

n° 008414-01

Septembre 2013

Vulnérabilité des réseaux d'infrastructures aux risques naturels

CONSEIL GÉNÉRAL
DE L'ENVIRONNEMENT ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Rapport n° : 008414-01

**Vulnérabilité des réseaux
d'infrastructures aux risques naturels**

établi par

Jean-Louis Durville

Ingénieur général des ponts, des eaux et des forêts

Bernard Flury-Hérard

Ingénieur général des ponts, des eaux et des forêts

Lionel Rimoux

Inspecteur général de l'administration du développement durable

Laurent Winter

Ingénieur général des ponts, des eaux et des forêts
coordonnateur de la mission

Septembre 2013

Fiche qualité

La mission du CGEDD qui a donné lieu à la rédaction du présent rapport a été conduite conformément au dispositif qualité du Conseil⁽¹⁾.

Rapport CGEDD n° 008414-01

Date du rapport : Septembre 2013

Titre : Vulnérabilité des réseaux d'infrastructures aux risques naturels

Commanditaire(s) : Vice président du CGEDD

Date de la commande : 21 juin 2012

Auteur(e)s du rapport (CGEDD) : Jean-Louis Durville, Bernard Flury-Hérard, Lionel Rimoux, Laurent Winter

Coordonnateur(trice) : Laurent Winter

Superviseur(euse) : Jean-Paul Ourliac

Relecteur(trice) : Jean-Michel Nataf

Membres du comité des pairs : *Philippe Cèbe, Jean Chapelon, Pascal Douard, Gilles Leblanc, Bernard Ménoret*

Nombre de pages du rapport (sans les annexes) : 78

« Les rapporteurs attestent que l'impartialité d'aucun d'entre eux n'a été mise en cause par des intérêts particuliers ou par des éléments de ses activités passées ou présentes ».

¹Guide méthodologique s'appliquant aux missions confiées au CGEDD http://webissimo.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/007204-02_guide_methodologique_cgedd_2012_05_04_cle2e6cae.pdf

Table des matières

Résumé	3
Recommandations.....	6
Introduction.....	8
1. Quelques rappels théoriques.....	10
1.1. <i>Quelques définitions.....</i>	10
1.2. <i>Réduction de la vulnérabilité et protection.....</i>	12
1.3. <i>Résilience et mise en sûreté.....</i>	12
1.4. <i>Une approche croisée des aléas naturels et des réseaux.....</i>	13
1.5. <i>La réflexion sur les enjeux économiques de la résilience des réseaux reste à approfondir.....</i>	14
2. Le cadre législatif communautaire et national, la planification accidentelle et l'utilisation des sols.....	15
2.1. <i>Le code de l'environnement définit le droit applicable sur le territoire en matière de risques naturels prévisibles.....</i>	15
2.2. <i>La directive européenne relative à l'évaluation et à la gestion du risque d'inondation a été entièrement transposée dans le droit national.....</i>	17
2.3. <i>La loi de modernisation de la sécurité civile crée pour les exploitants de réseaux des obligations de continuité de fourniture de services aux populations en cas de crise.....</i>	19
3. L'organisation nationale et locale des pouvoirs publics.....	21
3.1. <i>Organisation générale.....</i>	21
3.2. <i>Les secteurs d'activité et organismes d'importance vitale.....</i>	21
3.3. <i>Le niveau gouvernemental (interministériel) : le SGDSN.....</i>	23
3.4. <i>Le niveau du ministère.....</i>	23
3.5. <i>Le niveau zonal.....</i>	27
3.6. <i>Le niveau départemental.....</i>	28
3.7. <i>Les collectivités territoriales.....</i>	28
3.8. <i>Les organismes scientifiques et techniques du ministère.....</i>	29
4. L'approche par les réseaux et leurs opérateurs.....	32
4.1. <i>Les réseaux électriques : RTE et ErDF.....</i>	32
4.2. <i>Les réseaux de transport terrestre et fluvial.....</i>	34
4.3. <i>Le transport aérien : la direction des services de la navigation aérienne (DSNA) et Aéroports de Paris (ADP).....</i>	43
4.4. <i>Le transport maritime et les grands ports.....</i>	46
4.5. <i>Les interactions entre risques de différents réseaux, les effets croisés, l'interdépendance.....</i>	47

4.6. Les insuffisances de la réflexion sur les enjeux économiques de la résilience des réseaux chez les opérateurs et leurs tutelles.....	48
5. Les REX des principaux incidents naturels.....	53
5.1. Le fontis sous la LGV Paris-Valenciennes le 21 décembre 1993.....	54
5.2. REX Lothar et Martin (décembre 1999).....	54
5.3. La crue de la vallée de la Somme (mars-avril-mai 2001).....	58
5.4. REX de la canicule d'août 2003.....	60
5.5. Le délestage électrique massif de novembre 2006.....	62
5.6. Le REX de la tempête Klaus 23-24 Janvier 2009.....	63
5.7. La tempête Sandy (côte est des États-Unis) (octobre 2012).....	65
5.8. Le retentissement sur le trafic aérien de l'épisode neigeux du 19 au 25 décembre 2010.....	69
5.9. L'épisode neigeux du 12 au 15 mars 2013 en régions Île de France et Normandie.....	70
5.10. Les retours d'expérience des crises réelles doivent être plus formalisés et systématiques.....	71
6. Les REX des exercices et les simulations.....	72
6.1. L'éboulement de Séchilienne (Isère).....	72
6.2. L'exercice « en Seine » de mars 2010 (crue de la Seine de type « 1910 »).....	72
7. Conclusion.....	75
Annexes.....	79
1. Note de commande.....	80
2. Liste des personnes rencontrées.....	82
3. Sigles et acronymes.....	85
4. Quelques textes réglementaires.....	88
5. Le décret n° 2007-1400 du 28 septembre 2007 (articles 1 à 3).....	90
6. Note RTE sur le dimensionnement du dispositif anti-cascade.....	91

Résumé

Plusieurs grandes catastrophes naturelles survenues récemment en Europe et dans le monde ont mis en lumière la vulnérabilité des grandes agglomérations et des technologies modernes réputées les mieux sécurisées à l'égard des aléas naturels, ce qui a suscité un regain d'intérêt pour les notions de vulnérabilité et de résilience, au-delà des cercles étroits des experts.

Les études réalisées jusqu'ici ayant porté sur des réseaux particuliers, il est apparu utile au CGEDD de procéder à une revue plus large portant sur un ensemble de réseaux « structurants », relevant de la compétence du MEDDE et prenant en compte les interactions entre ces réseaux.

Le dispositif législatif et réglementaire et l'organisation des pouvoirs publics

La Commission de l'Union européenne a publié en octobre 2007 une directive « inondations », transposée dans le droit français depuis mars 2011 : il appartient à chaque État membre d'élaborer une stratégie nationale contre les inondations afin de protéger les territoires à risque identifié. La solidarité de l'Union européenne envers un État atteint par une inondation est conditionnée par la mise en œuvre progressive de cette stratégie de résilience.

Dans les zones à risque, qui doivent à terme être couvertes exhaustivement par des plans de gestion des risques d'inondation (PGRI), les autres documents d'urbanisme doivent être mis en conformité avec ces PGRI. Toutefois, la transposition dans le droit national a porté prioritairement sur l'urbanisme et la construction ; les réseaux d'infrastructure n'ont pas fait l'objet de dispositions spécifiques.

Le code de l'environnement prescrit, pour l'ensemble des risques naturels, l'établissement de plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPR) : il s'agit ici encore d'un zonage assorti de règles d'urbanisme restrictives ; les réseaux et les ouvrages ne font pas davantage l'objet d'un traitement particulier.

Le code de la sécurité intérieure fait en revanche une mention explicite des réseaux répondant aux besoins essentiels de la population à satisfaire en temps de crise et enjoint les opérateurs de ces réseaux de prendre les mesures nécessaires afin de faire face à ces besoins ou à défaut de rétablir dans les meilleurs délais une situation acceptable à cet égard.

L'organisation des pouvoirs publics en cas de crise, fixée par le code de la défense, répond au principe de subsidiarité. Chaque échelon territorial gère la crise à son niveau, ne faisant appel à l'échelon immédiatement supérieur que lorsque l'envergure de la crise dépasse son territoire. Cette organisation ascendante (« bottom up ») vise en priorité à protéger les populations et à satisfaire leurs besoins essentiels, secondairement à assurer la continuité des activités économiques.

Elle part de la commune, dont le maire établit le plan communal de sauvegarde (PCS) et remonte les échelons territoriaux successifs : le préfet départemental, le préfet de zone de défense et de sécurité, enfin au niveau gouvernemental le haut fonctionnaire de défense et de sécurité de chaque ministère. L'ensemble du dispositif est coordonné par le secrétaire général de la défense et de la sécurité nationale (SGDSN).

Un ensemble d'organismes du réseau scientifique et technique (RST) ministériel ont développé, chacun dans un domaine propre, une expertise sur l'évaluation des aléas, sur la vulnérabilité de certains réseaux et sur les solutions de réduction de cette

vulnérabilité. On peut citer sans être exhaustif le CETE-Méditerranée (prochainement intégré dans le CEREMA), l'INERIS qui s'intéresse plus particulièrement aux installations industrielles, ainsi qu'aux interactions entre risques naturels et risques technologiques. L'INERIS peut, en vertu d'une convention spécifique, apporter son appui aux DREAL et aux collectivités locales pour la gestion de situations d'urgence. Il paraît souhaitable dans un souci d'efficacité qu'un tel dispositif soit étendu à l'ensemble du RST, ce qui n'est pas le cas actuellement.

Quelques enseignements de la mission du CGEDD

La mission a procédé à des auditions des administrations concernées ainsi que d'un certain nombre d'opérateurs de réseaux présents sur l'ensemble du territoire national (réseaux routier et autoroutier, réseau ferré national, voies navigables, aéroports, ports maritimes, transport et distribution d'électricité) ou dans l'agglomération parisienne (réseau métropolitain).

1. L'approche des risques naturels et technologiques par les pouvoirs publics (notamment direction de la sécurité civile et DGPR) a privilégié la sécurisation des populations et se traduit par des restrictions de droits à construire dans les documents d'urbanisme. Un traitement adéquat des risques affectant l'intégrité des réseaux d'infrastructures et du service qu'ils assurent appelle des compléments à cette politique.

Ainsi, les fortes chaleurs prolongées, auxquelles sont sensibles les équipements électroniques des réseaux, ne sont pas identifiées comme risques.

2. Les risques « classiques » bien cartographiés, notamment le risque inondation et le risque sismique, sont pris en compte par les pouvoirs publics (dans leur planification spatiale à travers les PPR) et les opérateurs (dans leurs plans de mise en sécurité) d'une manière qui apparaît satisfaisante. Le risque d'inondation est celui qui concerne la plus grande surface du territoire national et est le mieux pris en compte dans les zonages et la planification accidentelle des opérateurs. Toutefois une crue « centennale » de la Seine, a fortiori une crue de type « 1910 », affecterait le fonctionnement des réseaux bien au-delà des zones immergées et aurait des conséquences profondes sur une partie importante de l'agglomération.

3. La prise en compte de l'émergence de nouveaux risques liés au changement climatique et/ou à l'évolution technologique, ou de l'intensification de risques connus, reste à approfondir. A cet égard on peut citer : le risque de submersions marines, lié à l'élévation continue du niveau de la mer, les températures extrêmes prolongées (fortes chaleurs, gel), qui affectent plus particulièrement la fiabilité des composants électroniques, voire provoquent leur défaillance, les tempêtes et les cyclones (ces derniers ne concernant que les DOM), dont l'incidence concerne toutes les infrastructures « hors sol », enfin, les chutes de neige importantes qui peuvent paralyser momentanément le fonctionnement des réseaux.

4. Les réseaux de transport et de distribution d'énergie (électricité, gaz, hydrocarbures), les communications électroniques (opérateurs de téléphonie fixe, mobile et internet) apparaissent comme « structurants » pour la résilience de l'ensemble des autres réseaux, notamment de transport, d'eau et d'assainissement. Leur défaillance affecte rapidement et profondément la vie économique et les conditions de vie de la population.

5. La coopération entre opérateurs différents ne s'établit pas spontanément, comme en témoignent les crises réelles et les simulations. Les interdépendances entre réseaux sont peu étudiées, et les pouvoirs publics devraient affirmer leur rôle de coordination

dans la préparation et la gestion de la crise. Par ailleurs, les retours d'expérience tant des exercices que des crises réelles ne semblent pas faire l'objet d'une diffusion ni d'une capitalisation suffisante. Le CGEDD pourrait jouer un rôle d'appui plus affirmé auprès de la DGPR et des directions générales sectorielles compétentes dans cette double fonction de diffusion et de capitalisation.

6. Les enjeux économiques de la vulnérabilité des réseaux restent à approfondir chez les opérateurs et leurs tutelles. La prise en compte de ces enjeux repose tant sur les pouvoirs publics (l'étude d'impact d'une nouvelle réglementation en matière de sécurité devrait comporter un bilan prévisionnel de ses coûts et de ses bénéfices attendus) que sur les opérateurs de réseaux. Ces derniers devraient élargir leur évaluation prévisionnelle au-delà de leur périmètre propre, pour une prise en compte des coûts directs et indirects, pour la collectivité dans son ensemble, d'une défaillance de leur réseau provoquée par un risque naturel.

Recommandations

- 1Recommandation 1 Associer plus étroitement les collectivités territoriales, chacune dans son champ de compétence, à la gestion par les services déconcentrés de l'État des crises résultant d'aléas naturels et affectant les réseaux de transport, d'eau et d'énergie.....29
- 2Recommandation 2 Inscrire dans le plan stratégique du Cerema la mise en place d'une cellule opérationnelle permanente permettant de répondre en cas de crise aux sollicitations des services déconcentrés de l'État et des collectivités territoriales et établir des conventions d'assistance auprès de ces entités.....31
- 3Recommandation 3 Orienter les travaux du RST dans le domaine de la résilience des réseaux en fonction des besoins émergents : études d'interdépendance, études de type « Na'Tech », études sur les effets des vagues de chaleur.....31
- 4Recommandation 4 Mieux prendre en compte les températures extrêmes prolongées pour leur incidence sur le fonctionnement des composants et circuits électroniques dont l'usage se généralise (RTE, ErDF, RATP, SNCF).....34
- 5Recommandation 5 Étudier la possibilité d'avoir une granularité plus fine et plus progressive de coupure pour RTE : il conviendrait d'étudier la possibilité de recourir à des paliers de délestage en pilotage automatique de 5% ou 10%. (RTE).....34
- 6Recommandation 6 Éliminer la dépendance d'ErDF à l'égard d'un opérateur unique de téléphonie mobile en concluant des contrats avec l'ensemble des opérateurs de réseaux de télécommunications. Cette recommandation peut être étendue à d'autres gestionnaires de réseaux.(ErDF, autres gestionnaires de réseaux éventuellement concernés).....34
- 7Recommandation 7 Maintenir et améliorer quand c'est possible les systèmes intégrés à l'échelon européen pour les réseaux interconnectés, afin de répondre à une situation de crise (RTE).....34
- 8Recommandation 8 Engager des études portant sur les effets de fortes chaleurs prolongées, études comportant plusieurs scénarios de températures extrêmes (durée, intensité). (RATP).....41
- 9Recommandation 9 Recommander aux opérateurs de réaliser les études de résilience en cas de crise sur une base « zéro service extérieur », c'est à dire en fonctionnement autonome par rapport aux autres réseaux. (DGPR et DG sectorielles du MEDDE en liaison avec les organismes du RST et les opérateurs de réseaux). Inscrire le thème des interdépendances entre réseaux dans les programmes d'études et de recherche ministériels, en partenariat avec les opérateurs. (CGDD/DRI, RST)...48
- 10Recommandation 10 Au niveau des pouvoirs publics, rendre systématique une analyse coûts bénéfices probabilisés dans l'étude d'impact des lois et règlements nouveaux (y compris textes de transposition de directives européennes) ; au niveau de chaque opérateur, prendre en considération le coût de l'inaction non seulement dans son périmètre propre mais pour la collectivité dans son ensemble, dans les études d'opportunité qu'il conduit pour les investissements engagés à son initiative ; procéder à l'évaluation ex post de l'efficacité des dispositions prises (pouvoirs publics, opérateurs).....51
- 11Recommandation 11 Pour chaque nouvelle disposition ou norme technique concernant des infrastructures nouvelles, se poser la question de l'opportunité de rendre obligatoire son extension aux équipements existants (pouvoirs publics).....52

12Recommandation 12 Tant après un exercice de simulation qu'après une crise réelle, réunir les acteurs (administrations centrales et déconcentrées de l'état, collectivités territoriales, opérateurs de réseaux) pour procéder à un retour d'expérience (REX) en commun et tenter d'améliorer les pratiques et de favoriser un jeu collectif.74

Introduction

Le regain d'intérêt pour la question de la vulnérabilité des réseaux d'infrastructure et de services et pour la mise en œuvre de politiques de résilience de ces réseaux trouve son origine dans les grandes catastrophes survenues dans le monde, notamment l'ouragan Katrina aux États-Unis (Louisiane, Mississippi..., août 2005), Sandy (côte est des États-Unis, octobre 2012) et la catastrophe de Fukushima au Japon (mars 2011); ou, en France, la canicule de l'été 2003, le black out « importé » d'Allemagne du nord en novembre 2006, les tempêtes Lothar et Martin (décembre 1999), Klaus (janvier 2009), Xynthia (février-mars 2010). Ces événements ont montré la vulnérabilité de réseaux concourant à des services publics essentiels, l'interdépendance entre plusieurs réseaux avec des conséquences en cascade et la difficulté à les rétablir dans des délais admissibles pour la population.

Il est important de noter que chacune de ces catastrophes a entraîné des conséquences non prévues dans les scénarios, résultant le plus souvent de la complexité croissante du fonctionnement des systèmes.

La réflexion engagée par le CGEDD, objet du présent rapport, consiste à examiner les réseaux de transport de personnes et de marchandises et sur les réseaux de transport et de distribution d'électricité, réseaux qui relèvent tous, directement ou à travers des opérateurs, de la compétence du MEDDE. Alors que le CGEDD avait été appelé précédemment, conjointement avec d'autres formations d'inspections générales, à intervenir sur la résilience de réseaux particuliers (réseaux de télécommunications, de distribution d'électricité) à l'égard des risques naturels, le présent rapport constitue une première réflexion globale tendant à appréhender l'ensemble des réseaux de transport de personnes, de marchandises et d'énergie.

La mission apparaît complémentaire de la démarche du CGDD (DRI) intitulée « **analyse intégrée de résilience territoriale** » (AIRT), centrée sur les territoires, et conduite avec ceux-ci. Les deux approches de la résilience ainsi réalisées sont remarquablement complémentaires : approche fonctionnelle par les réseaux en ce qui concerne le présent rapport, approche via le territoire en ce qui concerne le projet AIRT. Le projet AIRT, qui est d'ailleurs plutôt un processus, n'ayant ni le même objectif de départ, ni les mêmes échéances que la présente mission, peut donc se dérouler parallèlement sans interférences avec elle.

Après avoir pris connaissance de la réglementation européenne et nationale applicables, consulté les rapports de missions du CGEDD consacrées à des événements récents, ainsi que divers documents méthodologiques élaborés par le réseau scientifique et technique du Ministère (RST), la mission a choisi de procéder à des entretiens avec trois types d'interlocuteurs :

- en premier lieu, les responsables du MEDDE les plus directement concernés par la mission, le directeur général de la prévention des risques (DGPR), service des risques naturels et hydrauliques, et le secrétaire général du MEDDE et du METL, service défense, sécurité et intelligence économique (SDSIE), ainsi que les autorités de l'État en charge de ces problématiques, aux niveaux interministériel (SGDSN – direction de la protection et de la sécurité de l'État) et zonal (en prenant en considération l'organisation particulière en région parisienne) ;

- les responsables en charge de la sécurité et/ou des risques de l'État opérateur en direct (réseau routier national non concédé) et chez les opérateurs ou gestionnaires de réseaux de niveau national (SNCF, RFF, VNF, sociétés concessionnaires d'autoroutes, RTE, ErDF...) ou concernant plus particulièrement la région Île de France (RATP, ADP) ;
- les organismes du RST concourant plus particulièrement à la définition ou à la mise en œuvre de la politique ministérielle en matière de résilience des réseaux (INERIS, CETMEF, CETE Méditerranée).

La note de commande de la mission, ainsi qu'un plan d'entretien, étaient envoyés par avance aux personnes rencontrées. Lors de ces rencontres, les missionnaires ont demandé à ces dernières des documents complémentaires. Le rapport de la mission se fonde sur ces entretiens et ces documents.

1. Quelques rappels théoriques

1.1. Quelques définitions

1.1.1. La notion de risque a reçu successivement deux définitions (norme ISO 73) :

- « *la combinaison de la probabilité d'un événement et de sa conséquence* » (définition de l'ingénieur) ;
- « *l'effet de l'incertitude sur les objectifs* » (définition par les objectifs d'une organisation).

La première de ces définitions est encore couramment utilisée, avec sa variante : le risque est *la combinaison d'un aléa et d'un enjeu vulnérable*. L'aléa étant la probabilité d'occurrence et l'intensité en un lieu déterminé, la vulnérabilité de l'enjeu étant une mesure de l'amplitude des effets (présence humaine, activités économiques...) : le risque lié à un phénomène de même aléa différera notablement selon qu'il survient dans une agglomération ou une importante zone d'activités, ou dans une zone désertique.

Aucune définition exhaustive n'est donnée des risques naturels : ainsi l'article L562-1 du code de l'environnement définissant les plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPR) définit ces risques comme « *tels que les inondations, les mouvements de terrain, les avalanches, les incendies de forêt, les séismes, les éruptions volcaniques, les tempêtes ou les cyclones* » (liste non limitative). Le guide de la DGPR « *la démarche française de prévention des risques majeurs* » (mise en ligne sur le site internet du MEDDE, référence « DGPR »²) reprend cette liste en y ajoutant le changement climatique (risque évolutif, concernant notamment le niveau moyen des océans et les submersions marines). La loi du 13 juillet 1982 relative à l'indemnisation des catastrophes naturelles définit celles-ci de la façon suivante : sont considérés comme les effets des catastrophes naturelles « *les dommages matériels directs ayant eu pour cause déterminante l'intensité anormale d'un agent naturel, lorsque les mesures habituelles à prendre pour prévenir ces dommages n'ont pu empêcher leur survenance ou n'ont pu être prises* ».

Deux concepts distincts utilisés au fil du présent rapport méritent d'être précisées ici, ceux de **vulnérabilité** et de **résilience** (source : norme ISO 73) :

- vulnérabilité : « *propriété intrinsèque de quelque chose entraînant une source de risque pouvant induire une conséquence* » ;
- résilience : « *capacité d'adaptation d'un organisme dans un environnement complexe et changeant* ».

Des définitions voisines sont données par l'office des Nations Unies pour la réduction des risques des désastres, l'UNISDR (2009) :

Vulnérabilité : Les caractéristiques et les circonstances d'une communauté ou d'un système qui le rendent susceptible de subir les effets d'un danger.

² <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/demarche-francaise-prevention-risques-majeurs.pdf>

Résilience : La capacité d'un système, une communauté ou une société exposée aux risques de résister, d'absorber, d'accueillir et de corriger les effets d'un danger, en temps opportun et de manière efficace, notamment par la préservation et la restauration de ses structures essentielles et de ses fonctions de base.

- On peut citer également une définition de la résilience écologique : c'est la capacité d'un écosystème, d'un habitat, d'une population ou d'une espèce à retrouver un fonctionnement et un développement normal après avoir subi une perturbation importante. La transposition de cette définition à un réseau ne pose pas de difficulté.

1.1.2. Dans le cadre de ce rapport sur les réseaux, on s'intéressera à la vulnérabilité ou résilience aussi bien de l'infrastructure physique que du service rendu

Rappelons qu'un réseau est constitué de parties linéaires et de nœuds ; la mission s'est intéressée en particulier à certains nœuds tels qu'aéroports, ports maritimes ou fluviaux, postes de transformation électrique, stations de pompage des oléoducs, châteaux d'eau, etc. On peut aussi distinguer certains ouvrages spécifiques sur le réseau (ouvrages d'art des routes ou des voies ferrées, écluse sur voie navigable), dont la vulnérabilité est particulière. La mission n'a pas traité des centres de production d'énergie (barrages, centrales électriques, etc.).

1.1.3. Deux stratégies alternatives, éventuellement conciliables, sont possibles

- le durcissement d'un réseau vis-à-vis d'un risque donné, c'est-à-dire l'amélioration de sa capacité de résistance vis-à-vis de ce risque (ex. : surélévation d'une route pour la rendre insubmersible en cas d'inondation ; enfouissement des lignes électriques pour parer aux tempêtes) ; on notera que ce durcissement ne doit pas se faire au détriment d'autres réseaux ;
- en cas de défaillance d'un réseau, l'amélioration de la capacité de récupération (ou résilience), c'est à dire le retour aussi rapide que possible à un niveau de service normal ou dégradé, mais « acceptable » (ex : renforcement préventif des équipes d'intervention rapide ; établissement d'une redondance de réseau).

1.1.4. Deux autres notions interviennent dans l'approche de la vulnérabilité/résilience des réseaux

- l'interdépendance des réseaux (alimentation électrique ou en carburant des pompes à eau utilisées en cas d'inondation, réseaux communicants ou « smart grids » permettant une télédétection d'un dysfonctionnement d'un réseau électrique...) ;
- la combinaison de risques indépendants (tempête combinée à une marée de grande amplitude, cas de Xynthia) ou les risques en cascade.

1.2. Réduction de la vulnérabilité et protection

La réduction de la vulnérabilité consiste à prendre des mesures pour réduire les conséquences négatives des aléas naturels sur notre société, c'est-à-dire à adapter un équipement ou système donné à son exposition au risque afin de limiter les dommages aux personnes, aux biens et aux activités. (constructions parasismiques, consolidation des fondations contre la sécheresse, etc.).

La **vulnérabilité** peut-tout d'abord être vue comme étant le taux d'endommagement attendu d'un équipement donné (bâtiment, activité, société...). Elle peut également être vue comme étant l'ensemble des facteurs de fragilité qui contribuent à la réalisation des dommages en cas de survenue de l'aléa.

Une approche complémentaire en matière de politique de prévention repose sur le concept de **résilience**, qui vise à augmenter la capacité de notre société à s'adapter aux risques naturels et à faciliter un retour à un état stable le plus rapidement possible. En dépassant la logique de protection face à une nature perçue comme menaçante, elle vise à minimiser la perturbation apportée au fonctionnement des territoires et à l'adapter aux conditions de l'environnement et à l'exposition aux risques. La résilience se traduit ainsi par une capacité accrue à « rebondir » en cas d'événement : réoccupation la plus rapide des logements, poursuite des activités, même en mode dégradé pendant l'événement, durée des perturbations la plus courte possible...

Cette vulnérabilité se décline en : **vulnérabilité physique** (qui s'intéresse à la résistance des bâtiments et des installations), **vulnérabilité systémique** (qui s'intéresse à l'organisation du territoire, aux effets dominos et d'interdépendance), **vulnérabilité sociale** (qui s'intéresse à la population exposée et à l'organisation de la société), **vulnérabilité économique** (qui s'intéresse à la réponse des acteurs économiques, aussi bien à l'échelle individuelle qu'à une échelle macro-économique : PIB, croissance, chômage...).

Les mesures et travaux de réduction de la vulnérabilité concernent principalement les vulnérabilités physiques et systémiques. Les travaux sur la résilience vont tout particulièrement s'intéresser aux vulnérabilités sociale et systémique, qui sont des facteurs fondamentaux pour garantir un retour à la normale le plus rapide et le plus facile possible.

1.3. Résilience et mise en sûreté

Les différents retours d'expérience, suite à des catastrophes telles que la tempête de 1999, ont montré la nécessité d'une sensibilisation accrue tant des services de l'État que des collectivités territoriales ainsi que des opérateurs de réseaux concernés pour renforcer la résilience de notre société, c'est-à-dire notre capacité à faire face à un événement naturel exceptionnel.

Plusieurs démarches sont promues à ce titre comme les plans particuliers de mise en sûreté dans les établissements scolaires et les plans de continuité d'activité (PCA) dans les entreprises et les administrations.

Dans les communes soumises à un plan de prévention des risques naturels, le maire se trouve dans l'obligation d'élaborer un plan communal de sauvegarde pour anticiper les événements, assister les habitants et venir en appui aux services de secours.

Lorsque l'événement impacte plusieurs communes, le préfet de département coordonne les actions de sauvegarde. Certains événements de grande ampleur peuvent nécessiter l'appui de moyens opérationnels supplémentaires. Dans ce cas, le préfet de la zone de défense assure la mobilisation des moyens à destination des départements sinistrés. Enfin, le Centre opérationnel de Gestion Interministérielle des Crises (COGIC) du ministère de l'Intérieur vient en appui des zones de défense dans le pré-positionnement et la mobilisation des moyens nationaux en vue de renforcer les secours aux populations.

1.4. Une approche croisée des aléas naturels et des réseaux

Le tableau suivant, à compléter et présenté ici à titre indicatif, constitue une tentative d'approcher la sensibilité des différents réseaux aux différents aléas naturels. Il montre que la vulnérabilité est très variable suivant le couple aléa/réseau considéré.

	<i>Réseau routier</i>	<i>Réseau ferré (infra)</i>	<i>Réseau ferré (signalisation et SI)</i>	<i>Ligne électrique aérienne</i>	<i>Ligne HT enterrée</i>	<i>Réseau de distribution électrique enfoui</i>	<i>Gazoduc enterré</i>	<i>Cours d'eau navigable</i>	<i>Port maritime</i>
Crue et inondation de plaine	**	**	**		*	*	*	***	*
Tempête de vent	*	*	**	***		*			*
Houle, surcote marine	*	*	*						**
Séisme	**	**		*		*			**
Inondation rapide	***	**	**	*	*		*	**	
Neige exceptionnelle	**	**	*	**		*			*
Tsunami	**	**	*	*					**
Grand froid	*	*	*			**		*	
Canicule			**			*			
Chutes de blocs	**	**		*	*	*			
Effondrement (karst...)	*	**				*	*	*	
Avalanche	**	**	*	*		*			

*** (très vulnérable) ; ** (vulnérable) ; * (peu vulnérable) ; (vide) (non vulnérable ou sans objet)

1.5. La réflexion sur les enjeux économiques de la résilience des réseaux reste à approfondir

L'analyse économique des effets des actions de prévention des risques naturels, des coûts et bénéfices des actions de prévention, du partage des risques et de la priorisation (programmation) des actions de prévention a fait l'objet d'études théoriques globales, tant de la part des assureurs (FFSA) que du monde universitaire et de la recherche (Ineris). Les modèles utilisés lient la gravité (en terme d'impact économique) et la probabilité d'occurrence d'un sinistre (séisme en fonction de son intensité, tempête...) et comparent les coûts probabilisés de faire et de ne pas faire. C'est ainsi qu'un atelier « économie et risques » a été consacré aux résultats de ces recherches dans le cadre des Assises nationales des risques naturels organisées par les ministères en charge du développement durable (DGPR) et de l'agriculture (IRSTEA, ex-Cemagref) les 19 et 20 janvier 2012.

Des méthodes d'analyse coût-bénéfice (ACB) ont été développées, en utilisant notamment la notion de « dommages évités moyens annuels », qui représente le bénéfice d'une mesure de prévention. Une démarche rigoureuse suppose de prendre en compte la probabilité d'occurrence de la catastrophe dans les années à venir et l'évaluation des coûts à la date d'occurrence, ce qui pose le problème du taux d'actualisation. Il est nécessaire de disposer de statistiques suffisamment complètes ; le risque d'inondation s'y prête assez bien.

Mais il est apparu à la mission que ces méthodes et ces réflexions théoriques n'ont pas à ce jour été appliquées ou transposées par les opérateurs de réseaux dans les principes de dimensionnement de leurs ouvrages. Une appropriation de ces réflexions par ces opérateurs doit être fortement encouragée.

On reviendra plus en détail sur cette question dans ce qui suit (voir § 4.6).

2. Le cadre législatif communautaire et national, la planification accidentelle et l'utilisation des sols

La vulnérabilité des réseaux aux aléas naturels se situe à la croisée de trois sources législatives et réglementaires : le code de l'environnement pour la prévention des risques naturels (dont une partie, concernant le risque d'inondation, est issue du droit européen), le code de la sécurité intérieure (loi de modernisation de la sécurité civile) qui traite de manière plus spécifique des réseaux de services essentiels aux populations, enfin le code de la défense pour l'organisation des pouvoirs publics nationaux en cas de crise pour la protection des opérateurs et points d'importance vitale, point qui fait l'objet du chapitre suivant.

La législation et la réglementation nationales sont complétées par des textes sectoriels à caractère réglementaire (décrets, arrêtés, circulaires ou instructions ministérielles...), par des normes ou des guides de bonnes pratiques, dont une liste non exhaustive figure dans les monographies consacrées aux opérateurs.

2.1. Le code de l'environnement définit le droit applicable sur le territoire en matière de risques naturels prévisibles

La source du droit national applicable en matière de risques naturels est le code de l'environnement, art. L562-1 à L562-9.

En particulier, l'article L562-1 de ce code définit les risques naturels prévisibles par une liste non limitative et prescrit l'élaboration et la mise en œuvre de **plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPR)**.

Les I et II de cet article définissent comme suit les finalités et le contenu des plans de prévention des risques naturels :

« I.-L'État élabore et met en application des plans de prévention des risques naturels prévisibles tels que les inondations, les mouvements de terrain, les avalanches, les incendies de forêt, les séismes, les éruptions volcaniques, les tempêtes ou les cyclones.

II.-Ces plans ont pour objet, en tant que de besoin :

1° De délimiter les zones exposées aux risques, en tenant compte de la nature et de l'intensité du risque encouru, ...

2° De délimiter les zones qui ne sont pas directement exposées aux risques mais où des constructions, des ouvrages, ... pourraient aggraver des risques ou en provoquer de nouveaux et y prévoir des mesures d'interdiction ou des prescriptions telles que prévues au 1° ;

3° De définir les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises, dans les zones mentionnées au 1° et au 2°, par les collectivités publiques dans le cadre de leurs compétences, ainsi que celles qui peuvent incomber aux particuliers ;

4° De définir, dans les zones mentionnées au 1° et au 2°, les mesures relatives à l'aménagement, ...qui doivent être prises par les propriétaires, exploitants ou utilisateurs. »

Il convient de relever que la liste (à caractère indicatif) des risques naturels prévisibles cités par le code de l'environnement, article L562-1-I, a été établie dans une optique de protection des populations et non dans celle de l'intégrité des réseaux. Cette liste est à rapprocher de la liste des risques identifiés par le site internet de la DGPR (également donnée à titre indicatif) :

- feux de forêts ;
- risque sismique ;
- tsunami ;
- inondation ;
- mouvements de terrain ;
- risques littoraux.

Les opérateurs de réseaux rencontrés par la mission dans le cadre de son enquête, invités à citer les risques naturels auxquels ils sont confrontés, ont cité spontanément le risque d'inondation et pour certains la tempête, éventuellement dans des zones bien localisées les mouvements de terrain, avalanches et séismes, mais jamais les incendies de forêts. Certains ont en revanche cité spontanément des aléas climatiques (neige collante, pluie verglaçante, gel ou forte chaleur prolongée...) qui peuvent avoir une forte incidence sur le bon fonctionnement de leurs équipements.

Le PPR donne lieu à une concertation conduite par le préfet de département ainsi qu'à une enquête publique ; il est prescrit par le préfet (code de l'environnement, art. L562-3). Les populations sont informées des risques encourus et des mesures prises pour en limiter l'incidence et les conséquences.

La plupart des mesures de prévention prescrites dans les PPR visent le bâtiment public ou privé, Pourtant, selon la loi de 1995, un PPR peut « *définir des règles relatives aux réseaux et infrastructures publics desservant son secteur d'application et visant à faciliter les éventuelles mesures d'évacuation ou l'intervention des secours* ». Par exemple, le règlement du plan de prévention du risque inondation (PPRI) de Paris inclut des « dispositions particulières liées à l'exercice d'une mission de service public », avec un chapitre sur les réseaux de transports en commun et un autre sur les réseaux de distribution de fluides (eau, énergie, télécommunications...). Mais ce cas reste une exception.

Une série de dispositions réglementaires complètent ce dispositif : code de l'environnement, partie réglementaire, livre V, titre VI (prévention des risques naturels), articles R562-1 à R562-12. Les sections suivantes traitent de la prévention de risques particuliers, tels que : risque sismique (art. R563-1 à R563-8-1), risque volcanique dans les départements d'outre-mer (art. D563-9), risque d'inondation (art. R563-11 à R563-15).

Les articles R563-16 à R563-20 prévoient la mise à disposition gratuite par l'État et ses établissements publics au bénéfice des communes et de leurs groupements, des données publiques dont ils disposent, relatives aux risques naturels affectant leur territoire, sur la demande de ces communes ou de leurs groupements. Concernant l'État, ces données sont fournies par le préfet.

Concernant le **risque sismique**, ce sont la loi précitée (code de l'environnement, article L562-1) et des décrets qui définissent le niveau d'aléa et les mesures de prévention à prendre pour les constructions et les ouvrages. Les bâtiments et installations sont classés en « risque normal » et « risque spécial » selon que les conséquences d'un séisme sont ou non circonscrites à leurs occupants et à leur voisinage immédiat. Il est prescrit depuis octobre 2010 un nouveau zonage du territoire

en cinq zones en fonction du niveau de sismicité, allant de « très faible » (niveau 1) à « forte » (niveau 5). Le code de l'urbanisme définit les cas où les règles de construction parasismique doivent s'appliquer aux bâtiments et installations.

Concernant le **risque volcanique dans les DOM**, le code de l'urbanisme établit une liste de communes concernées par ce risque à la Réunion (Piton de la Fournaise), en Guadeloupe (la Soufrière) et en Martinique (Montagne Pelée).

Enfin le code de l'environnement prescrit un **schéma directeur de prévision des crues** :

« La mission de surveillance et de prévision des crues et de transmission de l'information sur les crues incombant à l'État est assurée par des services déconcentrés ou des établissements publics... » (art. R564-1)

« Le schéma directeur de prévision des crues prévu à [l'article L. 564-2](#) fixe les principes selon lesquels s'effectuent la surveillance et la prévision des crues et la transmission de l'information sur les crues... » (art. R564-2)

« Le préfet coordonnateur de bassin soumet pour avis le projet de schéma directeur de prévision des crues aux autres préfets intéressés, aux personnes morales de droit public ayant en charge des dispositifs de surveillance et, le cas échéant, de prévision des crues, ainsi qu'aux autorités intéressées par ces dispositifs en raison des missions de sécurité publique qui leur incombent, ou à leurs représentants... » (art.R564-3)

« Un règlement relatif à la surveillance et à la prévision des crues et à la transmission de l'information sur les crues est élaboré pour chacun des bassins ou, le cas échéant, des sous-bassins, par le préfet sous l'autorité duquel est placé le service de prévision des crues compétent dans le bassin ou sous-bassin, en association avec les autres préfets intéressés... » (art. R564-7)

L'ensemble du dispositif de surveillance et de prévision des crues relève de la responsabilité de chaque préfet dans son ressort territorial, la coordination reposant sur le préfet coordonnateur de bassin.

2.2. La directive européenne relative à l'évaluation et à la gestion du risque d'inondation a été entièrement transposée dans le droit national

2.2.1. Présentation de la directive

Alors que les catastrophes naturelles et leurs effets sur les territoires et sur les réseaux d'infrastructures ont longtemps été considérées comme une fatalité, les crues de très grande ampleur de l'Elbe et du Danube (août 2002) qui ont affecté plusieurs pays d'Europe centrale ou orientale ont fourni à la Commission de l'Union européenne l'occasion de se saisir de la question et de proposer un nouveau paradigme face à un risque d'inondation qui dépasse les frontières nationales.

Selon ce paradigme, posé dans la directive n° 2007/60/CE du 23 octobre 2007 relative à l'évaluation et à la gestion du risque d'inondations (« directive inondations »), il appartient à chaque État membre d'élaborer une stratégie nationale contre les inondations et de conduire une démarche préventive en trois étapes (évaluation préliminaire des risques d'inondation, carte de risques, plans de gestion des risques) qui conduit à un zonage des territoires à risque identifié. La solidarité de l'Union

européenne envers un État atteint par une inondation est conditionnée par la mise en œuvre progressive de cette stratégie de résilience.

Cette directive vise à définir un cadre commun de gestion des risques, permettant d'évaluer et de réduire les risques liés aux inondations sur le territoire de l'Union européenne pour la santé humaine, l'environnement, les biens et les activités économiques. Elle s'intéresse plus particulièrement aux inondations causées par des crues de cours d'eau et sur les zones côtières.

Elle impose une approche en trois étapes :

- une *évaluation préliminaire des risques* pour chaque district hydrographique, en fonction de l'historique de chaque district, qui a pour but de classer les bassins hydrographiques en fonction du risque potentiel ;
- des *cartes de risque d'inondation* pour les zones à risque identifiées, avec la probabilité (forte, moyenne ou faible) d'inondation et une évaluation des dommages potentiels pour la population, les biens et l'environnement ;
- des *plans de gestion des risques d'inondation* (PGRI) pour chaque district hydrographique, définissant un niveau de protection approprié et établissant des mesures permettant de respecter ce niveau de protection.

La « directive inondations » est applicable après transposition sur le territoire de chaque État membre. Les cartes de risque et les PGRI doivent être coordonnés avec la directive cadre sur l'eau, notamment concernant les plans de gestion des bassins hydrographiques et les procédures de consultation et d'information du public.

2.2.2. La mise en œuvre par la France

Cette directive est transposée dans le droit français par les textes suivants :

- la loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010, dite « loi Grenelle II », article 221, modifiant le code de l'environnement, art. L566-1 à L566-13, et le code de l'urbanisme, art. L122-1-13 (mise en cohérence des schémas de cohérence territoriale -ScoT- avec les PGRI) et L123-1-10 (mise en cohérence des plans locaux d'urbanisme -PLU- avec les PGRI) ;
- le décret n° 2011-227 du 2 mars 2011 relatif à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation, qui détaille les étapes successives conduisant aux PGRI et à leur approbation, selon la zone concernée, par le préfet coordonnateur de bassin ou par le préfet du département concerné et prévoit la définition de stratégies locales pour les portions de territoire présentant un risque important d'inondation. L'article 1er de ce décret est codifié (code de l'environnement, art. R566-1 à R566-18).

Les délais impartis par la directive aux États-membres pour réaliser les évaluations préliminaires de risques, les cartes de risques et les PGRI sont respectivement les 22 décembre 2011, 2013 et 2015.

Les plans de prévention du risque inondation (PPRI) sont rendus compatibles avec les dispositions des plans de gestion de risques d'inondation (PGRI) dans chaque district hydrographique (art. L562-1-VI).

2.2.3. Les observations de la mission sur la mise en œuvre

Comme cela semble logique, les communes ayant mis les premières leurs documents d'urbanisme en conformité avec le code de l'environnement sur ce point sont celles traversées par un cours d'eau (fleuve ou affluent) important ou riveraines d'un tel cours d'eau ; les communes situées dans une « zone PGRI » mais plus éloignées, se sentant moins immédiatement concernées, n'ont pas toujours modifié leurs documents d'urbanisme. Il en résulte un retard par rapport aux échéances pour un certain nombre de communes.

L'ensemble de ces textes (textes généraux relatifs à la prévention des risques naturels, textes de transposition de la directive européenne « inondations ») fait apparaître une préoccupation centrale : la protection des personnes, des biens et des activités économiques. Elle est centrée sur l'urbanisme et sur une limitation, voire une interdiction, du droit à construire dans les zones identifiées comme à risques. Les « ouvrages » n'apparaissent dans le code de l'environnement, article L562-1-II 2°, qu'au milieu d'une énumération : la protection des réseaux contre les risques naturels n'est abordée que dans la perspective de leur contribution à l'activité économique.

Tant les PPR que les PGRI consistent en des zonages définissant des obligations particulières à caractère préventif incombant aux collectivités publiques ainsi qu'aux propriétaires privés. Celles de ces mesures qui concernent les opérateurs, gestionnaires ou exploitants de réseaux ne s'adressent pas à eux en tant que fournisseurs de services essentiels à la population, mais en tant que propriétaires d'un domaine qu'il importe de protéger. Les opérateurs de réseaux ne sont d'ailleurs pas désignés en tant que tels dans ces dispositions réglementaires.

2.3. La loi de modernisation de la sécurité civile crée pour les exploitants de réseaux des obligations de continuité de fourniture de services aux populations en cas de crise

La loi n° 2004-811 de modernisation de la sécurité civile du 13 août 2004, article 6, I (code de la sécurité intérieure, article L732-1 et 732-2) liste les réseaux répondant besoins prioritaires de la population à satisfaire en cas de crise. On relève que les réseaux de transport ne figurent pas dans cette liste. En effet cette loi dispose que :

« I. - Les exploitants d'un service, destiné au public, d'assainissement, de production ou de distribution d'eau pour la consommation humaine, d'électricité ou de gaz, ainsi que les opérateurs des réseaux de communications électroniques ouverts au public prévoient les mesures nécessaires au maintien de la satisfaction des besoins prioritaires de la population lors des situations de crise.

Ces besoins prioritaires, définis par décret en Conseil d'État, sont pris en compte dans les cahiers des charges ou contrats régissant les concessions ou délégations de service public et dans les actes réglementaires encadrant les activités précitées. Ce décret précise le niveau d'exigence et les délais d'application requis pour leur mise en œuvre. Ces actes réglementaires peuvent comporter des mesures transitoires ».

Par ailleurs, un décret d'application (décret n° 2007-1400 du 28 septembre 2007) définit les besoins prioritaires de la population et les mesures à prendre par les exploitants d'un service destiné au public lors de situations de crise : il définit les notions de population vulnérable, d'obligation de veille, de plans internes de crise. (voir les articles 1 à 3 de ce décret en annexe 5).

Enfin, la loi de modernisation de la sécurité civile du 13 août 2004 a reçu trois décrets d'application, en date du 13 septembre 2005, relatifs aux plans d'urgence mis en œuvre en cas de crise, à l'initiative et sous le commandement du préfet de zone de défense ou du préfet du département concerné, selon l'étendue de la zone concernée :

- décret n° 2005-1156 relatif aux plans communaux de sauvegarde (PCS) ;
- décret n° 2005-1157 relatif aux plans ORSEC³ ;
- décret n° 2005-1158 relatif aux plans particuliers d'intervention (PPI).

³ Acronyme de plan Organisation de la Réponse de SECurité civile.

3. L'organisation nationale et locale des pouvoirs publics

3.1. Organisation générale

L'organisation nationale de la défense civile repose sur cinq niveaux hiérarchiques et trois niveaux territoriaux.

- **Au niveau gouvernemental** : dans les services du Premier ministre, le secrétariat général de la défense et de la sécurité nationale (SGDSN), direction de la protection et de la sécurité de l'État ; au MEDDE : le haut fonctionnaire de défense et de sécurité (HFDS) , qui est le secrétaire général du ministère ; il est représenté dans les diverses instances par l'adjoint au HFDS, chef du service défense, sécurité et intelligence économique (SDSIE), commissaire général aux transports ;
- **Au niveau zonal**, le préfet de zone de défense et de sécurité (ZDS), préfet de l'une des régions qui composent la ZDS, coordonne ou dirige les activités de défense civile de son ressort territorial qui, à l'exception de la région Île-de-France, regroupe plusieurs régions ; il est assisté pour cette fonction par un délégué ministériel de zone (DMZ), qui est le directeur de la DREAL, lui-même secondé pour cette fonction par un adjoint défense et sécurité (ADS), généralement un de ses adjoints ; en région Île de France, l'organisation est particulière: le préfet de zone de défense n'est pas le préfet de région, mais le préfet de police ; il est assisté dans cette fonction par un préfet, secrétaire général de la zone de défense et par trois DMZ, respectivement le directeur régional et interdépartemental de l'équipement et de l'aménagement (DRIEA), de l'environnement et de l'énergie (DRIEE) et de l'hébergement et du logement (DRIHL), chacun dans la limite de sa compétence.
- **Au niveau départemental**, le préfet, assisté par le directeur de cabinet et par le chef du service interministériel des affaires civiles et économiques de défense et de la protection civile (SIACEDPC), rattaché à ce dernier ;
- **Enfin, au niveau communal**, le maire est responsable de la sécurité sur le territoire de sa commune. Il constitue le pilier de base de la sécurité des citoyens.

Il est à noter que les préfets de région autres que les préfets de zone de défense n'ont pas d'attributions particulières en matière de défense et de protection civile, en dehors du département siège de la préfecture de région.

3.2. Les secteurs d'activité et organismes d'importance vitale

La législation et la réglementation relatives aux opérateurs et aux points d'importance vitale trouvent leur origine dans la nécessité de protéger ces opérateurs et installations contre la malveillance et le terrorisme, davantage que contre d'autres aléas (technologiques ou naturels) : le SGDSN (direction de la protection et de la sécurité de l'État) et le SDSIE ont confirmé ce point à la mission. Toutefois, la caractérisation de ces opérateurs et installations est également pertinente vis-à-vis des aléas technologiques ou naturels.

L'organisation des pouvoirs publics pour assurer la sécurité des installations d'importance vitale (qu'elle ait pour origine un acte de terrorisme ou de malveillance, la survenance d'un risque naturel ou technologique) est régie par le code de défense, art. L1332-1 à L1332-7 (loi n° 2005-1550 du 12 décembre 2005) et art. R1332-1 à R1332-42.

Un arrêté interministériel du 2 juin 2006 (JO du 4 juin 2006) fixe une liste des secteurs d'activité d'importance vitale (SAIV) et désigne les ministres coordonnateurs des dits secteurs.

Sur les 12 secteurs ainsi définis, 3 sont du ressort du MEDDE :

- gestion de l'eau (ministre chargé de l'écologie) ;
- énergie (ministre chargé de l'énergie) ;
- transports (ministre chargé des transports).

Les articles R1332-1 et R1332-2 définissent les opérateurs d'importance vitale (OIV) et les secteurs d'importance vitale (SAIV).

Les articles R1332-3 à R1332-6 précisent le mode de désignation des OIV, des délégués défense et sécurité des opérateurs auprès des autorités publiques (ministre coordonnateur, préfet de zone de défense et de sécurité, préfet de département) et des points d'importance vitale (PIV).

Chaque ministre coordonnateur établit dans les secteurs d'activité relevant de sa compétence la liste des opérateurs⁴ d'importance vitale ayant des installations dans plusieurs départements. Lorsqu'un opérateur n'a qu'un établissement (ou plusieurs établissements situés dans le même département), cette décision relève du préfet concerné.

Chaque opérateur désigne en son sein un délégué défense et sécurité, habilité au secret de la défense nationale, qui est son représentant permanent auprès des autorités publiques (et notamment du ministre coordonnateur pour son secteur d'activité) pour la sécurité des installations et les plans de sécurité.

Les sections suivantes traitent du comité national des secteurs d'activités d'importance vitale (SAIV), des **directives nationales de sécurité** (DNS) de chaque secteur d'activité d'importance vitale, des **plans de sécurité d'opérateurs** (PSO), de l'élaboration, de la mise en œuvre et de la révision des **plans particuliers de protection** (PPP) pour chaque point d'importance vitale, des zones d'importance vitale (ZIV) .

Le SGDSN préside le comité national et la commission interministérielle compétents pour les SAIV. Le préfet de zone de défense préside la commission zonale de son ressort. Pour chaque secteur d'activité d'importance vitale, la DNS est fondée sur l'analyse de risque établie par le ministre coordonnateur et soumise à la commission interministérielle des SAIV. Chaque opérateur établit son PSO et le soumet à l'autorité publique dont il relève : ministre coordonnateur ou préfet de département selon le cas.

⁴ Opérateur : établissement public ou société anonyme.

3.3. Le niveau gouvernemental (interministériel) : le SGDSN

Le SGDSN (direction de la protection et de la sécurité de l'État) assure la coordination de la défense civile de l'État : il est la tête du réseau interministériel des hauts-fonctionnaires de défense et de sécurité (HFDS) et il assure (conjointement avec le directeur général de la sécurité civile et de la gestion des crises – DGSCGC – du ministère de l'intérieur) la tête du réseau des préfets de zone de défense et de sécurité. Il est également commissaire général aux transports.

Le management du risque est fondé sur l'analyse de la menace, sur une allocation efficace des ressources, sur un processus coopératif entre l'État et les opérateurs, sur une démarche de protection des points d'importance vitale.

Les objectifs sont l'optimisation du niveau d'alerte, l'association des opérateurs à la protection de leurs installations, la définition d'un corpus de dispositions claires et homogènes, la rationalisation des installations à protéger.

L'organisation repose sur des secteurs d'activité d'importance vitale (12 secteurs dont trois du ressort du MEDDE et quatre pertinents pour le présent rapport: énergie, communications, gestion de l'eau, transports), opérateurs d'importance vitale (OIV), points d'importance vitale (PIV).

Le SGDSN coordonne les actions des ministères en matière de planification de crise (quelle que soit son origine : malveillance, risque naturel, risque technologique) : Vigipirate, documents de planification prescrits par le code de la défense : directives nationales de sécurité (DNS) par secteur, plans de sécurité des opérateurs (PSO), plans particuliers de protection (PPI), plans de continuité d'activité (PCA).

La direction de la protection et de la sécurité de l'État publie des instructions ou circulaires interprétatives de la réglementation : sécurité des activités d'importance vitale, instruction cadre sur les DNS, PSO, PCA.

Elle organise chaque année des exercices nationaux de gestion de crise, sur table ou sur le terrain.

3.4. Le niveau du ministère

3.4.1. Le service défense, sécurité, intelligence économique (SDSIE)

Le chef du service défense, sécurité et intelligence économique (SDSIE) seconde le Secrétaire général du MEDDE et du METL dans ses fonctions de haut-fonctionnaire de défense et de sécurité (HFDS).

Le SDSIE est plus particulièrement en charge, pour le ministère, de la veille opérationnelle avec le centre ministériel de veille opérationnelle et d'alerte (CMVOA), de la planification et de la gestion des crises, de la sécurité nucléaire, de l'intelligence économique et de la protection de l'information (chacune de ces trois activités étant prise en charge par un département spécifique).

Il exerce son activité en liaison avec les directions générales dans le champ ministériel et travaille étroitement avec le SGDSN dans le domaine interministériel. Il est en contact privilégié avec les opérateurs relevant du champ du METL et du MEDDE.

Le département de la planification et de la gestion de crise du SDSIE prépare, notamment par la planification, la formation et les exercices, les réponses susceptibles d'être apportées aux crises intervenant en particulier sur le champ de compétence du ministère. Il organise sur ce champ la réponse opérationnelle aux crises.

Au titre de la planification, il participe à l'élaboration de la réglementation et aux travaux de planification interministériels concernant la gestion des catastrophes naturelles, technologiques et sanitaires.

Le SDSIE établit, au nom du ministre, les directives nationales de sécurité (DNS) des secteurs d'activité d'importance vitale placés sous sa responsabilité (gestion de l'eau, énergie, transports) et les fait valider par la commission interministérielle des SAIV, présidée par le SGDSN ; il remplit en outre le rôle important consistant à valider les plans de sécurité des opérateurs (PSO) et les plans de continuité d'activité (PCA) des opérateurs nationaux relevant de ces mêmes SAIV.

Concernant les opérateurs locaux (qui constituent la majorité en nombre), ces plans sont validés selon le cas par le préfet de zone de défense ou par le préfet du département concerné.

La liste précise des opérateurs et des points d'importance vitale est classée confidentiel défense.

Il réunit mensuellement les adjoints défense sécurité (ADS) auprès des préfets de zone de défense et de sécurité, ces derniers étant l'adjoint ou l'un des adjoints au DREAL du siège de la zone de défense (avec trois ASD en région Île de France, adjoints respectivement au DRIEA, au DRIEE et au DRIHL). Ces réunions constituent une bonne opportunité pour diffuser la culture de résilience des réseaux.

Le SDSIE organise des exercices sectoriels avec les opérateurs de réseaux de la responsabilité du MEDDE ou du METL et avec les préfets de zone de défense, dont le compte rendu est adressé au SGDSN. Il organise également le retour d'expérience des crises réelles (tempêtes Klaus et Xynthia, inondation de la plaine du Var, etc.) et fait élaborer par les services (services déconcentrés, RST) des outils méthodologiques ou de planification de crise.

Si pour chaque nature de risque une réponse est prévue dans les plans de sécurité d'opérateurs (OIV) et dans les plans particuliers de protection des PIV, en revanche les interactions entre plusieurs aléas de natures différentes mais simultanés (exemple marée de grande amplitude et tempête pour Xynthia ou cendres volcaniques entraînant arrêt des vols et report sur le chemin de fer + panne du système de réservation des trains) ne sont pas prises en compte dans ces plans. C'est l'un des points faibles du dispositif. Il convient donc d'avoir une approche intégrée de la gestion des crises (interactions entre différents réseaux et différentes causes de dysfonctionnements), de préférence à une approche verticale, « en silo ».

Le guide ORSEC « rét' ap' réseaux »

Concernant plus spécifiquement la résilience des réseaux, le SDSIE a contribué, sous l'égide du SGDSN et aux côtés d'autres ministères impliqués en première ligne dans la gestion des crises affectant des réseaux (ministères chargés de l'économie, de la santé, de l'intérieur) à l'élaboration d'un guide ORSEC départemental et zonal pour le rétablissement et l'approvisionnement d'urgence des réseaux (guide ORSEC « rét' ap' réseaux »).

Ce guide, à l'usage des PZD et des préfets de département, dresse une liste de réseaux dont le bon fonctionnement revêt un caractère critique pour les populations, et dont le rétablissement est prioritaire par rapport à celui d'autres réseaux (ou conditionne celui de ces autres réseaux).

Ces réseaux critiques ou « structurants » sont les suivants : réseau électrique (transport et distribution), réseau de communications électroniques, réseaux d'eau et d'assainissement, réseaux de gaz et de distribution d'hydrocarbures. On relève qu'aucun réseau de transport de personnes ou de marchandises (routes, réseau ferré, voie d'eau...) ne figure dans cette liste, ce qui peut apparaître comme discutable, dans la mesure où la réparation d'un réseau électrique, par exemple, ou encore l'approvisionnement, peut nécessiter l'acheminement par la route de personnel et de matériel. Le critère ayant présidé au choix de ces réseaux est la préservation des besoins vitaux de la population et, secondairement, le maintien (ou le rétablissement le plus rapide possible) d'un minimum d'activité économique.

On distingue la crise *pour un opérateur* (qui doit être en mesure de la gérer de façon autonome sans intervention des pouvoirs publics, qui sont simplement informés de la situation) de la crise *de sécurité civile*, dans laquelle plusieurs réseaux sont fortement perturbés ou en rupture d'approvisionnement. Dans ce dernier cas, la gravité de la situation dépasse la capacité d'action d'un opérateur isolé (ou de plusieurs opérateurs agissant séparément sans coordination) et la puissance publique doit intervenir pour coordonner les actions des opérateurs et procéder le cas échéant à des arbitrages. La coordination est fondée sur une étude préalable de l'interdépendance des différents réseaux, qui induit un ordre de rétablissement.

Le plan ORSEC Réte' ap' réseaux prescrit qu'un ordre de priorité entre les usagers à rétablir ou à approvisionner d'urgence (en fonction de critères pré-définis qui diffèrent selon les réseaux⁵) pour chaque réseau soit défini à froid, avant la crise : elle est ensuite appliquée de manière réflexe pendant la crise. La procédure d'établissement de listes d'usagers prioritaires est encadrée par un arrêté du 6 juillet 1990 modifié en dernier lieu par un arrêté du 4 janvier 2005.

Parmi les réseaux structurants pré-cités, deux d'entre eux apparaissent comme particulièrement critiques : le réseau de transport et de distribution d'électricité et les réseaux de communication électronique (téléphonie mobile, internet).

Deux approches complémentaires sont mises en œuvre à l'égard de la rupture ou du délestage d'un réseau : une approche par les besoins (pour chaque utilisateur « sensible »), une approche par les conséquences (conséquences pour un territoire donné de la rupture d'un réseau).

L'ensemble du dispositif repose sur des **échanges structurés d'information** entre l'État (préfet de zone, préfet) et les opérateurs sur la situation et sur les besoins du terrain. Le bon fonctionnement de ces échanges en cas de crise n'a rien d'automatique ou de spontané : il suppose une bonne connaissance mutuelle des acteurs et un rodage des procédures d'échanges d'information par la pratique d'exercices de crise « à blanc ».

La mise en œuvre du plan ORSEC rete' ap' réseaux est fondée sur les principes complémentaires de **durcissement** (réduction de la vulnérabilité) et de **résilience**, ces concepts ayant été définis plus haut (cf. introduction). Ainsi par exemple, un hôpital doit en cas de délestage du réseau de distribution électrique rester desservi en priorité

⁵ Par exemple, pour les réseaux électriques : hôpitaux, cliniques et laboratoires ; signalisation et éclairage de la voie publique ; installations industrielles à process continu.

(durcissement) ; toutefois, en cas de rupture temporaire d'approvisionnement, il dispose de groupes électrogènes de secours redondants (en cas de dysfonctionnement de l'un d'eux) qui lui permettront de tenir jusqu'au rétablissement de son alimentation électrique par le réseau (résilience).

3.4.2. la direction générale de la prévention des risques et les directions générales gestionnaires de réseaux

La direction générale de la prévention des risques (DGPR) est la direction générale fonctionnelle en matière de prévention des risques et des nuisances de toute nature. Elle comprend trois services spécialisés par type de risque :

- le service des risques technologiques (SRT) ;
- le service de la prévention des nuisances et de la qualité de l'environnement (SPNQE) ;
- le service des risques naturels et hydrauliques (SRNH).

Ce dernier service (SRNH) traite plus particulièrement des problématiques de la présente mission. Lui sont rattachés deux services à compétence nationale : le service central d'hydro-météorologie et d'appui à la prévision des inondations (SCHAPI) et le service à compétence nationale, le service technique de l'énergie électrique, des grands barrages et de l'hydraulique (STEEGBH) ; il dispose en outre de la cellule d'appui au plan séisme Antilles et de la mission de submersions rapides.

La stratégie nationale de gestion des risques d'inondation est fondée sur les principes suivants : améliorer la sécurité des personnes, réduire les dommages à court et moyen terme des inondations, accélérer le retour à la normale.

A l'initiative de la DGPR, un observatoire national des risques naturels (ONRN) a été créé en mai 2012, dans le but de renforcer les liens entre les acteurs de l'assurance et ceux de la prévention des risques naturels. Les réseaux ne semblent pas constituer le sujet prioritaire dans le portail internet lancé en mars 2013.

La DGPR s'appuie sur le Réseau scientifique et technique du ministère, comme on le verra plus loin (§ 3.8).

La DGPR bénéficie d'un ancrage direct sur le terrain en s'appuyant sur les services déconcentrés suivants :

- DREAL (service de prévention des risques), pour les risques naturels et technologiques, auquel est rattaché le service de prévision des crues quand il existe ;
- DDT(M), pour les risques naturels et le droit de l'urbanisme dans le champ des PPR.

En région Île-de-France, la DGPR s'appuie sur la direction régionale et interdépartementale de l'environnement et de l'énergie (DRIEE) (voir § suivant).

Une cellule interministérielle « plan séisme Antilles » est rattachée à la DGPR/SRNH. Ses actions sont centrées essentiellement sur les bâtiments (mise aux normes parasismiques) : bâtiments publics dont écoles, lycées, établissements de santé,

bâtiments industriels et logements. Il comporte toutefois un volet concernant les réseaux.

Si la DGPR est chargée d'une mission horizontale de définition d'une doctrine en matière de risques au niveau du ministère et d'animation des services déconcentrés (DREAL) dans ce domaine, la mise en œuvre de cette doctrine pour chaque réseau particulier repose sur la direction générale en charge de ce réseau (DGITM pour les réseaux de transports terrestres et pour les ports, DGAC pour les aéroports et le transport aérien, DGEC pour le transport et la distribution d'énergie, notamment électrique, DGALN pour l'eau et l'assainissement). Ainsi le sujet de la vulnérabilité des réseaux relève à la fois de la DGPR pour la définition d'une doctrine générale et des DG assurant la tutelle des opérateurs pour les secteurs relevant de leur responsabilité. En fait, la DGPR se concentre sur la protection des vies humaines et il en résulte que la réduction de la vulnérabilité des réseaux passe au second plan. La répartition des responsabilités, sur le sujet des risques naturels, entre la DGPR et les autres DG aurait à être clarifiée.

3.5. Le niveau zonal

L'organisation zonale et départementale de l'État en matière de défense civile et de sécurité est « multi-risques » : à l'origine focalisée pour l'essentiel sur la sûreté de l'État et sur la malveillance, elle est concernée sans distinction par les risques de malveillance, les risques technologiques (y compris les risques nucléaires civils) et les risques naturels et hydrauliques, sans que ces différents types de risques soient pris en charge par des structures dédiées.

La France métropolitaine est divisée en sept zones de défense et de sécurité (région Île de France incluse), regroupant chacune entre 2 et 5 régions administratives (à l'exception de l'Île de France qui constitue à elle seule une ZDS). Chaque ZDS est dirigée par le préfet de région siège de la ZDS (pour la région Île de France, il s'agit du préfet de police et non du préfet de région).

Le préfet de zone est secondé par un **préfet délégué à la défense et à la sécurité** (ou préfet délégué de zone) et par un **chef d'État-major de zone** (en règle générale un colonel, en région Île de France, un général). Dans la préparation des plans de prévention et dans la gestion technique des crises, il s'appuie sur un **délégué ministériel de zone**, qui est le directeur de la DREAL du siège de la préfecture de zone. Ce dernier est lui-même assisté par un **adjoint défense et sécurité (ADS)**, en principe l'un de ses adjoints. Ici encore l'organisation en région Île-de-France est spécifique : il y a trois délégués ministériels de zone, le DRIEA, le DRIEE, le DRIHL, couvrant chacun leurs champs de compétence respectifs.

La capacité de mobilisation des moyens propres de l'administration (notamment police, gendarmerie, forces armées...) et de ceux des opérateurs de réseaux, ainsi que des entreprises de transport, de BTP, de distribution d'eau se situe au niveau du préfet délégué de zone qui dispose d'une cellule permanente opérationnelle. Les ADS dans les DREAL dont les équipes dédiées défense et sécurité sont plus réduites (quelques personnes) ont un rôle de conseil et d'appui technique auprès des préfets de zone et préfets délégués de zone, notamment pour la conception du dispositif de gestion de crise et la mobilisation des moyens internes et externes, l'organisation d'exercices de crise et le retour d'expérience des crises réelles et des exercices. Chaque ADS n'exerce cette mission qu'à temps partiel, il la cumule avec d'autres fonctions.

3.6. Le niveau départemental

Le **préfet** exerce au niveau de son département la responsabilité de la défense civile et de la sécurité. Il est assisté dans cette mission par **le service interministériel des affaires civiles et économiques de défense et de protection civile (SIACEDPC)**, dédié à cette mission à plein temps et rattaché au directeur de cabinet, et en tant que de besoin sur les directions départementales interministérielles, notamment **la direction départementale des territoires (et de la mer), la DDT(M)**.

Le préfet gère les crises ou accidents localisés (y compris quant à leurs conséquences économiques et sociales), situés entièrement dans son ressort territorial. Dès lors que deux ou plusieurs départements sont concernés, le préfet de zone « prend la main » et coordonne l'action des préfets de département et de l'ensemble des services publics et opérateurs de l'État concernés ou susceptibles d'être mobilisés.

La mission relève deux particularités du dispositif, qui lui ont été signalés par plusieurs de ses interlocuteurs comme des faiblesses potentielles du dispositif organisationnel actuel :

- en région Île de France, le préfet de police exerce ses compétences de police exclusivement sur Paris et les trois départements de la petite couronne (92, 93 et 94) mais est préfet de zone sur l'ensemble de la région : d'où peut-être une certaine fragilité dans l'organisation de l'État dans les départements de grande couronne ;
- dans les autres zones de défense et de sécurité, les préfets des régions autres que le préfet de zone n'exerce aucune responsabilité particulière en matière de défense civile et de sécurité (en dehors du département siège de la préfecture de région) : il en résulte une plus grande vulnérabilité en cas de crise dans ces régions « excentrées » par rapport à la zone de défense, surtout dans le cas des zones de défense comportant un grand nombre de régions.

3.7. Les collectivités territoriales

Dans le cadre de leur responsabilité propre, que ce soit en tant que maître d'ouvrage (par exemple la Ville de Paris pour le boulevard périphérique, les conseils généraux pour les routes départementales) ou autorité organisatrice des transports (par exemple la région pour les transports express régionaux (TER) et pour les services de transport par autocars), les collectivités territoriales sont amenées à intervenir sur des réseaux en cas de réalisation d'un risque naturel ou hydraulique.

Le maire est de plein exercice responsable de la sécurité de ses administrés et de la continuité des services publics essentiels dans son ressort territorial, les échelons territoriaux supérieurs n'intervenant le cas échéant que dans le cadre du principe de subsidiarité.

Pour ce qui concerne plus particulièrement les communes, le code de la sécurité intérieure, article L732-1 et L732-2, prescrit dans les communes dotées d'un plan de prévention des risques naturels prévisibles ou dans le champ d'un plan particulier d'intervention un **plan communal de sauvegarde (PCS)** :

« Le plan communal de sauvegarde regroupe l'ensemble des documents de compétence communale contribuant à l'information préventive et à la protection de la

population. Il détermine, en fonction des risques connus, les mesures immédiates de sauvegarde et de protection des personnes, ... »

Les PCS traitent donc surtout de la mise en sécurité des personnes et assez peu des réseaux.

Les réductions d'effectifs et de moyens des services déconcentrés de l'État nécessitent qu'en cas de crise grave ils s'appuient sur les collectivités territoriales, lesquelles devraient être conduites à s'impliquer davantage aux côtés de l'État et de ses opérateurs ; ceci également pour permettre un retour plus rapide à une situation normale. Cette implication pourrait prendre la forme d'échanges systématiques d'information, d'apports de moyens opérationnels et de coordination des actions.

Afin de favoriser ces échanges d'information et cette convergence des efforts entrepris de part et d'autre, l'association des collectivités territoriales aux exercices de l'État organisés aux plans national, zonal ou départemental devrait être systématisée. Cette préconisation fait d'ailleurs partie intégrante de la démarche poursuivie par l'action « analyse intégrée de résilience territoriale » du CGDD, évoquée en introduction du présent rapport.

Recommandation 1 Associer plus étroitement les collectivités territoriales, chacune dans son champ de compétence, à la gestion par les services déconcentrés de l'État des crises résultant d'aléas naturels et affectant les réseaux de transport, d'eau et d'énergie.

3.8. Les organismes scientifiques et techniques du ministère

Le RST peut apporter ses capacités d'expertise sur l'évaluation des aléas, sur la vulnérabilité des réseaux et sur les solutions de réduction de cette vulnérabilité. Les opérateurs de réseaux du MEDDE pourraient être incités à mettre à profit leurs compétences dans le domaine de la résilience de leurs installations.

Les **Cete** (centres d'études techniques de l'équipement, prochainement intégrés dans le Cerema ou centre d'étude et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement) ont, dans leur totalité, des compétences relatives aux aléas inondations, mouvements de terrain et séismes, ces compétences étant toutefois inégalement réparties sur le territoire. S'agissant de la vulnérabilité, il faut mentionner deux Pôles de Compétence et d'Innovation (PCI⁶) :

- le pôle Vulnérabilité des aménagements à l'aléa mouvements de terrain (Cete de Lyon, Méditerranée, Sud-ouest), qui pour le moment se concentre sur l'aléa et sur les techniques de prévention ;
- le pôle Vulnérabilité des ouvrages de génie civil aux aléas sismiques et hydrauliques (Cete Méditerranée).

Le Cete-Méditerranée a plus particulièrement développé des compétences en matière de vulnérabilité et résilience face aux risques naturels, au sein du département Risques, Eau, Construction. Par exemple, le Cete-Méditerranée a réalisé des études telles que :

- retour d'expérience sur les inondations du Var en 2010,

⁶ Il existe une soixantaine de PCI répartis sur les huit CETE, gérés et pilotés par la DRI et les DG

- diagnostic de la vulnérabilité et résilience des territoires aux inondations : guide méthodologique,
- résilience des acteurs de l'urgence et réseaux : guide méthodologique RESAU2 (démarche de diagnostic et de durcissement du réseau routier) ; l'objectif est d'identifier et d'évaluer la vulnérabilité des réseaux essentiels pour la gestion des secours ;
- vulnérabilité des réseaux d'intérêt zonal sud-est.

Le **BRGM** (bureau de recherches géologiques et minières) s'intéresse aux risques naturels et aux déchets et sites pollués. Il est en pointe sur l'aléa sismique ou volcanique. Il a également développé des compétences sur les aléas littoraux et les mouvements de terrain.

L'**Ifsttar** (institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux) a des compétences reconnues en calcul sismique d'ouvrages d'art, de fondations, de remblais, de soutènements.

Le **Sétra** (services d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements, prochainement intégré dans le Cerema) s'intéresse aux risques pour le réseau routier et plus particulièrement pour les ouvrages d'art (notamment séismes et affouillements en rivière). Il a publié des documents de référence sur l'évaluation du comportement des ouvrages d'art existants vis-à-vis du séisme et sur la maîtrise des risques⁷. Le Sétra a également réalisé des évaluations de coûts liés à la rupture durable du service d'une voie de communication (exemple du tunnel sous la Manche ou de l'autoroute A7).

Le **Cetmef** (centre d'études techniques maritimes et fluviales, prochainement intégré dans le Cerema) traite des risques hydrauliques, maritimes et fluviaux, concernant les ouvrages portuaires et, plus largement, le littoral. Une étude en cours traite de façon générale de l'adaptation des projets portuaires au changement climatique (remontée du niveau de la mer, augmentation de la hauteur des vagues). Le Cetmef a publié un certain nombre de guides techniques au niveau national qui, avec ceux de l'AIPCN (association mondiale pour les infrastructures de transport maritimes et fluviales), servent de référence pour l'estimation des événements extrêmes et le dimensionnement des ouvrages portuaires. Pour le risque sismique, le Cetmef et le Cete Méditerranée mènent une réflexion sur le coefficient d'importance à choisir pour chaque ouvrage dans le cadre des eurocodes.

Le **Certu** (centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions) s'est focalisé sur le thème « Risques et urbanisme », avec comme

⁷ *Guide technique : Cours d'eau et ponts* (Sétra, 2007). Le guide traite majoritairement de l'incidence de l'ouvrage sur l'écoulement, mais également des risques pour l'OA lui-même lors des crues : risque de mise en charge si le niveau de l'eau dépasse celui de l'intrados des voûtes, risque d'affouillement autour des piles et des culées, risques liés aux encombrants flottants et aux embâcles de glace.

Maîtrise des risques – Application aux ouvrages d'art. (Sétra, 2013). Méthodologie d'analyse des risques (simplifiée) et applications. Le document traite le cas des risques naturels suivants : séisme, avalanche, affouillement des fondations, chute de rochers, événement géotechnique (tassement, glissement), événement hydraulique (crue, inondation, poussée hydrodynamique lors d'une crue), foudre, vent, verglas.

Ponts en zone sismique – Guide méthodologique – Conception et dimensionnement selon l'Eurocode 8. (Sétra, 2012).

Diagnostic et renforcement sismiques des ponts existants – Guide technique. (Sétra, à paraître en 2013.)

objectif l'intégration du risque dans les actions de planification et d'aménagement des territoires, ainsi que sur la réduction de vulnérabilité aux inondations.

L'**Ineris** (institut national de l'environnement industriel et des risques), dont le commissaire du gouvernement est le directeur général de la DGPR, s'intéresse en priorité aux risques technologiques et à la qualité de l'environnement (pollutions des milieux naturels) mais travaille également sur le couplage entre risques naturels et risques technologiques (programmes Na'tech).

Plus spécifiquement, l'Ineris s'intéresse à la vulnérabilité des installations industrielles et ICPE, y compris celle de réseaux de canalisations enterrées ou aériennes soumises aux inondations, aux séismes ou aux affaissements de sol liés aux cavités souterraines ou à l'après-mine. Il est à noter que seul parmi les différents organismes pré-cités, l'Ineris est habilité par une convention spécifique à intervenir sans délai comme expert auprès des services déconcentrés (essentiellement les DREAL) dans la gestion d'une crise résultant de la matérialisation d'un risque technologique, sur simple demande.

L'Ineris a ainsi créé une Cellule d'appui aux situations d'urgence (CASU) pour cette mission. L'intervention des autres organismes du RST nécessite actuellement une décision centralisée (remontant au Secrétaire général du ministère), ce qui entraîne des délais souvent importants⁸.

Recommandation 2 Inscrire dans le plan stratégique du Cerema la mise en place d'une cellule opérationnelle permanente permettant de répondre en cas de crise aux sollicitations des services déconcentrés de l'État et des collectivités territoriales et établir des conventions d'assistance auprès de ces entités.

Recommandation 3 Orienter les travaux du RST dans le domaine de la résilience des réseaux en fonction des besoins émergents : études d'interdépendance, études de type « Na'Tech », études sur les effets des vagues de chaleur...

⁸ La récente crise dans les Pyrénées (crue torrentielle de juin 2013) en est une illustration, le Cete Sud-Ouest ayant eu des difficultés de pure forme administrative à intervenir en urgence. Une exception, dont les auteurs ignorent si elle est isolée, a été portée à la connaissance de la mission : une convention a été passée entre le CETE Méditerranée et la société concessionnaire d'autoroutes Escota, permettant au CETE d'intervenir à la demande d'Escota sans délai.

4. L'approche par les réseaux et leurs opérateurs

La mission a retenu dans son champ d'investigations un nombre limité de réseaux situés dans le périmètre de compétence ministériel du MEDDE : opérateurs de réseaux de transport de personnes ou de marchandises, ou de transport ou de distribution d'électricité, intervenant en règle générale sur l'ensemble du territoire national ou dans un cas (celui de la RATP) seulement en région Île-de-France, compte tenu de l'importance tant démographique qu'économique de l'agglomération parisienne. Elle a exclu la distribution d'eau et l'assainissement, qui sont généralement des concessions ou des régies municipales.

4.1. Les réseaux électriques : RTE et ErDF

Le bon fonctionnement du réseau de transport et de distribution d'électricité conditionne celui de l'ensemble des autres réseaux. Il en est d'ailleurs de même, dans une moindre mesure, pour les réseaux de télécommunications.

RTE et ErDF sont tous deux des sociétés anonymes filiales d'EDF.

RTE, propriétaire de son réseau, est chargée du transport d'électricité entre les centres de production (centrales nucléaires ou thermiques, éoliennes, barrages hydroélectriques...) et les postes sources (points d'alimentation du réseau ErDF). Son réseau est constitué de lignes très haute, haute et moyenne tension (entre 400 kV et 63 kV). ErDF est concessionnaire de la plupart des réseaux haute, moyenne et basse tension de distribution d'électricité, qui appartiennent aux collectivités territoriales ou à leurs regroupements. ErDF achemine l'électricité jusqu'aux points de consommation (entreprises, particuliers).

4.1.1. Le Réseau de Transport d'Électricité (RTE)

Conscient du caractère névralgique du transport d'électricité, RTE a développé un programme de sécurisation de son réseau, notamment à la lumière du retour d'expérience (REX) des tempêtes Lothar et Martin. Ce programme s'étend sur 15 ans, de 2002 à 2017, et couvre deux objectifs : principaux : assurer la continuité de l'alimentation, et pouvoir rétablir le courant en moins de cinq jours en cas de sinistre affectant les lignes. L'investissement annoncé est de 2,4 Mds € sur 15 ans. Il fait l'objet d'un bilan annuel adressé à la direction générale de l'énergie et du climat (DGEC).

La résilience est basée sur l'installation de pylônes « anti-cascade » sur les réseaux aériens de 400 000V, à raison d'un pylône « anti-cascade » tous les cinq pylônes. Cette mesure est complétée par le renforcement des fondations des autres pylônes. L'ensemble doit permettre aux lignes de résister à des vents de 150 km/h. Les pylônes anti-cascades seront tous installés fin 2013.

RTE dispose de points de livraison répartis sur le territoire, afin de secourir en matériel et de rétablir une coupure en moins de cinq jours. RTE dispose de 20 hélicoptères afin de suppléer à une défaillance du réseau routier. RTE peut ainsi traiter sept points en simultané.

RTE a fait appel à l'armée en 1999, principalement pour l'aider dans le transport. Il n'y a pas eu d'exercice commun depuis.

En ce qui concerne les inondations, tout le 400 kV est aérien, et seul le 63 kV est enterré, mais en fourreaux en principe étanches.

RTE dispose de huit centres régionaux de conduite, lesquels dirigent 40 postes d'interconnexion. Chacun des huit sites de conduite est secouru.

Une fragilité récente est apparue avec la panne du 4 novembre 2006 à Hambourg (voir § 4,3). Cet incident, extérieur à la France, a eu des répercussions sur le territoire national, car nous étions en situation d'importation de courant allemand. La situation est redevenue normale après 40 minutes d'interruption.

En de telles situations, le réseau est équipé de dispositifs protecteurs de délestage pour éviter un effondrement total du réseau. Ces mécanismes ont bien fonctionné en 2006. RTE dispose de cinq niveaux de délestage, coupant chacun environ 20% du réseau. La granularité de coupure est donc d'au moins 20 %, chiffre qui paraît important.

Depuis cet incident, les opérateurs européens ont progressé, avec la création d'un centre de supervision à Bruxelles, CORESO, qui est un centre de coordination technique créé par les gestionnaires suivants : RTE en France, Elia en Belgique, National Grid en Grande-Bretagne, Terna en Italie, et 50Hertz en Allemagne, afin d'accroître la sécurité électrique en Europe. Un exercice a eu lieu en octobre 2012. L'objectif est de prévenir les incidents analogues à celui du 4 novembre 2006. CORESO fournit une vision globale de la situation du réseau aux compagnies adhérentes.

4.1.2. Électricité réseau Distribution de France (ErDF)

Le patrimoine aérien géré par ErDF en 20 kV totalise 355 000 km, s'accroissant de 8000 km par an. ErDF consacre annuellement 850 M€ au renouvellement du réseau dont ErDF est concessionnaire. Les concédants investissent également pour leur partie.

ErDF dispose de 30 agences de conduite du réseau. Ces agences télécommandent les 2 340 postes sources (points d'alimentation du réseau ErDF par le réseau de transport de RTE) *via* un réseau GSM fourni exclusivement par SFR. Même s'il est théoriquement possible de déplacer un agent pour intervenir sur le poste source, il y a là un élément de fragilité.

Par ailleurs, ces postes sources ne sont pas tous hors d'eau, ce qui aurait été trop onéreux. Une inondation conduit au démontage du poste, son nettoyage, et sa réinstallation.

ErDF a élaboré en 2006 un plan aléas climatiques. ErDF dispose d'un plan national de continuité électrique depuis 2004, qui est une déclinaison d'Orsec. Il existe un arrêté « délestage » du 5 juillet 1990 qui donne les consignes de délestage. Le délestage s'effectue *via* un dialogue avec RTE, qui demande à ErDF de délester des échelons de puissance. Le Préfet gère la liste des sites départementaux à rétablir en priorité. Les 28 000 départs HTA (haute tension en courant alternatif) sont classés des plus prioritaires aux moins prioritaires.

Il existe une fragilité connue dans les réseaux gérés par ErDF : il s'agit des boîtiers de jonction en papier imprégné. Ces vieux boîtiers résistent mal à la chaleur, et « claquent » en cas de canicule. ErDF mentionne leur remplacement progressif.

Hormis cette action dûment identifiée, ErDF ne semble pas avoir de réflexion au sujet des vagues de chaleur extrêmes et prolongées, qu'elles surviennent en période de vacances estivales ou en période de travail normal.

ErDF a disposé 11 plates-formes de stockage sur le territoire, et monté une force d'intervention rapide « Electricité » (FIRE) prête à intervenir sous 24 h, et disposant de matériel sur place. Grâce à ce dispositif, ErDF annonce 90 % de clients coupés rétablis en moins de cinq jours.

Néanmoins, ErDF ne peut garantir que ce matériel puisse supporter la charge de deux événements climatiques proches, car le temps de réapprovisionnement et de mise en place dans les plates-formes de stockage est un temps long. Typiquement, la deuxième tempête de 1999 (Martin) n'aurait pas pu bénéficier de tels approvisionnements.

La mission rappelle les conclusions d'un rapport d'une mission conjointe CGEIET/CGEDD⁹ (juin 2010) relative à la limitation de l'impact des événements climatiques majeurs sur le fonctionnement des réseaux de distribution d'électricité : ce rapport établit en effet que si l'enfouissement du réseau moyenne tension est le principal moyen de sécuriser le réseau de distribution électrique, il s'agit d'un objectif à moyen terme, car à court terme, le dispositif d'intervention d'urgence mis en place par ErDF pour rétablir au plus vite les alimentations électriques après une tempête contribue de façon significative à limiter l'impact de ces tempêtes pour les clients d'ErDF. Ce rapport met par ailleurs en lumière l'incohérence entre les dispositifs de financement des réseaux moyenne et basse tension qui conduisent à un financement plus facile de l'enfouissement en basse tension, alors que le réseau moyenne tension devrait être prioritaire en termes de mise en sécurité.

Recommandation 4 Mieux prendre en compte les températures extrêmes prolongées pour leur incidence sur le fonctionnement des composants et circuits électroniques dont l'usage se généralise (RTE, ErDF, RATP, SNCF).

Recommandation 5 Étudier la possibilité d'avoir une granularité plus fine et plus progressive de coupure pour RTE : il conviendrait d'étudier la possibilité de recourir à des paliers de délestage en pilotage automatique de 5% ou 10%. (RTE).

Recommandation 6 Éliminer la dépendance d'ErDF à l'égard d'un opérateur unique de téléphonie mobile en concluant des contrats avec l'ensemble des opérateurs de réseaux de télécommunications. Cette recommandation peut être étendue à d'autres gestionnaires de réseaux.(ErDF, autres gestionnaires de réseaux éventuellement concernés).

Recommandation 7 Maintenir et améliorer quand c'est possible les systèmes intégrés à l'échelon européen pour les réseaux interconnectés, afin de répondre à une situation de crise (RTE).

4.2. Les réseaux de transport terrestre et fluvial

4.2.1. Le réseau routier et autoroutier

Les aléas naturels affectant les réseaux routiers ou autoroutiers sont nombreux et variés: les inondations marines ou fluviales, ou par ruissellement, les glissements de

⁹ Auteurs : Gilles Bellec, Bruno Sauvalle (CGEIET), Henri Boyé, Michel Rochas (CGEDD).

terrain et les chutes de blocs, les avalanches, les séismes peuvent gravement endommager le réseau routier et ses ouvrages d'art ; les vents violents (chutes d'arbres ou de panneaux) et les épisodes hivernaux intenses peuvent fortement perturber la circulation. Les réponses opérationnelles sont différentes pour chacun de ces risques.

Beaucoup de routes et d'ouvrages d'art ont été construits il y a plus de trente ans, à une époque où le dimensionnement vis-à-vis des aléas naturels était moins exigeant qu'aujourd'hui. Or, mis à part le cas des tunnels, il n'existe aucun programme de remise à niveau systématique des routes et ouvrages anciens aux nouvelles normes. En revanche, certaines routes de montagne situées en zones instables (affaissement de la plate-forme, chutes de pierres) font l'objet d'une surveillance particulière et d'un renforcement périodique.

En ce qui concerne le réseau routier national, les Directions interdépartementales des routes ont un rôle technique et opérationnel, sous l'autorité des préfets. La direction des infrastructures de transport (DIT) et notamment la sous-direction gestion du réseau routier national (S/D GRN) jouent le rôle de tête de réseau.

Sur le plan technique, le Sétra (et dans l'avenir le Cerema) élabore la réglementation nationale à l'égard des risques neige et vent. Avec l'aide des Cete et de l'IFSTTAR, il publie des référentiels techniques qui de fait s'imposent aux différents gestionnaires d'infrastructures.

La circulaire du 28 décembre 2011 relative à la gestion de la circulation routière (préparation et gestion des situations de crise routière) introduit les plans de gestion du trafic (PGT) mis en place dans les zones à risques identifiés, en cas d'atteinte à la continuité du service rendu par le réseau :

« Les différents plans de gestion de trafic (PGT), qu'ils soient territoriaux (PGT d'agglomération, d'axes...) ou qu'ils traitent de type d'événements (plans intempéries zonaux, grands flux migratoires de type PALOMAR...) doivent couvrir les principales hypothèses de crise routière, à partir d'une analyse des réseaux, des flux et des risques ».

Les PGT prévoient des délestages du réseau principal, des itinéraires alternatifs, des interdictions de circuler, une information des usagers. La crise principale qui est visée est la crise hivernale. Selon l'extension territoriale de la crise et de ses conséquences (zone d'impact), le pilotage du PGT est assuré soit par le préfet du département concerné, soit par le préfet de zone de défense (PZD), avec l'appui de la DREAL de zone. Les différents PGT, qu'ils soient territoriaux (PGT d'agglomération ou d'axes) ou qu'ils traitent de certains événements (plans zonaux Intempéries, par exemple) doivent couvrir les principales hypothèses de crise routière, à partir d'une analyse des réseaux, des flux et des risques. Les PGT sont élaborés par les Cete et validés par les PZD.

Le risque tempête n'est pas pris en compte par des plans territoriaux spécifiques, la tempête pouvant survenir en tous lieux. La seule mesure préventive à l'égard de ce risque est l'abattage des arbres malades (après diagnostic phytosanitaire), voire la suppression des plantations d'alignement. Par ailleurs, les portiques et panneaux de signalisation sont dimensionnés pour une bonne tenue au vent.

Outre les plans intempéries et les PGT, un outil utilisé dans la réponse aux crises est l'information des usagers de la route, ce qui suppose un réseau de transmissions en bon état de marche et résilient. L'information peut aller des conseils aux usagers (éviter

d'utiliser son véhicule sauf nécessité impérieuse) à l'information sur une coupure de circulation avec un itinéraire de délestage.

On a donc trois niveaux d'action :

- agir à la source : sécurisation de l'itinéraire (cf. le plan de la RN 116 dans les Pyrénées-Orientales vis-à-vis des chutes de blocs),
- développer l'information de l'utilisateur, ce qui suppose des transmissions fiables,
- mettre au point un PGT.

Les retours d'expérience (REX) concernent principalement les grandes inondations (Vaucluse, Aude, Xynthia...) et la tempête de neige de fin 2010. Les plans (plans intempéries, PGT) sont mis à jour s'il y a lieu à la suite des REX. Il y a aussi des REX à l'issue d'exercices.

Un exemple de retour d'expérience : l'effondrement du pont sur la rivière Saint-Étienne, lors du passage du cyclone Gamède en 2007 à La Réunion, a été le révélateur de déficiences des ouvrages vis-à-vis du risque d'affouillement des piles. Un programme de diagnostic des ouvrages stratégiques a donc été lancé dans tout le département, suivi de propositions de mise en sécurité et des travaux de réduction de la vulnérabilité.

L'opération SEVRE – stratégie d'exploitation dans la vallée du Rhône – a été conduite dans le couloir rhodanien (120 000 véhicules/jour en été, dont 20 % de poids lourds) par le Cete Méditerranée et le Cete de Lyon sous le pilotage de la DREAL Rhône-Alpes. Tous les acteurs pouvant être concernés ont été réunis pour élaborer des scénarios, dont un d'inondation, et examiner la vulnérabilité des réseaux routiers, en particulier ceux nécessaires à la gestion de crise. La SEVRE qui en est résultée permet à ASF, en cas de coupure de l'autoroute A7, d'organiser avec les pouvoirs publics le stockage des poids lourds et des déviations au niveau de Valence. L'amélioration des communications entre les parties prenantes est un élément essentiel de la stratégie.

Les sociétés concessionnaires d'autoroutes, consultées à travers l'ASFA (association des sociétés françaises d'autoroutes), sont responsables de la prévention des risques et de la gestion de crise sur leur réseau. Elles observent de manière générale une attitude plutôt attentiste à l'égard des normes de dimensionnement ou de protection, craignant toute extension de leurs responsabilités, et ne cherchent pas à devancer l'entrée en vigueur de réglementations plus contraignantes. L'imposition par l'État de nouvelles contraintes sur des infrastructures existantes les conduiraient sans doute à demander une prise en charge des dépenses engagées à cet effet (comme cela a été le cas pour la mise aux normes des tunnels), voire une renégociation de leur contrat de concession.

4.2.2. Le réseau ferré national : RFF et SNCF Infra

Les principaux risques naturels susceptibles d'affecter l'intégrité du réseau et de provoquer des interruptions de trafic temporaires ou prolongées sont :

- le risque de **tempête**, pouvant provoquer une chute ou un arrachage de la caténaire, par effet direct ou le plus souvent du fait de chutes d'arbres sur la voie, et endommager des équipements de voie ou des signalisations ;
- le risque **sismique** (faible au regard du réseau ferré sur l'essentiel du territoire métropolitain) et le risque **d'instabilité géologique** pouvant provoquer un

affaissement de la plate-forme¹⁰ ou des coulées de boue ou chutes de pierres¹¹ sur la voie ;

- le risque **de crue et d'inondation**, qui peut entraîner une submersion de la plate-forme et des désordres de celle-ci , ou inonder des postes d'alimentation électrique ou des postes de commande d'aiguillages : à cet égard, l'agglomération parisienne est une zone particulièrement sensible vis-à-vis d'une crue importante de la Seine, compte tenu de la densité et de la complexité des réseaux ferrés (qu'il s'agisse du réseau RFF ou de la RATP).

Selon les statistiques de la SNCF, les chutes de blocs sur voie représentent le plus grand nombre d'accidents après ceux de passages à niveau, sans toutefois faire de victime : un bloc de seulement 10 dm³ environ peut faire dérailler un train.

On peut remarquer que, en bien des endroits, voie ferrée et voie routière se côtoient et sont ainsi soumis aux mêmes aléas naturels. Une réflexion commune et des solutions coordonnées de maîtrise des risques sont à recommander.

4.2.2.1. La réglementation applicable

La sécurité du réseau et des circulations ferroviaires est fondée sur le décret n° 2006-1279 du 19 octobre 2006 relatif à la sécurité des circulations ferroviaires et à l'interopérabilité du système ferroviaire. Ce décret est lui-même pris pour transposition, notamment, des directives européennes n° 2004/49/CE du 29 avril 2004 (concernant les licences des entreprises ferroviaires) et n° 2001/14/CE (concernant la certification en matière de sécurité).

Le dispositif réglementaire est fondé sur :

- un agrément de sécurité délivré par l'établissement public de sécurité ferroviaire (EPSF), créé par le décret pré-cité, article 3, au gestionnaire d'infrastructure (GI) et au gestionnaire d'infrastructure délégué (GID) pour une durée de 5 ans, définissant leur aptitude à satisfaire aux exigences réglementaires de sécurité et à la maîtrise des risques (art. 19) ;
- un certificat de sécurité délivré par l'EPSF à toute entreprise ferroviaire pour obtenir l'accès au réseau ferré national (art. 20) ; ce certificat peut être délivré sous conditions ;
- pour des éléments d'infrastructure ou matériels roulants, une autorisation de mise en exploitation commerciale (AMEC) d'un système ou sous-système¹² nouveau (ou substantiellement modifié) délivrée par l'EPSF (art. 44 pour l'infrastructure et 56 pour les matériels roulants), sur la base d'un dossier de sécurité¹³ fourni par le promoteur du système ou sous-système.

¹⁰ C'est ainsi par exemple qu'en 1993, un fontis a entraîné un affaissement de la plate-forme de la LGV nord à la hauteur d'Arras, qui a provoqué un déraillement d'un TGV. Celui-ci a heureusement continué sur sa lancée et n'a pas été déséquilibré, ce qui a permis d'éviter un accident majeur. Voir § 5.1

¹¹ A cet égard, RFF s'est doté de détecteurs de chutes de pierres en zones montagneuses.

¹² Il peut s'agir d'une voie, de ses équipements (caténaires, signalisation, aiguillages...), d'alimentation en énergie...

¹³ Plus précisément : un dossier de définition de sécurité lors de la définition du projet, un dossier préliminaire de sécurité à la fin des études de conception et un dossier de sécurité à la fin des travaux, avant mise en service.

4.2.2.2. L'organisation

L'EPSF est ainsi le garant de la sécurité du réseau ferré national. Il s'intéresse à la sécurité technique de la voie et de ses équipements et annexes, du matériel roulant et des circulations, mais pas de manière spécifique aux mesures de réduction ou de traitement des risques naturels. Son objectif primordial est d'assurer la sécurité des circulations sur le réseau (éviter des déraillements, des collisions entre trains ou avec un véhicule terrestre à un passage à niveau). Son interlocuteur au sein de RFF est la direction de la sécurité du réseau.

Au-delà du réseau ferré national, l'EPSF contrôle la sécurité d'autres réseaux ferrés locaux (articles 28 et 29 du décret pré-cité). Le service technique des remontées mécaniques et des transports guidés (STRMTG) joue un rôle équivalent pour les tramways et la RATP.

L'organisation de la sécurité ferroviaire repose :

- chez RFF sur la direction de la sécurité du réseau rattachée au directeur général adjoint « opérations » et sur la direction de l'audit et des risques, rattachée au président de l'établissement public (pour la sûreté et le reporting de l'opérateur d'importance vitale RFF auprès de SDSIE) ; sur le plan opérationnel, sur la direction de la qualité du réseau et de la maîtrise d'ouvrage ;
- à la SNCF, sur le délégué à la sécurité et, sur le plan opérationnel (circulation des trains, gestion des postes d'aiguillage) sur la direction des circulations ferroviaires (DCF), rattachée en termes de gouvernance au pôle infrastructure et donc à RFF.

La direction de l'audit et des risques de RFF supervise la sûreté (contrôle de 2ème niveau), établit la cartographie des risques de tous ordres (opérationnels, juridiques, financiers, d'image...) de l'établissement public et effectue le reporting de ce dernier.

4.2.2.3. La résilience du réseau existant

Concernant le réseau existant, la stratégie de résilience est graduée, en fonction de l'importance économique de la voie concernée : on admettra plus facilement une interruption de trafic liée à une submersion par exemple sur un tronçon à faible circulation que sur une liaison « structurante » à fort enjeu économique. Sur le réseau secondaire, les réparations sont faites « au fil de l'eau » dans le premier cas, en prévention dans le cadre d'opérations programmées dans le second. Toutefois, RFF n'a pas mis en place une doctrine économique quant à l'opportunité de durcir ou non les points de vulnérabilité du réseau.

En outre, l'insubmersibilité d'un remblai ferroviaire ne doit pas altérer la continuité d'autres réseaux (trame verte et bleue : rétention de nappes d'eau en amont) : dès lors qu'une voie représente un enjeu économique significatif, des buses ou autres ouvrages doivent être aménagées à travers le remblai, selon une problématique similaire à celle des routes.

Sur le sujet des mouvements de terrain (chutes de blocs, coulées de boue, etc.), la SNCF/Infrastructures a établi un certain nombre de référentiels techniques, notamment sur l'entretien des ouvrages (talus, dispositifs de protection contre les chutes de pierres) et sur leur surveillance. Une réflexion globale sur la vulnérabilité/résilience et sur le management des risques est en cours. Comme indiqué ci-dessus, des

investissements lourds de protection seront consentis pour des lignes à fort enjeu, alors que, pour des lignes secondaires, on acceptera des interruptions de trafic, des solutions alternatives ayant été préparées.

4.2.2.4. La résilience des lignes nouvelles

Concernant les lignes nouvelles – et notamment les lignes à grande vitesse – elles intègrent dès leur conception des dispositifs de « durcissement » à l'égard des risques naturels identifiés, mais aussi au risque de malveillance (protection contre les intrusions) à travers des principes de dimensionnement (référentiels techniques). On peut noter une évolution de prise en compte d'une sécurité de plus en plus grande : exemple du dimensionnement vis-à-vis des crues centennales dans la ligne TGV Paris-Lyon, et pour la crue millénale dans les LGV en construction aujourd'hui. Ces référentiels techniques n'ont pas fait l'objet d'une évaluation de leur « surcoût » par rapport aux normes techniques antérieures ; *a fortiori*, la part liée spécifiquement au durcissement à l'égard des risques naturels ne peut être isolée du reste.

La doctrine de RFF consiste ainsi à se conformer à la réglementation technique pour les lignes nouvelles, qu'il s'agisse d'ailleurs de règles de sécurité ou de règles environnementales. Concernant les ouvrages existants en revanche, il n'existe aucune doctrine de remise à niveau : pour chaque type d'ouvrage un programme de visites est défini, avec une attention particulière pour les tunnels (risque de chutes de pierres et, de manière marginale, risque sismique).

4.2.2.5. Les systèmes de commande et l'exploitation commerciale

De même, pour améliorer les performances de la gestion des circulations, réduire les coûts d'exploitation et moderniser son réseau, RFF a défini un vaste programme de rénovation et de réorganisation des systèmes de commande et de régulation des circulations : **le projet de la commande centralisée du réseau (CCR)**, qui consiste à rassembler la commande des 1 500 postes d'aiguillage et la régulation des circulations dans seize centres, supervisés et coordonnés par un centre national. Ce projet de modernisation est une des actions du Plan de rénovation du réseau décidé par le Gouvernement en 2006 et repris dans le contrat de performance signé entre RFF et l'État en novembre 2008.

Ces 16 centres de commande des postes d'aiguillage actuellement en cours de construction ainsi que le centre national seront non inondables et para-sismiques. Ce n'est pas le cas, en revanche, de tous les postes de commande existants, pour lesquels il n'existe pas de programme de réhabilitation à l'égard de ces risques.

Dans le domaine de l'exploitation, le point le plus délicat est la **reprise du trafic après une interruption liée à l'impossibilité d'assurer la sécurité des circulations**, quelle qu'en soit la cause. C'est l'objet du plan de continuité d'activité (PCA), qui prévoit les modalités de reprise des circulations, si nécessaire en mode dégradé.

Enfin, l'attention de la mission a été attirée sur la vulnérabilité de certains services internet de réservation non « back-upables » dont la défaillance ne pourrait être palliée dans des conditions satisfaisantes par les guichets traditionnels de la SNCF.

4.2.2.6. L'organisation prévue

Dans le cadre de la constitution prévue par la réforme du système ferroviaire français, d'un gestionnaire de l'infrastructure unifié (GIU) regroupant RFF, la direction des circulations ferroviaires (DCF) et SNCF Infra, il conviendra de porter une attention particulière à la place dans l'organigramme et aux missions de la structure en charge de la sécurité physique et à l'intégrité fonctionnelle du réseau et de ses équipements annexes, ainsi qu'à la sécurité des circulations. Par ailleurs, il est prévu de constituer en région Île de France une structure particulière associant SNCF banlieue (Transilien) et RATP avec une gouvernance intégrée, ce qui devrait faciliter la solution des problèmes d'interface entre exploitants sur les réseaux exploités en commun (RER A et B) et contribuer à en améliorer la sécurité.

4.2.3. **Les réseaux de transport collectif en site propre : le cas de la RATP**

Parmi les opérateurs de transports collectifs urbains, la mission a retenu le cas de la RATP, opérateur du réseau en agglomération parisienne au même titre que la SNCF banlieue (Le Transilien).

La RATP, établissement public industriel et commercial de l'État piloté par un contrat de service public avec le Syndicat des transports d'Île-de-France (STIF) représentant 85 % de son chiffre d'affaires, est à la fois gestionnaire de son réseau ferré et exploitant unique de ce réseau. Elle exploite également des lignes de tramway (en site propre) et un réseau d'autobus qui circulent sur la voie publique.

Elle dispose d'un référentiel de risques établi en 2009, et actualisé en 2012. Il comporte 250 risques, et identifie les risques qualifiés de « significatifs ». 50 risques significatifs constituent cette catégorie. Parmi ceux-ci, la RATP a établi une cartographie de 18 risques qualifiés de majeurs.

Concernant le risque inondation, la RATP a considéré trois scénarios (1910, <1910, >1910) et avec deux hypothèses :

- tout le réseau inondé
- seul un noyau central inondé.

Elle dispose d'une réserve de barrières anti-inondations, dimensionné selon les scénarios.

Pour le risque tempête, les chutes d'arbres sont pris en compte pour la partie de réseau non enterré sous responsabilité RATP.

Il est à observer que, tant la RATP que la SNCF, ne s'occupent, sur les lignes mixtes (B , D) que de leur section propres, et donc la question de la coordination, et de la cohérence des actions est posée en cas de catastrophe naturelle.

La RATP dispose de plans prioritaires de dégagement neige. Cependant, l'interaction avec les effets du grand froid ou de la neige collante semble mal maîtrisée. En effet, l'épisode neigeux des 11-12 mars 2013 s'est soldé par des lignes de métro totalement interrompues, ou fortement perturbées. La situation du RER sous responsabilité RATP a été bien pire encore.

La RATP ne dispose pas de plans canicule ou grande chaleur. Or, si les effets de la canicule 2003 sur le réseau RATP sont passés inaperçus, ceci est dû à deux

circonstances : d'une part, l'hécatombe humaine liée à la chaleur a occulté la plupart des autres aspects (à l'exception de l'aspect énergétique- refroidissement des centrales et rejets), et d'autre part, cette canicule s'est produite au moment le plus creux en matière de transports parisiens.

La mission considère qu'il y a là un aspect de risque qui doit être étudié sérieusement par la RATP. La même canicule que 2003, mais se produisant en juin, à un moment de plein trafic parisien, aurait eu des conséquences extrêmement différentes, et nul doute que l'impact sur les transports serait passé au premier plan.

Il est aussi probable que l'électronisation croissante de multiples domaines des transports, couplée à la fragilité de l'électronique vis-à-vis des fortes températures, ont accru la vulnérabilité du réseau depuis 10 ans.

Recommandation 8 Engager des études portant sur les effets de fortes chaleurs prolongées, études comportant plusieurs scénarios de températures extrêmes (durée, intensité). (RATP).

Enfin, rappelons le risque de fontis sous voie, présent dans plusieurs tronçons du RER notamment, comme dans l'ensemble du sous-sol parisien : l'occurrence d'un tel accident pourrait interrompre la circulation durablement.

4.2.4. Les voies navigables : le cas de Voies navigables de France (VNF)

4.2.4.1. Présentation de VNF

La France comporte plusieurs opérateurs de réseau de voies navigables : citons la Compagnie française de navigation rhénane (CFNR) et la Compagnie nationale du Rhône (CNR), filiale de GDF Suez. Un seul opérateur est présent sur la majeure partie du territoire national : Voies navigables de France, établissement public administratif de l'État¹⁴. Pour cette raison, seul VNF a été retenu par la mission dans le cadre de son enquête sur les opérateurs. VNF est un établissement public sous tutelle du MEDDE.

L'organisation de VNF confie à un responsable unique la gestion des risques et de la crise, placé auprès du directeur général, qui dispose d'un centre opérationnel activable en cas de crise. Il traite de toutes les formes de crise (Vigipirate, pandémies, crises liées à un accident survenant sur une installation Seveso...).

Dans chaque bassin, un responsable de la sécurité est désigné par le DG comme interlocuteur unique du préfet de zone de défense pour la gestion des crises. Il y a une astreinte au siège. Un centre de crise est créé au siège de VNF sur décision du DG en cas d'alerte. VNF peut être mis à disposition des préfets en cas de crise.

4.2.4.2. Les risques

Les voies navigables sont soumises aux aléas traditionnels suivants : les cours d'eau navigables sont inutilisables lors d'une crue (vitesse de courant trop rapide, hauteur insuffisante sous les ponts) et les canaux le sont lors des épisodes de gel fort.

¹⁴ VNF, qui était jusqu'à une date récente établissement public industriel et commercial, est devenu un établissement public administratif après s'être vu transférer les services de navigation et leur personnel, précédemment géré par le MEDDE.

Autre danger : les bois flottés ramassés par la crue, qui sont un danger pour la navigation (blocage des hélices ou du gouvernail !) et pour la manœuvre des ouvrages tels que les portes d'écluse ou les barrages mobiles.

Le risque d'étiage est en revanche plus nouveau. Les moyens visant à réduire les pertes d'eau génèrent des surcoûts, soit en augmentant le temps d'attente des navires, soit en consommant davantage d'énergie (en pompant l'eau), soit à travers les besoins en infrastructures supplémentaires (installation de portes de séparation). Sur la Meuse, ces surcoûts ont été évalués par simulation à + 36 % par rapport à la normale pour une sécheresse de type 2003, et, pour une sécheresse de type 1976, le coût serait 15 fois celui d'une année normale.

4.2.4.3. La réglementation applicable

VNF se voit appliquer la réglementation sur la sécurité des ouvrages hydrauliques (classement, visites, études de danger, etc.). Le décret n° 2007-1735 du 11 décembre 2007 relatif à la sécurité des ouvrages hydrauliques et au comité technique permanent des barrages et ouvrages hydrauliques, codifié dans le code de l'environnement, vise à limiter les conséquences d'une inondation, en protégeant les populations et les activités économiques.

Ce décret prévoit un plan de prévention des submersions marines et des crues rapides, dit « plan digues ».

Il convient de noter que ce plan ne couvre qu'une partie des digues métropolitaines : l'opérateur VNF n'est responsable que d'une fraction des digues de protection, essentiellement les digues des canaux ou contre-canaux. Hors concessions (telles que la CNR, Compagnie Nationale du Rhône), les principaux systèmes de digues appartenant à l'Etat ont été transférés à des établissements publics territoriaux de bassin (EPTB) : ainsi en est-il par exemple des digues Etat du grand delta du Rhône. Les autres digues de protection, par exemple en milieu urbain, sont soit privées, soit maîtrisées par les collectivités territoriales.

Le niveau d'exigence concernant les travaux de remise en état ou d'intervention est sensiblement plus élevé pour les digues que pour les barrages. VNF a également réalisé un diagnostic des digues (état, criticité) et lancé un programme de renforcement, en concertation avec la direction générale de la prévention des risques (DGPR).

L'effort d'entretien et de maintenance des ouvrages se porte principalement sur les voies à grand gabarit, les canaux utilisés seulement par le tourisme fluvial ne bénéficiant pas de la même priorité.

4.2.4.4. La réponse aux aléas

La réponse en cas de crue consiste à « effacer » les barrages et laisser passer la crue. Des programmes informatiques permettent une gestion fine de la ligne d'eau en cas de crue ou d'étiage sur l'ensemble du réseau navigable. L'interruption de la navigation sur ce réseau est exceptionnelle et n'affecte que des points singuliers et sur une plage de temps restreinte.

En cas de gel et de formation de glace, VNF dispose de bateaux brise-glace afin d'assurer la continuité de la navigation sur des voies d'eau à fort enjeu économique. En cas de très fort gel, on se limite au voisinage des ouvrages mobiles.

Au sujet des automatismes et de la télé-transmission des informations, VNF a mis hors crue de nombreux équipements électroniques. Il y a des batteries et des groupes électrogènes en cas de coupure électrique. Le mécanisme est tel qu'il est toujours possible d'abattre les barrages en cas de crue (mécanisme gravitaire), mais cela peut être difficile de les remonter après, surtout s'il y a des arbres enchevêtrés.

VNF ne dispose pas d'un réseau de transmission mobile « dédié » et admet une fragilité, du fait de la dépendance du téléphone et d'internet pour consulter l'état des dispositifs et télécommander des manœuvres (notamment dans le cas d'une rupture de réseau de transmission mobile pendant une opération d'urgence). VNF a cependant gardé quelques réseaux radio.

Signalons deux indicateurs intéressants du **contrat d'objectifs et de performance** triennal signé entre l'État et VNF pour la période 2011 à 2013 :

- l'indicateur I.4.2, « disponibilité du réseau (hors phénomènes extérieurs) », néanmoins aucune cible précise n'est définie;
- l'indicateur II.3.1, « indicateurs cartographiés : état fonctionnel des écluses, des barrages, des digues ».

Pour résumer, le réseau de voies navigables est assez peu sensible aux risques naturels. **La vulnérabilité de ce réseau apparaît plus liée aux risques que sa présence fait courir à son environnement (rupture de digues) qu'à l'interruption momentanée de la circulation fluviale.**

4.3. Le transport aérien : la direction des services de la navigation aérienne (DSNA) et Aéroports de Paris (ADP)

4.3.1. La DSNA

La direction de la sécurité de la navigation aérienne (DSNA), direction opérationnelle rattachée à la direction générale de l'aviation civile (DGAC), assure les missions suivantes :

- fournir aux usagers de l'espace aérien les services de contrôle du trafic aérien, dans les meilleures conditions de sécurité, de régularité et de prix ;
- préserver l'environnement grâce à différents engagements du Grenelle Environnement ;
- faire évoluer les moyens du contrôle aérien.

Créée par décret du 28 février 2005 qui réorganise la DGAC, elle est certifiée par une autre direction de la DGAC, la direction de la sécurité de l'aviation civile (DSAC).

Assurant le contrôle du trafic aérien, elle n'est pas concernée par les infrastructures aéroportuaires en tant que telles, mais par la navigation aérienne, avec un objectif de prévention des accidents. En cas de graves perturbations climatiques (tempêtes,

chutes de neige, givre, orages violents...) mais également en cas d'alerte terroriste, il lui appartient de décider :

- d'autoriser ou d'interdire le décollage des avions ;
- de dérouter, le cas échéant, les avions en vol vers un autre aéroport ;
- d'autoriser la réouverture de la plate-forme dès lors que les conditions de sécurité sont remplies.

Cette décision est prise en concertation avec l'opérateur aéroportuaire, mais la tour de contrôle (rattachée hiérarchiquement à la DSNA) tranche en dernier ressort.

Les moyens d'intervention des plates-formes aéroportuaires (dénivellement, préparation des avions...) sont dimensionnés en fonction d'un événement climatique de fréquence décennale. Des installations fixes de navigation aérienne (tour de contrôle, antennes, autres installations) sont érigées au voisinage des pistes et autres voies de circulation par l'exploitant aéroportuaire et remises à la DSNA.

Chaque plate-forme aéroportuaire, pour être autorisée à fonctionner, doit solliciter et obtenir de la DSAC un **certificat de sécurité**.

Le certificat de sécurité peut être retiré en conditions météorologiques dégradées, si l'exploitant aéroportuaire n'apporte pas la preuve du bon fonctionnement de ses installations en mode dégradé, concernant notamment l'autonomie de ses groupes électrogènes. La perte d'alimentation électrique est en effet identifiée comme le principal risque pesant sur la continuité des services de la navigation aérienne et un système de secours doit alors être activé : groupes électrogènes disposant d'une autonomie suffisante, redondance des circuits d'alimentation électrique.

Ainsi par exemple, une convention entre ADP et la DSAC (direction territoriale nord) prévoit la fourniture par ADP à la tour de contrôle et aux instruments de navigation aérienne d'énergie électrique, de services de téléphonie et de services informatiques.

Les principaux risques naturels affectant classiquement le trafic aérien sont le vent et les chutes de neige.

Toutefois, la dispersion de cendres volcaniques dans l'atmosphère à la suite de l'éruption du volcan Eyjafjöll en 2010 a montré que ce phénomène constituait un risque majeur pour la circulation aérienne. La dispersion des cendres comportait *a priori* un risque d'endommagement des réacteurs, et n'avait pas été anticipée ; elle a donné lieu à une interdiction générale de vols, interdiction levée après quelques jours lorsque des vols d'essai eurent pu être réalisés.

4.3.2. Les exploitants aéroportuaires : l'exemple d'ADP

L'exploitant d'une plate-forme aéroportuaire est exposé à des risques de nature différente. On prendra ci-après pour illustration l'exemple d'Aéroports de Paris (ADP), société anonyme cotée à participation publique majoritaire. Ces risques ont été cartographiés (cf. cartographie des risques dans le document de référence fourni à l'AMF (autorité des marchés financiers) par la société ADP). Ainsi parmi les risques d'exploitation, ce document énumère des risques naturels susceptibles d'affecter les plates-formes exploitées par ADP, on relève les conditions météorologiques exceptionnelles mais aussi les cendres volcaniques. L'impact peut être direct, sur

l'infrastructure propre aux aéroports, ou indirect, affectant les compagnies, les prestataires de services essentiels ou les réseaux névralgiques tels que eau, électricité, routes et carburants.

Concernant les prestataires, il est intéressant de noter qu'une tension extrême sur l'approvisionnement en produits de dégivrage a conduit à l'annulation de plus de 2000 vols en décembre 2010 (voir le REX « événement neigeux de 2010 » au §5.8).

En tant que gestionnaire d'infrastructures, ADP est confronté aux risques suivants :

- un risque bâtiminaire (aérogares, hangars) ;
- un risque pistes et installations de navigation aérienne.

Le risque bâtiments est le plus significatif. Ainsi, les aérogares sont soumises à la réglementation technique des établissements recevant du public (ERP) : autrefois construits en béton, ils sont de plus en plus conçus en ossature métallique avec une toiture légère et sont dimensionnés pour tenir un vent de 140 km/h (conditions décennales). La toiture doit également résister à des chutes de neige « décennales ». Ces installations sont fermées au public dès lors que les limites de dimensionnement sont atteintes. Un programme de rénovation et de remise aux normes de bâtiments stratégiques vétustes sur l'ensemble des sites d'ADP est en cours de réalisation : 50 bâtiments à rénover sur 5 ans, à raison de 10 bâtiments par an.

Les hangars techniques et installations annexes sont des installations plus légères, avec des règles de dimensionnement moins exigeantes. De même, les installations de radionavigation situés au bord des pistes doivent présenter un bon compromis entre résistance au vent et frangibilité (ils doivent plier en cas de choc d'un avion). Leur dimensionnement répond aux normes de l'organisation de l'aviation civile internationale (OACI), déclinées en France sous forme de guides techniques du service technique de l'aviation civile (STAC).

Outre le vent et les chutes de neige, les principaux risques naturels identifiés sont :

- le risque d'inondation (remontée des nappes à la suite de précipitations importantes) : à Orly, système de pompage sous l'aérogare avec système de secours redondant ; à Roissy, bassin de rétention des eaux pluviales de la plate-forme ;
- le risque d'enneigement et de givrage, mis à jour lors de l'épisode climatique de décembre 2010, qui a fait l'objet d'un rapport du CGEDD¹⁵ (le dégivrage des avions étant une condition préalable à leur autorisation de décoller).

Enfin, comme indiqué plus haut, un point de fragilité potentielle est l'alimentation en énergie électrique, qui a fait l'objet d'un traitement particulier avec des groupes de secours et des circuits redondants.

Les principaux aéroports de province sont confrontés aux mêmes types de risques naturels, auxquels il faut ajouter le risque sismique (pour Nice et dans une moindre mesure pour Bâle Mulhouse) et le risque de tsunami (lié au risque sismique, pour Nice).

¹⁵ Rapport CGEDD- IGA n° 7540-01 « Retour d'expérience à la suite de l'épisode neigeux survenu le 9 décembre 2010 »

4.4. Le transport maritime et les grands ports

Les ports, nœuds majeurs du réseau de transport par voie d'eau, sont affectés par plusieurs risques naturels :

- Séisme : outre la secousse proprement dite, pouvant affecter les structures, le risque de liquéfaction est très souvent présent, dans les formations sableuses saturées – naturelles ou artificielles – que l'on rencontre en abondance dans les ports. En France métropolitaine, l'aléa sismique est important dans des ports comme Nice ou Strasbourg, mais également à Dunkerque où la prise en compte du risque de liquéfaction a engendré un surcoût important du terminal méthanier. Dans les Antilles, le risque sismique est fort et pris en compte dans les ouvrages portuaires.
- Tempête de vent : les portiques et grues sont dimensionnés pour une vitesse maximale de vent. Ils sont mis à l'arrêt sous la responsabilité des opérateurs à partir d'une certaine force de vent.
- Houle et surcote de tempête : pour les digues externes, la protection par enrochements est dimensionnée pour une certaine hauteur de houle mais on admet qu'il faille recharger après des tempêtes exceptionnelles (résilience). La tempête Xynthia a conduit à une révision des surcotes à Bordeaux.
- Inondation par ruissellement : compte-tenu de leur implantation, nombre de plates-formes portuaires sont sujettes à inondation lors de précipitations exceptionnelles.
- Tsunami : le risque de raz-de-marée est présent en Méditerranée (*cf.* l'accident de l'aéroport de Nice en 1976) et aux Antilles.

Le changement climatique entraîne une élévation du niveau de la mer (dilatation thermique des océans et fonte des glaces) qui remet en cause le dimensionnement classique des ouvrages à la mer. L'ONERC (Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique) recommande de prendre entre $DH = 0,4$ à 1 m^{16} .

Pour les projets actuels, on prend en général 0,6 ou 1 m. Le Cetmef a entrepris une étude statistique prenant en compte la corrélation entre surcote liée au vent et houle, ce qui conduirait à considérer une surélévation des digues de 1,5 DH.

Il existe un certain nombre de guides techniques au niveau national (Rosa 2000) ou international (AIPCN), qui servent de référence pour l'estimation des événements extrêmes et le dimensionnement.

Rappelons que les projets portuaires, naguère validés par l'administration, ne le sont plus depuis la réforme portuaire qui a créé, par la loi du 4 juillet 2008, les Grands Ports Maritimes, établissements publics de l'État.

S'agissant des ouvrages existants, pour lesquels la montée du niveau marin n'était pas prise en compte, une mise à niveau est souvent complexe techniquement : rehaussement, renforcement, etc.

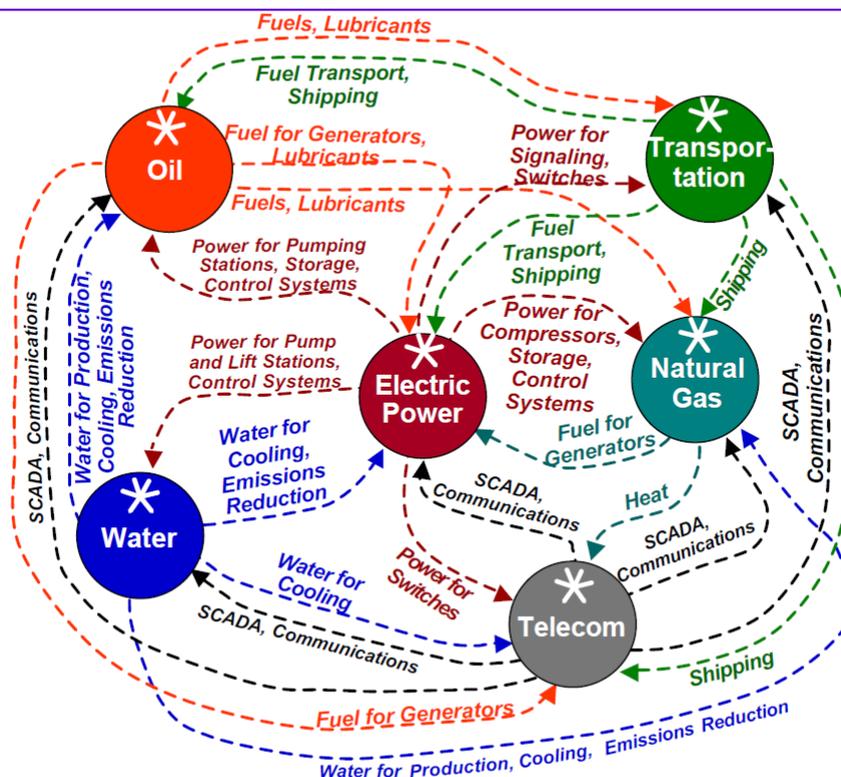
Enfin, les tempêtes peuvent endommager le balisage en mer. Une panne d'électricité peut interrompre le fonctionnement des balises lumineuses. Les phares ont des redondances.

¹⁶ Notons que, selon l'ONERC, seraient inondés une à plusieurs fois par siècle, dans une hypothèse d'une élévation de 1 m du niveau marin : 198 km de routes nationales, 355 km d'autoroutes, 1967 km de voies ferrées, 4338 km de routes départementales...

4.5. Les interactions entre risques de différents réseaux, les effets croisés, l'interdépendance

Un nouveau concept émerge actuellement : c'est l'interaction entre systèmes vulnérables. Dans une société qui est de plus en plus sophistiquée et complexe, la panne d'un système interagit sur les autres. Plus le fonctionnement de notre société devient optimisé, et plus sa fragilité globale augmente.

La figure ci-dessous illustre ces interdépendances.



Schématisation des interdépendances, extrait du rapport de la George Madison University, 2001- (SCADA : Supervisory Control and Data Acquisition)

Cette situation peut être illustrée avec la comparaison entre l'inondation de 1910, et le même phénomène supposé survenir en 2013.

En 1910, les caves des immeubles étaient remplies de charbon. L'emploi était local : les travailleurs parisiens habitaient Paris, à proximité de leur lieu de travail.

En 2013, les caves sont occupées par des autocommutateurs d'entreprise, et par les câbles d'arrivée du raccordement de l'entreprise à Internet. En 2013, le RER transporte la majeure partie des travailleurs parisiens pour leurs déplacements domicile-travail. Enfin, en 2013, les distributeurs automatiques fournissent l'essentiel de la monnaie de paiement.

La conséquence de l'inondation en 2013 est claire : l'arrêt du raccordement Internet (câble d'arrivée noyé) provoque l'arrêt de l'entreprise, l'arrêt du RER implique l'absence bloquante des travailleurs, le non approvisionnement des DAB implique une pénurie de liquidités pour la population. Mais l'arrêt des entreprises parisiennes interagit lui-même, sur le blocage de la société en accroissant celui-ci. L'effet boule de neige joue à plein.

Dans la société de 2013, l'effet d'une catastrophe naturelle se traduit immédiatement par une panne d'ordre technologique bloquante pour la société, alors même que les systèmes défaillants n'auraient pas été directement affectés par la catastrophe. La chaîne des défaillances est donc constituée d'une catastrophe initiale, provoquant directement l'arrêt d'un premier réseau, lequel par ricochet va affecter des réseaux qui n'avaient pas été de prime abord affectés par la catastrophe. Ces réseaux « secondaires » à l'arrêt aggravent à leur tour la situation.

Ainsi, une panne de courant peut arrêter les réseaux d'eau potable (les châteaux d'eau ne sont plus alimentés, du fait de la perte d'alimentation électrique des pompes), ce qui arrête immédiatement le fonctionnement des hôpitaux, très tributaires du réseau d'eau potable.

Ces interactions en chaîne, liées à l'extrême sophistication des processus de fonctionnement de nos sociétés développées, commencent à être pris en compte par les pouvoirs publics. Un rapport du Center for Infrastructure Protection and Homeland Security¹⁷, de la George Madison University, États Unis d'Amérique, analyse ainsi les interdépendances entre infrastructures critiques. L'étude n'a analysé que les interactions de premier rang : elle a relevé l'extrême complexité engendré par des interactions de second rang.

En ce domaine, les études sont rares. Nos sociétés développées prennent seulement maintenant la mesure des fragilités liées aux interactions. La réflexion est encore embryonnaire.

L'une des difficultés en ce domaine est la suivante : les plans de résilience de chaque opérateur sont fondés sur l'hypothèse que les autres réseaux fonctionnent bien. Chaque opérateur raisonne comme s'il n'avait que sa propre panne à résoudre, le reste continuant à fonctionner normalement. Or, ce n'est évidemment pas le cas, au contraire (car la chute d'un réseau dégrade l'environnement des autres réseaux). La réflexion sur la « résilience » d'un opérateur, en matière de catastrophe naturelle, devrait être fondée sur une hypothèse « zéro service extérieur » : plus d'internet, plus de courant, plus de transports, plus de réseaux bancaires.

Recommandation 9 Recommander aux opérateurs de réaliser les études de résilience en cas de crise sur une base « zéro service extérieur », c'est à dire en fonctionnement autonome par rapport aux autres réseaux. (DGPR et DG sectorielles du MEDDE en liaison avec les organismes du RST et les opérateurs de réseaux). Inscrire le thème des interdépendances entre réseaux dans les programmes d'études et de recherche ministériels, en partenariat avec les opérateurs. (CGDD/DRI, RST).

4.6. Les insuffisances de la réflexion sur les enjeux économiques de la résilience des réseaux chez les opérateurs et leurs tutelles

Préalablement à ses entretiens avec les responsables des gestionnaires et opérateurs de réseaux, la mission du CGEDD leur a adressé un questionnaire en huit points dont le point suivant, qui était systématiquement abordé au cours de l'entretien proprement dit :

« Aspects économiques : analyse coût/bénéfices en matière de sécurité, critères de dimensionnement des ouvrages, critères d'intervention ».

¹⁷ [Critical Infrastructure Protection in the National Capital Region Risk-Based Foundations for Resilience and Sustainability Final Report, Volume 20: Hurricane Isabel: Critical Infrastructure Interdependency Assessment](#)

Elle n'a obtenu à cet égard que des réponses imprécises voire évasives, parfois au prix de relances postérieures à la réunion. La résilience des réseaux à l'égard de toute agression extérieure est perçue par l'opérateur de réseau au mieux comme une « ardente obligation » à laquelle il importe de satisfaire quel qu'en soit le coût, au pire comme une contrainte réglementaire qui s'impose à lui.

L'analyse doit distinguer le cas des infrastructures nouvelles de celui du renouvellement planifié d'infrastructures existantes ; ou encore de la mise en conformité d'installations anciennes avec une nouvelle réglementation ou norme.

4.6.1. Installations nouvelles

Le promoteur ou le maître d'ouvrage d'une **infrastructure nouvelle** (par exemple, une ligne à grande vitesse (LGV) de RFF, des installations portuaires, une autoroute, une ligne électrique haute ou très haute tension de RTE, projet de canal à grand gabarit de VNF...) s'assure de la conformité de celle-ci à la réglementation en vigueur (réglementation technique, de sécurité, environnementale...), en anticipant si nécessaire sur les évolutions réglementaires prévisibles jusqu'à la mise en service voire au-delà.

Le respect de cette réglementation a un coût qui n'est pas explicite, car il est impossible à chiffrer à part, sauf cas particulier (équipements spécifiques comme des pare-avalanches, des murs de soutènement, des ouvrages de protection contre les crues). Par ailleurs, le promoteur d'une infrastructure nouvelle ne recalcule par le coût d'un projet de référence n'intégrant pas la nouvelle réglementation : la détermination du surcoût n'est donc pas accessible.

Tout au plus peut-on observer, pour chaque type d'infrastructure, une dérive dans le temps du coût moyen par kilomètre linéaire ou par unité d'œuvre pour des infrastructures comparables mises en service à des dates différentes ; mais cette dérive tient à une multiplicité de facteurs.

La mission rejoint le point de vue des opérateurs qu'elle a auditionnés, quant à la question du surcoût d'une infrastructure nouvelle induite par l'entrée en vigueur d'une nouvelle réglementation ou norme d'application obligatoire (qu'elle soit motivée par des impératifs de sécurité ou par toute autre considération) : cette question se pose en premier lieu à l'autorité prescriptrice (l'État), dont ils sont les exécutants. L'opportunité d'introduire ou non une nouvelle réglementation ou norme obligatoire devrait donner lieu de manière systématique à une analyse coût/bénéfice probabilisée dans le cadre de l'étude d'impact.

4.6.2. Installations existantes

Concernant en revanche la protection **d'installations existantes** contre un risque (séisme, inondation, etc.) non pris en compte lors de leur construction, voire leur remise aux normes, une démarche « rationnelle » consisterait pour chaque opérateur, à partir d'une cartographie des risques et des points de son réseau impactés par ces risques, d'effectuer un calcul probabiliste prenant en compte le coût pour la collectivité¹⁸ d'un sinistre lié à la défaillance de son réseau causée par un aléa naturel, la probabilité de survenance d'un tel aléa, enfin le coût de la « remise à niveau » de

¹⁸ Il est probable qu'ils se contenteraient, sauf contrainte externe, de prendre en compte les coûts directs (en termes de remise en fonctionnement, de perte d'exploitation...), ce qui aurait pour effet de restreindre le nombre d'opérations de remise à niveau préventives.

son réseau. Chaque point ou chaque portion cohérente de réseau ferait ainsi l'objet d'un calcul coût/bénéfice probabiliste de faire (ou de ne pas faire).

Ce n'est toutefois pas ainsi que les opérateurs procèdent dans les faits. A cet égard trois cas peuvent se présenter :

- les pouvoirs publics rendent obligatoire une nouvelle norme qu'ils imposent aux installations existantes (par exemple normes anti-incendie pour l'ensemble de tunnels routiers d'Île de France) : les gestionnaires de réseaux réalisent les travaux idoines à leurs dépens, quitte à discuter ensuite sur d'éventuelles compensations¹⁹ ; ici encore, une analyse coût/bénéfice, qui incombe à l'État prescripteur, devrait être systématique ;
- les pouvoirs publics lancent un programme en partenariat avec un ou plusieurs opérateurs, sur une base volontaire (c'est le cas, par exemple, pour le « plan digues » avec VNF, applicable cependant aux seules digues gérées par cet opérateur²⁰) : les opérateurs concernés établissent le contenu du programme et proposent un ordre de priorité, puis réalisent le programme en fonction de leur capacité d'autofinancement et le cas échéant des dotations budgétaires reçues et affectées au programme ;
- en l'absence d'une action spécifique des pouvoirs publics et sauf perception par un opérateur d'un risque imminent ou grave sur un point sensible de leur réseau, les opérateurs observent le plus souvent un comportement attentiste : ils préfèrent réparer les dommages subis plutôt que de conduire des opérations préventives.

Le plus souvent, la mise en conformité d'installations existantes avec de nouvelles normes est d'application volontaire par les opérateurs, qui reçoivent une aide publique annuelle en contrepartie, selon un programme pluriannuel (souvent étalé sur une période longue en période de rareté budgétaire).

Un nouvel élément prend de l'importance depuis quelques décennies : l'atteinte à l'image de l'opérateur si la résilience de son réseau après une catastrophe ne répond pas aux attentes des bénéficiaires. Ceci d'autant plus que plusieurs opérateurs sont en concurrence sur le marché.

4.6.3. Un exemple : l'enfouissement des lignes électriques

Dans un cas précis, la mise en sécurité du réseau « magistral » de transport d'électricité très haute tension (lignes 400 kV et une partie du réseau 225 kV) vis à vis des tempêtes à la suite des tempêtes Lothar et Martin de décembre 1999, RTE a décidé de son propre chef, en concertation avec sa tutelle DGEC – direction de l'énergie, d'engager un programme de dispositif anti-cascade consistant à stopper l'effet domino d'une rupture de pylône, par un support de renforcement d'un pylône sur 10. Le choix d'un pylône sur 10 plutôt qu'un sur 8 ou un sur 12 résulte de l'optimisation du coût du programme de renforcement, sous contrainte de la nécessité de pouvoir mettre en place en tout lieu, en un délai maximum de 5 jours, une liaison provisoire de

¹⁹ Concernant les tunnels exploités en concession, le coût des travaux correspondants et des pertes d'exploitation consécutives a été en l'occurrence presque intégralement pris en charge par l'État.

²⁰ VNF ne gère en effet qu'une part des digues, la majeure partie étant sous responsabilité des collectivités territoriales : voir § 4.2.4.3, « La réglementation applicable ».

5 km entre deux supports anti-cascade. La justification de ce choix technico-économique figure en **annexe** (note de RTE).

En revanche, contrairement à une idée répandue, la décision d'enfouir une ligne électrique ne répond pas toujours à l'objectif de diminuer la vulnérabilité de la ligne à l'égard du vent (comme c'est le cas, par exemple, lorsque des chutes d'arbres peuvent provoquer l'arrachage de lignes). Outre son coût généralement supérieur à celui d'une ligne aérienne, une ligne enterrée présente d'autres inconvénients : plus grande vulnérabilité à l'égard d'une inondation (problème de l'étanchéité des gaines de protection), plus grande difficulté de localiser un incident ou dysfonctionnement. L'enfouissement d'une ligne peut aussi résulter de considérations environnementales ou esthétiques : ainsi, l'essentiel du réseau de proximité (géré par ErDF) en milieu urbain est-il enfoui ; de même le réseau « magistral » à très haute tension de RTE en 400 ou 225 kV est pour l'essentiel aérien (le coût de l'enfouissement est en l'occurrence dissuasif), avec une seule exception : la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, dans laquelle les lignes aériennes se sont heurtées à une très forte opposition de la part de la population et des élus.

Ainsi, la problématique de l'enfouissement des lignes électriques ne répond pas seulement à des impératifs de sécurité, mais aussi à des préoccupations d'ordre environnemental ou esthétique ; il en est de même des coûts résultant de l'enfouissement.

4.6.4. Conclusion

Pour résumer, les opérateurs de réseaux apparaissent actuellement insuffisamment sensibilisés aux coûts de mise en sécurité de leurs installations vis à vis de risques naturels, qu'ils ne distinguent pas en l'occurrence des risques technologiques ni des risques de malveillance. Et quand bien même le seraient-ils qu'il est vraisemblable qu'ils limiteraient le périmètre des coûts d'un sinistre pris en compte dans leur calcul de rentabilité à leurs seuls coûts directs.

De la même manière, les pouvoirs publics, lorsqu'ils produisent un texte d'application obligatoire – loi ou règlement – et qu'il s'agisse de la transposition d'un texte communautaire ou d'une législation ou réglementation d'initiative nationale, n'ont pas procédé jusqu'à ce jour²¹, pour les textes examinés dans le cadre de la présente mission, à une étude de l'impact socio-économique et financier des dispositions nouvelles qu'ils adoptaient, mettant en regard les coûts (certains) et les bénéfices (probabilisés) attendus de ces dispositions.

Recommandation 10 Au niveau des pouvoirs publics, rendre systématique une analyse coûts bénéfices probabilisés dans l'étude d'impact des lois et règlements nouveaux (y compris textes de transposition de directives européennes) ; au niveau de chaque opérateur, prendre en considération le coût de l'inaction non seulement dans son périmètre propre mais pour la collectivité dans son ensemble, dans les études d'opportunité qu'il conduit pour les investissements engagés à son initiative ; procéder à l'évaluation ex post de l'efficacité des dispositions prises (pouvoirs publics, opérateurs).

²¹ Sauf dans des cas particuliers qui ne concernent pas les réseaux : exemple de l'étude d'impact de la réglementation parasismique pour les constructions (2007).

Recommandation 11 Pour chaque nouvelle disposition ou norme technique concernant des infrastructures nouvelles, se poser la question de l'opportunité de rendre obligatoire son extension aux équipements existants (pouvoirs publics).

5. Les REX des principaux incidents naturels

Les quelques événements suivants, présentés dans l'ordre chronologique, ont engendré des perturbations importantes et souvent durables à certains réseaux :

- le fontis sous la LGV Paris-Valenciennes en décembre 1993
- l'effondrement d'une marnière sous l'autoroute A28 en juin 1994
- les inondations dans les Alpes-Maritimes et le Var en janvier 1996
- les crues dans l'Aude et les Pyrénées-Orientales en novembre 1999
- les tempêtes Lothar et Martin de décembre 1999
- les inondations et glissements de terrain dans les Alpes-Maritimes en novembre 2000
- la crue de la vallée de la Somme en mars-avril-mai 2001
- la canicule de l'été 2003
- l'éboulement du 7 septembre 2005 sur l'autoroute A8 (Alpes-Maritimes)
- l'éboulement du 24 mars 2006 sur la RN 1 (La Réunion)
- le délestage électrique massif de novembre 2006
- l'effondrement du pont sur la rivière Saint-Étienne (La Réunion) en février 2007
- l'éboulement sur la route d'accès au tunnel du Mont-Blanc en mars 2007
- la tempête Klaus du 24 janvier 2009
- la tempête Xynthia sur la côte atlantique en février 2010
- le nuage volcanique islandais en avril 2010
- les inondations dans le département du Var en juin 2010
- l'épisode neigeux en Île-de-France de décembre 2010
- la tempête d'octobre 2012 dans le Sud-Est
- l'éboulement sur la voie ferrée Paris-Brest en janvier 2013
- l'épisode neigeux de mars 2013 sur le nord de la France
- les crues dans les Pyrénées en juin 2013.

La mission s'est livrée ci-après à l'analyse des rapports de retours d'expérience concernant quelques-uns de ces événements (fontis sous la LGV Paris-Valenciennes, tempêtes Lothar et Martin, crue de la vallée de la Somme, canicule d'août 2003, délestage de novembre 2006, tempête Klaus de 2009, tempête Sandy de 2012, épisodes neigeux de 2010 et 2013), parmi les plus significatifs.

5.1. Le fontis sous la LGV Paris-Valenciennes le 21 décembre 1993

Le déraillement d'un TGV à 300 km/h, heureusement sans faire de victime (un blessé léger), a été provoqué par l'ouverture d'un fontis sous la voie (7 m de long, 4 m de large, 1,5 m de profondeur), en gare de TGV-Haute-Picardie. Le conducteur du train précédent, passé dix minutes plus tôt, n'avait rien décelé. Ce fontis avait pour origine une ancienne sape de guerre.

A la suite de cet accident, la SNCF a lancé d'importantes études destinées à localiser les cavités. Elles ont révélé une centaine de fontis au voisinage de la voie, entre l'Oise et Lille, qui se sont ouverts au cours de cet hiver-là, exceptionnellement pluvieux. De nombreuses cavités naturelles (karsts dans la craie, érosion interne) ou artificielles (sapes militaires, carrières abandonnées) ont été ainsi comblées.

Des ralentissements ont été imposés sur plus de 40 km de ligne, dans les zones à forte densité de fontis. Le retour à la vitesse normale n'a pu se faire qu'en mai 1994.

Le coût total pour la SNCF (pertes d'exploitation incluses) dépasserait 50 MF (7,6M€).

De nouveaux désordres apparus dans un secteur voisin au cours de l'hiver 2000-2001 ont conduit la SNCF à de nouvelles campagnes de reconnaissance et à des travaux de consolidation. Des ralentissements de circulation ont encore été imposés sur trois zones totalisant 27 km.

Enfin, tirant les conclusions de cet accident, la SNCF a inclus dans les reconnaissances de la ligne nouvelle TGV-Est un important volet sur la recherche de cavités (photographies aériennes, archives, géophysique).

5.2. REX Lothar et Martin (décembre 1999)

Les tempêtes Lothar et Martin, 26 et 28 décembre 1999, ont été caractérisées par des dégâts considérables à la forêt française, dégâts que celle-ci a mis plus de 15 ans à réparer.

Ce traumatisme causé à la sylviculture, et la situation difficile de la profession, expliquent que les analyses postérieures à la tempête se sont en très grande majorité focalisées sur l'aspect forestier de la crise. Il existe ainsi une multitude de rapports ou d'études sur les dégâts à la forêt, mais relativement peu de rapports se sont penchés sur l'impact de ces événements climatiques sur les réseaux d'importance vitale.

Néanmoins, certaines données intéressantes ressortent des rapports.

5.2.1. Le réseau électrique

C'est incontestablement ce réseau qui a subi les impacts les plus conséquents en 1999, même si les coûts forestiers imputables à la tempête sont supérieurs;

Selon le rapport d'étape de la mission interministérielle²² de juillet 2000 : 1056 pylônes de haute ou très haute tension, 21 656 supports de moyenne tension, 5 776 km de lignes basse tension, ont été endommagés.

Sur ce total, 459 pylônes de haute ou très haute tension, 6979 supports de moyenne tension et 1806 km de lignes ont été *détruits*. Le coût de réparation est évalué à 9MdF soit 1,37 Md€²³, dont 7,5 MdF soit 1,15 Md€ au niveau de la distribution, 1 MdF soit 152 M€ au niveau du grand transport, et moins de 300 MF soit 46 M€ pour la production. En comparaison, les dégâts indemnisés pour la sylviculture s'élevaient à 40 MdF soit environ 6 Md€.

3,5 millions d'abonnés sont restés privés d'électricité au plus fort de la crise.

L'effet domino des réseaux entre eux a joué à plein, puisque corrélativement, 2,5 millions de personnes ont été contraintes de se priver d'eau, soit faute de courant pour alimenter les pompes, soit à cause d'une pollution accidentelle, apparues suite aux inondations.

EDF a pu mobiliser 50 000 personnes pour rétablir le courant, en rappelant au besoin des retraités (6 500).

Malgré cet effort, le temps de rétablissement a été jugé trop long par l'administration, ainsi que le notait le rapport Piketty²⁴: « *L'ampleur de la défaillance a été jugée inacceptable par les pouvoirs publics au nom de la continuité du bon fonctionnement de l'État ainsi que de la sécurité publique* ». Il fallu en effet attendre le 5 janvier pour voir le nombre de personnes privées d'électricité descendre sous le chiffre de 250 000, et plus de 10 jours après la tempête, soit le 8 janvier, 65 000 foyers étaient toujours sans électricité.

Le coût des coupures, pour la collectivité, est estimé à 40 MdF soit environ 6 Md€ (ref (2), Piketty).

Sur le plan des enseignements, des guides généraux ont été élaborés (ref (2), Piketty).

Pour le réseau de grand transport, (63 à 400 kV), la règle générale consiste à avoir en chaque nœud du réseau au moins une ligne sécurisée contre des vents maximaux tels que ceux enregistrés en 1999, et dotée en particulier de dispositifs anti-cascade (un pylône d'arrêt tous les cinq km).

Pour les réseaux de moyenne tension, qui sont ceux ayant le plus souffert, la règle générale consiste à traiter les zones boisées par enfouissement ou contournement aérien, et de rechercher pour celles-ci une meilleure résilience (bouclage, augmentation du nombre d'ouvertures télécommandées).

²² Évaluation des dispositifs de secours et d'intervention mis en œuvre à l'occasion des tempêtes des 26 et 28 décembre 1999, Juillet 2000, Rapport d'étape de la mission interministérielle, sous la direction de Gilles Sanson

²³ Cette section reprend une compilation de notes rédigées peu après les tempêtes de fin 1999. Les coûts y sont donc exprimés en francs. La mission s'est contentée de les convertir en euros en appliquant les coefficients de conversion franc contre euro, sans les actualiser aux conditions économiques actuelles. Ces données de l'époque converties en euros donnent toutefois un ordre de grandeur des coûts engagés.

²⁴ « *La Sécurisation du système électrique français après les tempêtes de décembre 1999* », Gérard Piketti, in « Les Annales des Mines »

Pour les réseaux de basse tension des réseaux de distribution, la difficulté est venue en 1999 des lignes à conducteurs nus, qui représentaient à l'époque un quart de la distribution (150 000 km sur 600 000 km). La préconisation a été de convertir un tiers de ce linéaire à conducteurs nus en lignes aériennes isolées torsadées, beaucoup plus résistantes aux chutes d'objets divers, et surtout présentant des risques réduits d'atteintes à la sécurité des personnes.

Du côté du financement, les préconisations étaient duales:

- pour les usagers, instauration d'une pénalité d'EDF au delà d'une durée de coupure « longue » à définir,
- afin de permettre la réalisation des bonnes pratiques de sécurisation ci-dessus, il était recommandé que la commission de régulation de l'énergie (CRE) prenne en compte leurs coûts dans la fixation des tarifs publics de l'électricité.

5.2.2. Le réseau d'eau

Le réseau d'eau a souffert de deux façons durant les événements climatiques de fin 1999 :

- d'une part, le manque de courant électrique a conduit à l'arrêt du pompage et de la mise en pression des réseaux, ce qui est la cause majoritaire des arrêts du service de l'eau ;
- mais aussi en certains endroits, les inondations provoquées en certains endroits par les tempêtes ont pollué les réseaux, conduisant à interdire l'usage de l'eau potable.

Au plus fort de la crise, 2,5 millions de personnes ont dû se passer du service de l'eau.

Pour les ruptures d'approvisionnement, les départements les plus touchés furent la Gironde (220 000 habitants concernés), la Manche (155 000), la Charente-Maritime (120 000) et la Charente (200 000).

Les inondations interrompant le service de l'eau ont concerné principalement la Seine-Maritime (120 000 habitants) et le Calvados (115 000 habitants).

Au delà du constat et de la mesure de la carence en approvisionnement, il ne semble pas qu'il y ait eu, dans les différents rapports gouvernementaux rédigés à la suite des tempêtes de 1999, de recommandations particulières concernant les réseaux d'eau.

La raison de cette situation tient sans doute au fait que la cause première de l'interruption du service était le manque de courant, et donc les recommandations concernant le réseau électrique ont masqué des recommandations possibles pour les réseaux d'eau, comme par exemple la nécessité d'un secours électrique (groupe électrogène) dans certaines configurations de réseaux.

5.2.3. Le réseau de transport ferroviaire

Les différents rapports s'appesantissent beaucoup moins sur le trafic ferroviaire que sur le réseau électrique.

Concernant l'impact des tempêtes, selon la SNCF :

- les voies ferrées ont été coupées en 15 000 points, par des chutes d'objets, en général des arbres, mais aussi des débris de quai,
- 20 000 km de voies inutilisables (sur 32 000),
- 1000 points électriques non alimentés, avec des conséquences sur la signalisation,
- 42 sous stations de traction électriques non alimentées,
- et, fait notable, 30 lignes haute tension d'EDF sont tombées sur les caténaires.

Selon la SNCF²⁵ « après le passage de Lothar, 40 % des installations sont hors service, au nord d'une ligne Quimper-Tours-Vierzon-Dijon-Besançon. Après le passage de Martin, ce sont 65 % des installations qui sont hors service sur l'ensemble de la France – hors une zone épargnée sur l'axe Paris-Chambéry et Paris-Marseille-frontière italienne »

En revanche, le rétablissement fût rapide : le vendredi 31 décembre au matin, soit cinq jours après les tempêtes, 95 % des installations étaient remises en état.

La capacité de réaction de la SNCF a été appréciable, mobilisant, outre les 2 500 cheminots d'astreinte, 2 500 volontaires en supplément, cela dès le dimanche 26 au matin. La SNCF a dépensé environ 0,5 MdF soit environ 80 M€ pour réparer son réseau.

Ainsi que le notait le rapport Sanson : « *L'énergie de traction et d'alimentation des installations d'exploitation (signalisation, aiguillages, passages à niveau) était dans le même temps interrompue en de nombreux secteurs en raison de la dégradation du réseau électrique et de la chute d'une vingtaine de lignes haute tension sur des caténaires.* », soulignant ainsi à nouveau l'interdépendance des réseaux entre eux.

Il existe peu de recommandations issues des tempêtes de 1999 dans les rapports que nous avons pu consulter.

Un des enseignements a néanmoins concerné les capacités de transports de bois : après les deux tempêtes, la quantité de chablis à transporter en des temps réduits était considérable. En effet, ce bois devait être acheminé aux transformateurs dans les mois suivants la tempête, faute de cela il n'aurait plus été utilisable. Or, la SNCF avait largement réduit au fil des années son parc roulant de wagons aptes au transport de bois et fermé la plupart de ses gares spécialisées. Elle n'a donc pu faire face à la demande soudaine de transport de chablis. La SNCF a donc dû, dans les mois qui ont suivi la tempête, transformer des wagons non destinés à cet usage, en wagons de transport de grumes.

5.2.4. Le réseau routier

Selon le rapport Sanson déjà cité, les causes majeures de coupures d'axes routiers ont naturellement été les arbres, mais également une part de la signalisation a été arrachée, et de nombreuses glissières ou clôtures ont été détériorées.

²⁵ La SNCF et les tempêtes de décembre 1999, par Geneviève Aubry, chargée de mission crise, direction de la communication, SNCF, Annales des Mines 2002

Au total, le coût de la remise en état du *réseau national* a pu être estimé à 400 MF soit **environ 60 M€**, et celui du *réseau départemental et communal* à **1 milliard de francs soit 152 M€**.

5.2.5. Les installations aéroportuaires et les voies navigables

Elles ont été peu touchées comparativement aux dégâts occasionnés ailleurs, à hauteur de 78 MF soit environ 12 M€. Les installations d'Aéroports de Paris et à un degré moindre, les installations dépendant des gestionnaires d'aéroports en province (Bordeaux et Metz-Nancy-Lorraine surtout), de même que ponctuellement des installations isolées de la navigation aérienne et des bâtiments techniques ont subi des dégradations.

Globalement, le trafic aérien n'a connu qu'une journée d'interruption, ce qui peut être considéré comme non exceptionnel en hiver.

Pour les voies navigables, les dégâts ont également été peu importants, le coût en a été estimé à 100 MF soit 15 M€, d'après le rapport Sanson déjà cité.

5.3. La crue de la vallée de la Somme (mars-avril-mai 2001)

Durant cette période, la Somme a atteint un débit maximal de 104 m³/s, soit une crue environ centennale.

5.3.1. Voirie

Les hauteurs exceptionnelles atteintes ont provoqué des désordres parfois graves sur les ouvrages d'art : les dommages sur ces ouvrages sont du même ordre de grandeur que les dommages subis par les chaussées.

Pour les routes départementales, 3 ouvrages devront être reconstruits, pour un coût de 16 MF soit 2,5 M€ et d'autres confortés pour un coût de 14 MF soit 2.1 M€. La réparation des chaussées est évaluée à 30 MF soit 4,6 M€. Pour la voirie communale, la reconstruction ou réparation de ponts atteint 10 MF soit 1,5 M€ et la réparation des routes et espaces publics inondés 10 MF soit 1,5 M€.

Le Conseil général de la Somme chiffre à 290 MF soit environ 45 M€ la remise en état des routes départementales non inondées mais dégradées par les intempéries.

5.3.2. Lignes ferroviaires

Les intempéries et les inondations ont occasionné des dommages aux installations ferroviaires et des perturbations dans le trafic, tant pour les voyageurs que pour le fret.

La ligne Longueau - Boulogne, construite au milieu du XIXe siècle, a été inondée, pour la première fois de son histoire, en plusieurs secteurs entre Amiens et Abbeville, représentant au total environ 6 km. On a relevé jusqu'à 51 cm d'eau sur les voies de la gare d'Abbeville, le 13 avril.

Cette situation a causé une forte perturbation de la circulation entre le 2 avril et le 22 juin : interruption complète du 6 avril au 23 mai, ralentissements en début et en fin de

crue. Tous les trafics ont été concernés : trains régionaux (liaisons Amiens – Abbeville – Boulogne), grandes lignes (Paris – Boulogne) et fret; on compte en moyenne 15 allers – retours voyageurs quotidiens sur cette ligne. Pour les voyageurs, la SNCF a mis en place un service de substitution sur route, qui n'a toutefois pas pu desservir l'intégralité des points d'arrêt habituels. De la même manière, la ligne ferroviaire Amiens – Eu (Le Tréport) a été fermée pendant deux mois à partir de début avril. Un service de cars de substitution a été mis en place.

En plus de ces effets directs de l'inondation des infrastructures, on a constaté l'importance exceptionnelle, cette année, des dommages liés aux intempéries. C'est le cas d'affaissements de terrain sur la voie ou à proximité ("fontis") qui ont affecté les lignes Amiens – Rouen, Amiens – Paris et la ligne du Tréport. Ces difficultés n'ont pas entraîné d'interruption des circulations, mais ont contraint à la mise en place de mesures de ralentissement, de marche prudente ou de voie unique temporaire, générateurs de retards notables.

Au total, le coût des événements pour le secteur ferroviaire peut être estimé à environ 15,5 MF, répartis comme suit :

- au titre des dommages au réseau 8,1 MF soit 1,3 M€ : lignes (Amiens – Abbeville et Abbeville – Eu) 4,6 MF (appareils de voie, moteurs d'aiguillages, câbles, désoxydation) ; réparations des autres dommages aux voies liés aux intempéries 3,5 MF. La charge du maintien en état du réseau pèse sur l'établissement public RFF ; ces opérations seront couvertes, en principe, dans le cadre normal de la convention de gestion entre RFF et la SNCF pour l'entretien de l'infrastructure.
- au titre des pertes d'exploitation ou des surcoûts pour la mise en place des moyens de substitution 3,8 MF (0,58M€) : voyageurs 1,8 MF ; fret : 2 MF.
- au titre des dommages divers 3,5 MF (0,53M€): matériel roulant endommagé 3 MF ; gares et bâtiments SNCF 0,5 MF.

N.B. Il s'agit de coûts estimés par la SNCF, ne comprenant pas l'inconvénient pour la collectivité d'une difficulté accrue des déplacements, avec ses conséquences sur l'activité.

5.3.3. Canal et Somme canalisée

Les crues ont provoqué une érosion exceptionnelle des berges mais, grâce aux travaux d'entretien, n'ont provoqué l'effondrement d'aucun ouvrage d'art sur le canal de la Somme, à l'exception d'une passerelle. Les systèmes d'écluse et de vannage du canal de la Somme ont subi peu de dommages mais les berges ont été dégradées.

Les travaux de remise en état ont été évalués à 230 MF soit environ 35 M€ lors du Comité interministériel de l'aménagement et du développement du territoire (CIADT) du 9 juillet 2001.

5.3.4. Réseau électrique

Pour EDF, les premières manifestations des événements de la Somme remontent à la fin mars, avec quelques appels pour des relevages d'installations dans des maisons inondées. Par la suite, et au plus fort de l'inondation, le nombre relativement faible d'abonnés qui apparaissent comme privés d'alimentation dans les bilans officiels (de

l'ordre de 150 pour le gaz et de 190 pour l'électricité) s'explique par la définition retenue pour cette catégorie : il s'agit des abonnés dont l'approvisionnement est interrompu avant leur compteur de raccordement au réseau, le dénombrement ne prenant pas en compte les fermetures de compteurs volontaires dans des habitations où une partie de l'installation électrique était endommagée.

Dans l'ensemble, le préjudice subi par le secteur de l'électricité et du gaz apparaît plutôt limité. Il est estimé, fin juin, à environ 3,5 MF soit environ 550 k€, dont 3,1 MF de travaux sur les réseaux (EDF 2,3 MF, GDF 0,8 MF). Les pertes d'exploitation (0,3 MF) sont dues aux mesures de remise accordées au plan local, consistant à ne pas facturer d'abonnement pour la durée de la coupure et à accorder un mois d'abonnement gratuit aux relogés. Comme pour la SNCF, cette estimation concerne le préjudice direct subi par le service public, mais ne mesure pas le dommage collectif occasionné.

Pour l'avenir, EDF – GDF indique ne pas avoir d'inquiétudes pour les câbles et les conduites récentes ; pour les autres, les éventuels mouvements de terrain constituent la principale menace.

Ces événements conduisent les responsables de ce secteur à réfléchir à l'opportunité de prescriptions constructives particulières pour les réseaux en zone inondable ou à risque.

5.3.5. Télécommunications

Les réseaux de télécommunication n'ont pas subi de dommages importants.

5.4. REX de la canicule d'août 2003

5.4.1. La canicule de 2003, quelques rappels

Elle est survenue, et cette précision est d'une importance capitale, du 4 au 14 août 2003. Géographiquement, elle a affecté l'ensemble de la France.

Elle est due à un anticyclone qui est resté stationnaire sur l'Europe de l'Ouest, associé à des remontées d'air chaud en provenance du sud de la méditerranée. Cette configuration anticyclonique stationnaire sur l'Europe de l'Ouest, donc ne se déplaçant pas vers l'Est, ou ne s'affaiblissant pas sur place, est une géométrie assez courante des champs de pression en été. La malchance a été la conjonction avec les remontées d'air chaud subméditerranéen.

Les températures maximales ont souvent dépassé les 40 °C : selon le dossier établi par Météo-France, « *Des températures supérieures à 40°C ont été relevées dans 15% des stations météorologiques, y compris en Bretagne ce qui n'était encore jamais arrivé depuis le début des mesures de température* ».

A Paris, la température maximale dépasse 35 degrés pendant neuf jours consécutifs (du 4 au 12 août), dans une capitale désertée comme d'habitude à cette époque.

5.4.2. L'impact sur les infrastructures

La canicule a eu un impact sanitaire dévastateur: une étude de l'INSERM mentionne près de 15 000 excès de décès²⁶. Cet impact a masqué la plupart des autres aspects de la crise, et notamment les impacts sur les réseaux d'infrastructure.

L'effet qui ressort le plus est celui sur la production et la consommation électrique. La forte demande électrique, inhabituelle en été, est à l'évidence due à la demande de production de froid. Quand à la production d'électricité, les esprits ont été majoritairement frappés par les autorisations de dépassement de température maximale de rejet dans les cours d'eaux, autorisations indispensables pour permettre la production. Il est à noter que dans le même temps, le parc éolien très conséquent de l'Allemagne ne produisait quasiment rien, conduisant à des coupures dans ce pays.

D'autre part, les pics exceptionnels d'ozone, ainsi que des incendies de forêts faisant 12 morts le seul 12 août²⁷ retiennent plus l'attention que les dysfonctionnements des transports.

Ces éléments exceptionnels ne doivent cependant pas occulter les autres effets, nettement moins médiatisés, mais qui ont affecté les réseaux d'infrastructures autres qu'électriques.

La documentation officielle sur ces effets est quasi inexistante. Ainsi les rapport parlementaires²⁸ sur la canicule se sont concentrés presque exclusivement sur l'aspect sanitaire, abordant marginalement la difficulté électrique.

Par ailleurs, la période du 5 au 15 août étant traditionnellement celle durant laquelle la France tourne au ralenti, il est difficile de se faire une idée exacte de l'effet de la canicule sur des réseaux dont le fonctionnement est loin de sa capacité nominale.

Il semble cependant que les réseaux électriques de distribution aient souffert de la chaleur, ce fait ayant été confirmé lors de l'audition d'ErDF par la mission. Du côté de la SNCF, il est mentionné selon divers blogs de l'époque, des retards importants, la chaleur ayant affecté les caténaires. D'autres études (notamment celle de CDC Climat sur l'impact du changement climatique sur les infrastructures de transport) mentionnent de possibles effets sur les rails. La dilatation semble ne pas poser de difficultés pour les rails de lignes TGV, mais peut être source de problèmes sur des lignes plus traditionnelles.

Aucun retour d'expérience de la canicule n'est disponible sur les points suivants :

- la climatisation des trains qui en sont pourvus. Ces climatisations ont des plages de fonctionnement, mini et maxi. Il serait intéressant de savoir si ces bornes ont été source de problèmes ;
- surtout, l'impact sur les systèmes électroniques équipant la signalisation des infrastructures, et l'impact sur l'électronique embarquée. Pour cette dernière, il y a une interaction évidente avec la capacité de la climatisation embarquée, laquelle, si elle devient insuffisante, peut causer en cascade l'arrêt du reste de l'électronique embarquée.

²⁶ Hemon D, Jouglu E, [Surmortalité liée à la canicule d'août 2003 : rapport d'étape: estimation de la surmortalité et principales caractéristiques épidémiologiques](#), INSERM

²⁷ <http://fr.news.yahoo.com/030811/202/3cera.html> [archive]

²⁸ Rapport AN de M. Denis Jacquat, n°1090 déposé le 24 septembre 2003
Rapport Sénatorial n° 195 du 3 février 2004, par Mme Valérie Létard, MM. Hilaire Flandre et Serge Lepeltier

5.5. Le délestage électrique massif de novembre 2006

Cette panne massive du réseau électrique est intéressante à analyser, car il s'agit du premier cas de panne significative « importée » de l'étranger.

Si la cause de l'incident n'est pas due à un phénomène naturel, l'incident est cependant riche d'enseignements pour le sujet de ce rapport : en effet, à quoi peut servir de disposer de réseaux « durcis » à l'égard des phénomènes naturels en France seule ? Car si nos voisins n'ont pas la même résilience, l'exemple du 4 novembre 2006 semble indiquer que leur vulnérabilité à l'égard d'une catastrophe naturelle peut se propager chez nous, quand bien même nos réseaux n'auraient pas subi les mêmes atteintes, ou auraient mieux résisté.

Le 4 novembre 2006, à partir de 22h10, 5 millions de foyers, soit environ 12 % des foyers, ont été coupés automatiquement en France, durant une heure environ. 15 millions de foyers ont été coupés en Europe. Le déséquilibre s'est propagé extrêmement loin : le déséquilibre espagnol, consécutif au déséquilibre français, a lui-même eu des répercussions sur le Magreb vers lequel l'Espagne exporte du courant. La liaison Espagne-Maroc s'est coupée peu après 22h10. Ainsi, des lignes haute tension au Maroc, en Algérie et Tunisie ont été également coupées par effet domino !

Le rétablissement a été relativement rapide, en moins de deux heures pour l'ensemble des pays. Il est à noter que les antennes relais de téléphonie mobile disposent d'une autonomie (batterie locale) de 3 heures, et donc la panne de courant n'a pas eu d'effet sur les capacités de communication, à une heure près.

L'origine de la panne se trouve en Allemagne, à Hambourg, ville dans laquelle deux lignes 380 kV ont dû être coupées afin de permettre le passage d'un gros gabarit sous un pont. Cette intervention était planifiée. Le déséquilibre du réseau est complexe, mais a été analysé par un rapport de l'UCTE (Union pour la coordination du transport d'électricité en Europe), et un rapport de la CRE.

Les conclusions du rapport UCTE ont été :

« 1. Préciser et renforcer les conditions d'application de la règle du N-1²⁹, en tenant compte en particulier de l'interdépendance croissante des systèmes électriques des différents pays interconnectés.

2. Définir des principes partagés par l'ensemble des GRT interconnectés permettant de gérer efficacement des incidents de grande ampleur (plan de défense, de restauration du système électrique interconnecté).

3. Accroître la coordination entre gestionnaires de réseau des horizons prévisionnels jusqu'au temps réel (analyses de sécurité, mesures palliatives, échanges de données, formation des dispatchers...).

4. Développer une plate-forme d'échanges d'informations temps réel pour scruter le réseau interconnecté.

5. Adapter le cadre réglementaire pour la production (comportement aux variations de fréquence et de tension, données de la production raccordée sur les réseaux de distribution, programmes de production et changement de programmes ...). »

²⁹ Règle dite du N-1 : possibilité de perdre n'importe quel élément du réseau sans conséquences inacceptables pour les consommateurs

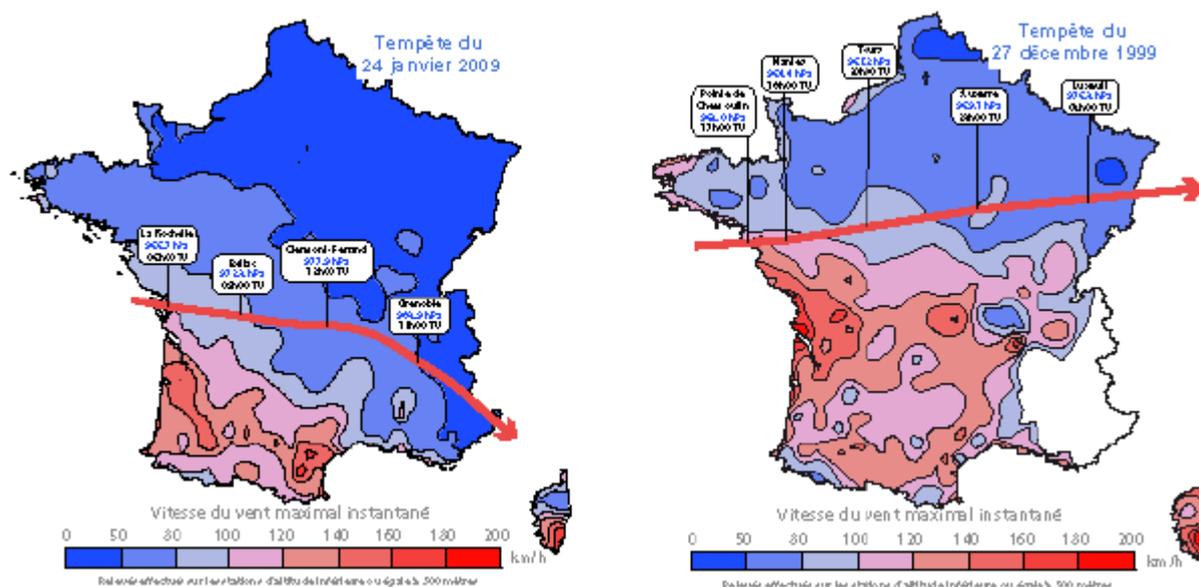
Depuis cet incident, de nombreux progrès, conjoints avec nos voisins, ont été réalisés pour éviter un tel scénario, et principalement une meilleure coordination entre opérateurs européens. La nécessité de dispositifs de coupure automatique en cas de baisse de la fréquence a été mise en évidence sur cet exemple.

5.6. Le REX de la tempête Klaus 23-24 Janvier 2009

Cette tempête est intéressante à étudier, car le préavis a été particulièrement précis par les services de Météo-France, qui avait placé en Vigilance rouge (soit le niveau maximum) une dizaine de départements du Sud Ouest. C'était la première fois que Météo-France diffusait une alerte de ce niveau depuis la création du dispositif de vigilance en 2000. On peut considérer que l'essentiel des moyens de secours avaient été correctement mis en alerte lors de l'arrivée de la tempête.

D'autre part, avec des trajectoires proches, et des puissances comparables, il est possible de comparer l'effet de Martin (1999) et Klaus (2009), à 10 ans d'écart, afin de mesurer les progrès accomplis et si les enseignements de Lothar et Martin avaient été pris en compte.

Il s'agissait d'une dépression particulièrement creuse (977 hPa) qui a généré des vents de plus de 170 km/h sur le littoral. Ce type de dépression hivernale passe en général bien plus au nord, sur les Îles britanniques, et constitue donc un événement exceptionnel au niveau des Landes. Elle s'est soldée par 31 victimes.



Trajectoires comparées de Klaus (2009) et Martin (1999), les deux tempêtes ayant ensemble détruit 48 % de la forêt landaise.

5.6.1. Impact sur les réseaux électriques

1,7 millions d'utilisateurs ont été coupés d'électricité, pour des durées allant jusqu'à 6 jours. ErDF avance le rétablissement de 90 % des utilisateurs en 5 jours, mais a reconnu des rétablissements notablement plus longs dans nombre de cas. ErDF a mobilisé sa force d'intervention rapide électricité (Fire) et pu mettre 6 600 personnes sur le terrain. Les dégâts au réseau se sont chiffrés à 300 M€ selon ErDF, l'essentiel étant relatifs au réseau HTA (et non au réseau BT, peu affecté).

Pour le réseau de transport HT et THT, les dégâts annoncés par RTE sont nettement moindres qu'en 1999 : à périmètre égal, Klaus a mis hors service deux fois moins de lignes et trois fois moins de postes et six fois moins de pylônes. Il faut sans doute voir là le progrès accompli en 10 ans. RTE a mobilisé 600 agents pour le rétablissement, annoncé en 5 jours.

5.6.2. Impact sur les télécommunications

Plusieurs bourgs se sont retrouvés privés de téléphonie fixe et mobile, donc coupés de tout moyen de communication. Selon le rapport parlementaire de M. Jean-Pierre Nicolas, 120 000 clients se sont trouvés privés de téléphonie fixe.

5.6.3. Impact sur le trafic ferroviaire

De nombreux trains ont été immobilisés, suite aux chutes d'arbres sur les voies. A titre illustratif, ce sont 600 arbres qui sont tombés sur les voies, sur le seul tronçon Morcenx-Mont-de-Marsan. arrêt du trafic sur 3000 km de voies.

5.6.4. Impact sur les stations-services

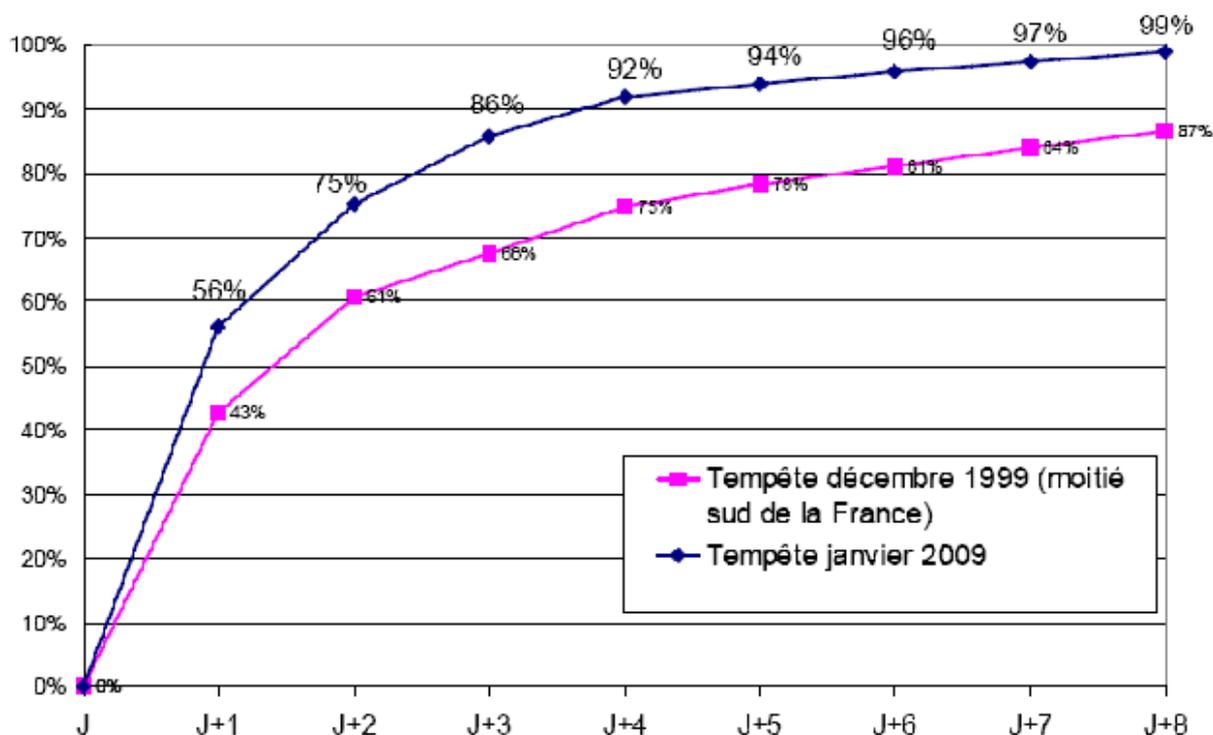
L'absence d'alimentation électrique des pompes a conduit à couper de nombreuses pompes, générant par ricochet des difficultés d'approvisionnement en fuel des groupes électrogènes que la Fire d'ErDF avait installé.

5.6.5. Les enseignements

La SNCF est propriétaire d'une bande de 6 m de large le long des voies, ce qui est insuffisant. Dans les Landes, il faudrait 20 m à cause de la taille des pins. En revanche, la SNCF a reconnu l'efficacité de l'apport de l'État dans la reconnaissance aérienne de l'obstruction des voies.

Les élus se sont montrés très critiques sur l'action d'ErDF et de France-Télécom, dont les agents intervenaient sur le terrain sans contact préalable avec les communes. Le Préfet des Landes a obtenu avec difficulté la présence permanente d'un représentant d'ErDF au centre opérationnel départemental (COD), et fait état d'une confrontation permanente pour les priorités de rétablissement, ErDF privilégiant le quantitatif (le nombre de clients reconnectés) sur la liste préfectorale des priorités de rétablissement.

En ce qui concerne France-Telecom, les maires coupés de communication ont sollicité des téléphones satellitaires en secours, ce que France-Telecom n'a pu ou voulu fournir.



Rétablissement comparé des usagers en 1999 et 2009 (source rapport parlementaire de M. JP Nicolas)

80 % du réseau aérien BT a été touché, chiffre porté à 99 % dans les Landes, département ayant compté 1632 supports cassés. Mise en œuvre de 6 600 chantiers de réparation. 80 % des dégâts sont dus à des chutes d'arbres.

5.6.6. Impact sur les réseaux d'alimentation en eau potable

L'absence d'électricité a conduit à l'arrêt des pompes de relevage. 50 000 usagers, soit 140 000 personnes, ont ainsi été privés d'eau potable, pour de durées de plusieurs jours. La plus grande partie a pu être rétablie en 4 jours. Deux hôpitaux ont été coupés de l'approvisionnement en eau potable, (Dax et Mont de Marsan) sans toutefois nécessiter leur évacuation, le rétablissement intervenant suffisamment rapidement.

5.7. La tempête Sandy (côte est des États-Unis) (octobre 2012)

Bien que cet accident climatique se soit déroulé hors des frontières nationales, il est apparu utile à la mission de donner un éclairage sur la tempête Sandy qui a eu un impact profond et spectaculaire sur la ville de New York, première agglomération des États-Unis et sur une partie de l'État du New Jersey. Même si les contextes institutionnels français et américain diffèrent très profondément, certains enseignements de la gestion de crise consécutive à Sandy pourraient être transposés à une crise similaire affectant, par exemple, l'agglomération parisienne.

La mission du CGEDD tient à remercier le service du conseiller développement durable et transports de l'Ambassade de France à Washington³⁰ pour les éléments d'information que ce dernier lui a transmis, et qui sont largement repris dans les lignes qui suivent.

³⁰ Et plus particulièrement M. Vincent Delporte.

La tempête Sandy est arrivée sur les côtes américaines le 29 octobre 2012, causant des dommages dans une dizaine d'État et principalement dans ceux de New York et du New Jersey.

8.5 millions de personnes se sont retrouvées sans électricité. Les coupures les plus symboliques sont celles qui ont touché l'ensemble des quartiers sud de Manhattan, plongeant 900 000 habitants de la principale ville du pays dans l'obscurité durant plusieurs jours. Au 7 novembre, soit plus d'une semaine après la tempête, près de 672 000 habitants du Nord-Est de États-unis étaient toujours sans électricité.

Les ruptures de services ont également concerné l'alimentation en gaz naturel et en essence. Le maire de New York a décidé une alimentation « tournante » des habitations, qui pouvaient disposer de 2h de gaz chacune par rotation.

La gestion de la catastrophe et l'organisation des secours a été saluée par l'ensemble des acteurs. 60 000 employés spécialistes des réseaux électriques sont ainsi venus d'autres États non touchés par l'ouragan, et ont été déployé pour rétablir les pannes d'électricité.

5.7.1. Le réseau électrique américain

5.7.1.1. Un réseau ancien souffrant d'un manque chronique d'investissements

Le réseau électrique américain est un réseau ancien, souffrant d'un manque chronique d'investissements. 70 % des lignes de transmissions ont plus de 25 ans, et 60% des coupe-circuit ont plus de 30 ans.

Les coupures de courant sont relativement fréquentes aux États-Unis. Hors événement climatique, le Minnesota, l'Iowa, les Dakotas, le Missouri, le Nebraska et le Kansas font face à 92 minutes de coupure d'électricité chaque année, et New York, la Pennsylvanie, et le New Jersey 214 minutes annuelles. Cette moyenne est de 4 minutes au Japon.³¹

D'après le ministère de l'Énergie, parmi les cinq coupures massives d'électricité aux États-Unis au cours des 40 dernières années, trois se sont produites au cours des neuf dernières années.

5.7.1.2. Une organisation complexe qui ne favorise pas les investissements

Ce manque d'investissement est dû en partie aux rivalités entre le niveau fédéral, les États, les comtés et les villes. Le réseau américain est en fait constitué de cinquante réseaux différents, plus ou moins interconnectés entre eux. Si les États du nord-Est disposent d'une interconnexion assez forte, le Texas n'est quasiment pas relié au reste du pays. Cette faiblesse des interconnexions fragilise le réseau global en cas de catastrophe naturelle.

L'organisation et la gestion de ses réseaux sont eux aussi très différents selon les États, ce qui rend difficile toute approche fédérale du sujet. La dérégulation du marché de l'électricité américain entamée depuis vingt ans a ouvert le marché à la concurrence

³¹ Rick Moore, Université du Minnesota,
http://www1.umn.edu/news/features/2010/UR_CONTENT_256684.html

sans mettre un terme à son éclatement, du fait de l'architecture complexe du système. Les structures du marché sont désormais hétérogènes tant par leur échelle, que leurs modalités (régulé ou dérégulé).

Les investissements des entreprises privées, même celles concernant la résilience du réseau, sont conditionnés à l'accord des autorités régulatrices, qui vérifient que l'entreprise ne facture pas aux consommateurs des frais indus.

Les rôles mal définis et le chevauchement des responsabilités entre les secteurs public, privés et tierce parties signifient que les solutions à certains types de défis hors-routine tombent dans les interstices entre ces secteurs³². Il s'agit notamment de préparation face aux risques rares et l'interconnexion des réseaux, qui se trouvent au-delà de la mission spécifique de qui que ce soit, mais qui peuvent conduire à des défaillances en cascade sur plusieurs segments d'infrastructures critiques.

5.7.1.3. Un manque de redondance et une faible protection des infrastructures

Outre son ancienneté, le réseau souffre du peu d'investissement dans la résilience : les lignes sont très peu enterrées, les sous-stations mal protégées, les poteaux, en bois, ne résistent pas à des vents violents. Suite à la tempête Sandy, des plaintes se sont élevées sur le fait que les normes de résistance des poteaux électriques soient plus faibles que celles des lampadaires urbains.

L'exemple de la ville de New-York est, à cet égard, assez parlant. La partie sud de Manhattan a été privée d'électricité pendant près d'une semaine complète, en raison de l'explosion d'une importante station du réseau électrique, située à proximité de l'East River, à la suite de son inondation. La protection de cette sous-station était dimensionnée pour contenir une inondation de 12,5 pieds, la crue historique de 1821 atteignant 11 pieds. Hors, la montée des eaux Sandy a atteint 14 pieds.

Bien que la marge de protection soit faible et que la ville de New York ne dispose pas de dispositif suffisant de protection face aux inondations, aucune solution alternative prévue à l'avance n'avait été déterminée pour assurer le maintien de l'alimentation électrique grâce à un autre itinéraire.

L'explosion de cette installation critique a ainsi privé plus de 900 000 personnes d'électricité. L'exploitant Consolidated Edison prévoyait une réparation sous un mois, redimensionnée à deux semaines à la suite de l'intervention virulente des élus.

Bien qu'un certain nombre de pannes locales soient inévitables, les observateurs estiment qu'il serait possible de concevoir des réseaux moins vulnérables – et moins susceptibles d'entraîner l'arrêt momentané de pans entiers de l'économie – en bâtissant des structures redondantes.

Les investissements publics et privés pour sécuriser le réseau sont estimés à 30 milliards de \$ par an sur 20 ans. Ces investissements permettraient toutefois, d'après Massoud Amin, directeur du Technological Leadership Institute de l'université du

³² Ensuring the Resilience of the U.S. Electrical Grid - Part II: Managing the Chaos - and Costs of Shared Risks, Michael Barrett, November 05, 2012

<http://www.lexingtoninstitute.org/ensuring-the-resilience-of-the-us-electrical-grid---part-ii-managing-the-chaos---and-costs---of-shared-risks?a=1&c=2373>

Minnesota³³, d'améliorer également le raccordement des énergies renouvelables au réseau, d'économiser 49 milliards de dollars par an perdues en coupures d'électricité et de faire économiser 20,4 milliards de \$ par an en économie d'énergie pour les particuliers.

5.7.1.4. La protection physique des lignes : la question de l'élagage

Les lignes électriques sont essentiellement aériennes et sont de ce fait très vulnérable aux chutes d'arbre. 90 % des coupures électriques liées à la tempête Sandy étaient dues à des chutes d'arbre ou de branches sur les lignes.

La question de la responsabilité de l'élagage des arbres est délicate aux États-Unis. Aucun texte fédéral ne prévoit de cycle d'élagage ni de distance minimale sans branchage.

5.7.2. Les différentes initiatives pour augmenter la résilience des lignes ou améliorer la gestion

De manière générale, les efforts menés par les différentes administrations focalisent essentiellement sur la gestion de la crise, au détriment des investissements en préventif, et s'intéressent principalement aux agressions humaines.

Le National Infrastructure Protection Plan

En 1998, le gouvernement Clinton a mis en place le National Infrastructure Protection Plan³⁴, sur la résilience et la gestion des risques pour les secteurs vitaux de la société (communication, système bancaire, chimie, nucléaire ...). Le réseau électrique en fait partie, mais ce plan s'est assez rapidement focalisé sur les risques « humains » au détriment des risques naturels, tendance qui s'est largement accélérée après les attentats du 11 septembre 2001.

Actuellement, les inquiétudes concernant le réseau électrique semblent concerner la cyber-sécurité de celui-ci, bien qu'il soit très vulnérable aux risques naturels.

L'Energy policy Act de 2005

La région Nord Est, touchée par l'ouragan Sandy, a été particulièrement marquée par la gigantesque coupure d'électricité de 2003, durant laquelle 50 millions d'américains ont été privés d'électricité. Cette rupture massive d'approvisionnement a induit la mise en place d'un plan d'action États-Unis/ Canada³⁵, ainsi qu'à l'Energy Policy Act de 2005, qui a rendu obligatoire le respect de certaines normes fédérales quant à la résistance du réseau.

Ce plan d'action contient toutefois principalement des engagements volontaires des industriels et la mise en place de nouvelles normes, mais n'a pas porté d'investissements destinés à rénover le réseau.

Le plan de relance ou Recovery Act.

³³ http://www1.umn.edu/news/features/2010/UR_CONTENT_256684.html

³⁴ United States Government Accountability Office, *CRITICAL INFRASTRUCTURE PROTECTION : Update to National Infrastructure Protection Plan Includes Increased Emphasis on Risk Management and Resilience*, mars 2010. <http://www.gao.gov/new.items/d10296.pdf>

³⁵ <http://energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/BlackoutFinalImplementationReport%282%29.pdf>

Le plan du président Obama (Stimulus Bill) a attribué 4,2 milliards de dollars à la modernisation du réseau électrique américain pour l'acquisition de compteurs intelligents. Sur ce budget, 3,4 milliards \$ ont été attribués pour le développement de compteurs intelligents dans le cadre d'un « Smart grid ».

Bien que la gestion des catastrophes naturelles ne soit pas l'objectif premier de ces compteurs, ils peuvent constituer une solution pour permettre aux opérateurs électriques d'intervenir rapidement, sans attendre l'appel des clients concernés.

5.7.3. Conclusion

Les États-Unis focalisent leurs efforts sur la gestion des catastrophes naturelles au détriment des investissements préventifs. Cela est particulièrement vrai pour le réseau électrique, ancien et souffrant d'un manque chronique d'investissement. Cette situation est complexifiée par la structure du marché (ou plutôt des marchés) de l'électricité américains et des fortes différences d'organisation entre les États.

Par ailleurs, les différents plans destinés à protéger les infrastructures vitales se sont focalisés sur les risques d'agression physique d'origine humaine après le 11 septembre 2011. Encore aujourd'hui, les réflexions sur le réseau électrique concernent les risques de cyber-attaques et le développement des réseaux intelligents/communicants ou « Smart grids » alors que le réseau vieillit, et que les services de bases sont parfois difficilement assurés. Ainsi, les États du Nord Est connaissent plus de 200 minutes annuelles de coupures de courant hors événements climatiques, et cinq événements en 2011 ont causé des coupures de courant pour plus de 1,5 millions de personnes, le « record » étant détenu par l'ouragan Irène qui a privé d'électricité 9.3 millions de personnes.

5.8. Le retentissement sur le trafic aérien de l'épisode neigeux du 19 au 25 décembre 2010

Cette crise est intéressante, car c'est un bon exemple d'événement naturel ayant pour conséquence une crise technologique inconnue jusqu'alors, soit une crise qualifiée de Natech³⁶. C'était la première fois qu'une telle situation se présentait, ce qui montre que les conséquences technologiques des crises naturelles ne sont pas toutes connues à ce jour.

Durant la semaine du 19 au 25 décembre 2010, un temps neigeux exceptionnel a prévalu sur le nord de la France. Les aéroports CDG et Orly ont évité la pénurie de produits de dégivrage, mais au prix de réductions de vols en nombre : 2 100 vols durent être supprimés du 19 au 25 décembre, faute de capacité à dégivrer les avions. Des milliers de passagers durent passer une nuit dans les aéroports.

A l'étranger, les aéroports internationaux ont subi des situations comparables, et certains, tels que Londres Heathrow, ont fermé.

L'épisode neigeux n'a pas été exceptionnel par sa hauteur de neige, mais plutôt par la récurrence des chutes, et surtout par le caractère collant de la neige. Selon la difficulté de la neige, le temps de dégivrage d'un avion peut aller de quelques minutes à une heure pour les plus gros porteurs de type A380.

³⁶ Crise ayant pour origine un événement naturel dont les effets sont amplifiés par la fragilité d'un dispositif technologique avec lequel il interfère.

La crise a fait l'objet d'un rapport circonstancié du CGEDD³⁷ fin 2011. Ce rapport a principalement mis en évidence un sous équipement en aires de dégivrage et en matériel de déneigement adapté de celles-ci, ainsi que la nécessité de sécuriser l'approvisionnement en produits de dégivrage et d'augmenter la capacité de stockage de ces produits.

Le rapport du CGEDD a donc formulé cinq groupes de recommandations :

- sécuriser l'approvisionnement en produits de dégivrage et de déverglacage (glycol), augmentation des capacités de stockage sur et hors de l'aéroport ;
- accroître la capacité de dégivrage des avions, notamment rajout d'aires de dégivrages supplémentaires, et développer de nouveaux modes opératoires ;
- améliorer la gouvernance dans les situations de crise ;
- maintenir l'accessibilité permanente des plates-formes aéroportuaires par la route et les transports en commun ;
- améliorer l'information et l'accueil des passagers en attente.

Cet exemple montre que les REX et les rapports du CGEDD peuvent être suivis d'effets rapides, puisque ADP, lors de la rencontre que la mission a tenue avec ses responsables fin 2012, a confirmé aux missionnaires l'augmentation de la capacité des stocks de glycol et produits associés.

5.9. L'épisode neigeux du 12 au 15 mars 2013 en régions Île de France et Normandie³⁸

La région Île-de-France ainsi qu'une partie des régions Haute et Basse Normandie ont été atteintes par des chutes de neige abondantes sur une courte période, suivies par une chute de la température provoquant la transformation en glace sur une partie importante des infrastructures à l'air libre et rendant difficiles les opérations de déneigement.

Il est regrettable que cet épisode n'ait pas donné lieu à un RETEX formalisé de la part des zones de défense et de sécurité concernées : la ZDS Île-de-France et la ZDS ouest (siège à Rennes) pour les régions Haute et Basse Normandie. Certes le chef d'État-major de zone de défense et de sécurité a organisé à son niveau des réunions de debriefing des services de l'État et de grands opérateurs de réseaux impliqués dans cet épisode neigeux. Toutefois, ces réunions en sont restées au stade d'échanges informels et n'ont donné lieu à ce jour à aucun compte rendu officiel, ni à plus forte raison à aucun retour d'expérience formalisé vers le niveau national.

A l'issue d'une série d'entretiens téléphoniques et d'échanges de courriels, la mission est parvenue à obtenir un résumé factuel des perturbations enregistrées sur les différents réseaux en région parisienne, qui figure en annexe 7.

Il lui est apparu que les événements de mars 2013 n'avaient pas été perçus par les acteurs, tant autorités publiques qu'opérateurs de réseaux, comme exceptionnels.

Les points les plus significatifs à relever sont les difficultés survenues sur les lignes de RER partiellement à l'air libre, la paralysie d'une partie du réseau d'autobus (Optile),

³⁷ Rapport n° 007552-01 du 10 janvier 2011, « *Fonctionnement de l'aéroport Paris-Charles de Gaulle lors de l'épisode neigeux des 23 et 24 décembre 2010* », Auteurs Cèbe, David, Laroutou, sous la direction de Christian Leyrit

³⁸ Ce paragraphe s'inspire de notes prises par le représentant de la DRIEA à une réunion de debriefing organisée par le chef d'état major de zone de défense et de sécurité

liée à l'enneigement du réseau routier et la panne complète du système de transport en site propre Orlyval entre le 12 mars au soir et le 13 mars dans la matinée, qui a bloqué momentanément la desserte par transports ferrés d'Orly et a imposé de mettre en place un dispositif de secours par taxi (notamment pour évacuer les voyageurs bloqués à l'aéroport).

Pour les régions Haute et Basse Normandie, on ne dispose d'aucun retour d'expérience, même informel.

En sens inverse, on relève un RETEX « spontané » de la ZDS nord (Lille) pour les régions Nord Pas de Calais et Picardie, pourtant moins sévèrement touchées, qui a été communiqué au SGDNS et retransmis (pour ce qui relève de la compétence du MEDDE) au Secrétariat général de ce ministère, à l'attention du SDSIE.

5.10. Les retours d'expérience des crises réelles doivent être plus formalisés et systématiques

La mission a relevé qu'en dehors de cas spécifiques où elles avaient donné lieu à des rapports du CGEDD, seul ou conjointement avec d'autres formations d'inspection générale, les crises entraînées par un événement naturel ne faisaient pas l'objet d'une exploitation systématique. En outre, il n'existe actuellement aucune formalisation dans les comptes rendus faits par les opérateurs ni par les autorités dont ils relèvent, qu'il s'agisse d'administrations centrales ou déconcentrée de l'État. La mission recommande qu'à l'issue d'une telle crise, les différents acteurs soient réunis à l'initiative des pouvoirs publics pour procéder à un retour d'expérience partagé.

Une politique des REX doit être définie : quels événements ? Comment collecter les données et auprès de qui ? Quels enseignements sur la vulnérabilité et la résilience des réseaux ? Quelles mesures correctives ? Quelle communication au final ?

Le rapport correspondant devrait comporter un rappel des événements, les mesures prises par les différents acteurs concernés et les circuits de décision, un bilan de ce qui a bien ou moins bien fonctionné et les recommandations d'amélioration pour l'avenir. Une estimation des coûts directs et indirects, pour l'opérateur et pour les bénéficiaires ou usagers, devrait être effectuée³⁹. Ce rapport devrait donner lieu à une diffusion aussi large que possible, sous d'éventuelles réserves de confidentialité auxquelles pourraient être soumis certains services de l'État ou opérateurs.

³⁹ Il apparaît que même à l'intérieur d'un opérateur comme la SNCF, l'évaluation des différents coûts et leur agrégation soient difficile à réaliser.

6. Les REX des exercices et les simulations

6.1. L'éboulement de Séchilienne (Isère)

La vallée de la Romanche en Isère est soumise à un risque d'éboulement majeur (plusieurs millions de m³) qui créerait une bouchure de la vallée de la Romanche avec comme conséquences la formation d'un barrage, l'envolement de la route départementale et un risque d'inondation rapide en cas de rupture de ce barrage. La route départementale serait coupée pendant une durée de quelques jours à plus d'un mois, suivant l'importance de l'éboulement.

Les enjeux économiques sont liés d'une part à la menace exercée sur une importante zone industrielle située au sud de Grenoble, avec notamment une forte concentration d'industrie chimique, d'autre part à la desserte routière des stations touristiques telles que l'Alpe-d'Huez et les Deux-Alpes, mais aussi au trafic pendulaire quotidien⁴⁰.

Des itinéraires de déviation existent, avec un allongement important de distance et des caractéristiques peu adaptées à un trafic de poids lourds. En été, le passage est possible par Briançon et le col du Lautaret.

En cas de coupure de la circulation, les coûts liés aux kilomètres supplémentaires parcourus et à la répercussion sur l'activité de la haute vallée ont été estimés à au moins 500 k€ par jour (assez variable suivant la saison).

Une tentative a été faite de comparer le coût des mesures de prévention (tunnel routier, déviation à l'air libre, par exemple) au coût actualisé d'un éboulement majeur probabilisé. La construction d'une déviation routière, en déblai sur le versant opposé au glissement, est ainsi considérée comme largement « rentable ».

6.2. L'exercice « en Seine » de mars 2010 (crue de la Seine de type « 1910 »)

La montée des eaux lors d'une crue de la Seine de type 1910 (crue centennale) serait lente et facile à anticiper (barrages tampons, zones humides d'expansion en amont, intervention du service de prévision des crues), mais la prévention et les moyens de lutte sont et resteront insuffisants.

Les zones inondées et les zones fortement impactées ont été cartographiées, dans le cas d'une crue « 1910 » et « 1910 + 15 % ».

L'exercice « En Seine 2010 » a été organisé par la Zone de Défense et de Sécurité de Paris en mars 2010⁴¹. Le comportement des réseaux suivants a été particulièrement examiné, pour quatre scénarios de crue (R 0.6, R 0.8, R 1.0 et R 1.15, notés en fraction du débit de 1910) : fourniture en électricité, en fioul et en carburant, alimentation en eau potable et approvisionnement en eau embouteillée, gestion des déchets, transports collectifs et mise en place de moyens de substitution, circulation routière.

⁴⁰ Rapport CGEDD n° 006686-01 de janvier 2010 : Ruines de Séchilienne : mesures à prendre face aux risques.

⁴¹ Voir le rapport de synthèse publié par le secrétariat général de la zone de défense et de sécurité de Paris

Tous les réseaux seraient affectés à des degrés divers, certains seraient interrompus (métro : stations volontairement inondées, notamment les stations de la ligne C situées en rive gauche de Seine, plusieurs postes électriques inondés, causant des coupures largement au-delà de la zone inondée ; rupture de l'approvisionnement en carburants ; seuls les ponts amont et aval du boulevard périphérique et leurs accès seraient hors d'eau).

A titre d'exemple, pour la crue de 1910 (scénario R 1.0) :

- Alimentation électrique : plus d'un million de clients Basse Tension seraient affectés ; certains tunnels routiers et feux tricolores également, ainsi que la SNCF et la RATP touchés.
- Alimentation en hydrocarbures : trois dépôts représentant 300 000 m³ seraient sous les eaux.
- Alimentation en eau : 440 000 habitants seraient sans eau et 670 000 autres verraient leur consommation limitée en quantité. Il est à noter que l'exercice « En Seine » n'a pas procédé à une simulation détaillée de l'assainissement, cette question ayant été reprise postérieurement par un groupe de travail animé par la DRIEE.
- Déchets : la collecte des déchets ménagers serait interrompue dans les rues inondées. Comme pour l'assainissement, les déchets feraient l'objet d'un groupe de travail sous l'impulsion de la DRIEE.
- Transports guidés : 42 stations RATP seraient fermées. Les réductions et interruptions de trafic s'étendraient jusqu'à la grande couronne. En particulier, la RATP a prévu de « noyer » préventivement une partie de la ligne C du RER ainsi que les stations correspondantes, notamment la partie en rive gauche de Seine, afin d'éviter une surpression d'eau endommageant l'ensemble des structures (par la poussée d'Archimède).
- Transports non guidés : cinq centres de bus RATP seraient inondés.
- Circulation routière : Outre les coupures de circulation, se poserait le problème du stationnement de tous les véhicules devant abandonner la zone inondée : des aires de stockage des véhicules devraient être aménagées à cet effet en zone non inondable.

Les conséquences en cascade seraient nombreuses : exemple de la rupture d'approvisionnement en carburant qui entraîne un arrêt du fonctionnement des groupes électrogènes et des stations de pompage. De même, les pompes à essence, même approvisionnées en carburant, ne pourraient fonctionner sans alimentation électrique.

On notera aussi le caractère critique du fonctionnement des réseaux de télécommunication (fixe, mobile, internet) pour diffusion de l'information, d'électricité (groupes de secours dans les hôpitaux et autres usages prioritaires), d'assainissement et déchets (pour maintien des populations dans les lieux).

Se poserait le problème de l'évacuation des malades et des personnes à mobilité réduite, et le dilemme entre confinement ou évacuation des populations (paniques).

Au total, 4 à 5 millions d'habitants seraient touchés. Le coût des dommages indemnisables (directs et indirects) est estimé à 30 à 40 Md€ (très probablement sous-estimé selon plusieurs interlocuteurs de la mission). L'État a prévu de garantir les dommages à hauteur de 5 Md€.

En outre, trois postes sources (points de jonction entre le réseau haute tension de RTE et le réseau moyenne tension de ErDF) en région parisienne sont situés en zone inondable, ce qui nécessite de mettre en œuvre les circuits redondants passant par des postes sources hors d'eau.

+++++++

In fine, tant après un exercice de simulation qu'après une crise réelle, il apparaît le besoin de réunir les acteurs (administrations centrales et déconcentrées de l'État, collectivités territoriales, opérateurs de réseaux) pour procéder à un retour d'expérience (REX) en commun et tenter d'améliorer les pratiques et de favoriser un jeu collectif ; la question de la vulnérabilité des réseaux devrait y être systématiquement abordée. La pratique consistant, pour une autorité publique, à procéder après une crise réelle, avec l'ensemble des opérateurs de réseaux, à un véritable REX et donnant lieu à un compte rendu diffusé à l'ensemble des parties intéressées ne semble pas suffisamment ancrée dans les comportements, et doit être systématisée.

Recommandation 12 Tant après un exercice de simulation qu'après une crise réelle, réunir les acteurs (administrations centrales et déconcentrées de l'État, collectivités territoriales, opérateurs de réseaux) pour procéder à un retour d'expérience (REX) en commun et tenter d'améliorer les pratiques et de favoriser un jeu collectif.
--

7. Conclusion

L'approche des risques naturels et technologiques par les pouvoirs publics (notamment direction de la sécurité civile et direction générale de la prévention des risques) a privilégié comme cela est légitime la sécurisation des populations. Un traitement adéquat des risques affectant l'intégrité des réseaux d'infrastructures et du service qu'ils assurent, requiert une adaptation de cette politique.

Au terme de l'examen de la prise en compte des risques naturels par les opérateurs, il convient en premier lieu de remarquer que la liste des risques mis en avant au niveau central (cf. § 2.1 du présent rapport) paraît lacunaire : ainsi, le risque de tempête est plus significatif que le risque de feux de forêts qui n'a jamais été cité par les opérateurs, et le risque de tsunami en France métropolitaine apparaît marginal et localisé .

De même, les réseaux ne figurent pas en priorité dans les constructions et ouvrages à protéger. Par exemple, le récent Cadre d'actions pour la prévention du risque sismique, publié début 2013, ne mentionne que très ponctuellement les réseaux, dans la seule action « 22b » qui s'intitule : « *Poursuivre le recensement et le diagnostic des bâtiments, ponts et équipements nécessaires à la gestion de crise (catégorie IV)* ».

Le risque d'inondation apparaît le plus structuré et le mieux pris en compte dans les zonages et la planification accidentelle des opérateurs. Toutefois, les conséquences d'une crue centennale de la Seine sur l'agglomération parisienne se répercuteraient bien au delà de la seule zone inondée, et le retour à une situation normale demanderait plusieurs mois. Il en irait de même, avec des effets plus limités, d'une crue centennale du Rhône et de la Saône.

Les risques « classiques » bien cartographiés, notamment le risque inondation et le risque sismique, sont pris en compte par les pouvoirs publics (dans leur planification spatiale à travers les PPR) et les opérateurs (dans leurs plans de mise en sécurité et notamment dans les PCA) d'une manière qui *a priori* apparaît satisfaisante.

La prise en compte de l'émergence de nouveaux risques liés au changement climatique et/ou à l'évolution technologique, ou de l'intensification de risques connus, reste à approfondir.

A cet égard on peut citer :

- le risque de submersions marines, lié à l'élévation continue du niveau de la mer, impose de reconsidérer le dimensionnement des ouvrages à la mer, notamment des digues de protection (cf. les réflexions des grands ports maritimes en liaison avec le CETMEF concernant ce type d'ouvrages) ;
- des phénomènes de plus en plus récurrents comme les températures extrêmes prolongées (fortes chaleurs, gel), affectant la fiabilité des composants électroniques, ou provoquant leur défaillance, sont peu ou pas étudiés alors même que les matériels de transport (tant ferroviaires que routiers) et les infrastructures (transmissions, signalisation, équipements de sécurité...) et recourent de plus en plus massivement aux systèmes électroniques ;

- enfin, des chutes de neige récurrentes, avec des qualités de neige difficiles, peuvent, sans altérer les infrastructures proprement dites, paralyser pour une période plus ou moins longue le fonctionnement des réseaux, comme l'a démontré l'épisode neigeux de décembre 2010 en région parisienne. Les réseaux routiers sont les plus immédiatement concernés, mais d'autres réseaux peuvent être également perturbés, par « effet domino ».

Les réseaux de transport et de distribution d'énergie (électricité, gaz, hydrocarbures), les communications électroniques (opérateurs de téléphonie fixe, mobile et internet) apparaissent de plus en plus critiques pour la résilience des autres réseaux, notamment de transport, mais aussi les réseaux d'eau et d'assainissement, de santé, et tous les réseaux dits « de proximité » ou « de solidarité ». La loi de modernisation de la sécurité civile du 13 août 2004 a bien identifié cet élément, mais les conséquences n'en apparaissent pas à l'heure actuelle.

Ainsi, le durcissement des réseaux électriques et de télécommunications devrait revêtir une certaine priorité, dans la mesure où le fonctionnement de ces derniers est une condition nécessaire de la résilience des autres réseaux.

Ce point fait l'objet d'un consensus de la plupart des acteurs rencontrés et a été mis en évidence tant dans des exercices « sur table » comme l'exercice « En Seine » organisé par la Préfecture de Police de Paris (2010) que dans des crises réelles comme l'ouragan Sandy (2012) dans l'agglomération new-yorkaise ; par ailleurs, il fait actuellement l'objet de travaux sous l'égide du SGDSN.

La fonction risques apparaît bien identifiée et prise en charge par les opérateurs de réseaux relevant du ministère chargé du développement durable, mais les risques sont abordés de manière globale (risques de malveillance, risques technologiques, risques naturels), leur dissociation apparaissant arbitraire aux opérateurs.

Des autorités externes aux opérateurs (établissement public de la sécurité ferroviaire, direction de la sécurité de l'aviation civile...) ont été constituées pour établir des règles de sécurité et pour en contrôler l'application. Ces autorités ont un pouvoir de blocage du trafic. Par ailleurs, les opérateurs disposent de leurs services de sécurité internes.

Toutefois, le contrôle par l'une ou l'autre de ces entités porte en priorité sur la sécurité opérationnelle (i. e. de l'exploitation) et non sur la préservation de l'intégrité physique des réseaux : c'est notamment le cas dans le domaine des transports ferroviaires et dans celui du transport aérien.

L'organisation interne de chaque opérateur reflète bien l'importance accordée à la sécurité, qui est généralement confiée à une structure bien identifiée placée sous l'autorité d'un responsable proche du dirigeant de l'opérateur (généralement un membre du COMEX). Le domaine ferroviaire fait exception à cet égard, et reproduit la dualité entre gestionnaire de l'infrastructure (GI) et entreprise ferroviaire ; en outre, au sein même du GI, la fonction sécurité du réseau et la fonction risques (en approche globale) sont confiées à des structures différentes.

La coopération entre opérateurs différents ne s'établit pas naturellement, comme en témoignent les crises réelles et les exercices de crise. De tels exercices, mettant en jeu les pouvoirs publics ainsi que l'ensemble des opérateurs de réseaux, devraient être organisés systématiquement et leurs retours d'expérience être partagés entre les acteurs et largement diffusés, afin d'amorcer une « boucle d'apprentissage » vertueuse.

Les interdépendances entre réseaux font actuellement l'objet d'une réflexion qui reste à approfondir. Il serait souhaitable que les pouvoirs publics affirment davantage leur rôle de coordination dans la gestion de la crise. Par ailleurs, les retours d'expérience tant des exercices que des crises réelles ne semblent pas faire l'objet d'une diffusion ni d'une capitalisation suffisante. Le CGEDD pourrait jouer un rôle plus affirmé dans ce double rôle de diffusion et de capitalisation (entendue comme mise en commun d'expérience et constitution d'un corps de doctrine).

Concernant les retours d'expérience (REX), la pratique consistant pour une autorité publique à procéder après une crise réelle avec l'ensemble des opérateurs de réseaux à un véritable REX et donnant lieu à un compte rendu diffusé à l'ensemble des parties intéressées ne semble pas bien ancrée dans les comportements, et doit être systématisée. Ainsi, l'épisode neigeux de mars 2013 ne semble pas avoir été perçu par les acteurs comme d'un caractère exceptionnel, alors qu'il a fortement perturbé pendant plusieurs jours la vie de millions de personnes. Il en est peut-être de même pour les crues des Pyrénées survenues en juin 2013.

La réflexion sur les enjeux économiques de la résilience des réseaux reste à approfondir chez les opérateurs et leurs tutelles. Cette réflexion, étonnamment peu développée actuellement, incombe tant aux pouvoirs publics (l'étude d'impact d'une nouvelle réglementation en matière de sécurité doit comporter un bilan prévisionnel de ses coûts et de ses bénéfices attendus) qu'aux opérateurs de réseaux (analyse de la rentabilité économique d'une mesure de prévention). En outre, ces derniers doivent élargir leur évaluation prévisionnelle au-delà de leur périmètre propre, pour une prise en compte des coûts directs et indirects, pour la collectivité dans son ensemble, d'une défaillance de leur réseau entraînée par la matérialisation d'un aléa naturel.

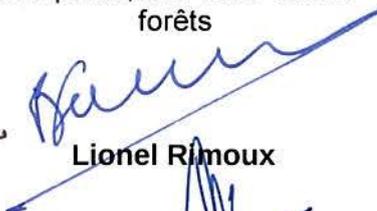
Jean-Louis Durville

Ingénieur général
des ponts, des eaux et des
forêts



Bernard Flury-Hérard

Ingénieur général
des ponts, des eaux et des
forêts

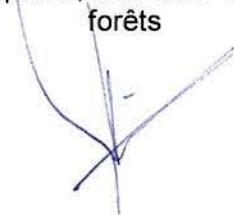


Lionel Rimoux

Inspecteur général de
l'administration du
développement durable

Laurent Winter

Ingénieur général
des ponts, des eaux et des
forêts



Annexes

1. Note de commande

Référence CGEDD n° 008414-01

21 JUIN 2012

Programme d'activité 2012 du CGEDD

VULNÉRABILITÉ DES RÉSEAUX FACE AUX RISQUES NATURELS

Note de commande

La vulnérabilité des réseaux d'infrastructures matérielles ou immatérielles de toute nature à l'égard des aléas naturels a émergé comme un sujet de préoccupation majeur au cours des dernières années. Le CGEDD a réalisé une mission relative à la résilience des réseaux de télécommunications, dans un cadre interministériel, en 2007. Il me paraît nécessaire de poursuivre cette démarche.

Il est envisagé de charger une mission d'identifier les éléments de vulnérabilité à l'égard des risques naturels des réseaux d'infrastructures (routes, réseau ferré, voies navigables, aéroports) ainsi que des réseaux de transport et distribution d'énergie relevant de la compétence du ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie (MEDDE).

Cette mission prendra en compte en priorité le risque d'inondation (notamment au regard de la mise en œuvre de la loi du 12 juillet 2010 « loi Grenelle II », titre V et du décret n° 2011-227 du 2 mars 2011 transposant en droit français la directive européenne 2007/60/CE du 27 octobre 2007 relative à l'évaluation et à la gestion du risque d'inondation), et le risque sismique aux Antilles (plan séisme Antilles, cas des ports et aéroports), et en métropole ainsi que le risque de tempête ou de cyclone dans les départements et territoires d'outre-mer.

Elle sera centrée sur la prévention de la crise (conception et dimensionnement des réseaux, incluant les infrastructures nouvelles, interdépendance et interactions entre réseaux distincts) et les mesures de prévention ou d'amélioration de la résilience de nature à faciliter la gestion de crise, en excluant la gestion opérationnelle de la crise.

A partir du retour d'expérience de sinistres récents il s'agit de dégager une problématique applicable aux réseaux d'infrastructure et de transport et distribution d'énergie, prenant en compte notamment les points suivants :

- pour l'inondation et la tempête, retour d'expérience à partir des rapports du CGEDD sur les sinistres récents (black out de 2007 en Loire-Atlantique, tempête Klaus en 2009, inondation de Draguignan, tempête Xynthia) ou plus anciens (inondation de Vaison-la-Romaine...) ;
- analyse socio-économique sur le dimensionnement des réseaux en fonction de la gravité des conséquences d'une rupture et de la probabilité d'occurrence de celle-ci, résilience par redondance et maillage des réseaux ; dans quels cas convient-il de privilégier l'indépendance (et l'étanchéité) ou l'interconnexion ?
- éléments de doctrine permettant d'analyser l'aménagement des réseaux existants (par exemple, sur la base de quels critères décider d'enterrer une ligne de transport ou de distribution d'électricité) et la réalisation des infrastructures nouvelles (recommandations visant à intégrer dès la conception des éléments de résilience à l'égard d'aléas naturels).

Cette problématique devrait pouvoir ultérieurement être étendue à d'autres réseaux d'importance nationale (comme les réseaux de communication).

.../...

Outre les services de la Direction générale de la prévention et des risques et du Secrétariat général (SDSIE) auprès desquels elle recherchera un appui, la mission prendra des contacts avec les directions de ministères gestionnaires directs ou tutelles de gestionnaires de réseaux, avec des établissements publics et avec des services déconcentrés, établissant et mettant en œuvre des plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPRN) comme avec le réseau scientifique et technique ministériel.

Ces travaux donneront lieu à un rapport à remettre pour le 31 décembre 2012.

Le Vice-Président
du Conseil général de l'environnement
et du développement durable



Christian LEYRIT

2. Liste des personnes rencontrées

Pouvoirs publics

Secrétariat général de la défense et sécurité nationales

Xavier DELARUE, adjoint au directeur de la protection et sécurité de l'État et ses collaborateurs

Préfecture de Police de Paris

Général Serge GARRIGUES, chef d'État-major de zone de défense et de sécurité et ses collaborateurs

Colonel Frédéric LELIÈVRE

Ambassade de France à Washington

Vincent DELPORTE, chargé de mission auprès du conseiller développement durable et transports (contribution écrite)

Établissement public de sécurité ferroviaire (EPSF)

Denis HUNEAU, directeur général (entretien téléphonique)

Secrétariat général du MEDDE

Christophe QUINTIN, chef du service défense, sécurité, intelligence économique

Robert UNTERNER, chef de département, SDSIE

Commissariat général au développement durable, direction de la recherche et de l'innovation

Jean-Michel TANGUY, conseiller du directeur, responsable du projet « action intégrée de résilience territoriale » (AIRT)

Michel JUFFÉ, association française de la prévention des crises naturelles (AFPCN), conseiller pour le projet AIRT

Direction générale de la prévention des risques

Jean-Marie DURAND, adjoint au directeur général

Anne-Marie LEVRAUT, chef du service risques naturels et hydrauliques

Jean-François SORRO, responsable du plan séisme Antilles

Direction régionale et interdépartementale de l'équipement et de l'aménagement (DRIEA) Île de France

Michel LAMALLE, directeur adjoint, adjoint défense et sécurité

Jean-Philippe MONTMAIN

Direction régionale et interdépartementale de l'environnement et de l'énergie (DRIEE)
Île de-France

Laure TOURJANSKY, directrice adjointe, adjointe défense et sécurité

Pierre-Louis DUBOURDEAU

DREAL Rhône Alpes

Yannick MATHIEU, DREAL adjoint

Olivier FOIX, adjoint défense et sécurité

DGAC/DSAC

Patrick CIPRIANI, directeur région nord

Réseau scientifique et technique

CETE Méditerranée

Gérard CADRÉ, directeur du CETE

Renaud BALAGUER, directeur du département risques, eau, construction

Anne CHANAL

Sandrine ALBIZZI

José Luis DELGADO

INERIS

Jean-Bernard KAZMIERCZAK, responsable unité risques naturels ouvrages et stockages

Agnès VALLÉE

Mehdi GHOREYCHI

CETMEF

Olivier PIET, directeur adjoint du centre

Joël L'HER, directeur de l'ingénierie

Jean-Jacques TRICHET

Réseaux

DGITM/DIT

Véronique MAYOUSSE, sous-directrice, réseau routier national non concédé

Jean ZULBERTI, adjoint au S/D autoroutes et ouvrages concédés (entretien téléphonique)

Association des sociétés françaises d'autoroutes (ASFA)

Jean MESQUI, délégué général

Chr. BOUTIN

RATP

Jérôme MARTRES, délégué général à la sécurité ferroviaire

Stéphane MENCHI, chargé de mission

Jean-Louis STAUFFERT, risk manager

ADP

Paul-Christian MULLER, manager pôle métier structure et second œuvre

Brigitte MILLOUR

Jean-Christophe BEAUCOUR, manager pôle qualité du patrimoine

Gérard SCOTTO

RFF

Bernard CHARVET, directeur de la sécurité du réseau

Valérie BONNARD, directrice de l'audit et des risques

Philippe GARNIER, délégué au management des risques

SNCF-Infra

Nicolas POLLET

ErDF

Jean-Louis PORTEBOIS, responsable gestion de crise

RTE

Pierre BORNARD, vice-président du directoire

Olivier GRABETTE

Brigitte PEYRON

Max ERNOULT

3. Sigles et acronymes

ADP	Aéroports de Paris
ADS	Adjoint défense sécurité
AIPCN	Association mondiale pour les infrastructures de transport maritimes et fluviales
AMEC	Autorisation de mise en exploitation commerciale
AMF	Autorité des marchés financiers
ASFA	Association des sociétés française d'autoroutes
BRGM	Bureau de recherches géologiques et minières
BT	Basse tension
CCR	Commande centralisée de réseau
CEREMA	Centre d'étude et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
CERTU	Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions
CETE	Centre d'études techniques de l'équipement
CETMEF	Centre d'études techniques maritimes et fluviales
CFNR	Compagnie française de navigataion rhénane
CGEDD	Conseil général de l'environnement et du développement durable
CGEIET	Conseil général de l'économie, de l'insustrie, de l'énergie et des technologies
CMVOA	Comité opérationnel de veille opérationnelle et d'alerte
COD	Centre opérationnel départemental
COGIC	Centre opérationnel de gestion interministérielle des crises
CRE	Commission de régulation de l'énergie
DCF	Direction des circulations feroviaries
DDT(M)	Direction départementale des territoires (et de la mer)
DG	Direction générale
DGAC	Direction générale de l'aviation civile
DGALN	Direction générale de l'aménagement, diu logement et de la nature
DGEC	Direction générale de l'énergie et du climat
DGITM	Direction générale des infrastructures de transport et de la mer
DGPR	Direction générale de la prévention des risques
DIT	Direction des infrastructures de transport
DMZ	Délégué ministériel de zone
DNS	Directive nationale de sécurité

DOM	Département d'outre-mer
DREAL	Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement
DRI	Direction de la recherche et de l'innovation
DRIEA	Direction régionale et interdépartementale de l'équipement et de l'aménagement
DRIEE	Direction régionale et interdépartementale de l'environnement et de l'énergie
DRIHL	Direction régionale et interdépartementale de l'hébergement et du logement
DSAC	Direction de la sécurité de l'aviation civile
DSNA	Direction des services de navigation aérienne
EF	Entreprise ferroviaire
EPSF	Établissement public de sécurité ferroviaire
ERDF	Electricité réseau distribution France
ERP	Etablissement recevant du public
GI(U)	Gestionnaire d'infrastructure (unifiée)
HFDS	Haut-fonctionnaire de défense et de sécurité
HT	Haute tension
HTA	Haute tension alternatif
ICPE	Installation classée pour la protection de l'environnement
IFSTTAR	Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux
INERIS	Institut national de l'environnement industriel et des risques
IRSTEA	Institut de recherches en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture
MEDDE	Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie
METL	Ministère de l'égalité des territoires et du logement
OIV	Opérateur d'importance vitale
ONERC	Observatoire national des effets du réchauffement climatique
ONRN	Observatoire national des risques naturels
ORSEC	Organisation de la réponse de sécurité civile
PCA	Plan de continuité d'activité
PCS	Plan communal de sauvegarde
PCT	Poste de contrôle du trafic
PGRI	Plan de gestion des risques d'inondation
PGT	Plan de gestion du trafic
PIV	Point d'importance vitale
PLU	Plan local d'urbanisme
PPI	Plan particulier d'intervention

PPP	Plan particulier de protection
PPR	Plan de prévention des risques naturels prévisibles
PSO	Plan de sécurité d'opérateur
RATP	Régie autonome des transports parisiens
RETEX	Retour d'expérience
REX	Retour d'expérience
RFF	Réseau ferré de France
RST	Réseau scientifique et technique
RTE	Réseau de transport d'électricité
SAIV	Secteur d/sécurité des activités d'importance vitale
SDSIE	Service défense, sécurité et intelligence économique
SETRA	Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements
SGDSN	Secrétariat général de la défense et de la sécurité nationale
SI	Système d'information
SIACEDPC	Service interministériel des affaires civiles et économiques de défense et de la protection civile
SCHAPI	Service Central d'Hydrométéorologie et d'Appui à la Prévision des Inondations
SPNQE	Service de la Prévention des Nuisances et de la Qualité de l'Environnement
SRNH	Service des risques naturels et hydrauliques
STEEGBH	Service Technique de l'énergie électrique, des grands barrages et de l'hydraulique
SRT	Service des risques technologiques
TER	Transport express régional
THT	Très haute tension
UCTE	Union pour la coordination du transport d'électricité
UNISDR	United nations office for disaster risk reduction
ZDS	Zone de défense et de sécurité
ZIV	Zone d'importance vitale

4. Quelques textes réglementaires

(liste non exhaustive)

Réseaux électriques (transport et distribution)

♦ Arrêté du 17 mai 2001 fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique.

L'article 13 définit, pour le dimensionnement des ouvrages BT ou HT :

- les charges dues au vent (distinction entre zones à vent normal, à vent fort et à haute pression de vent) et à la température,
- les charges dues au givre, à la neige collante et à la pluie verglaçante,

ainsi que les coefficients de sécurité à prendre en compte.

♦ Plan national de continuité électrique (18 septembre 2009), qui s'adresse à EDF, RTE et ERDF. Il vise à pouvoir répondre à un scénario de rupture majeure d'alimentation électrique, suite à des événements naturels, accidents technologiques ou actes malveillants.

♦ Document RTE : Cahier des charges général - Lignes aériennes HTB⁴² – Ouvrages neufs (CCG – LA Ouvrages neufs). 2012 ??

Le dimensionnement mécanique est traité dans la partie 3.

Les textes de référence : Arrêté Technique en vigueur et norme NF EN 50341-1.

Le document précise les efforts dus au vent (pression) et au givre (épaisseur) à prendre en compte, pour différentes zones géographiques, sur les câbles et sur les structures.

Routes et ouvrages d'art

Textes applicables (routes) :

Les eurocodes, qui traitent du calcul des constructions et ouvrages, sont des normes européennes qui insistent sur les obligations de la maîtrise d'ouvrage qui doit, en l'absence d'une réglementation qui s'imposerait à tous, définir les actions à prendre en compte, notamment liées au séisme, au vent, à la neige, à la température. Ce choix doit être fait en tenant compte du lieu d'implantation de l'ouvrage (évaluation de l'aléa) et de son importance (conséquences de sa défaillance), ainsi que de sa durée de vie attendue. Les annexes nationales précisent en général le niveau des actions dans chaque pays.

Textes applicables (ouvrages d'art)

♦ NF EN 1998 (Eurocode 8) : Calcul des structures pour leur résistance aux séismes. Partie 2 : Ponts

⁴² Tension en alternatif supérieure à 50 kV

♦ EN 1991-1 : Actions sur les structures. Partie 1-4 : Actions du vent.

♦ Arrêté du 26 octobre 2011 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux ponts de la classe dite « à risque normal ».

L'arrêté est pris en application des décrets du 22 octobre 2010 sur la prévention du risque sismique et sur le zonage du territoire. Les ouvrages sont classés dans des catégories d'importance allant de I à IV (en catégorie III ou IV, on trouve notamment les ponts des pistes d'aérodrome, les ponts dont l'utilisation est primordiale pour les besoins de la sécurité civile et de la défense nationale, les ponts au-dessus des autoroutes ou des LGV).

Réseau ferré

Décret n° 2006-1279 du 19 octobre 2006 relatif à la sécurité des circulations ferroviaires et à l'interopérabilité du système ferroviaire.

Ce décret définit notamment les mesures de gestion des situations d'urgence incombant au gestionnaire d'infrastructure (GI) et au gestionnaire d'infrastructure délégué (GID) (art. 13 et 14), l'agrément de sécurité délivré par l'EPSF au GI et au GID (art. 19), le certificat de sécurité délivré par l'EPSF aux entreprises ferroviaires (EF) (art. 20 à 22), l'autorisation de mise en exploitation commerciale (AMEC) d'un élément nouveau d'infrastructure ou d'un matériel roulant (art. 43), le dossier de définition de sécurité, le dossier préliminaire de sécurité et le dossier de sécurité d'un système ou sous-système nouveau (art. 45 à 54).

Aéroports (règles de construction)

♦ Projet d'arrêté relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux canalisations, tuyauteries, silos, réservoirs, structures hautes et élancées de la classe dite « à risque normal ».

Dans la catégorie d'importance IV, la plus réglementée, on trouve les équipements nécessaires au contrôle de la circulation aérienne de certains aérodromes.

♦ Pour le vent, ADP dimensionne ses bâtiments neufs suivant l'eurocode EN 1991-1.4, avec un coefficient majorateur de 15 %.

♦ Pour la neige, ADP utilise l'eurocode EN 1991-1.3 : Actions sur les structures. Partie 1-3 : Charges de neige. Pour l'existant (bâtiments sensibles : aérogares, etc.), ADP envisage de prendre une consigne d'évacuation si l'épaisseur de neige dépasse x cm.

5. Le décret n° 2007-1400 du 28 septembre 2007 (articles 1 à 3)

« Art. 1. Le caractère prioritaire des besoins de la population mentionnés au I de l'article 6 de la loi du 13 août 2004 susvisée se détermine en considération, d'une part, des objectifs de préservation de la vie humaine, de la santé publique, de la sécurité des personnes et des biens et, d'autre part, de la continuité des services publics.

Le niveau de satisfaction de ces besoins requis dans chaque cas est fixé en fonction de la vulnérabilité de certains groupes de populations, des caractéristiques du service ou du réseau concerné et du degré constaté de défaillance des installations destinées à répondre à ces besoins.

Art. 2. Les critères de définition des populations vulnérables et le niveau spécifique de satisfaction de leurs besoins sont précisés, en tant que de besoin, par arrêté conjoint des ministres en charge de la santé, de la sécurité civile et du service concerné.

Art. 3. Pour assurer le maintien de la satisfaction des besoins prioritaires définis à l'article 1er, les exploitants mentionnés au I de l'article 6 de la loi du 13 août 2004 susvisée prennent toutes mesures pour :

*a) Protéger leurs installations contre les risques, agressions et menaces prévisibles ;
b) Alerter sans délai l'autorité compétente de l'imminence ou de la survenue d'une défaillance grave de leurs installations susceptible de porter atteinte à la continuité du service ;*

c) Mettre en œuvre les mesures demandées par le représentant de l'État dans le cadre du plan ORSEC et de ses dispositions spécifiques ;

d) Elaborer un plan interne de crise qui permet :

- de pallier les conséquences les plus graves des défaillances, de la neutralisation ou de la destruction des installations ;

- d'assurer le plus rapidement possible une distribution adaptée du service permettant la satisfaction des besoins prioritaires susmentionnés ;

- de rétablir un fonctionnement normal du service dans des délais compatibles avec l'importance des populations concernées et tenant compte des dommages subis par les installations.

Une fois le fonctionnement normal du service rétabli, les exploitants et les opérateurs concernés prennent les mesures préventives et palliatives complémentaires que les enseignements tirés de la crise ont rendus nécessaires. »

6. Note RTE sur le dimensionnement du dispositif anti-cascade

Justification du choix technico-économique d'un anti-cascade tous les 10 supports, soit environ 5km en 400kV.

Ce choix résulte d'une analyse technico-économique permettant de couvrir l'exigence d'un délai de 5 jours pour la réalimentation d'un point de livraison, suite à un événement climatique d'intensité supérieur à la référence établie sur la base du retour d'expérience des tempêtes Martin et Lothar de 1999.

Le principe de couverture de ce risque repose sur la complémentarité de deux dispositifs :

- l'installation de supports anti-cascades, permettant de limiter l'ampleur des dégâts en stoppant l'effet domino résultant d'une rupture mécanique,
- la mise en place d'une organisation permettant de mettre en œuvre en cinq jours maximum une liaison provisoire de 5km entre deux supports anti-cascades.

En termes économiques, compte tenu du coût de renforcement d'un support pour lui donner la caractéristique anti-cascade qui est d'environ 100k€, il faut plutôt augmenter la distance entre deux dispositifs anti-cascades. Par exemple, si l'on avait retenu l'hypothèse d'un support anti-cascade toutes les huit portées (4km) on aurait augmenté le coût de sécurisation de l'ordre de 155 millions d'euros (+25% sur un gisement de 6 220 supports).

Pour autant, au delà de 10 portées on augmente très fortement le risque de ne pas tenir le délai de cinq jours pour réalimenter. L'installation d'une liaison provisoire de 5 km en 400kV nécessite de mobiliser environ 60 personnes pendant la phase de travaux de 4 jours, la première journée étant dédiée à la mise à pied d'œuvre et à la préparation du chantier. C'est donc la capacité à mettre en œuvre la liaison provisoire qui est un facteur dimensionnant de la politique de sécurisation anti-cascade.

Par ailleurs cette disposition est cohérente avec les préconisations de l'arrêté technique de 2001, applicable aux ouvrages neufs et modifications importantes, qui parle d'un anti-cascade tous les 10 supports. Cette disposition reprend les éléments du rapport de mission de Mr Piketty de mai 2000 rédigé suite aux intempéries de 1999 qui préconise au paragraphe VI.1.4 :

« Mettre en place des dispositifs anti-cascade (un support adapté tous les 10 supports)»

Enfin, la norme CEI826 (Overhead Line Support Loadings - Wind And Temperature Loadings), éditée en 1991, indique au paragraphe 3.6.3.3 Mesures de sécurité supplémentaires : Insertion de pylônes anti-cascade à quelques pylônes d'intervalle (généralement 10).

Ces références normatives viennent ainsi conforter le choix de RTE.

**Ministère de l'Écologie,
du Développement durable
et de l'Énergie**

**Conseil général de
l'Environnement
et du Développement durable**

7e section – secrétariat général

bureau Rapports et
Documentation

Tour Pascal B - 92055 La
Défense cedex
Tél. (33) 01 40 81 68 73

