominet**, géographe et réalisateur – Institut des risques majeurs

L'Office national des forêts (ONF) et l'Institut des risques majeurs (IRMa) se sont associés pour réaliser un sentier de découverte et un film sur les avalanches dans la vallée de l'Eau rousse à Celliers (Savoie, massif de la Lauzière). Porté par la communauté de communes des vallées d'Aigueblanche dans le cadre d'un projet européen CIMA-POIA, ce projet de sentier et de film était un pari risqué : faire des risques naturels, et des avalanches en particulier, un objet de valorisation du territoire, notamment auprès d'une population touristique.

CELLIERS : UN TERRITOIRE ATYPIQUE ET UN RISQUE D'AVALANCHE OMNIPRÉSENT

Pendant des centaines d'années, les habitants de Celliers ont vécu en autarcie tout l'hiver durant, en raison des risques d'avalanche omniprésents qui menaçaient la route d'accès au village et les liaisons entre les différents hameaux. Les réserves de nourriture étaient faites avant l'hiver et on ne se déplaçait pour voir les voisins que quand les conditions le permettaient.

Ce mode de vie est complètement remis en cause à partir des années 50, quand les premières usines voient le jour, au fond de la vallée de la Tarentaise. Les habitants de Celliers y trouvent en effet un emploi à l'année, ce qui les oblige à se déplacer quotidiennement en hiver. Les avalanches deviennent alors un véritable problème et beaucoup d'habitants décident de partir, accélérant ainsi l'exode rural commencé quelques années

plus tôt. D'environ cent soixantedix habitants permanents dans les années 60, Celliers passe à moins d'une cinquantaine deux décennies plus tard!

Au cours de la même période, le service des Eaux et Forêts engage des travaux importants de reboisement pour « éteindre » les couloirs d'avalanche, sécuriser la route et contribuer ainsi à lutter contre l'exode rural qui touche la vallée. D'échecs en succès,



Principaux couloirs d'avalanche qui menacent la route d'accès aux différents hameaux de Celliers (massif de la Lauzière). Les habitations, construites en bordure des couloirs, ne sont pas menacées. - © Étienne REISS

d'essais en réussites, les travaux de reboisement paravalanche poursuivis par le service de



La forêt domaniale de Celliers vue depuis Valmorel - © Sébastien gominet - lRMa

Restauration des terrains en montagne permettent de limiter les risques dans de nombreux couloirs. Mais les exigences de sécurité sont de plus en plus grandes et c'est au tour du conseil départemental de la Savoie d'apporter son appui à la sécurisation de la route. Au début des années 2000, sept gazex sont ainsi installés, sept canons déclencheurs d'avalanches qui permettent de purger les pentes régulièrement et d'éviter les phénomènes de grosses avalanches qui continuaient de toucher la route.

L'histoire de Celliers, c'est donc à la fois celle d'une adaptation séculaire de l'homme à son environnement et aux éléments naturels qui le composent, et l'histoire d'une lutte acharnée contre ces mêmes éléments naturels, devenus incompatibles avec le mode de vie « moderne ». On peut être nostalgique d'un temps où l'homme savait composer avec la nature et ne pas forcément vouloir lui faire face, s'y opposer. Mais il faut garder à l'esprit que si la lutte contre les avalanches n'avait pas été engagée, il n'y aurait peut-être plus aucun habitant permanent à Celliers aujourd'hui. Juste quelques résidences secondaires pour passer l'été. Or, en plein exode rural, alors que tout le monde fuyait, de nouveaux habitants sont venus s'installer à Celliers et participer aux travaux de reboisement paravalanche. Ils ont contribué ainsi, aux côtés des forestiers et des quelques habitants qui avaient fait le choix de rester, à maintenir la vie au village.

Notre travail n'a donc pas seulement consisté à décrire la manière dont il a été possible de réimplanter une forêt dans des conditions difficiles, ni à décrire précisément les techniques de lutte contre les avalanches. Il se veut une rencontre, une tentative de cerner l'âme de ce territoire, d'en explorer les différentes facettes. Et

finalement de comprendre ce qui relie les hommes à lui. Pourquoi on y vient, pourquoi on en part, pourquoi on s'y attache, pourquoi on veut le faire vivre ? Qu'est-ce qui nous unit puissamment à lui?

L'histoire de Celliers, c'est donc à la fois celle d'une adaptation séculaire de l'homme à son environnement et aux éléments naturels qui le composent, et l'histoire d'une lutte acharnée contre ces mêmes éléments naturels, devenus incompatibles avec le mode de vie « moderne »

LE SENTIER DE DÉCOUVERTE :

Depuis plusieurs années, l'ONF et son service RTM songeaient à créer un sentier de découverte dans la forêt domaniale de Celliers où, depuis les années 50, ils avaient réalisé des travaux de protection contre



legende : "Sculpture d'avalanche sur le sentier de découverte de Celliers - © IRMa"

les avalanches pour le compte du ministère de l'Agriculture. L'objectif de ces travaux était « d'éteindre » les couloirs d'avalanche pour sécuriser l'accès aux différents hameaux de Celliers. Il paraissait intéressant à l'ONF de rappeler aux locaux comme aux touristes, l'opiniâtreté dont ont fait preuve les Hommes pour rester vivre à Celliers. D'abord en s'adaptant à la vie « avec » les avalanches, puis en développant des moyens de lutter contre.

En 2016, grâce au programme « Espaces valléens » porté par la communauté de communes des vallées d'Aigueblanche (CCVA), aux aides de l'État et au soutien de la CCVA et de la commune de La Léchère, ce projet a pu devenir réalité. L'ONF a assuré la création de ce sentier:

la conception, la pose et son suivi.

En 2017, le tracé du sentier a été défini. Le challenge de ce projet était d'évoquer, faire ressentir en été, la problématique d'un phénomène purement hivernal! Pour atteindre cet objectif, les supports des messages à faire passer ont pris différentes formes :

- Des panneaux informatifs ;
- ▶ Des œuvres :
 - fresques en relation avec le thème hivernal et les avalanches;
 - Une sculpture d'avalanche;
- ► Des mobiliers sonores permettant « d'entendre » le bruit d'une avalanche, ou les bruits de détonations des gazex (exploseurs à gaz).

Les différentes mises en scène évoquent aussi l'évolution de la vie des Cellierains et de leurs besoins, comme évoqué plus haut.

LE FILM « 900 ANS FACE **AUX AVALANCHES »:**



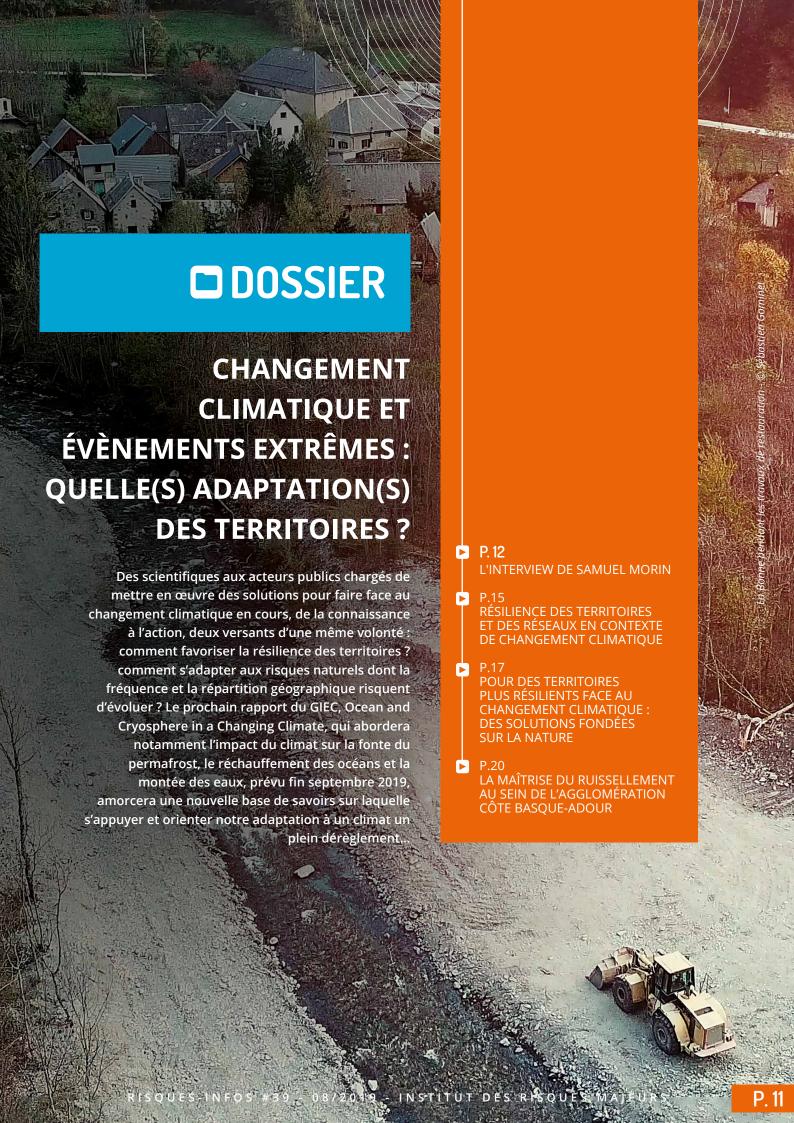
Voir le teaser du film:

https://youtube/YKRoq7ALg-E

Nous avons suivi dans ce film des habitants, le maire du village, des forestiers, des techniciens du service de Restauration du service de Restauration des terrains en montagne et du conseil départemental de la Savoie, de l'été 2016 au printemps 2018. Nous avons tenté de comprendre l'histoire de ce territoire vis-à-vis du risque d'avalanche et comment progressivement, l'évolution de la société a conduit au passage d'une gestion individuelle à une gestion collective du risque. gestion collective du risque.

Durée: 37 min

Après plusieurs projections à Celliers même, dans la station de Valmorel et à l'auditorium de la commune de la Léchère, le film sera disponible en ligne à l'automne 2019.





Samuel Morin, chercheur à Météo France – Directeur du Centre d'Etudes de la Neige © IRMa -Sebastien Gominet

SAMUEL MORIN CHERCHEUR À MÉTÉO FRANCE – DIRECTEUR DU CENTRE D'ÉTUDES DE LA NEIGE (MÉTÉO-FRANCE – CNRS, GRENOBLE)

QUEL SERA L'IMPACT FUTUR DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES RISQUES NATURELS?

Question extrêmement large! L'impact du changement climatique en général est une question qui transcende l'intégralité des domaines et des zones géographiques sur lesquelles l'humanité est présente. Si on prend le cas des Alpes du Nord, l'impact du changement climatique sur les risques naturels peut s'étudier risque par risque, puisque le changement climatique est avant tout un changement des extrêmes météorologiques qui n'ont pas forcément tous le même impact sur le déclenchement des avalanches, des crues, des glissements de terrain, ou bien encore sur la déstabilisation des parois rocheuses. Il y a aussi les combinaisons entre ces divers risques à prendre en compte.

Il y a déjà des risques naturels en montagne de nos jours. Le changement climatique va avoir un impact sur la fréquence d'occurrence des phénomènes (est-ce qu'ils vont se produire plus souvent ou moins souvent à l'avenir ?), sur

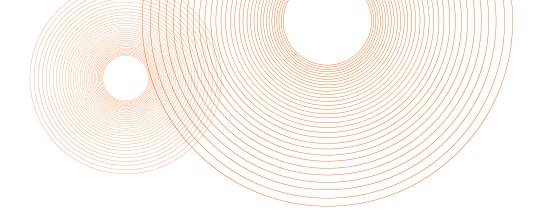
leur saisonnalité (est-ce que des processus qu'on connait aujourd'hui plutôt au printemps vont se produire aussi en hiver et réciproquement ?) et sur leur répartition géographique (est-ce que des phénomènes qu'on connait aujourd'hui à certaines gammes d'altitude vont se produire à d'autres gammes d'altitude?). D'une manière générale, le changement climatique ce n'est pas l'émergence de nouveaux risques mais des changements dans les conditions d'apparitions ou d'occurrences de phénomènes, météorologiques et gravitaires, déjà présents.

ET SUR LE CAS PARTICULIER DES INONDATIONS, QUEL SERA L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE?

Si on regarde la situation des zones de montagne, il se produit différents types de crues et d'inondations au cours de l'année, avec des crues nivales qui se produisent en général au printemps et qui sont liées à des précipitations importantes conjuguées à la fonte du manteau neigeux, et des crues orageuses d'été. Selon les études internationales dont on dispose pour les Alpes, nous allons vers un accroissement de l'intensité des précipitations, c'est-à-dire de la quantité de pluies tombées pendant un épisode donné, en été comme en hiver. Nous nous dirigeons aussi vers une augmentation générale de la température à toutes les saisons, et donc, vers une limite pluie/neige moyenne de plus en plus élevée. Ceci conduit à des cumuls de précipitations plus souvent sous forme de pluie qu'actuellement.

Globalement, on projette donc que dans un premier temps, sous l'effet du changement climatique, on va plutôt avoir un accroissement des précipitations pluvieuses alors que le manteau neigeux sera encore présent. On risque donc d'être confronté à des crues nivales plus importantes, où se conjugueront précipitations importantes et fonte du manteau neigeux. C'est ce qu'on a connu, par exemple, en mai 2015 sur le bassin versant de l'Arve.

Dans un deuxième temps, l'enneigement va poursuivre sa



raréfaction avec la poursuite de l'augmentation des températures à l'échelle planétaire, et on peut donc anticiper une baisse progressive de l'intensité des épisodes de crues au moment de la fonte nivale, puisque les stocks de neige seront moins importants en montagne. On tendra donc vers un régime de type pluvial.

Pour les crues estivales, liées aux orages soudains et brutaux sur le relief, les projections climatiques dont on dispose nous indiquent que l'on va vers un assèchement, en moyenne, des quantités d'eau qui tombent sur les massifs pendant l'été mais une intensification des orages. Ce qui signifie globalement moins d'eau, mais plus de précipitations concentrées sur moins de jours. Cela pourra avoir bien sûr des conséquences sur l'hydrologie des bassins versants et sur l'intensité des crues.

PEUT-ON PARLER DE MÉDITERRANÉISATION DES ALPES À L'AVENIR ?

Dans la région méditerranéenne, le régime pluviométrique est très sec l'été, avec des orages, et plus humide à l'automne, avec des phénomènes de précipitations qui peuvent être très intenses. Pour nos zones de montagnes, le parallèle tient, dans une certaine mesure, quand on s'intéresse aux phénomènes estivaux, mais je ne suis pas complètement convaincu qu'on puisse tenir ce parallèle à l'automne, dans la mesure où, même dans un climat changé, plus chaud, on aura tôt ou tard de la neige qui se dépose à haute altitude, sauf à considérer des réchauffements extrêmes en fin de siècle dans les scénarios les plus pessimistes... Je ne suis donc pas convaincu qu'on aura, en tout cas dans les Alpes du Nord, le même type de phénomènes que dans le pourtour méditerranéen, phénomènes tel qu'on les connaît aujourd'hui, et tel qu'ils vont sans doute s'intensifier demain. Dans les Alpes du sud, la situation demeurera plus proche de ce qui se passe à proximité de la côte méditerranéenne, comme aujourd'hui.

POURQUOI LA HAUSSE DES TEMPÉRATURES VA-T-ELLE INFLUENCER LES PLUIES EXTRÊMES ? QUEL EST LE LIEN ENTRE LES DEUX ?

On sait qu'une masse d'air chaude, peut stocker, sous forme de vapeur, plus d'eau qu'une masse d'air froide. Si on prend l'exemple de la buée qui se forme sur une vitre dans une voiture l'hiver, on sait très bien que si on chauffe l'habitacle, au bout d'un moment, la buée disparaît.

Dans une atmosphère plus chaude, il y a plus de mouvements turbulents, plus de mouvements convectifs, il y a plus de mouvements atmosphériques au sens large et finalement plus d'énergie dans le système. Donc une atmosphère plus chaude contient plus d'humidité, est plus turbulente, plus active, plus instable et peut conduire à des pluies plus intenses.

Il ne suffit pas, malgré tout, de dire « l'atmosphère sera plus chaude, donc les événements plus extrêmes ». La vraie question, c'est à quel point ? A quel point les précipitations seront plus intenses ? Il existe aujourd'hui beaucoup de travaux qui tentent de quantifier l'impact d'un réchauffement donné sur l'intensification des précipitations. On utilise notamment des modèles de climats qui permettent de représenter les évolutions de l'atmosphère.

QUELS SONT JUSTEMENT LES RÉSULTATS DE CES RECHERCHES CONCERNANT LES QUANTIFICATIONS?

Les résultats sont variables en fonction des cumuls de pluies auxquels on s'intéresse : sur 5 jours, une journée ou 12 heures par exemple.

Il y a aujourd'hui une convergence d'études, basées sur des observations passées et sur des modélisations climatiques en cours, qui ont permis de constater un accroissement des quantités de précipitations tombées au cours de la journée la plus pluvieuse de l'année. Une étude suisse,

dont les projections peuvent raisonnablement s'extrapoler aux Alpes du Nord, a obtenu, suivant les cas, entre 5 et 10% d'augmentation de précipitation par degré de réchauffement planétaire.

Sachant qu'on a déjà gagné un degré de réchauffement planétaire par rapport à l'époque préindustrielle, l'augmentation de l'intensité des précipitations annuelles extrêmes a été au cours du XXème siècle de 7 à 8 %. A l'échéance du XXIe siècle on projette un accroissement qui peut atteindre selon le taux de réchauffement planétaire (1.5, 2, 3 ou 4° en fonction des émissions de gaz à effet de serre) de 10 à 30% d'augmentation de l'intensité des pluies maximales annuelles.

Aujourd'hui, on se concentre dans la littérature scientifique, sur des événements qui sont relativement rares mais qui se produisent quand même généralement au moins une fois par an. Et tout conduit à dire que ces événements vont devenir plus intenses à l'avenir. L'extrapolation pour les phénomènes beaucoup plus rares, qui sont en général lié à des situations d'orages stationnaires ou des phénomènes convectifs vraiment très intenses, n'est pas encore possible. Les modèles de climat utilisés aujourd'hui ne disposent pas de la résolution spatiale (leur résolution est de l'ordre de 10 km) ni des processus physiques qui permettent de reproduire ce genre d'événement.

Les recherches avancent malgré tout sur ce sujet et les futurs modèles permettront, je pense, d'apporter d'ici quelques années des réponses beaucoup plus précises sur les tendances concernant les événements vraiment extrêmes : ceux qui se produisent très rarement (tous les cent ans par exemple), avec des intensités très fortes, et sur des durées de temps très courtes.



SUR QUELS CRITÈRES PEUT-ON ATTRIBUER AUJOURD'HUI UN ÉVÉNEMENT EXTRÊME, LES DERNIÈRES INONDATIONS DANS L'AUDE PAR EXEMPLE, AU CHANGEMENT CLIMATIQUE?

La question de l'attribution d'un événement particulier au changement climatique est une question qui est posée régulièrement dans l'actualité et à laquelle il n'est pas possible d'apporter une réponse tranchée. En effet, le changement climatique concerne l'évolution du climat sur le long terme et il est nécessaire de raisonner à l'échelle de plusieurs décennies, au moins 30 ans, pour pouvoir dégager des tendances. Il y a toujours eu des événements rares ou extrêmes, plus ou moins extraordinaires, et le fait qu'il se produise une crue n'a rien d'original en soi. C'est quelque chose qui était déjà possible sans changement climatique.

La question à laquelle les scientifiques essaient de répondre est plutôt la suivante : un événement donné tel que nous l'observons aujourd'hui, se produirait-il moins souvent ou de façon moins intense s'il n'y avait pas de changement climatique? Ou dans l'autre sens, est-ce que le changement climatique rend de tels événements plus puissants ou plus fréquents ? Donc, on essaye de comparer la probabilité qu'un épisode se produise dans le contexte du climat tel qu'on le connait aujourd'hui avec la probabilité qu'on aurait de le voir survenir sans le changement climatique amorcé depuis quelques décennies. Et effectivement au cas par cas on peut regarder pour un événement donné, quelle est la fréquence à laquelle on s'attend qu'il revienne dans un contexte de changement climatique.

Si un événement qui se produisait en moyenne un fois tous les 10 ans au cours des décennies précédentes, se produit avec des fréquences de rețour d'une fois tous les 5 ans, voire une fois tous les 3 ans ou tous les ans, en moyenne, alors on peut dire dans une certaine mesure que la survenue de cētte épisode a été favorisée par le changement climatique.

CE QUE L'ON VA CONNAÎTRE DANS LES 30 PROCHAINES ANNÉES EST-IL FONCIÈREMENT DIFFÉRENT DE CE QUE L'ON CONNAÎT AUJOURD'HUI?

Oui et non. C'est-à-dire que l'atmosphère restera l'atmosphère, la montagne restera la montagne, l'été il fera chaud, l'hiver il fera froid. Il neigera la plupart du temps mais de plus en plus haut en altitude... Je caricature un petit peu mais il faut bien comprendre que dans les 30 prochaines années, on ne s'attend pas à un changement radical de la face du monde. En revanche, on aura des écarts de plus en plus marqués entre ce à quoi on pourrait s'attendre aujourd'hui et ce à quoi on sera vraiment exposé.

A l'exception des phénomènes qui vont se produire à proximité immédiate des zones qui vont être affectées par le recul glaciaire (zones qui ne sont pas exposées à l'atmosphère depuis plusieurs siècles, et qui donc, vont avoir un comportement partiellement inconnu), on ne s'attend pas à des choses complètement nouvelles. Dans les secteurs qui sont actuellement recouvert de permafrost, on va avoir une poursuite des chutes de blocs, de la déstabilisation des parois rocheuses et des pentes, mais encore une fois, ce sont des choses qui existent déjà aujourd'hui.

En fait, on s'attend à voir apparaître des phénomènes déjà connus dans des endroits où on n'avait pas l'habitude de les voir. La surprise ne viendra pas de la nature des phénomènes observés, mais plutôt de l'endroit où ils se produisent et de la date de l'année à laquelle ils se produisent. On peut très bien

imaginer, et d'ailleurs cela a déjà eu lieu et ça ne devrait donc plus nous surprendre, des épisodes de pluie sur neige au mois de janvier, des avalanches de neige humide au mois de décembre, des épisodes de fonte glacière accélérées dès le mois d'avril ou bien encore des sécheresses qui durent jusqu'au mois de novembre. Des choses que l'on rencontre aujourd'hui rarement, mais que l'on rencontrera sans doute plus souvent dans l'avenir et dans des endroits où on n'avait pas eu l'occasion de les observer jusqu'à présent.



LA PLATEFORME ALPES-CLIMAT-RISQUES DU PARN

Auteur : **Benjamin Einhorn**, directeur du Pôle Alpin d'études et de recherche pour la prévention des Risques Naturels (PARN)

La plateforme Alpes-Climat-Risques est un centre de ressources et d'expertise sur le changement climatique et son impact sur les risques naturels dans le massif alpin; elle s'appuie pour cela sur le réseau scientifique, technique et opérationnel du PARN.

Cette plateforme sert de support aux démarches d'interface animées par le PARN pour accompagner les partenaires institutionnels, territoriaux et associatifs dans leurs politiques d'adaptation au changement climatique, de l'échelle locale à l'échelle européenne.

Le portail web Alpes-Climat-Risques met à disposition :

- ► Une base de connaissances analysant les impacts du changement climatique et environnemental sur la fréquence et l'intensité des phénomènes naturels sources de risques;
- ▶ Une base « événements remarquables » constituée de fiches événement et de rapports annuels mettant en relation des événements, considérés comme remarquables par les gestionnaires et acteurs des territoires alpins, avec les tendances climatiques observées.

http://risknat.org/plateformealpes-climat-risques/





Exemple d'espaces à enjeux et effets de reseaux dans les systèmes de risque d'inondation à Nice. - © J. Dutozia - Université Côte d'Azur

RÉSILIENCE DES TERRITOIRES ET DES RÉSEAUX EN CONTEXTE DE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Jérôme Dutozia, postdoctorant, université Côte d'Azur, CNRS, UMR ESPACE. **Christine Voiron-Canicio**, professeure des universités, université Côte d'Azur, CNRS, UMR ESPACE.

Le changement climatique combine des transformations graduelles, continuelles et à long terme des conditions naturelles du milieu, avec des chocs plus ponctuels et brutaux liés à l'intensité et la récurrence accrue des évènements climatiques extrêmes. À l'interface des recherches sur le risque et sur la durabilité urbaine, la résilience territoriale est mobilisable dans ces deux horizons temporels.

La résilience aux évènements catastrophiques constitue un premier registre de résilience territoriale, fondé sur la capacité d'un système à assurer son maintien ou son retour dans son domaine d'équilibre à la suite d'une perturbation. Il s'agit d'une résilience qualifiée de réactive (Laganier, 2013) et d'adaptation immédiate à une perturbation, qui relève plutôt de la gestion des risques et l'anticipation des situations de crises. Les catastrophes susceptibles d'affecter les territoires peuvent alors être considérées comme des systèmes de risques, qui consistent en une combinaison d'impacts directs et indirects se réalisant à des échelles spatiales et temporelles variables. Parmi ces impacts, ceux affectant les réseaux techniques ont un rôle critique, tant pour les dysfonctionnements sociétaux qui découlent de leurs interruptions que pour leur capacité à globaliser et prolonger la crise.

AMÉLIORER LA RÉSILIENCE RÉACTIVE DES TERRITOIRES ET DES RÉSEAUX

La prise en compte des réseaux

techniques et des effets dominos a connu de réels progrès au cours de la dernière décennie, tant sur le plan scientifique que sur les plans opérationnel et législatif. Deux stratégies complémentaires permettent d'améliorer cette résilience territoriale de temps court.

La première, d'ordre organisationnel, met d'abord l'accent sur une meilleure connaissance des interdépendances entre les différents réseaux techniques et services urbains, sur la mise en relation de leurs gestionnaires et sur la coordination interorganisationnelle pour établir des stratégies transversales de gestion des perturbations (Therrien, 2010, Toubin et al., 2012). Il s'agit également d'améliorer les capacités d'apprentissage et favoriser la constitution d'une mémoire pérenne et formalisée des évènements passés, en menant des retours d'expérience qui insistent davantage sur les dynamiques spatio-temporelles des évènements (rythme de diffusion et de résorption des crises), sur les effets des endommagements d'une infrastructure d'un réseau technique sur les autres composantes de ce même réseau, sur les autres réseaux techniques et finalement sur les fonctionnements territoriaux dans leur ensemble. D'autre part, le développement d'une connaissance anticipative fondée sur une logique possibiliste doit permettre de porter une plus grande attention à des scénarios qui ne sont habituellement pas envisagés par les gestionnaires, car très hautement improbables

voire non mesurables (Voiron, 2012, Dutozia, Voiron, 2018).

Par exemple, les résultats de simulations d'effets dominos inondation-réseau électrique, présentés sur la carte, permettent d'identifier des espaces à enjeux comme des hôpitaux ou des écoles maternelles, qui ne sont pas directement compris dans le périmètre de l'aléa, mais pourraient être impactés par une coupure de réseau électrique. Testé à l'échelle des 108 territoires à risques importants d'inondations (TRI) de France continentale (hors Paris intra-muros et les 5 % de réseaux de distribution électrique non gérés par ENEDIS pour laquelle nous ne disposions pas des données sur le réseau de distribution électrique), la démarche menée à partir d'un système d'information géographique, permet par exemple d'estimer que pour le scénario d'inondation de probabilité d'occurrence faible des TRI, parmi les 338 établissements hospitaliers français (Base FINESS), 33 se trouveraient directement dans un périmètre inondé, et 78 seraient dépendants d'un poste source électrique (HTB-HTA) situé dans un périmètre inondé. De même pour les 13 871 écoles maternelles (base de données ouverte du ministère de l'Éducation nationale), 849 sont localisées dans un périmètre inondé alors que 1 458 sont dépendantes d'un poste source électrique en zone inondable, ce qui les rend indirectement exposées au risque inondation, sans faire partie d'une zone inondable.

Cette connaissance issue de



situations anticipées s'avère toutefois limitée au champ des possibles considéré. Elle peut même s'avérer contre-productive en termes de résilience, en instillant un pernicieux sentiment de sécurité et de maîtrise, si elle est assimilée à de la prévision. La démarche de résilience invite au contraire à reconnaître la nature imprévisible et incontrôlable de certains évènements et à rechercher les possibilités qu'ont les territoires à y faire face.

De ce fait, il apparaît indispensable de développer en parallèle d'une meilleure connaissance anticipative, une culture de l'action en contexte inconnu chez les gestionnaires de risques services urbains. Il s'agit par exemple de mettre en œuvre régulièrement des exercices de gestion de crise fondés sur des scénarios « hors cadres », qui nécessitent des mesures et des prises de décisions en dehors de stratégies planifiées, et qui permettent de développer la capacité intellectuelle et émotionnelle pour piloter un système instable, chaotique, non plus seulement incertain mais inconnu (Lagadec, 2013). Apprendre à improviser, à identifier des signaux faibles et des signaux aberrants, à synthétiser et fiabiliser des informations issues de canaux non officiels ou encore à prendre des décisions admettant un risque d'erreur relativement élevé constitue alors des compétences nouvelles et importantes pour améliorer la composante organisationnelle de la résilience réactive.

La seconde stratégie est d'ordre technique et infrastructurel, elle vise à limiter le degré de perturbation du système au moyen d'une meilleure capacité de résistance et d'absorption (Serre et al., 2012). Le

- Développer la culture de l'action en contexte inconnu chez les

gestionnaires de risques et des services urbains

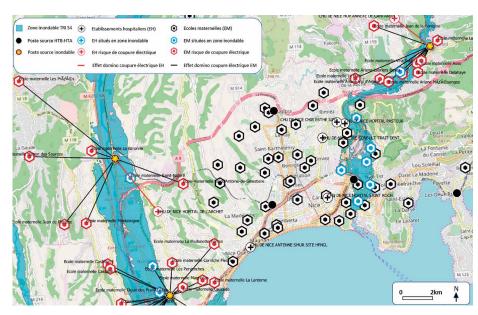


Fig. 1. Exemple d'espaces à enjeux et effets de réseaux dans les systèmes de risque d'inondation à Nice. - © J. Dutozia - Université Côte d'Azur

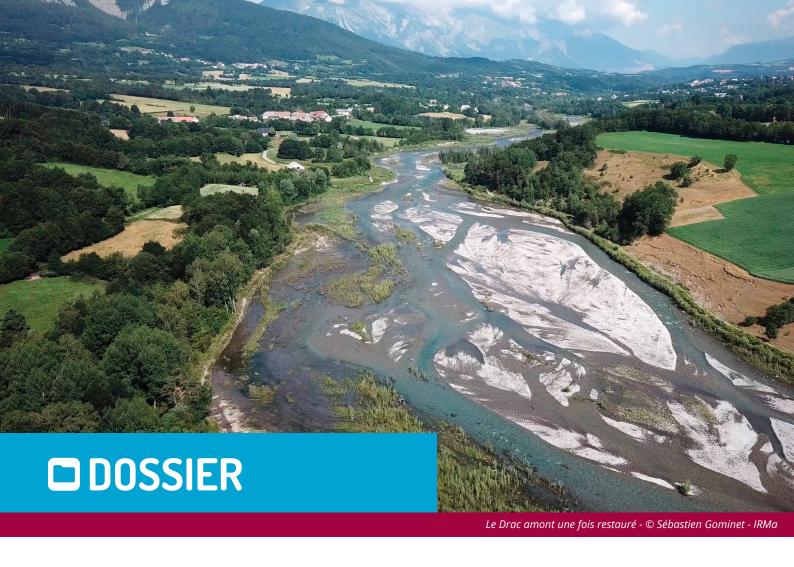
durcissement des points de réseaux exposés à un aléa donné relève de cette stratégie, en procédant par exemple à la surélévation des postes localisés dans des zones inondables ou encore à l'enfouissement des lignes exposées à un aléa tempête. Parallèlement à ce renforcement physique des infrastructures techniques qui doit permettre de limiter les possibilités d'endommagement des postes, d'autres mesures peuvent avoir pour but de limiter les dysfonctionnements et les interruptions de services engendrées par ces endommagements. Il s'agit alors de diminuer la vulnérabilité fonctionnelle des réseaux en améliorant leurs degrés de redondance et en densifiant son niveau de maillage, de manière à pouvoir pallier la perte d'une ou plusieurs composantes par des chemins alternatifs.

LA RÉSILIENCE AU CŒUR D'UN PROJET DE TERRITOIRE DURABLE

La résilience est un processus qui se joue sur des temporalités

distinctes et qui couple des logiques de résistance et d'adaptation. En parallèle des capacités de résilience susceptibles d'être mobilisées par les territoires en période posttraumatique, une autre forme de résilience, plus générale, opère dans une temporalité plus longue liée aux rythmes de transformation des territoires, des systèmes techniques et des sociétés. La résilience est alors envisagée comme un processus dynamique mettant en jeu les capacités de changer, d'innover, de réinventer et de réajuster continuellement et collectivement un projet de territoire en fonction de possibilités et de contraintes futures changeantes, incertaines et en partie inconnues. C'est dans cette optique qu'une stratégie de résilience peut permettre d'impulser localement le passage d'une logique d'adaptation au changement climatique « par les marges » vers des mutations structurelles plus fondamentales et devenir un moyen de réaliser la durabilité des territoires.

Stratégie d'amélioration de la résilience réactive			
Leviers organisationnels	Leviers techniques et infrastructurels		
- Améliorer connaissance des interdépendances des réseaux techniques	- Améliorer la connaissance de l'exposition des infrastructures aux aléas naturels (vulnérabilité physique)		
- Etablir une coordination inter-organisationnelle pour établir des stratégies transversales de gestion des perturbations	- Durcissement des points de réseaux les plus exposés pour limiter les possibilités d'endommagements physiques		
- Insister sur les dynamiques spatiales des évènements et les effets directs et indirects liés aux dysfonctionnements des réseaux dans les RETEX	- Améliorer la connaissance de la vulnérabilité structurelle des réseaux techniques pour identifier des secteurs faiblement redondants		
- Améliorer les capacités d'apprentissage des évènements passés	- Renforcer la redondance des réseaux et les chemins alternatifs pour éliminer ou limiter des interruptions de services en cas d'endommagement		
- Construire une connaissance anticipative fondée sur une logique possibiliste et s'appuyant sur des outils de simulations spatiales	Fig. 2. Leviers organisationnels et infrastructurels pour améliore		

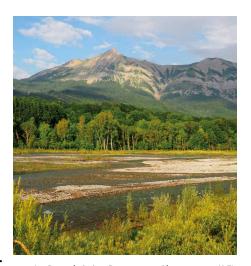


POUR DES TERRITOIRES PLUS RÉSILIENTS FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE : DES SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE

Nicolas Valé, Directeur adjoint - Association Rivière Rhône Alpes Auvergne (ARRA2)

On entend parler chaque jour de changement climatique. Cette notion fait désormais partie de notre quotidien et nous nous attendons à la voir se manifester sous toutes ses formes: froid polaire, chaleur caniculaire, sécheresse anormale, orage et tempête sans précédent... Pourtant, en dehors de ces évènements extrêmes, elle est souvent lointaine et semble parfois très globale, très floue. Nous ne savons que faire, à notre échelle, pour l'enrayer ou tout du moins pour s'y adapter. Des solutions existent pourtant et c'est la nature qui nous les fournit. Certaines collectivités locales ont mené des actions, modestes ou titanesques, qui participent à l'adaptation de leur territoire aux changements à venir.

Quand on pense au changement climatique, c'est souvent d'un point de vue globalisant, à l'échelle de la planète ou d'un continent. Difficile



Le Drac à Saint-Bonnet-en-Champsaur (05), cinq ans après les travaux de restauration par recharge sédimentaire : son lit s'étend désormais sur 200 m de largeur au lieu de 10 m auparavant, une mosaïque d'habitats naturels a permis le retour d'espèces d'oiseaux disparues du territoire depuis les années 1970. - © Nicolas Valé – ARRA²

de se représenter concrètement les impacts sur notre quotidien et notre territoire... Pourtant, ceux-ci se font déjà régulièrement ressentir et les risques pour l'avenir sont bel et bien présents localement... Ils sont concomitants à l'érosion de la biodiversité (diminution de 80 % des populations d'insectes au cours des trente dernières années, 30 % d'oiseaux en moins en quinze ans...).

On a alors tendance à croire que seule une action globale, mondiale, nationale, peut fournir un quelconque résultat et nous préserver du pire. Pourtant, les collectivités locales ont leur rôle à jouer et peuvent influer fortement pour réduire l'ampleur du changement climatique, d'une part, et ses impacts d'autre part. Face à la vulnérabilité de nos territoires aux longues sécheresses et leurs pénuries en eau potable, aux précipitations intenses et leurs inondations, à la raréfaction d'une eau de qualité ou à la dégradation d'espaces naturels favorables à la vie, la Nature (avec un grand N) nous

DOSSIER

apporte des solutions! L'observation des processus et des milieux naturels est à la source d'innovations, non pas technologiques, mais conceptuelles qui doivent révolutionner nos schémas de pensée dans les années et décennies à venir.

Comment diminuer l'impact des canicules sur nos espaces urbains? Par la végétalisation de nos villes par exemple. Comment lutter contre les inondations? Par la désimperméabilisation des sols et la restauration d'un espace suffisant pour nos rivières. Comment retrouver une eau de qualité suffisante pour alimenter nos sociétés? Par la préservation des zones humides et de la qualité des sols ou encore par la plantation de forêts en bordure des cours d'eau. Ce ne sont bien sûr ici que des exemples, voire des raccourcis. Mais nombreux sont les territoires, urbains comme ruraux, à avoir entamé une transition dans ce sens! Les collectivités locales, leurs élus et leurs techniciens ont pris les choses en main, de manière plus ou moins

globale. Même si tel n'était pas nécessairement leur objectif, leur action influera sur la résilience de leur territoire face au réchauffement climatique. Et l'essentiel est bien là : un mouvement est engagé!

À Lyon, par exemple, on désimperméabilise les sols et toute nouvelle construction doit permettre l'infiltration des eaux de pluie pour éviter les ruissellements et alimenter la nappe phréatique. Cela présente le triple avantage de diminuer le phénomène d'îlot de chaleur urbain et les risques d'inondations, mais aussi de préserver la ressource en eau de la seconde métropole française.

À Chambéry, on restaure les rivières à l'aide de techniques inspirées des modèles naturels, le « génie végétal », et on élargit la Leysse qui avait fait tant de dégâts en 1990 en supprimant une digue pour rouvrir un nouveau lit et plusieurs milliers de m² de zones humides. Favoriser la biodiversité et lutter contre les inondations : « d'une pierre, deux coups ». Le résultat fut immédiat : la crue de la Leysse en janvier 2018, très proche en débit de celle de 1990, n'a fait aucun dégât et aucun débordement n'a été constaté!

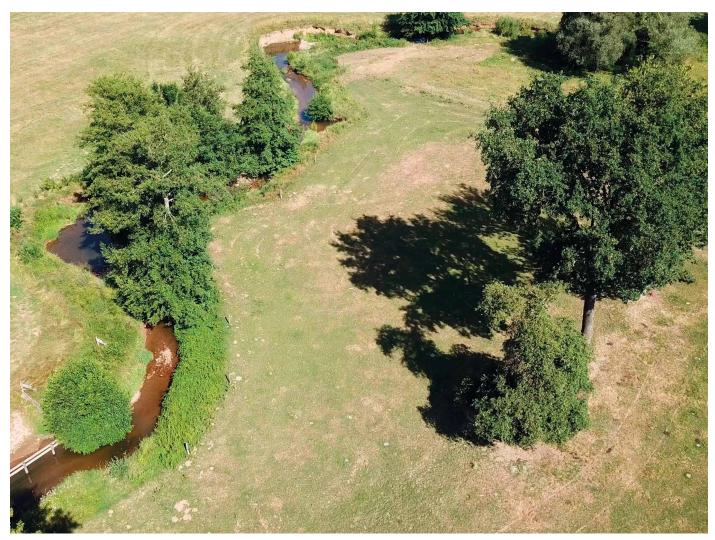
Dans la Loire, à Charlieu, on s'inquiétait des conséquences des crues. En considérant leur territoire et l'ensemble des enjeux d'une manière globale et intégrée, les élus locaux ont répondu à l'intérêt général : aménagement et suppression de seuils en cours d'eau, restauration et mise en défens de la forêt alluviale, préservation des zones humides... autant d'actions qui ont participé à lutter contre les inondations, à améliorer la qualité de la ressource pour l'alimentation en eau potable et à restaurer des milieux favorables à la vie animale et aux déplacements de la faune.

En Ardèche, sur la commune de Montselgues, une centaine d'habitants à l'année, la restauration d'un réseau de tourbières et la création d'un sentier pédagogique, sous l'impulsion du Conservatoire d'espaces naturels de Rhône-Alpes, ont participé au développement de l'activité touristique locale et à la préservation d'une eau de qualité.

Sur le Drac, à Saint-Bonnet-en-Champsaur, la restauration de ce cours d'eau de montagne par recharge sédimentaire a permis de lutter contre le risque d'érosion et de glissement de terrain qui menaçait



La Bonne pendant les travaux de restauration - © Sébastien Gominet



La ripisylve restaurée sur le Chandonnet - bassin versant du Sornin - © Sébastien Gominet

habitations et infrastructures locales, tout en créant un espace de détente et de loisir pour la population.

Ces exemples s'appuient sur quelques recettes simples: observation des modèles naturels locaux et déclinaison en solutions fondées sur la nature, prise en compte des enjeux territoriaux dans leur globalité, volonté politique, vision de long terme pour le territoire, inclusion de la population...

On pourrait citer de nombreux autres exemples à l'échelle régionale et nationale. Mais ceux-ci nous démontrent que, quels que soient notre échelle d'intervention et nos moyens financiers, nous avons la possibilité d'agir localement pour limiter les impacts et les risques des changements climatiques en cours et à venir sur nos territoires.

POUR EN SAVOIR PLUS SUR CES EXEMPLES :

retrouvez la série « Trames vertes et bleues : La vie au cœur des territoires » sur la chaîne YouTube de l'Association Rivière Rhône Alpes Auvergne (ARRA²)

https://tinyurl.com/yxel3nau





LA MAÎTRISE DU RUISSELLEMENT AU SEIN DE L'AGGLOMÉRATION CÔTE BASQUE-ADOUR

Saulais Muriel (responsable d'unité Eau et Aménagement du territoire ; Cerema), Gradel Olivier (chargé d'étude risque inondations et assainissement pluvial ; Cerema), Yvan Gaime (directeur Investissement, Patrimoine et Planification ; communauté d'agglomération du Pays Basque)

Le Pôle territorial de la communauté d'agglomération Pays Basque s'est appuyé sur un schéma directeur d'assainissement pluvial et un zonage pluvial pour traiter la problématique d'inondation par le ruissellement. Lors du diagnostic, il a été réalisé une étude de vulnérabilité et une étude des aléas pour identifier les risques et les niveaux de protection. Ce travail a permis de déployer un ensemble de mesures curatives et préventives.

Le Pôle territorial Côte Basque-Adour de la CAPB¹, situé en zone touristique, se caractérise par des enjeux de milieux urbains et littoraux. Ce site est traversé par l'Adour. Sur Bayonne et les villes voisines, l'inondation par ruissellement se caractérise par une montée très rapide des eaux provenant du ruissellement sur la voirie notamment et les versants pentus. Par ailleurs, ces inondations sont parfois amplifiées par le phénomène de marées qui bloque les exutoires pluviaux.

Le 19 septembre 2009, le centre historique de Bayonne fut touché par des inondations, ainsi que les communes voisines avec des zones très impactées où plus d'un mètre d'eau a été relevé, notamment dans des points bas le long de l'Adour. Il est tombé 250 mm de pluie sur une durée de 24 heures. Les capacités

LEGENDE
Eau
Vulnérabilité faible
Vulnérabilité forte
Bassin versant étudié

Carte des vulnérabilités sur un sous-bassin versant à Bayonne - © Communauté d'agglomération Pays Basque.

des réseaux d'assainissement ne pouvaient plus absorber les volumes d'eaux ruisselées. Durant l'épisode à marée haute, les exutoires pluviaux dans l'Adour ont provoqué les débordements à l'amont des collecteurs dans les points bas. La période de retour de l'évènement de 2009 est estimée entre deux cents ans et cing cents ans. Depuis les années 1980, on observe une augmentation globale de 20 % de la pluviométrie, avec une nette accentuation depuis 1999. On suppose que cette tendance est à mettre en corrélation avec le réchauffement climatique sans pour autant pouvoir l'affirmer.

Les inondations importantes sur ce territoire ont impulsé une prise de conscience des problèmes de ruissellement dans ces secteurs urbanisés. Cela a ainsi motivé l'élaboration, en décembre 2014, d'un schéma directeur d'aménagement des eaux pluviales à l'échelle des communes de l'agglomération et la réalisation d'un zonage d'assainissement pluvial applicable depuis le 1er janvier 2015 et annexé aux PLU.

En amont du zonage d'assainissement pluvial, il a été réalisé d'une part une étude de vulnérabilité du territoire et d'autre part une étude de caractérisation des aléas (diagnostic capacitaire) via une modélisation des réseaux d'eaux pluviales. Ces études définissent ainsi :

TROIS CLASSES DE VULNÉRABILITÉS :

 vulnérabilités faibles : il s'agit de secteurs de l'agglomération où l'inondation a peu de conséquences du point de vue humain dans un premier

¹ Communauté d'agglomération Pays Basque

temps puis économique;

- vulnérabilités moyennes: il s'agit de secteurs de l'agglomération où l'inondation peut être admise avec des conséquences « acceptables » du point de vue humain et économique puis qui apparaissent comme moyennement prioritaires;
- vulnérabilités fortes : il s'agit de secteurs de l'agglomération où l'inondation a des conséquences importantes du point de vue humain et économique.



Carte des aléas pour pour P10-2h00 sur le même sous-bassin versant de Bayonne © Communauté d'agglomération Pays Basque.

TROIS CLASSES D'ALÉAS:

- ▶ aléas faibles : il s'agit de volumes de débordement hors des réseaux d'évacuation des eaux pluviales relativement limités qui, dans la plupart des cas, se répartissent sur une surface limitée et dont le temps de ressuyage² est relativement rapide ; la limite de volume débordé (vd) hors des réseaux pour un aléa faible est définie à 500 m³;
- aléas moyens: il s'agit de volumes de débordement hors des réseaux d'évacuation des eaux pluviales qui commencent à devenir conséquents et qui peuvent s'étendre sur des surfaces relativement importantes avec un temps de ressuyage relativement

perceptible; 500<vd<1500 m³;

▶ aléas forts : il s'agit de volumes de débordement hors des réseaux d'évacuation des eaux pluviales qui sont conséquents et qui s'étendent sur des surfaces relativement importantes avec un temps de ressuyage pouvant engendrer des conséquences économiques ; vd>1500 m³.

Ces études ont permis d'identifier trois classes de risques d'inondation par ruissellement qui correspondent au croisement des aléas d'inondation par ruissellement et des vulnérabilités des secteurs.

Ce travail a été fait avec plusieurs types de pluie, y compris la centennale, afin d'élaborer des aménagements.

Le diagnostic capacitaire a permis de mettre en évidence les dysfonctionnements hydrauliques en situation actuelle pour deux périodes de retour :

- pluie décennale d'une durée de deux heures ou six heures dans le cas de bassins versants soumis à l'influence de la marée;
- pluie trentennale d'une durée de deux heures ou six heures dans le cas de bassins versants soumis à l'influence de la marée.

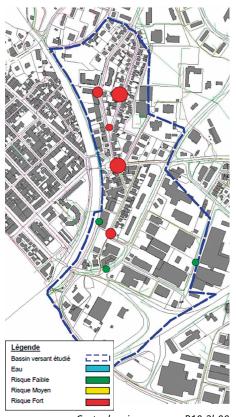
Le schéma directeur a donc conduit à proposer des aménagements visant à résoudre les problèmes actuels pour une pluie décennale d'une durée de deux heures (ou six heures pour les bassins versants soumis à la marée) et une protection à terme (horizon 2035) pour une pluie trentennale d'une durée d'une heure.

Ces aménagements sont de plusieurs types: création de volumes de rétention, renforcement de réseaux de collecte, mis en place de dispositifs de pompage de plusieurs m³/s, notamment en bord d'Adour pour relever les eaux à une cote supérieure à celle des marées.

La politique de maîtrise des ruissellements fait intervenir deux types de mesures :

- mesures curatives en situation actuelle, permettant de remédier aux insuffisances capacitaires du réseau : bassins, poste de refoulement, renforcement de réseaux, etc.
- mesures préventives dans un horizon de vingt-cinq ans, pour les zones d'urbanisation futures et pour les zones urbanisées existantes. Il s'agit de prescriptions

de nature à protéger les personnes et les biens pour des périodes de retour d'inondation de dix ans à trente ans. Le zonage fournit ainsi les valeurs de débit de fuite à ne pas dépasser pour tout nouvel aménagement et impose de stocker 88 mm d'eau pour chaque m² imperméabilisé supplémentaire à partir de 40 m². Il impose également des coefficients d'imperméabilisation maximum à ne pas dépasser à la parcelle et des prescriptions de hauteur de seuil des habitations par rapport aux voiries et cotes des plus hautes eaux connues.



Carte des risques pour P10-2h00 sur le même bassin versant de Bayonne © Communauté d'agglomération Pays Basque.

Enfin, le zonage pluvial impose des distances de recul par rapport aux canalisations publiques et aux cours d'eau.

L'Agglomération tire un bilan très positif depuis le déploiement du zonage d'assainissement pluvial, comprenant une étude de vulnérabilité et de risque. L'évènement pluvieux du 16 juillet 2018 durant lequel une pluie d'occurrence centennale est tombée a permis de tester l'efficacité des mesures mises en œuvre depuis 2015.

² Le point de ressuyage détermine l'instant auquel le sol est ressuyé, quand l'eau libre a quitté la surface par simple gravité





CELLIERS,

UN TERRITOIRE ATYPIQUE, UNE FORÊT UNIQUE! Les habitants des territoires de montagne sont aux premières loges pour assister au changement climatique en cours. La remontée des températures, le recul des glaciers et la fonte du permafrost (sols gelés en permanence) laissent notamment craindre des crues torrentielles et des éboulements plus importants et plus fréquents. La baisse des précipitations neigeuses menace quant à elle l'économie touristique... sans pour autant faire disparaître le risque d'avalanche comme l'a montré l'hiver 2017/2018. À Celliers, les quantités beaucoup moins importantes de neige tombées en hiver depuis les années 90 ont malgré tout eu une vertu : permettre à la forêt plantée dans les zones de départ des avalanches de grandir plus facilement.

Texte et photos : Sébastien Gominet /IRMa



Cette maison forestière servait dans les années 50 aux ouvriers qui venaient d'Italie du Nord et qui restaient toute la semaine en altitude pour travailler à la construction des ouvrages paravalanches et aux premières plantations. Elle sert encore aujourd'hui au personnel de l'ONF, notamment en cas de mauvais temps.



Le cerf se multiplie aujourd'hui à grande vitesse dans le secteur de Celliers. Il mange les jeunes pousses des arbres et représente donc une contrainte pour la pérennisation de la forêt de protection.



Les arbres « en crosse », typiques des secteurs d'altitude où la pente est forte et les hauteurs de neige importantes, sont plus fragiles que les autres. Le travail de l'ONF à Celliers consiste donc, notamment, à tenter de faire pousser les jeunes plants le plus droit possible!





Drone Didro durant un vol d'acquisition sur digue - © Camille Julio-IFSTTAR

DIDRO: DES DRONES POUR LA SURVEILLANCE ET LE DIAGNOSTIC DES DIGUES

Rémy Tourment, ingénieur chercheur Génie civil, chef de mission Digues, IRSTEA. **Guillaume-Alexandre Sab**, coordinateur et rédacteur du guide méthodologique DIDRO, IRSTEA.

Les inondations sont le risque naturel le plus fréquent et le plus meurtrier, en France comme dans le monde, que les digues permettent de maîtriser, mais celles-ci nécessitent néanmoins une surveillance régulière et plus particulière pendant les évènements. DIDRO, système de reconnaissance des digues par drone, permet d'obtenir des informations topographiques, visuelles et infrarouges qui vont alimenter le diagnostic de ces ouvrages.

Les inondations sont le risque naturel le plus fréquent et le plus meurtrier, en France comme dans le monde. Celles ayant suivi la tempête Xynthia ou les crues des cours d'eau depuis 1993 dans le sud de la France ont attiré l'attention sur les digues, qui sont un moyen efficace de maîtriser les inondations, que ce soit en les empêchant ou en les contrôlant lorsque la crue est trop importante. Les systèmes d'endiguement ne sont cependant pas infaillibles; ces ouvrages sont en effet sujet au vieillissement et à des dégradations d'origine naturelle ou anthropique.

La France, comme de nombreux autres pays, possède un parc de digues ancien (certaines vieilles de plusieurs siècles), souvent de constitution et d'état mal connus, généralement hétérogènes et mal adaptées aux performances qui seraient nécessaires.

DIDRO est né du désir d'obtenir des informations fiables et d'actualité dans les conditions difficiles d'une crue, voire d'une inondation. Il a été plus tard décidé de profiter des capacités que ce projet a fait apparaître pour faciliter et améliorer l'acquisition de certaines informations lors des inspections de digues hors périodes de crise.

LA SURVEILLANCE DES DIGUES

Les objectifs de la surveillance et des investigations

Que cherche-t-on et pourquoi?

L'objectif de Didro est la détection d'indices de désordre ou de causes potentielles de désordre. De ces indices pourront ensuite être déduits des mécanismes de dégradation et de rupture lors du processus de diagnostic. Les principaux mécanismes de dégradation et de rupture sont l'érosion par surverse, l'érosion interne, l'érosion de surface (et affouillement), et les instabilités (affaissements, basculements...).

Campagnes de reconnaissance dans les différents cas

Il existe six types de campagnes de reconnaissance, qui varient en termes d'objectif et de suites possibles à donner aux observations acquises :

- reconnaissance initiale, à la fois repérage et première estimation de la gravité des désordres;
- reconnaissances ponctuelles, spécifiques, dans le cadre d'un diagnostic ciblé par exemple dans le cas d'un désordre constaté et à expliquer, ou de travaux importants;
- reconnaissances régulières, servant à déterminer les évolutions des désordres précédemment constatés et, le cas échéant, signaler l'apparition de nouveaux;



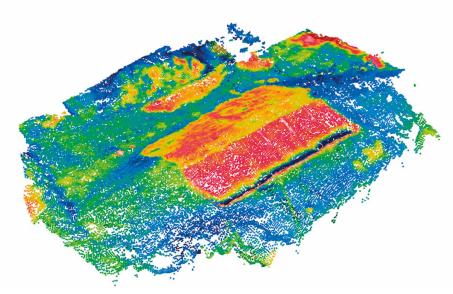


Image thermique de la même digue d'essai - © Cerema



Rendu en modele 3D d'acquisitions photogrammétriques par drone d'une digue d'essai - © Cerema

▶ reconnaissances précédant, durant et suivant un évènement hydraulique, servant à vérifier que les points faibles de l'ouvrage seront tout de même aptes à remplir leur rôle, signaler une rupture imminente, mais aussi constater les indicateurs de désordres visibles uniquement lorsque la digue est en charge, puis constater les éventuels dégâts et profiter d'indicateurs laissés par la crue et disparaissant rapidement après sa fin (laisses de crues, signes de résurgence ou surverse récente...).

Observables recherchés

Parmi les observables utiles au diagnostic, on citera notamment la détection et la caractérisation de :

- ▶ mouvements de terrain, fontis...
- ouvrages particuliers (déversoirs, ouvrages traversants...),
- éléments constitutifs surfaciques de la digue (revêtements...),
- végétation (herbe, arbustes, arbres, état...),
- ▶ terriers de fouisseurs,
- hydraulique (vitesse, hauteur d'eau...),
- ► circulation d'eau dans la digue.

L'IRSTEA rédige actuellement, en collaboration avec l'IFSTTAR, un guide méthodologique comprenant entre autres des instructions permettant d'interpréter les données issues de Didro.

LE PROJET DIDRO

Le projet DIDRO a pour ambition de permettre l'examen des digues par drone, en utilisant un drone équipé de plusieurs capteurs pour examiner une digue en condition normale et en temps de crise (crue, tempête).

Le consortium du projet comprend :

- Geomatys: pilote du projet, développement de l'interface de visualisation et d'exploitation des mesures;
- ► IFSTTAR : à l'origine du projet, mesures géophysiques ;
- ► IGN : capteurs photographiques et proches infrarouges ;
- CEREMA: thermographie haute définition;
- ► IRSTEA: capteurs Lidar et exploitation de l'ensemble des mesures;
- et deux entreprises en charge des drones et de l'intégration des capteurs :
 - Survey Copter (GE) : créateur et fournisseur des drones ;
 - Atechsys (PME): intégration des capteurs sur les drones.

Ce projet est financé par BPI France, les conseils régionaux Île-de-France et PACA, ainsi que les conseils généraux des Bouches-du-Rhône, du Var et de la Drôme. Il est soutenu par de nombreuses collectivités locales et autres gestionnaires de digues.

LES DONNÉES ISSUES DE DIDRO

Le rendu principal DIDRO sera un modèle 3D de la digue, sur lequel seront drapées les données acquises suivantes :

- topographie: permet d'obtenir le modèle 3D de la digue, grâce à un capteur Lidar. Après traitement, le modèle a une précision centimétrique;
- photographie: de haute définition (20 Mpix), elle permettra une résolution au sol de l'ordre de quelques centimètres;

- ▶ infrarouges: elles sont de deux natures, proches infrarouges (20 Mpix) et thermographiques (2 Mpix);
- autres: DIDRO pourra être apte à fournir des données complémentaires, de nature hydraulique et géophysique.

UTILISATION DES DONNÉES

Le diagnostic de digues est un exercice qui demande une expertise pluridisciplinaire. C'est pourquoi il sera indispensable de se familiariser à ses rudiments avant de se pencher sur les données DIDRO, par exemple en se référant aux ouvrages Surveillance, entretien et diagnostic des digues de protection contre les inondations¹, Analyse de risques des systèmes de protection² et The International Levee Handbook³, ainsi qu'au guide méthodologique DIDRO en cours de rédaction par l'IRSTEA et l'IFSTTAR. La méthodologie générale à suivre avec DIDRO est la suivante :

- Recherche et analyse de toutes les données antérieures, par exemple les observations de campagnes précédentes, éventuellement référencées sur SIRS Digues⁴.
- Acquisition de mesures, éventuellement aiguillée par l'étape précédente (points d'intérêt ou faiblesses à suivre par exemple).
- Prétraitement des mesures par le fournisseur DIDRO et mise à disposition pour visualisation sur un logiciel dédié.
- Analyse des données par l'ingénieur en charge du diagnostic et conclusions.



Drone avant vol de mesure sur digues © Marion Tanguy - IFSTTAR

Archivage des observables et des résultats du diagnostic dans le dossier d'ouvrage et éventuellement une base de données aisément consultable et correctement référencée, par exemple SIRS Digues.

CONCLUSION

Le système complet DIDRO (drone + intégralité des capteurs pour une reconnaissance) est actuellement en fin d'intégration. Chaque capteur a été testé indépendamment avec succès, et les premières réflexions sur l'applicabilité de chaque type de mesure à chaque observable⁵ vont débuter. L'objectif est de commercialiser à partir d'octobre 2019 un système intégré et testé, qui sera accompagné d'un guide méthodologique relatif aux données obtenues. DIDRO verra peut-être par la suite ses applications se diversifier: surveillance des zones inondées, cours d'eau et littoral, voire même élargissement à des phénomènes autres tels les feux de forêt.

L'ANALYSE DE RISQUE DES DIGUES

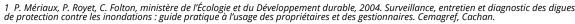
La surveillance, les reconnaissances et le diagnostic des digues alimentent de manière essentielle la réalisation des études de dangers réglementaires des systèmes d'endiguement. L'IRSTEA a développé une méthode d'analyse de risque de ces systèmes qui permet de répondre à cette exigence réglementaire et qui de plus permet à l'ensemble des acteurs de mieux gérer le risque d'inondation dans les zones protégées, en améliorant de manière continue les connaissances et la gestion des ouvrages. Un guide paru récemment présente cette méthode en vue de son utilisation.²

Dis fin

Disponible à la lecture fin octobre sur : www.irma-grenoble.com

DAVID BOGGIO CHEF DE PROJET GEOMATYS, PILOTE DU PROJET DIDRO

Un des principaux acteurs de DIDRO est GEOMATYS, une PME située à Arles (30) qui développe des outils informatiques pour la collecte, l'analyse et la diffusion de données géospatiales, et manière plus générale des solutions géospatiales métier 2D et 3D respectant les standards d'interopérabilité, à la définition desquels l'entreprise contribue activement auprès des organismes géographiques internationaux. Elle a mis en place une plate-forme de type Cloud privé basée sur sa solution Examind Server, qui permet aux exploitants de digues et aux experts de consulter et d'analyser les données d'imagerie (visible et infrarouge), d'altimétrie (photogrammétrie) et de capteurs, collectées au moyen de drones. Cette boîte à outils, à la fois simple d'utilisation et puissante dans les algorithmes mis en œuvre, sera un moyen pour les gestionnaires de digues d'archiver, comparer et diffuser les résultats des campagnes d'expertise sur leurs infrastructures depuis une interface cartographique en 3D.



² R. Tourment, B. Beullac, 2019. Inondations 🛘 Analyse de risques des systèmes de protection : Application aux études de dangers, Lavoisier TEC & DOC. éd. 3 [3] The International Levee Handbook, CIRIA, London, 2013.

⁴ J. Perrin, V. Platz, A. Castagnet, S. Patouillard, R. Tourment, 2018. SIRS Digues V2 : Le logiciel métier coopératif pour les professionnels de la gestion des digues (et cours d'eau). https://doi.org/10.5281/zenodo.2222448

⁵ Un désordre dans une digue peut se traduire en surface par un «indice de désordre», qui permet à l'expert de diagnostiquer la présence de ce désordre. On appelle observable l'anomalie générée par cet indice de désordre sur les mesures. L'objectif de l'expert devant les mesures DIDRO est donc de traduire les observables sur les mesures en indices de désordre, pour en déduire les désordres et mécanismes de dégradations à l'œuvre dans la digue.



LA SÛRETÉ NUCLÉAIRE QUARANTE ANS APRÈS THREE MILE ISLAND

Thierry Charles, directeur général adjoint de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN).

Un accident de fusion de cœur s'est produit le 28 mars 1979 dans le réacteur n° 2 de la centrale de Three Mile Island (TMI) près de Harrisburg en Pennsylvanie aux États-Unis (réacteur de 800 MWe conçu par Babcock et Wilcox, similaire aux réacteurs à eau sous pression français). Lors de cet accident, près de la moitié du cœur a fondu et environ vingt tonnes de matériaux en fusion ont atteint le fond de la cuve du réacteur, heureusement sans la percer.

Les enseignements de l'accident ont marqué un tournant majeur dans l'évolution de l'approche de sûreté des réacteurs nucléaires. Aujourd'hui encore, ces enseignements restent le fondement des actions de renforcement de la sûreté, qu'elles concernent les aspects techniques, comme la maîtrise des accidents de fusion de cœur, ou les aspects organisationnels et humains, comme la gestion des situations accidentelles.

Un accident de fusion de cœur s'est produit le 28 mars 1979 dans le réacteur n° 2 de la centrale de Three Mile Island (TMI) près de Harrisburg en Pennsylvanie aux États-Unis (réacteur de 800 MWe conçu par Babcock et

Wilcox, similaire aux réacteurs à eau sous pression français).

DÉROULEMENT DE L'ACCIDENT

L'évènement initiateur a été un incident d'exploitation relativement

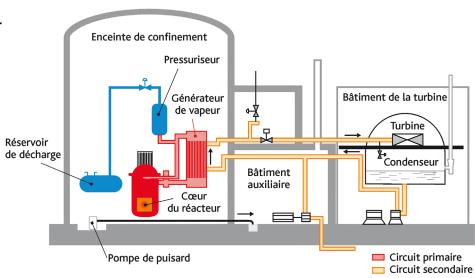


Schéma de la centrale de Three Mile Island - © IRSN

banal: la défaillance de l'alimentation normale en eau des générateurs de vapeur (cf. figure 1) alors que le réacteur fonctionnait à sa puissance nominale, entraînant une augmentation de la température et de la pression dans le circuit primaire. Cette défaillance a sans doute été provoquée par une erreur lors de travaux de maintenance.

L'incident a entraîné l'arrêt automatique du réacteur et la vanne de décharge du circuit primaire, située au sommet du pressuriseur, s'est ouverte afin de faire décroître la pression.

Deux défaillances vont déterminer l'évolution de la situation. Première défaillance, la vanne de décharge du pressuriseur ne s'est pas refermée automatiquement. Le fluide primaire a donc continué de se décharger dans un réservoir de décharge puis dans l'enceinte de confinement. Deuxième défaillance, le circuit d'alimentation de secours des générateurs de vapeur n'a pas pris le relais du circuit d'alimentation normal, car des vannes du circuit de secours, qui auraient dû être ouvertes, étaient fermées (elles avaient été fermées lors d'un essai règlementaire réalisé quelques jours auparavant).

La première défaillance a été la plus lourde de conséquences, car les opérateurs n'ont pas compris que la vanne du pressuriseur était restée ouverte; pendant plus de deux heures, environ 60 t/h de fluide primaire se sont déversées dans l'enceinte de confinement (pour un inventaire initial du circuit primaire de deux cents tonnes).

Le blocage de la vanne n'a pas été diagnostiqué rapidement, car les opérateurs ne disposaient pas en salle de conduite d'indicateur de la position réelle de la vanne, mais seulement d'un voyant indiquant que l'ordre de fermeture avait été envoyé. Ils ne savaient donc pas si la fermeture avait réellement été réalisée.

Le dénoyage partiel du cœur qui en résulta entraînera sa fusion partielle. Après rétablissement d'un refroidissement stable du cœur, la situation put finalement être maîtrisée seize heures après le début de l'accident au cours duquel près de la moitié du cœur a fondu et environ vingt tonnes de matériaux en fusion ont atteint le fond de la cuve du réacteur, heureusement sans la percer (cf. figure 2).

CONSÉQUENCES DE L'ACCIDENT SUR L'ENVIRONNEMENT ET LES PERSONNES

Malgré la fusion partielle du cœur du réacteur et l'important relâchement de produits radioactifs dans l'enceinte de confinement, les rejets dans l'environnement ont été faibles, l'enceinte ayant rempli son rôle.

De nombreuses études ont montré que l'accident n'a pas eu de conséquences sanitaires pour les personnes du public et n'a pas eu d'impact significatif sur l'environnement.

ENSEIGNEMENTS POUR LA SÛRETÉ DES CENTRALES NUCLÉAIRES EN FRANCE

L'accident n'a pas remis en cause la conception globale des réacteurs, l'application du concept de défense en profondeur (cf. figure 3) imposant notamment un confinement résistant qui a protégé les populations et le personnel de la centrale de TMI.

Indépendamment des recherches menées sur les accidents, les réflexions ont porté sur trois sujets : la place de l'humain dans la conduite des installations, l'expérience tirée de l'exploitation des centrales nucléaires et la gestion des situations d'urgence.

LA PLACE DE L'HUMAIN DANS LA CONDUITE DES INSTALLATIONS

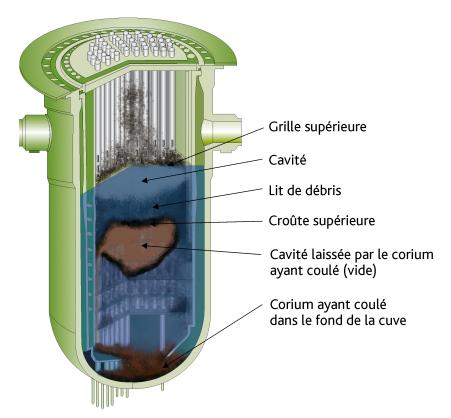
Avant l'accident, les analyses de sûreté examinaient principalement la

fiabilité des composants du réacteur nécessaires à la sûreté. L'accident a mis en exergue le fait, connu mais peu étudié, que l'humain est un maillon essentiel de la sûreté.

L'amélioration des conditions d'exploitation s'est traduite par une formation initiale et des recyclages renforcés des opérateurs, avec l'utilisation systématique de simulateurs.

L'inadéquation des procédures disponibles ayant été flagrante lors de l'accident de TMI, les procédures et consignes des réacteurs français ont été réexaminées et une nouvelle approche de la conduite accidentelle a été mise en place : « l'approche par états ». Les procédures ne sont ainsi plus fondées sur la compréhension par l'opérateur de la succession d'évènements qu'a subie le réacteur (approche évènementielle), mais sur son état effectif à un instant donné, caractérisé par des données physiques.

Par ailleurs, le principe de procédures dites hors dimensionnement (procédures H) et ultimes (procédures U) a été retenu à partir de 1981 : elles visent à prévenir la fusion du cœur (en cas de perte de la source froide, de perte des alimentations électriques...) et à limiter les relâchements de produits radioactifs hors de l'enceinte de confinement, si une telle fusion survenait.



État final du cœur - © IRSN



Niveau	Objectif	Principales mesures	État de l'installation
1	Prévention des anomalies de fonctionnement et des défaillances des systèmes	Conception prudente, avec des « marges », et qualité de construction et d'exploitation	Fonctionnement normal
2	Détection et maîtrise des anomalies de fonctionnement et des défaillances des systèmes	Systèmes et procédures pour revenir à un fonctionnement normal	Anomalies de fonctionnement ou défaillances
3	Maîtrise des accidents	Systèmes et procédures pour éviter la fusion du cœur	Accidents sans fusion du cœur
4	Maîtrise des accidents de fusion de cœur	Systèmes et procédures pour limiter les rejets	Accidents
5	Limitation des conséquences radiologiques en cas de rejet de substances radioactives	Organisation et actions pour protéger les personnes et l'environnement	Accidents

Les insuffisances en termes d'indications et de hiérarchisation des alarmes ont conduit à modifier les salles de conduite des réacteurs. De plus, les informations essentielles ont été doublées sur un panneau de sûreté.

L'IMPORTANCE DES ÉVÈNEMENTS PRÉCURSEURS

Un autre enseignement important concerne la gestion du retour d'expérience du fonctionnement des centrales nucléaires. Un incident précurseur semblable avait eu lieu en 1977 dans un réacteur américain du même type (Davis Besse), sans dommage pour le réacteur; les opérateurs avaient commis la même erreur d'analyse. Un incident précurseur similaire avait également affecté le réacteur suisse de Beznau en 1974.

Depuis l'accident, la détection des évènements précurseurs, susceptibles de conduire à un accident, est devenue une préoccupation importante des exploitants et des organismes de sûreté nucléaire.

LE TRAITEMENT DES SITUATIONS D'URGENCE

L'accident a montré que les opérateurs, les responsables de la centrale et les autorités chargées de la protection des populations n'étaient pas suffisamment préparés pour un accident de fusion de cœur.

C'est au début des années 1980 que les plans d'urgence spécifiques aux installations nucléaires ont été mis en place en France. Des Plans d'urgence internes (PUI) ont été développés par les exploitants pour maîtriser autant que possible les accidents et en limiter les conséquences. Les pouvoirs publics ont établi des Plans particuliers d'intervention (PPI) répondant à l'objectif général de protection des populations en cas d'accident nucléaire ainsi qu'un « plan national de réponse » en cas d'accident majeur.

D'autres améliorations techniques découlent du retour d'expérience de l'accident, notamment :

- ▶ la mise en place de vannes de décharge du pressuriseur qualifiées pour permettre leur ouverture et également leur fermeture en présence d'un mélange d'eau et de vapeur d'eau;
- la mise en place d'un système d'éventage de l'enceinte de confinement équipé d'un filtre à sable (dispositif U5);
- ► l'implantation de recombineurs d'hydrogène dans l'enceinte de confinement pour maîtriser les risques d'explosion résultant de l'oxydation des gaines de combustible en cas d'accident.

LA SÛRETÉ QUARANTE ANS APRÈS TMI : UNE DYNAMIQUE D'AMÉLIORATION PERMANENTE

L'accident a été riche d'enseignements, pour la plupart confortés par ceux de l'accident de Fukushima en 2011 : importance de la défense en profondeur, des facteurs humains et des procédures de conduite et rôle essentiel de Niveaux de la défense en profondeur - © IRSN

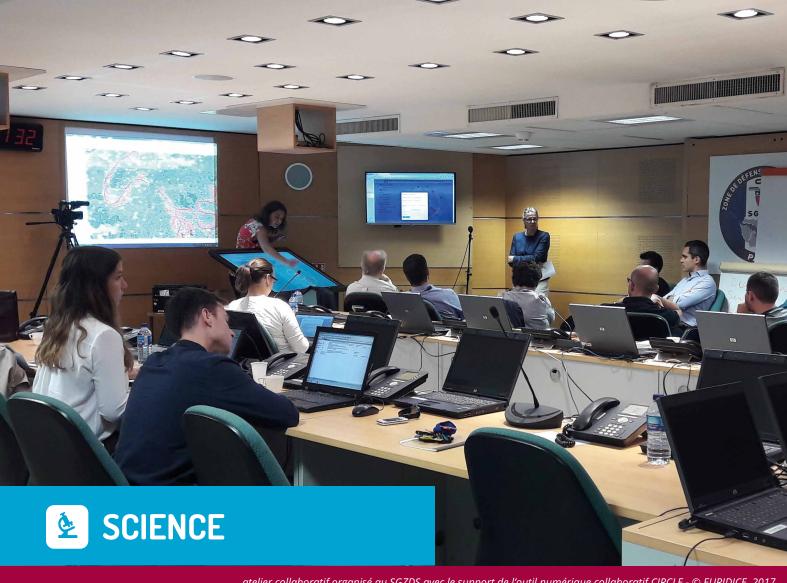
l'enceinte de confinement, barrière ultime entre les substances radioactives et l'environnement.

Quarante ans après TMI, la démarche de sûreté a évolué, apprenant des connaissances issues de la recherche, de l'exploitation des installations et de l'étude des accidents. TMI a conduit à une remise en question, qui a refondé la démarche sans remettre en cause les principes fondateurs, notamment la défense en profondeur et la culture de sûreté. De nombreuses évolutions, à la fois des installations et des pratiques de sûreté, ont permis de renforcer la sûreté.

Il convient cependant de garder à l'esprit que la sûreté n'est jamais définitivement acquise, que l'accident est toujours possible et que tous les acteurs de la sûreté doivent maintenir un haut niveau de vigilance pour limiter autant que possible l'occurrence d'un accident.

Dans ce cadre, l'IRSN est dans une dynamique permanente d'évolution pour faire avancer la sûreté, en veillant à une expertise proportionnée aux enjeux, ouverte à la société et s'appuyant sur le retour d'expérience et la recherche

Référence : Les accidents de fusion de cœur des réacteurs nucléaires de puissance, États des connaissances -IRSN - EDP Sciences – Didier Jacquemain, coordinateur – ISBN : 978-2-7598- 0972-1



atelier collaboratif organisé au SGZDS avec le support de l'outil numérique collaboratif CIRCLE - © EURIDICE, 2017

IL EST TEMPS DE CARTOGRAPHIER LES CRISES!

Servane Gueben-Venière, géographe, chercheure associée au LATTS (Laboratoire techniques territoires et sociétés).

Alors que les cartes sont sousutilisées, voire abandonnées, en exercice ou lors de crises réelles, les professionnels de la gestion de crise expriment paradoxalement le besoin de recourir aux cartes. D'où vient ce paradoxe? Qu'estce que les gestionnaires de crise ont réellement besoin de voir sur une carte pour exercer leur métier? Cette question a abouti à l'élaboration d'un prototype de carte dynamique, appliqué au cas d'une crue majeure en Île-de-France. Cet article le présente et expose les développements à venir de l'outil Projections ainsi créé.

En cas de crue majeure de la Seine, les professionnels de la gestion de crise ont aujourd'hui à leur disposition des cartes dites « de risques » pour tenter de construire une compréhension spatialisée de la situation en cours. Ces cartes superposent deux types de couches

cartographiques : une couche d'aléa - ici la hauteur d'eau - et des couches géolocalisant des enjeux (réseaux électriques, de télécommunication, d'eau, etc.). Or ce type de carte pose un triple problème.

Premièrement, chaque acteur a sa propre façon d'exprimer une hauteur d'eau : en valeur absolue par rapport au niveau de la mer, relative à un scénario basé sur les débits de la crue de 1910, ou relative à l'une des quinze stations de référence déployées sur le territoire francilien. Il n'y a donc pas de langage partagé entre ces acteurs, ce qui les empêche d'avoir la même compréhension spatialisée de la situation en cours.

Deuxièmement, ces cartes offrent uniquement une visualisation des effets directs de la crue sur les réseaux. Or tout l'enjeu de la gestion d'une crue majeure est lié aux multiples interdépendances des réseaux et des effets dominos

qui en résultent et qui constituent une vulnérabilité à part entière. Par exemple, les réseaux de transport, d'eau potable et de communication sont dépendants du réseau d'énergie, lui-même dépendant du réseau routier lorsqu'il s'agit d'acheminer du fuel nécessaire à l'alimentation des groupes électrogènes, principale alternative énergétique en mode dégradé. Réciproquement, la maintenance du réseau électrique peut être dépendante de la capacité à communiquer et donc du réseau de communication.

Troisièmement, ces cartes montrent une situation statique à un instant T. Elles ne traduisent pas les éléments du risque (aléa et vulnérabilité) de façon dynamique, de telle sorte que les acteurs puissent spontanément en déduire les actions et la coordination à mettre en œuvre, ce qui est l'essence même de la gestion de crise.





L'outil cartographique Projections est né de ce constat et d'une approche non pas technocentrée, mais d'abord focalisée sur les besoins et les pratiques des utilisateurs finaux, les gestionnaires de crise, et donc de leur métier.

PROJECTIONS, FRUIT DE L'ÉLABORATION COLLECTIVE D'UNE CARTE DE CRISE LIÉE À UNE CRUE MAJEURE DE LA SEINE

L'élaboration du concept de Projections résulte de la combinaison de trois techniques d'enquête qualitative: des observations in situ, des entretiens individuels et un atelier collaboratif. Tandis que les entretiens individuels ont permis de comprendre quels étaient les enjeux à préserver pour chaque acteur, l'observation de l'exercice EU Sequana en mars 2016 puis de la crue en juin 2016, a révélé les pratiques de coordination ainsi que les outils et informations à disposition des acteurs. Les bulletins émis par Vigicrues donnent ainsi, pour les quinze stations de référence, des prévisions à 48 h et des tendances à 72 h sur lesquelles



Figure 1 : atelier collaboratif organisé au SGZDS avec le support de l'outil numérique collaboratif CIRCLE - © EURIDICE, 2017

chacun s'appuie pour mettre en œuvre son plan de continuité d'activité. Mais l'application de ces plans de continuité d'activité, conçus individuellement, ne permet pas de saisir les interactions entre acteurs et de dérouler toutes les chaînes d'effets dominos activées par une inondation majeure. De même, la compilation des cartes proposées dans les plans de continuité d'activité, lorsqu'elles existent, ne permet pas non plus de spatialiser les interactions et interdépendances entre acteurs. Pour tenter de remettre à plat et de croiser ces enjeux saisis individuellement, un atelier collaboratif réunissant les principaux acteurs de réseaux franciliens et le Secrétariat de la zone de défense et de sécurité de Paris (SGZDS) a été organisé en 2017 (fig. 1).

Soutenues par le logiciel numérique collaboratif CIRCLE¹ mis à disposition par Deltares, les discussions ont rapidement mis en évidence qu'en situation de crise, la hauteur d'eau, seule, n'est pas l'élément le plus important à prendre en compte ; elle doit être associée à un temps d'évolution et donc au temps de l'action. Ce travail a donc permis de redéfinir la question de départ : la visualisation des effets directs et indirects d'une crue majeure ne peut pas se lire dans la seule superposition des cartes d'enjeux et de vulnérabilités ; en revanche, le temps semble être une variable plus pertinente à prendre en compte, au regard de l'état actuel des connaissances, pour cartographier des interactions. Plus précisément, trois questions

ont guidé la construction de cette carte dynamique :

- dans combien de temps une infrastructure serat-elle défaillante?
- de combien de temps ai-je besoin pour mettre en place une solution alternative?
- combien de temps cette solution alternative me fait-elle gagner ? Faut-il d'ores et déjà envisager une seconde alternative ?

À la suite de ce premier travail, axé sur les besoins des utilisateurs finaux, une collaboration a été initiée avec l'IGN pour mettre en carte ce résultat. Une version exploratoire, et non opérationnelle à ce stade, a été présentée en mars 2018 lors du colloque Euridice² « Incertitudes et adaptation. L'ordinaire des crises? » Pour la démonstration, les prévisions de Vigicrues fournies pour l'exercice EU Sequana de crue centennale de la Seine ont été utilisées. Les figures suivantes montrent le résultat cartographique à différents stades de la crue. On obtient ainsi une nouvelle vision de la situation (fig. 2): toutes les couches géolocalisant des infrastructures de réseaux d'importance vitale sont reliées entre elles par le temps disponible avant qu'elles ne dysfonctionnent, autrement dit, le temps disponible pour l'action. Il s'agit là d'un renversement de perspective (de la visualisation de l'aléa à celui du temps restant à disposition pour l'action) qui constitue un changement de paradigme dans la cartographie des risques et des crises, largement dominée par une approche statique par l'aléa.

¹ CIRCLE est un outil numérique collaboratif mis au point par Deltares, institut de recherche néerlandais, visant à préparer la modélisation des interactions entre réseaux en cas d'inondation ou submersion marine.

² EURIDICE est un programme de recherche sur les risques, les dispositifs de gestion de crise et des évènements majeurs, dirigé par V. November et monté en partenariat avec le SGZDS, (2015-2018) : https://euridice.hypotheses.org/

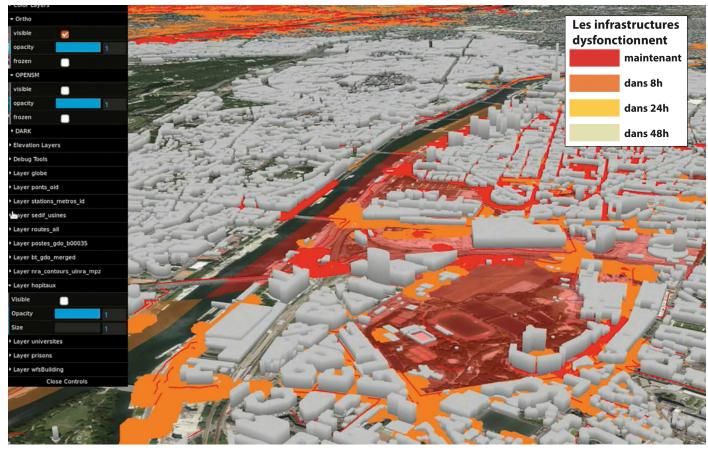


Figure 2 : nouvelle vision temporalisée de la situation. - © Servane Gueben-Venière et IGN, 2018

Au fur et à mesure que les prévisions de Vigicrues évoluent, et donc que le niveau de l'eau monte, on peut lire directement sur la carte les conséquences à venir de la montée des eaux. Plus on monte en couleur, plus le temps avant dysfonctionnement est court (fig. 3). Il n'est plus nécessaire de voir l'eau pour comprendre ce qu'il se passe.

UNE MISE À DISPOSITION RÉUSSIE LORS DE L'EXERCICE SEQUANA 15.18.

Face à l'accueil très positif reçu pour ce nouveau concept de carte lors du colloque de fin de projet EURIDICE, un travail de développement a été mis en œuvre pour aboutir au prototype de carte Projections, dont le nom souligne une double

projection dans l'espace et dans le temps des dysfonctionnements à venir d'infrastructures de réseaux. Une première version opérationnelle de l'outil a été proposée en décembre 2018 pour l'exercice Sequana 15.18 simulant une crue majeure de la Seine dans le 15° arrondissement de Paris. Huit acteurs se sont portés volontaires pour utiliser Projections

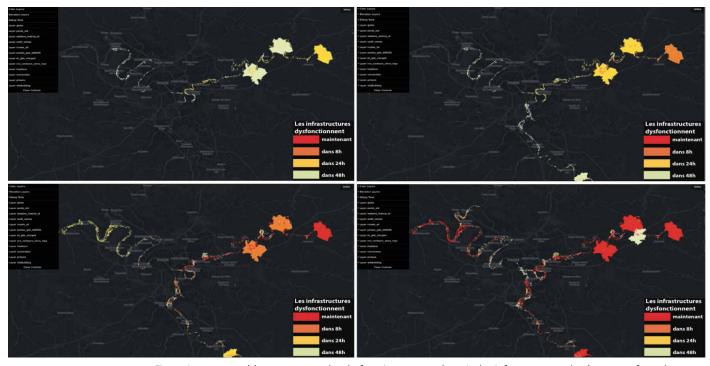


Figure 3 : captures d'écran montrant les dysfonctionnements à venir des infrastructures de réseaux au fur et à mesure que les prévisions de Vigicrues évoluent et que le niveau de l'eau monte. - © Servane Gueben-Venière et IGN, 2018.



pendant l'exercice : le SGZDS, la Ville de Paris, la préfecture d'Îlede-France, Radio France, Enedis, la RATP, la Compagnie parisienne de chauffage urbain (CPCU) et SemPariSeine Beaugrenelle. Un court questionnaire a été envoyé à la suite de l'exercice pour recueillir les retours des acteurs. Trois points ont été soulignés comme étant particulièrement positifs : le caractère intuitif de l'outil - il n'y a pas besoin de formation quelconque en cartographie pour manier l'outil et comprendre ce que la carte donne à voir - ; le gain de temps permis par la vision prospective d'ensemble de la situation en cours qu'offre l'outil ; l'aide à la hiérarchisation des urgences à traiter.

PROJECTIONS VERS UN SYSTÈME SPATIALISÉ D'AIDE À LA DÉCISION.

Les retours des premiers utilisateurs de Projections dessinent deux grandes pistes de développement. La première est d'intégrer à l'outil la possibilité d'étudier des alternatives et de visualiser directement sur la carte les conséguences des choix retenus. L'objectif est d'aboutir à un véritable système spatialisé d'aide à la décision, aussi appelé Spatial Decision Support System en anglais. La seconde est d'appliquer le concept de visualisation du temps disponible pour l'action à d'autres territoires et à d'autres types de crises à cinétique lente comme rapide.

REMERCIEMENTS:

La réflexion proposée dans cet article est issue d'un travail collaboratif, porté avec le soutien de l'équipe du programme de recherche EURIDICE, de l'IGN ainsi qu'avec l'appui du Secrétariat général de la zone de défense et de sécurité de Paris, et en particulier de Stéphan Portier, chef du bureau Exercices. L'auteur remercie également Erwan Jossic, analyste et développeur, ainsi que Jonathan Fayeton, doctorant en sociologie au LATTS-ENPC, dont la thèse porte sur les exercices de gestion de crise.

Pour plus d'informations concernant les développements futurs de Projections, vous pouvez contacter l'auteur à l'adresse suivante :

servane.gueben-veniere@kairos-projections.com



Figure 4 : tweet posté par CPCU sur l'exercice Sequana 15.18. L'outil Projections était projeté sur grand écran en cellule de crise pendant l'exercice. - © CPCU, 2018.

BIBLIOGRAPHIE:

Gueben-Venière S., 2019, « Il est temps de cartographier les crises! », Working paper du LATTS: https://latts.fr/les-publications/working-papers-du-latts/

November V., Créton-Cazanave L. (Dir.), 2017, La gestion de crise à l'épreuve de l'exercice EU SEQUANA, La Documentation française, Paris, 237 p.





Carte des niveaux d'aléa d'inondation par défaillance des systèmes d'endiguement (rupture de digue) sur le secteur du projet d'aménagement des Portes du Vercors - © Artelia

LA STRATÉGIE RISQUES MAJEURS ET RÉSILIENCE MÉTROPOLITAINE DE GRENOBLE ALPES MÉTROPOLE

Vincent Boudières, responsable Mission risques - Grenoble-Alpes Métropole

Historiquement développée au cœur de la vallée alpine, la métropole grenobloise cumule risques hydrométéorologiques, gravitaires, sismiques et technologiques. La prévention des risques fait partie intégrante de l'histoire du territoire. Avec une majorité de la population et des centaines de milliers d'emplois exposés, la métropole s'engage dans une stratégie de résilience qui ne nie pas les risques, mais au contraire les objective et les contextualise (délibération cadre 2017 en cinq axes¹). Dans un contexte plus large, à l'initiative de l'État et avec la participation particulièrement active des collectivités du territoire, ce dernier est aussi et désormais doté d'une SLGRI complète. Cette dernière se caractérise notamment par de nombreux engagements collectifs déjà mis en œuvre par l'ensemble des partenaires : l'État et les autres

collectivités (le département de l'Isère, le Grésivaudan, le Voironnais, et l'Oisans)

UN CONTEXTE LOCAL SPÉCIFIQUE

« La résilience métropolitaine » une stratégie qui se décline en objectifs :

La métropole s'est dotée d'une stratégie et d'une expertise en matière de prévention des risques majeurs et de résilience territoriale dont les principes sont les suivants :

- ► Ne pas nier les risques pour mieux les prendre en compte, mieux les caractériser, les objectiver et les anticiper;
- ▶ Développer une approche intégrée et résiliente de l'aménagement du territoire mixant différentes capacités : à se retirer et éviter l'urbanisation lorsque l'exposition est bien trop forte, à faire face en renforçant nos systèmes de protection, et enfin à adapter via

l'aménagement résilient en zone exposée constructible, pour mieux rebondir en cas d'évènement. Tout l'enjeu est de garantir la sécurité des personnes, la réduction de l'endommagement et le retour à la normale le plus rapide possible par une démarche adaptée au territoire visant un développement métropolitain vertueux et acceptable ;

► Favoriser l'émergence de connaissances nouvelles et opérationnelles en matière de risques. Ceci se traduit concrètement au niveau de la planification urbanistique avec une nouvelle connaissance risques produite par la Métropole pour le PLUI² (trente cartes d'aléas), une réglementation inédite dédiée et basée sur la doctrine d'État, une OAP³ « Risques et résilience », mais aussi une étude globale inédite des vulnérabilités métropolitaines aux inondations ;

¹ Amélioration des connaissances des risques, prise en compte du risque dans la planification et l'urbanisme, réduction de la vulnérabilité territoriale, développement de la culture du risque et renforcement de la sauvegarde des populations, GEMAPI. Grenoble Alpes Métropole, « Aménagement du territoire, risques majeurs et projet métropolitain, Délibération cadre : risques majeurs et résilience métropolitaine », conseil métropolitain, février 2017, 8 p. http://deliberations.lametro.fr/Internet_THOT/FrmLotDocFrame.asp?idlot=64322&idfic=&resX=1728&resY=972&init=1&visionneuseHTML5=0

² Plan local d'urbanisme intercommunal

³ Orientation d'aménagement et de programmation



- ➤ Animer une démarche continue au sein du bloc communal axée sur les procédures de sauvegarde des populations (PCS), mais aussi revitaliser et entretenir la culture du risque auprès des populations;
- Maintenir un niveau d'exigence sur les systèmes de protection avec un investissement passé et programmé dans les différents PAPI¹ Drac, Romanche et Isère amont, mais aussi dans le développement de la compétence GEMAPI² sur les affluents;

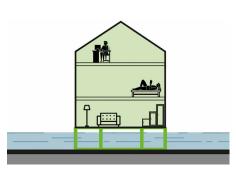
Une démarche en cours en termes de planification résiliente

- ► Intégration du risque dans des projets structurants tels que celui des Portes du Vercors : premier lauréat du grand prix national d'aménagement en zone inondable constructible. Ce projet basé sur un principe de ralentissement et de transparence hydraulique (CEDER) privilégie un phasage de construction compatible avec les aléas qui consiste à renouveler la connaissance des aléas au fil de l'opération selon deux modes d'évaluation : 1) évolution de l'aléa et 2) incidence sur l'existant;
- Un principe de retrait (ÉVITER) et de valorisation environnementale et récréative a été privilégié pour les secteurs du parc Mikado en bordure du Drac et de l'Isère;
- Le principe de robustesse (RÉSISTER), via un urbanisme en confortement de digue, a été proposé pour finaliser la ZAC Bouchayer-Viallet.

Enfin, un dispositif dédié à la réduction de la vulnérabilité de l'habitat en zone de PPRT³ est en cours de déploiement sur les périmètres des trois PPRT de l'agglomération⁴.

Une démarche intégrée de gestion des risques

► La résilience se décline dans les projets d'aménagement et d'urbanisme sur un plan physique et matériel, mais aussi sur un plan organisationnel et culturel. La métropole appuie méthodologiquement les communes dans le développement de volets PCS⁵ spécifiques aux aléas locaux inondation, évènements hydrauliques de versant. Pour ce faire et dans un cadre partenarial avec les communes et l'IRMa des cartes opérationnelles de gestion de crise, basées sur les nouvelles connaissances de la vulnérabilité, ont été produites et alimentent l'aide à la décision en crise...



Principe éviter : se surélever au-dessus de la PHEC définie par les cartes et classes d'aléas hydrauliques.



Principe résister : intégrer dans le dimensionnement des structures les poussées de terre ou les mouvements de déformations.



Principe céder : prévoir l'entrée de l'eau dans le bâtiment puis sa sortie, et surélever les biens et les réseaux.

► Parce que pleinement concerné, le grand public doit être acteur de ces problématiques: stratégie de communication avec des actions qui seront mises en œuvre dès 2019 pour sensibiliser les métropolitains et se donner les moyens de partager une culture du risque métropolitaine. Par ailleurs

et en matière de sauvegarde communale, mobilisation auprès des communes pour décupler leur capacité en gestion de crise (appui au PCS et animation intercommunale).

UNE TRADITION HISTORIQUE DE L'INNOVATION ET DE L'EXPÉRIMENTATION

L'ADN de Grenoble Alpes Métropole est ancrée dans l'excellence et l'innovation. Depuis plus de cent cinquante ans, les hommes et les femmes de ce territoire ont inventé un modèle unique, basé sur les liens étroits entre pôles universitaires, entreprises de pointe, laboratoires de recherche et collectivités.

Dans le champ des risques majeurs, le territoire métropolitain a toujours été dans une position innovante et pionnière. Dans les années 80 : l'Isère fut département pilote sous l'égide du secrétariat d'État aux Risques majeurs et son représentant Haroun Tazieff. Au fil du temps c'est un écosystème scientifique et technique riche sur cette problématique qui s'est développé sur le territoire (PARN, IRMa...). Plus récemment des innovations d'ampleur ont été réalisées. Citons par exemple : le PAPI Isère amont innovant relatif aux champs d'inondation contrôlés porté par le Symbhi et primé nationalement, ou bien l'engagement ambitieux et volontaire auprès de l'État et des collectivités que représente la SLGRI6 sur le territoire à risques importants Grenoble-Voiron.

Au niveau de la métropole et pour le futur, c'est avec un PLUI métropolitain résilient, que le territoire s'engage de manière innovante sur la thématique des risques (OAP risques et résilience dédiée). Cet ADN de l'innovation se traduit également dans d'autres domaines tels que la mise en œuvre de la zone ZFE⁷, la structuration chauffage urbain... Dans le champ des risques et autres : l'exemple métropolitain fut récemment salué et récompensé, au travers du grand prix national d'aménagement en zone inondable constructible, mais aussi présenté lors d'auditions au Sénat et à l'Assemblée nationale pour les exemples de solutions apportées sur les passages à niveau et ouvrages d'art métropolitains.

¹ Programmes d'actions et de prévention des inondations

² Gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations

³ Plan de prévention des risques technologiques

⁴ PPRt : Jarrie, Pont-de-Claix, Domène

⁵ Plan communal de sauvegarde

⁶ Stratégie locale de gestion des risques inondation

⁷ Zone à faibles émissions qui vise à améliorer la qualité de l'air



La confluence Drac Isère et le secteur de la Presquîle à Grenoble - © IRMa Sébastien Gominet

CONCLUSION

Dans une démarche de prévention active et au travers d'une stratégie de résilience territoriale, Grenoble Alpes Métropole entend ne pas subir la problématique des risques, mais y apporter une réponse proportionnée, contextualisée et adaptée.

Plus qu'un but à atteindre, cette démarche s'entend davantage comme un processus de long terme. Des bases sont aujourd'hui posées et déjà à l'occasion de grands projets ou de nouveaux outils-cadres métropolitains, la stratégie de résilience se déploie sur le territoire.

Intégrant plus en amont la problématique des risques au sein même de la trajectoire de développement métropolitaine, la démarche risques et résilience de la métropole permet de mieux garantir la sécurité des personnes, réduire la vulnérabilité du territoire et favoriser en cas de crise, un retour à la normale des activités.

LISTES DE RÉALISATIONS MÉTROPOLITAINES 2017-19 :

- 2017 : Adoption d'une stratégie de prévention des risques majeurs et de résilience métropolitaine, suivie d'une co-construction riche et ambitieuse de la SLGRI, avec l'État et les partenaires;
- ➤ 2017 : Obtention lauréat d'or au grand prix national d'aménagement en zone constructible inondable pour le projet Portes du Vercors ;

- ► 2018 : Prise de compétence GEMAPI ;
- ➤ 2018 : Production d'une connaissance exhaustive des aléas sur le territoire (trente cartes d'aléas en plus des PPRN et PPRI approuvés en 2018) ;
- ▶ 2018 : Études de faisabilité sur de grands projets résilients, par exemple :
 - stratégie d'urbanisme en confortement de digue pour la finalisation de la ZAC Bouchayer-Viallet,
 - stratégie de phasage pour le projet Portes du Vercors, afin de connaître et vérifier la constructibilité du projet et son incidence sur l'existant.
- ► 2019 : Élaboration d'un PLUI intégrant la thématique des risques dans un contexte de noncouverture du territoire par des PPR^g et PPRI^g approuvé (valant servitude d'utilité publique) ;
- 2019: Production d'une OAP thématique « Risques et résilience » (première nationale dans un PLUI) pour guider les porteurs de projets;
- 2019: Évaluation métropolitaine de la vulnérabilité aux inondations;
- 2019 : Lancement démarche PAPI Drac : lancement des études du PAPI d'intention avec l'ensemble des partenaires et sous la coordination du Symbhi;

- 2019-20: Lancement d'une stratégie de communication multirisques majeurs avec première réalisation (maquette 3D en cours);
- 2019 : Soutien et participation au projet IDEX RISK (université de Grenoble), Risk@UGA;
- 2019-20: Appui méthodologique au bloc communal (animation PCS) sur les grandes crues de rivières et sur les affluents à cinétique rapide;
- ▶ 2019-20 : Animation d'une dynamique interne de robustesse des procédures de gestion de crise et production de cartes opérationnelles de gestion de crise basée sur l'étude de vulnérabilité métropolitaine ;
- ➤ 2020 : Lancement d'un plan guide Inovallée résilient ;
- ➤ 2020 : Amorce d'une démarche expérimentale « risques et résilience » (fonds de concours FEDER/FNADT), massif des Alpes et partenariat en construction :
 - candidature TAGIRN¹⁰ au POIA¹¹ massif des Alpes,
 - dynamique de projets avec des laboratoires scientifiques locaux. Projets de recherche: HYDRODEMO, modèle pluie débit dans les torrents de l'agglomération, GROG, méthodologie de caractérisation de l'aléa chute de blocs et forêt de protection.

⁸ Plan de prévention des risques

⁹ Plan de prévention des risques d'inondation

¹⁰ Territoire de gestion intégrée des risques naturels

¹¹ Programme interrégional du Massif alpin



Rupture de la digue d'un bassin écrêteur de crue sur la Rosemontoise qui a causé les inondations sur les communes d'Eloie et Valdoie en décembre 2001 © CPEPESC Franche-Comté (www.cpepesc.org) – Cas traité dans cette jurisprudence

QUELLE RESPONSABILITÉ EN CAS DE RUPTURE D'UNE DIGUE EN COURS DE CONSTRUCTION ?

Luc Brunet, responsable de l'observatoire Smacl Assurances

Dans le cadre d'un programme de lutte contre les inondations, un département aménage des bassins de rétention dans une rivière. Avant que les travaux ne soient réceptionnés, trois digues lâchent, causant d'importantes inondations dans deux communes. Les victimes et leurs assureurs actionnent la responsabilité du département, maître d'ouvrage. Une entreprise fait notamment valoir qu'à la suite des inondations, elle a été dans l'impossibilité de poursuivre son activité et a dû licencier la totalité de son personnel.

RESPONSABILITÉ SANS FAUTE DU DÉPARTEMENT, MAÎTRE D'OUVRAGE

Le département se défend en relevant d'une part qu'il n'avait pas réceptionné les travaux et que, d'autre part, le régime d'indemnisation des catastrophes naturelles s'opposait à toute recherche en responsabilité à son encontre.

En 2012, le tribunal administratif de Besançon (1) réfute ces arguments. En 2014, la cour administrative d'appel de Nancy (2) confirme pour sa part que le « maître d'ouvrage est responsable vis-à-vis des tiers, même en l'absence de faute, des dommages causés à ceux-ci par l'exécution des travaux publics incriminés. »

Tiers par rapport à l'ouvrage, les

victimes ont bien droit à l'entière réparation de leur préjudice sans autre limite que la valeur vénale des biens endommagés. L'entreprise ayant dû cesser son activité, réclame réparation de son préjudice et produit pour cela les documents permettant d'établir l'existence d'un lien de causalité entre les inondations et le licenciement économique de l'ensemble des salariés.

MISE EN EAU PRÉMATURÉE

L'affaire ne s'arrête pas là pour autant. En effet, l'expertise a établi que la rupture des bassins de rétention était imputable à leur mise en eau prématurée du fait de l'enlèvement par la société de terrassement des batardeaux qui empêchaient l'eau de remonter dans le chenal et la survenue d'un phénomène d'érosion interne de la matrice du talus aval; cette érosion résultant pour sa part de l'utilisation d'un matériau inadapté.

Plusieurs autres désordres sur les bassins sont par ailleurs mis en exergue. D'où l'appel en garantie, par le département, du maître d'œuvre, du constructeur principal et du bureau d'études chargé des vérifications.

La cour administrative d'appel accueille intégralement ces appels en garantie. Se penchant sur l'imputabilité des désordres, un partage de responsabilités est prononcé entre :

- ▶ le maître d'œuvre, déclaré responsable à hauteur de 30 % pour avoir accepté en connaissance de cause l'emploi des matériaux inadaptés et pour son absence de démarche visant à contraindre le constructeur principal à produire les contrôles auxquels il était astreint contractuellement;
- ▶ le constructeur principal, jugé responsable à hauteur de 55 % pour avoir substitué des matériaux en contradiction avec les exigences du CCTP¹, avoir procédé à l'enlèvement des batardeaux et faute d'avoir réalisé l'ensemble des contrôles internes lui incombant;
- ► le bureau d'études chargé de contrôler la conception et l'exécution des digues, déclaré responsable à hauteur de 15 %.

Ainsi, si le département intervient en première ligne pour indemniser les victimes des inondations, tiers à l'ouvrage, la charge finale de l'indemnisation repose, par le jeu des appels en garantie, sur les entreprises fautives.

(1) TA Besançon, 25 septembre 2012, N° 500609 – (2) CAA Nancy, 9 janvier 2014, 12NC01907

Source : Observatoire SMACL des risques juridiques de la vie territoriale et associative

¹ Cahier des clauses techniques particulières



CALENDRIER



PARCOURS MÉTHODOLOGIE

- Mettre en place et maintenir opérationnel un Plan Communal de Sauvegarde
- Informer efficacement la population : DICRIM et stratégie de communication
- ▶ 20 et 21/2019
- **▶** 22/11/2019



Matinales IRMa

- « Risques nucléaires et évolution de la doctrine nationale de sécurité civile»
- + d'infos : https://tinyurl.com/y5ve5thw

à Roussillon (38) salle l'Espace

Sur ce sujet Voir le dossier du Risques Infos n°36, de janvier 2018







UN NOUVEAU PROGRAMME DE FORMATION POUR 2020!

Pour 2020, un nouveau programme de formations vous attend...
Avec l'enjeu des élections municipales qui arrivent en mars, les nouvelles équipes municipales seront plus que jamais concernées par la préparation à la gestion de crise. « Se préparer, pour être prêts » avec les formations IRMa qui se déplacent sur vos territoires pour réaliser des formations adaptées à la réalité de vos communes.



TÉLÉCHARGER LE BULLETIN D'ADHÉSION :

www.irma-grenoble.com/02institut/03adhesion_index.php

VOS AVANTAGES EN ADHÉRANT À L'INSTITUT :

- La revue de presse « Risques Hebdo », l'essentiel de l'actualité des risques chaque semaine dans votre boite mail,
- L'accès gratuit aux journées techniques de l'IRMa,
- Les invitations aux Matinales de l'IRMa,
- Le téléchargement de toutes les interventions des journées techniques et des Matinales, des trames PCS, PPMS, POMSE, PFMS, cahier des charges, pictogrammes risques...,
- La revue papier Risques Infos par voie postale.

MAIS AUSSI TOUS LES SERVICES RECURRENTS TELS OUE :

- La veille téléphonique : conseil et assistance technique,
- La demande de recherche documentaire spécifique,
- La relecture de vos documents sur les risques,
- La mise à disposition de la photothèque pour vos éditions et de la vidéothèque pour vos formations et sensibilisation,
- Les tarifs préférentiels pour nos formations...
- www.facebook.com/institut.des.risques.majeurs
- www.twitter.com/RisquesMajeurs
- m www.linkedin.com/company/27058747
 - www.irma-grenoble.com







