



**MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Développement des capacités de réalisation de la restauration des ouvrages d'art routiers

Rapport n° 013011-01

établi par

Anne Bernard-Gély et Frédéric Ricard (coordonnateur)

Janvier 2021



CGEDD

CONSEIL GÉNÉRAL DE
L'ENVIRONNEMENT ET DU
DÉVELOPPEMENT DURABLE

**Les auteurs attestent qu'aucun des éléments de leurs activités
passées ou présentes n'a affecté leur impartialité dans la
rédaction de ce rapport**

Statut de communication	
☐	Préparatoire à une décision administrative
☐	Non communicable
☒	Communicable (données confidentielles occultées)
☐	Communicable

Sommaire

Résumé.....	5
Liste des recommandations.....	8
Introduction	10
Contexte.....	10
L'organisation de la mission.....	11
1 L'entretien, la réparation et la rénovation des ouvrages d'art et des murs de soutènement par les divers maîtres d'ouvrages en France	12
1.1 Principes de l'entretien et de la rénovation des ponts et murs routiers	12
1.2 Les pathologies à surveiller pour les ouvrages d'art et les murs de soutènement.....	13
1.3 Situation des ponts et des murs en France.....	15
1.4 Les métiers de la surveillance, de l'entretien et de la réparation des ponts	19
1.5 La situation des moyens publics.....	21
1.6 Les nouvelles technologies de l'entretien et de la maintenance	23
2 Parangonnage international.....	27
2.1 La gestion des routes dans les différents pays.....	27
2.2 La gestion des ouvrages d'art : principes de surveillance et d'inspection	27
2.3 L'état des murs et des ponts.....	29
2.4 Les désordres sur les ouvrages et les programmes pour y remédier	30
2.5 L'aide apportée aux collectivités locales.....	31
2.6 Les compétences et la formation	32
2.7 Les technologies nouvelles.....	33
2.8 Conclusion du parangonnage.....	33
3 L'organisation et les moyens pour l'entretien des ponts et des murs routiers	35
3.1 Le panorama institutionnel.....	35
3.2 La prise de conscience de la nécessité de mieux gérer les ouvrages d'art et le plan de relance	41
3.3 L'offre des entreprises privées	43
4 La formation	47
4.1 La formation initiale.....	47
4.2 La formation continue.....	50
4.3 La formation pour les décideurs.....	53
4.4 Le rôle de veille et d'innovation	54
Remerciements	56
Annexe 1. Lettre de mission.....	58
Annexe 2. Liste des personnes rencontrées.....	60
Annexe 3. Glossaire des sigles et acronymes.....	69
Annexe 4. Glossaire des termes techniques.....	71

Annexe 5.	Principes de l'entretien et de la rénovation des ponts et murs routiers ..	74
Annexe 6.	Les pathologies à surveiller pour les ouvrages d'art et les murs de soutènement.....	76
Annexe 7.	La situation des ponts et des murs en France	80
Annexe 8.	Les métiers de l'ingénierie de la maintenance des ouvrages d'art : le référentiel IMGC	88
Annexe 9.	Les moyens de l'État.....	90
Annexe 10.	Les moyens des autoroutes concédées.....	95
Annexe 11.	Les moyens des Collectivités locales	97
Annexe 12.	Programme de cours de master de Maintenance Construction sécurité de l'École polytechnique fédérale de Lausanne.....	98
Annexe 13.	Cartographie des agences techniques départementales en 2019 (source ATD).....	102
Annexe 14.	Programme de formation Ouvrages d'art de PFC.....	103
Annexe 15.	Bibliographie	104
Annexe 16.	Allemagne	106
Annexe 17.	Brésil.....	115
Annexe 18.	Canada (État du Québec)	124
Annexe 19.	États-Unis	130
Annexe 20.	Italie.....	145
Annexe 21.	Compléments sur l'Italie.....	153
Annexe 22.	Japon	156
Annexe 23.	Royaume-Uni	169
Annexe 24.	Suisse	174

Résumé

C'est un constat partagé, par-delà les frontières, qu'une attention particulière doit être apportée rapidement à l'entretien et la maintenance des ponts et des murs routiers. Un pont possède une durée de vie limitée - calculée aujourd'hui sur 100 ans en moyenne - et constitue un équipement sensible au sein des infrastructures de transport, qui nécessite d'être surveillé. Beaucoup d'ouvrages ont été construits après-guerre et arrivent aujourd'hui à un stade de vieillissement nécessitant de la vigilance. Il y a aussi beaucoup de ponts en maçonnerie dont certains sont très anciens et les ouvrages en béton armé de première génération construits au début du XX^e siècle atteignent la fin de leur durée de vie. Par ailleurs, tous les ouvrages un peu anciens en service sont soumis à des actions plus importantes que celles prévues à leur conception (charges de trafic, actions climatiques) qui peuvent réduire notablement leur durée de vie. Notre mission a été chargée d'étudier les capacités nécessaires en ingénierie pour pouvoir maintenir, gérer, diagnostiquer, voire réparer les ponts et murs routiers de l'ensemble des réseaux français.

La mission a tiré des enseignements intéressants des expériences étrangères :

- Le Japon a imposé aux maîtres d'ouvrage de faire une inspection de leurs ponts tous les cinq ans, ce qui a permis d'obtenir un suivi national de l'état des ponts.
- Le Royaume-Uni impose sur le réseau de *Highways England* à ceux qui maintiennent des ponts d'obtenir une certification de « *Bridge inspectors* » par un organisme indépendant, pour garantir la qualité des inspections et qui envisage d'étendre cette obligation sur tous les réseaux. Cet exemple a inspiré la proposition de créer en France des qualifications individuelles *a minima* pour les inspecteurs d'ouvrages d'art mais aussi pour d'autres métiers de la maintenance et de la réparation des ponts : ceci permettrait de motiver des personnes à se former, susciterait l'offre de formation en matière d'ouvrages d'art. Enfin, cela permettrait aux maîtres d'ouvrage d'avoir de meilleures garanties de savoir-faire des intervenants.
- On trouve en Suisse (et sans doute aussi au Canada) des formations initiales d'ingénieurs tournées vers la maintenance et la réparation des ouvrages.
- Plusieurs pays, après avoir constaté le retard pris dans la maintenance et la réparation des ponts, ont décidé de vastes programmes d'investissement (États-Unis, Allemagne, Italie). L'Italie a décidé en outre d'avoir un programme de recensement des ouvrages d'art et de leur niveau d'entretien (encore en phase expérimentale). Aux États-Unis des aides sont apportées aux collectivités locales et aux États par le niveau fédéral. En Allemagne, l'État fédéral a recentralisé le réseau des autoroutes et des principales routes confiées auparavant aux *Länder* et le confie à une agence des routes dotée d'un important budget d'investissement.

La pierre angulaire de la gestion des ponts et murs routiers en France est le CEREMA, établissement public. Le CEREMA intervient à tous les niveaux, des diagnostics à la maîtrise d'œuvre, de la création de doctrine et de participation à la diffusion de savoirs (clubs ouvrages d'art dans les régions, colloques) et travaille pour tous les maîtres d'ouvrage publics et privés. La nécessité de maintenir ses effectifs avait déjà été soulignée dans la revue de dépenses routières des collectivités locales (avec l'IGA et l'IGF en août 2017) sans faire dévier la politique de baisse de ses effectifs autorisés.

Un audit effectué par la MARRN estime immédiatement nécessaire d'avoir une embauche de quarante spécialistes et experts, à périmètre constant du ministère (CEREMA et DIR inclus). Il faut prévoir en outre le remplacement d'au moins 25 spécialistes et experts proches de la retraite à échéance 5 ans et autant à horizon dix ans. Cette politique de recrutement devra en outre être accompagnée d'un ripage des activités de maîtrise d'œuvre de travaux neufs vers l'entretien et la réparation, mouvement déjà entamé dans certaines DIR.

Les ouvrages du réseau autoroutier concédé ne sont pas les plus préoccupants (surveillés avec l'aide du CEREMA). Néanmoins l'ensemble du parc subit un vieillissement inéluctable et le rapprochement de la date de fin de concession suppose de mettre en place des moyens significatifs pour les investigations et les travaux chez toutes les parties prenantes.

Sans tenir compte des éventuelles évolutions susceptibles d'être induites par la loi 4D, que le calendrier de la mission n'a pas permis de prendre en compte, pour le réseau routier national, dans son périmètre actuel, l'audit entrepris il y a quelques années avait permis de poser un diagnostic et de définir une trajectoire budgétaire en augmentation. Le volet « entretien des ponts » du plan de relance en cours de lancement devrait pérenniser cette trajectoire sur deux ans et cela suppose une attention aux effectifs qui y sont consacrés.

Pour les collectivités locales, la mission a eu du mal à obtenir des renseignements. Les données les plus fiables proviennent de l'IDRRIM qui rassemble l'ensemble des acteurs de la route (et de la rue) : État, collectivités, bureaux d'études, entreprises. Son positionnement central et neutre, qui doit être sauvegardé lui permet de publier et d'améliorer chaque année son observatoire national de la route (ONR). Il est souhaitable que les données du recensement et de l'état des ponts des communes puissent y figurer au fur et à mesure de leur production.

Les données sur les ouvrages des petites communes ne font plus l'objet d'une remontée d'information nationale depuis que l'État a suspendu son aide technique aux petites communes au début des années 2010. Les actions du plan de relance pour l'inspection des ouvrages d'art des petites communes par des bureaux d'études payés par l'État et sous pilotage du CEREMA permettront d'avoir une vision d'ensemble. Cette action est évidemment une excellente initiative.

La mission recommande que cette opération soit menée en parfaite osmose avec les départements qui sous une forme ou une autre (agences départementales ou directement avec leurs services) ont rempli le vide laissé par l'État auprès des communes et après y avoir été encouragés récemment sur le plan réglementaire. Il ne faudrait pas démobiler ces initiatives et les départements et leurs agences seront amenés à prolonger ces actions après le plan de relance.

Compte-tenu du fait qu'il ne semble pas à ce stade possible d'imposer un recensement par voie réglementaire (à la différence du Japon ou de l'Italie), la mission préconise de conditionner les aides de l'État à la fourniture des données de recensement. Il faut pour cela continuer d'étendre le champ de l'observatoire national de la route, sur une base volontaire. Les données publiées dans l'ONR sont anonymisées, ce qui rassure les collectivités. Il convient que le CEREMA construise un indicateur national de l'état des ponts (et des murs routiers), sur une base statistique et objective ce qui permettrait d'éclairer l'action publique.

Pour le volet « formation », la mission a constaté que dans la formation initiale des techniciens et des ingénieurs, le volet « entretien et maintenance » est en général absent, quelques exceptions mises à part. Elle propose que la formation initiale dans les écoles d'ingénieurs et de techniciens le prenne en compte ou le renforce :

- création à l'ENTPE d'une voie d'approfondissement dédiée à la gestion patrimoniale des ouvrages d'art ;
- création à l'ENTE d'une formation professionnelle pour les qualifications de chargé de gestion ouvrages d'art et inspecteur ouvrages d'art dans les collectivités ;
- formation prise de poste de cinq jeunes ingénieurs en maîtrise d'ouvrages au CHERMER ;
- création d'un mastère spécialisé maintenance et réparation des ouvrages à l'ENPC ;
- insertion d'une séquence de formation à la gestion patrimoniale dans le cursus des jeunes IPEF.

La formation continue doit être développée : il est proposé de l'accompagner temporairement par un

soutien spécifique pour baisser le coût des formations de « Ponts-Formation Continue » et d'étendre une initiative des collectivités du Nord de la France aux autres régions avec l'aide du CEREMA et du CNFPT.

La formation aux élus –surtout sur le volet responsabilité juridique de la gestion patrimoniale – devrait leur être proposée avec l'aide de « Mairie 2000 ».

La mission propose enfin de promouvoir les nouvelles technologies permettant de mieux gérer le patrimoine d'ouvrages d'art et d'encourager certains projets (DOLMEN sur les ponts en maçonnerie).

Liste des recommandations

- Recommandation 1. (MTE) : À périmètre patrimonial constant, recruter une quarantaine de spécialistes supplémentaires dans le domaine de l'entretien et de la maintenance des ouvrages d'art. Compléter ce recrutement au fil du temps pour tenir compte des départs naturels (à un rythme de cinq par an pour les départs à la retraite, hors « autres départs ») et notamment recruter un second IGOA ou un adjoint à l'IGOA au sein de la MARRN.....22**
- Recommandation 2. (DGITM –MARNN) Réactualiser le bilan des compétences OA en DIR mais aussi en DREAL. Lancer un projet avec la DRH, le CGDD et le CEREMA de rapprochement des informations des bases de données et de GPEC pour obtenir un pilotage plus fin des compétences. Faire évoluer les compétences techniques vers l'entretien et la réparation. Pour le CGEDD : accompagner ce pilotage RH en veillant à l'articulation entre les IGRH routes et le comité de domaine ouvrages d'art.....22**
- Recommandation 3. (CEREMA) Nouer un partenariat avec l'INRIA pour faire progresser ces techniques de la maintenance et passer de la maintenance curative ou préventive à la maintenance prédictive26**
- Recommandation 4. Soutien financier aux communes via DETR et DSIL (Actions DGCL préfectures) : développer les aides aux travaux de rénovation et à la maintenance des ponts (comme c'est déjà le cas dans certains départements) et pas seulement pour les ouvrages nouveaux : aide conditionnée à l'existence d'un recensement et d'un plan de gestion effectif et actualisé du parc d'ouvrages d'art/murs.37**
- Recommandation 5. (CEREMA) : Impliquer, avec l'appui des préfectures (pour le volet financier), l'ingénierie départementale (Régie, Agence technique, GIP) au recensement des ouvrages d'art (ponts, murs...) et de leur état. Si possible s'appuyer sur cette ingénierie pour impulser cette dynamique de recensement puis de réparation.39**
- Recommandation 6. (CEREMA-IDRRIM) : Conditionner les aides du plan de relance à la fourniture des données communales anonymisées recueillies pour enrichir l'observatoire national de la route(IDRRIM-ONR). Mettre en place un système d'information géographique. Bâtir un indicateur statistique national de suivi de l'état des ponts et murs.....41**
- Recommandation 7. (COFRAC ; MARRN) Créer une qualification individuelle pour les inspecteurs ouvrages d'art (techniciens et ingénieurs). Susciter l'offre de formation correspondante. Étendre au secteur public (État et collectivités locales) et obtenir la reconnaissance du comité de domaine ouvrage d'art. Puis créer une série de qualifications individuelles pour les autres métiers.....46**

Recommandation 8. Créer à l'ENTPE une voie d'approfondissement (VA) dédiée à la gestion patrimoniale des ouvrages d'art : en 2^e année, cours de pathologies sur les techniques de construction et le vieillissement des matériaux puis en 3^e année, cours sur les diagnostics et les méthodes de réparation, avec un travail de fin d'études (TFE) sur un cas concret d'ouvrage pathologique.	47
Recommandation 9. (ENTE) : Créer à l'ENTE une formation professionnelle pour les qualifications de chargé de gestion ouvrages d'art et inspecteur ouvrages d'art dans les collectivités.	48
Recommandation 10. (ENPC) : Ajouter dans la formation initiale technique des IPEF à l'ENPC une séquence d'ouverture aux questions de gestion patrimoniale des infrastructures dont les ouvrages d'art.....	48
Recommandation 11. (DGITM-CNFPT) : Proposer à cinq jeunes ingénieurs entrant dans la maîtrise d'ouvrage (État et collectivités) une formation de prise de poste de 18 mois sur la maintenance et la réhabilitation des ouvrages d'art (CHEMER) au centre des hautes études de la construction(CHEC).	49
Recommandation 12. (ENPC) : Créer un mastère spécialisé « Génie civil, maintenance et réparation des ouvrages d'art » à l'ENPC.	49
Recommandation 13. (Par abondement des crédits du plan de relance) : Subventionner à titre dérogatoire et temporaire les formations de PFC pour la maintenance et l'entretien des ouvrages pour permettre aux collectivités et aux services de l'État d'y envoyer plus d'agents (1M€ en cinq ans).	51
Recommandation 14. (CNFPT, CEREMA) Étendre progressivement la formation particulière organisée dans le Nord en Région. La faire prendre en compte dans le catalogue du CNFPT pour en baisser le coût et simplifier l'aspect administratif. Rendre la formation diplômante.	53
Recommandation 15. (CEREMA) : Sensibiliser les élus locaux au recensement et à l'entretien de leur patrimoine OA et à la connaissance des outils disponibles (guides, logiciels, SIG ...) en s'appuyant sur l'AMF - plus précisément sur son association Mairie 2000 dont la mission est de développer l'information et la formation des élus locaux par la mise en place d'actions pédagogiques (séminaires, webinaires) relayées largement au niveau des associations départementales de maires.	54

Introduction

Contexte

Plusieurs rapports récents (revue des dépenses des collectivités locales en matière de voirie conduite par le CGEDD, l'IGA et l'IGF en 2017, les rapports spécifiques sur l'état du patrimoine national et le rapport de la mission d'information sénatoriale sur la sécurité des ponts de juin 2019) ont mis en exergue la nécessité de s'engager sans plus attendre dans un plan de rattrapage pour la restauration et l'entretien des ponts.

L'actualité de ces dernières années a jeté une lumière cruelle sur ce sujet avec des effondrements de ponts dont le plus spectaculaire et le plus meurtrier a été le pont Morandi le 14 août 2018 à Gênes (43 victimes). Cet accident n'a pas été le seul en Italie ni dans le monde.

En France, l'effondrement d'une partie du mur de soutènement du pont de Gennevilliers (autoroute A 15) en juin 2018 puis la rupture d'un câble de précontrainte du pont de l'Île de Ré en septembre 2018 et le dramatique effondrement du pont de Mirepoix sur le Tarn en novembre 2019 ont permis de rappeler l'importance de la surveillance et de la maintenance des ouvrages.

Le rattrapage dans la restauration et la réparation des ponts nécessitera au-delà des évidents moyens financiers (qui pour les ouvrages de l'État ont commencé à être engagés) de développer le vivier de compétences dans l'ensemble de ces métiers.

C'est pourquoi la ministre de la cohésion des territoires et des relations avec les collectivités locales, la ministre de la transition écologique et solidaire et le secrétaire d'État chargé des transports ont décidé, le 16 décembre 2019, de confier au CGEDD une mission sur les conditions pour parvenir au développement de ces compétences.

Ce rapport ne traite pas des adaptations qui seront certainement nécessaires dans l'hypothèse où la loi 4D entraînerait des transferts significatifs de voiries de l'État non concédées, et plus notablement dans l'hypothèse où des régions expérimenteraient, sans en avoir les compétences préalables, la gestion de ce réseau dans le ressort territorial.

Rappel de la commande

Le CGEDD devait conduire une mission qui permettrait :

- d'identifier les expériences étrangères analogues susceptibles d'apporter des enseignements intéressants,
- de cartographier, si nécessaire en procédant par une enquête détaillée auprès des acteurs, les capacités techniques existantes et leur évolution dans les prochaines années, du fait notamment des départs en retraite de nombreux agents gestionnaires publics concernés,
- d'estimer les freins organisationnels à la mobilisation et au maintien des compétences requises, le cas échéant,
- d'estimer les besoins subséquents de telles capacités, dans l'immédiat, d'ici cinq ans et dix ans,
- de déduire les écarts vraisemblables susceptibles d'entraver le développement de ces capacités de surveillance, de diagnostic et de travaux,
- de proposer des plans de formation et de recrutement adaptés pour répondre à ces besoins, en chiffrant les moyens nécessaires.

L'organisation de la mission

La mission a donné lieu à un très grand nombre d'entretiens. À partir de mars 2020, les entretiens ont été réalisés en audio ou visio-conférence.

Dans certains cas la mission a reçu un retour rédigé :

- Sénat (membres de la mission présidée par le Sénateur Maurey),
- ASFA (association des sociétés françaises d'autoroute),
- services de la direction générale des infrastructures, des transports et de la mer (ministère de la transition écologique (MTE)).

En outre, la mission a préparé un questionnaire spécifique en direction des collectivités locales (départements et métropoles) avec l'aide de l'IDRRIM. Ce questionnaire avait pour objectif de connaître la situation dans ces collectivités tant en termes de capacités que de besoins. Malheureusement les organisations de collectivités n'ont pas pu être un relai pour ce questionnaire officiellement en raison de la crise sanitaire ; les seuls retours sont venus de quelques directeurs techniques de départements ou de métropoles motivés et de leur association l'ADTech.

La mission devait aussi identifier les expériences étrangères analogues susceptibles d'apporter des enseignements intéressants. Pour ce faire elle a rédigé un questionnaire spécifique de parangonnage. Elle a cherché à obtenir les réponses à ce questionnaire par plusieurs voies :

- par le réseau des services économiques régionaux dans les ambassades de la direction générale du trésor via la direction des affaires européennes et internationales du MTE (DAEI). Nous avons obtenu des réponses des pays suivants :

Allemagne, Italie, Royaume-Uni, et hors d'Europe les États-Unis, le Brésil et le Japon.

- par des contacts directs avec certains pays : la Suisse, la Belgique (Wallonie), le Canada (Québec) et aussi l'Allemagne et l'Italie (en complément des informations des Ambassades).

Un déplacement en Suisse pour rencontrer le professeur en charge de la chaire de « maintenance des ouvrages existants » à l'école polytechnique fédérale de Lausanne et des représentants du canton de Fribourg a permis d'affiner la réponse.

Les réponses au questionnaire de parangonnage sont présentées en annexe.

1 L'entretien, la réparation et la rénovation des ouvrages d'art et des murs de soutènement par les divers maîtres d'ouvrages en France

Les ponts et les murs doivent être surveillés par leurs maîtres d'ouvrage de façon assidue et régulière afin d'assurer leur maintenance, anticiper, prévenir et diagnostiquer d'éventuelles pathologies pour garantir l'utilisation en toute sécurité par les usagers et la pérennité de l'ouvrage.

C'est un impératif pour la sécurité des usagers mais en plus leur disponibilité est cruciale pour la continuité des voies de communication et le maintien de l'activité économique. De plus, les défauts d'entretien régulier peuvent entraîner des réparations importantes et coûteuses par la suite ; l'action préventive est plus efficace et économique que l'action curative.

Assurer la pérennité du bien commun que constitue le patrimoine existant est un enjeu majeur de développement durable pour éviter de reporter sur les générations futures des investissements lourds. De plus, compte tenu du coût extrêmement élevé du remplacement d'un ouvrage, prolonger sensiblement sa durée de vie tout en maintenant un haut niveau de sécurité et de service devient un devoir pour le maître d'ouvrage et entraîne des besoins accrus en matière de surveillance et d'entretien.

1.1 Principes de l'entretien et de la rénovation des ponts et murs routiers

Pour une présentation complète : voir [Annexe 5](#).

Le texte de référence en France est l'Instruction Technique pour la Surveillance et l'Entretien des Ouvrages d'Art (ITSEOA), publiée en 1979 par le SETRA (Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes, maintenant intégré au CEREMA comme DTech ITM), puis mise à jour et complétée par le CEREMA.

Cette instruction fait partie du référentiel pour les contrats de concession et elle peut également être utilisée par les collectivités territoriales pour élaborer leur propre politique ; elle a été adaptée pour les communes dans un guide publié par le CEREMA en septembre 2018 « Surveillance et entretien courant des ouvrages d'art routiers/Guide technique à l'usage des communes ».

Les missions définies dans cette instruction sont les suivantes :

- le recensement des ouvrages,
- la création d'un dossier de l'ouvrage,
- la mise en place d'une surveillance systématique et périodique pour chaque ouvrage,

En fonction de la nature et de l'importance de l'ouvrage, il faut suivre son évolution à partir d'un état de référence et organiser son entretien et ses visites de contrôle. On distingue :

- le contrôle annuel, visite succincte essentiellement visuelle mais systématique. Il est réalisé par un agent de travaux, formé à l'observation des désordres mais pas nécessairement spécialiste en ouvrages d'art,
- la visite d'évaluation, au moins tous les trois ans : examen encore essentiellement visuel pour constater l'état apparent de l'ouvrage et établir une cotation de l'état de chaque partie de l'ouvrage. Elle est habituellement réalisée en régie par un ingénieur/technicien ayant reçu une formation spécifique et adaptée,

- l'inspection détaillée. Réalisée tous les six ans pour les ouvrages importants, elle est dirigée et exploitée par une personne ayant suivi une formation qualifiante de niveau ingénieur en inspection d'ouvrages d'art (CEREMA ou secteur privé).

Ce système de surveillance est complété par un patrouillage qui s'inscrit dans la surveillance générale du réseau.

Le maître d'ouvrage peut décider de mettre en place une surveillance renforcée, ou une haute surveillance en cas de danger imminent mettant en cause la pérennité de l'ouvrage.

Les opérations d'**entretien préventif** se répartissent entre :

- l'entretien courant de tous les ouvrages, sans haute technicité, qui ne concerne pas la structure de l'ouvrage,
- l'entretien spécialisé. Il peut être programmé et réalisé avec l'aide de spécialistes.

La **réparation** est une action « correctrice » qui vise à ramener l'ouvrage à son niveau de service initial ou au moins à en assurer la pérennité pour une durée de vie résiduelle donnée.

La programmation des dépenses de surveillance et d'entretien doit être pluriannuelle, ce qui nécessite un suivi régulier. Une surveillance irrégulière conduit à des dégradations nuisibles à l'exploitation des ouvrages et à des pics de dépenses imprévus. Les doctrines de gestion patrimoniale « *Asset Management* » ne sont pas encore suffisamment développées ou mises en œuvre dans le domaine des ouvrages d'art.

Le développement du *Building Information Modeling*¹ (BIM), les méthodes liées à l'intelligence artificielle (cf. § 1.6) et la numérisation des caractéristiques des différentes parties des ouvrages d'art, y compris celles relatives aux fondations et aux sols et la modélisation des lois physiques du vieillissement et de la fatigue des structures, devraient dans l'avenir offrir de nouveaux outils beaucoup plus performants pour optimiser la gestion des ouvrages d'art. Pour les ponts anciens, les modèles et les données peuvent être entachés d'incertitudes plus importantes compliquant un peu la mise en œuvre de ces méthodes.

1.2 Les pathologies à surveiller pour les ouvrages d'art et les murs de soutènement

La connaissance du processus entraînant les sinistres ou les désordres au cours de la vie des ouvrages d'art est essentielle, c'est la raison d'être de l'étude de la pathologie des ouvrages. Pour une présentation détaillée on se reportera à l'Annexe 6.

1.2.1 Les pathologies des ouvrages d'art²

Les ponts sont soumis au processus de vieillissement normal du patrimoine qui dépend de son environnement et des conditions d'usage mais aussi de la qualité et de la régularité de son entretien et de sa maintenance.

Les actions auxquelles sont soumis les ponts peuvent se révéler plus importantes que celles prévues à la conception, notamment lorsque la durée de vie de l'ouvrage est importante, et les marges apportées par les coefficients de sécurité peuvent être consommées.

¹ *Building Information Management*, soit en français « Bâti immobilier modélisé »

² Pour les termes techniques, voir : Annexe 4.

Les charges d'exploitation (du trafic) augmentent dans le temps³, avec en outre un assouplissement récent des règles concernant les convois exceptionnels et des surcharges qui contribuent à cet accroissement des charges d'exploitation. Les actions climatiques (crues, vent, température, pluies, mouvements du sol) sont également plus intenses avec le changement climatique.

Une qualité de plus en plus attendue des ponts, et plus généralement des infrastructures, est la résilience aux actions de toute nature auxquelles ils sont soumis : naturelles dont climatiques, d'exploitation dont les surcharges. La résilience consiste non seulement à résister à des sollicitations importantes mais aussi à présenter un comportement acceptable après des sollicitations extrêmes, limitant les conséquences de défaillances éventuelles, humaines notamment.

Le bon fonctionnement des divers équipements des ponts doit être vérifié régulièrement.

Les buses métalliques, souvent de grandes dimensions et largement utilisées sous des voies importantes, présentent des risques d'effondrement brutal, total ou partiel, à cause de leur sensibilité à la corrosion, d'affouillements ou d'un sous-dimensionnement. Elles nécessitent donc une surveillance particulière.

Les ponts en maçonnerie constituent un patrimoine très important à la charge des maîtres d'ouvrages. La gestion de ce patrimoine, dont l'âge est supérieur à 100 ans et est parfois de plusieurs siècles⁴, nécessite de réaliser un entretien régulier et une surveillance continue et de connaître les pathologies liées à la maçonnerie et au fonctionnement des voûtes ainsi que les risques relatifs à leurs fondations spécifiques (pieux en bois, enrochements...).

Les ponts récents sont généralement conçus pour une durée de vie de 100 ans⁵. Pour les ouvrages anciens, construits avec des méthodes de calcul très empiriques, des matériaux variés et plus ou moins durables, et sans connaissance précise des pathologies des matériaux et des structures, la durée de vie était très incertaine. Certains ponts en bois brûlaient après quelques années de service, d'autres étaient très rapidement emportés par une crue, tandis que certains ouvrages romains ont dépassé les 2000 ans de vie !

Les ponts construits en France au XX^e siècle, surtout après 1945 et avant 1975, souffrent des mêmes causes de dégradation que dans la plupart des pays dans le monde (voir liste en Annexe 6).

Les priorités qui se dégagent sont :

- la réhabilitation des anciens ponts en maçonnerie ou suspendus en acier,
- la réhabilitation de certains ponts en béton précontraint,
- le remplacement des buses métalliques corrodées ou dégradées,
- l'entretien préventif de certains ouvrages anciens en béton armé pour prolonger leur durée de vie,
- le remplacement des chapes d'étanchéité, qui est la priorité la plus urgente car en dépend la protection de la structure et du matériau vis-à-vis de l'eau, de l'air, des sels de déverglaçage.

³ Par exemple, les poids lourds de cinq essieux et plus ont été autorisés à circuler en France jusqu'à 44 tonnes depuis le 1^{er} janvier 2013. Pour le transport de bois ronds, le décret de 2009 autorise jusqu'à 48 t avec cinq essieux et 57 t avec six essieux et plus.

⁴ Le pont Neuf a été ouvert à la circulation en 1607.

⁵ Le pont de Normandie et le viaduc de Millau ont été construits pour des durées plus importantes.

1.2.2 La pathologie des murs de soutènement

Le rôle des ouvrages de soutènement est de retenir les massifs de terre de façon stable sans glissement, ni basculement. Il en existe une grande variété avec des fonctionnements différents selon la manière dont la force de poussée est reprise ; le patrimoine français est essentiellement constitué de :

- murs poids (maçonnerie, béton ou éléments préfabriqués, gabions) qui sont les plus répandus et pour lesquels la poussée est reprise par le poids de l'ouvrage de soutènement,
- murs encastrés, généralement en béton, pour lesquels la poussée est reprise par encastrement de l'ouvrage de soutènement,
- remblais (ou sols) renforcés pour lesquels la poussée est reprise par des ancrages.

Leurs pathologies sont très variées avec des problèmes de stabilité externe d'ensemble et une rupture circulaire du sol autour de l'ouvrage, ou des problèmes de stabilité externe locale avec des phénomènes de poinçonnement, de glissement ou de renversement, ou encore des problèmes de stabilité ou de résistance interne (rupture du béton armé, des armatures ou des tirants).

Le cas spécifique des massifs en terre armée relève de cette dernière catégorie.

1.2.3 Les techniques de réparation

La remise en état, réparation ou réhabilitation d'un ouvrage a pour but de rétablir la sécurité structurale, l'aptitude au service et d'améliorer la durabilité de la structure existante en considérant les actions et résistances extrêmes actualisées, et de trouver des solutions pour prolonger sa durée résiduelle d'usage.

La démarche à adopter pour effectuer l'examen de la structure puis l'élaboration d'un projet de réparation proportionnée et adaptée demande des compétences techniques et une bonne analyse ; elle nécessite une formation et une expérience spécifiques.

Les principales techniques de réparation, listées en [Annexe 6](#), vont des techniques traditionnelles de remise en état du matériau et de renforcement des structures aux nouvelles méthodes basées sur l'utilisation de béton fibré à ultra hautes performances (BFUP).

1.3 Situation des ponts et des murs en France

Pour une présentation complète voir Annexe 7.

1.3.1 Le nombre de ponts et de murs routiers

On estime qu'il existe en France entre 200 000 et 250 000 ponts routiers⁶.

Parmi ceux-ci :

- environ 24 000 ponts appartiennent à l'État dont 12 000 sur le réseau concédé à des sociétés d'autoroutes, l'autre moitié étant directement gérée par l'État (réseau non concédé),
- entre 100 000 et 120 000 ponts appartiennent aux départements,
- entre 80 000 et 100 000 ponts appartiennent aux communes ou regroupements de commune.

⁶ Selon le rapport d'information du Sénat de 2019 (déjà cité) qui s'appuyait sur des estimations de la DGITM

Notre propre évaluation serait donc d'un patrimoine français d'environ 220 000 ponts routiers et de 120 000 murs de soutènement.

1.3.2 Les familles de ponts et de murs

Les proportions de ponts des différentes familles d'ouvrages diffèrent fortement selon les maîtres d'ouvrage :

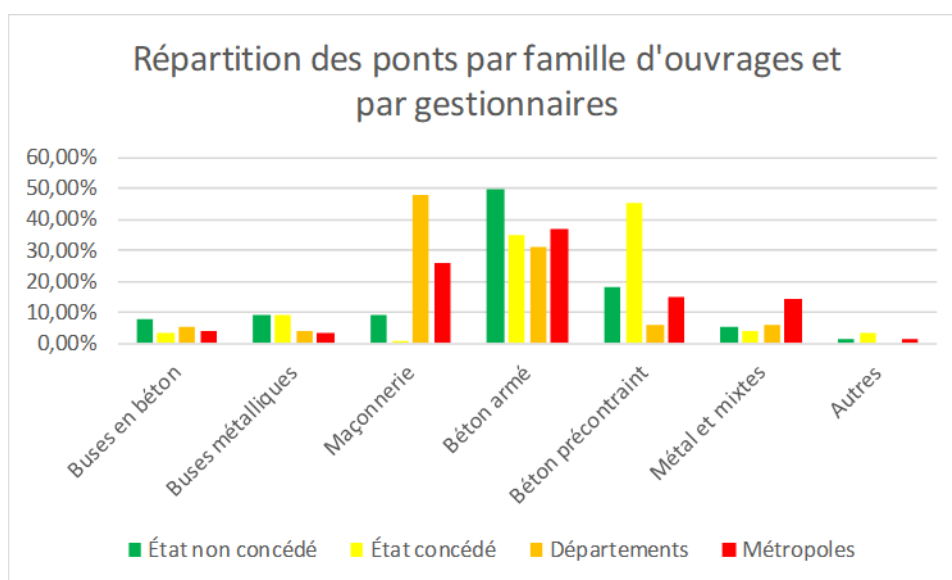


Figure 1 : Répartition des ponts par famille d'ouvrages et par gestionnaires

Les ponts en maçonnerie sont prépondérants sur les routes départementales et dans les métropoles et nous savons que c'est aussi le cas dans les communes. Les ouvrages en béton armé sont plus importants sur les routes nationales non concédées. Quant aux ponts en béton précontraint, ils sont prédominants sur les autoroutes concédées où il n'y a pas de ponts en maçonnerie, ce qui s'explique par la relative jeunesse des autoroutes ainsi que la taille de ces ouvrages. Il faut noter aussi le grand nombre de buses (métalliques ou en béton) sur les réseaux nationaux.

Ceci implique que les pathologies rencontrées sont différentes.

Les murs de soutènement sont de nature différente aussi selon les maîtres d'ouvrage :

- Les murs du réseau autoroutier concédé sont de différents types : murs en terre armée, murs cloués, murs préfabriqués, murs en béton armé encastrés, murs en gabions, murs poids, murs ancrés avec tirants, palplanches, même un mur en pierre (pour le cas particulier d'ATMB sur la RN205).
- Les murs du réseau routier national non concédé⁷ sont des murs poids en majorité (63,9%), des sols renforcés (15,3%), des murs encastrés (14,7%), dont plus de la moitié sont en maçonnerie.

⁷ Source ONR 2019

- Les murs des départements sont en très large majorité des murs poids (90,7%) dont une grande majorité en maçonnerie.

1.3.3 L'état des murs et des ponts et leur évolution

Les ouvrages d'art des routes nationales⁸ font l'objet d'un indicateur dénommé IQOA (image qualité des ouvrages d'art) pour le réseau routier national non concédé. La démarche IQOA a été créée pour les ponts (1994), avant d'être étendue et adaptée aux autres ouvrages d'art que sont les murs (2006) et les tunnels (2015).

Le graphique ci-dessous (Figure 2) compare le dernier état des ponts connus de l'ONR 2019⁹ pour tous les maîtres d'ouvrage sauf pour les petites communes relevant de l'ATESAT¹⁰ (2008).

Sans surprise, l'état des ponts des autoroutes concédées est le meilleur et celui des petites communes plus dégradé.

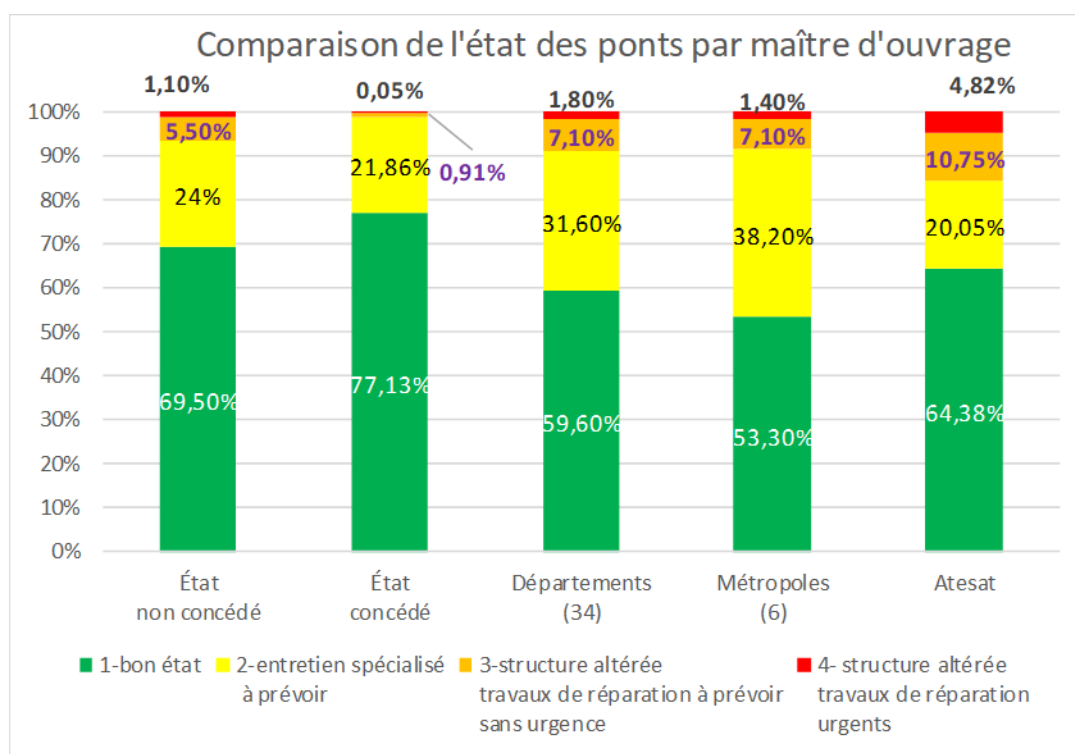


Figure 2 : Comparaison de l'état des ponts par maître d'ouvrage

⁸ Selon le référentiel ITSOA applicable pour l'entretien des ouvrages du réseau routier national

⁹ L'échelle correspond à celle adoptée par l'ONR dans son rapport annuel. Pour des raisons de cohérence avec d'autres méthodes de notation qui sont celles adoptées par certaines collectivités locales : le vert correspond aux notes 1 et 2 de l'IQOA regroupées ; le jaune à la note 2E ; l'orange à la note 3 et le rouge à la note 3U. Dans toute la suite du rapport on utilisera ce code de quatre couleurs.

¹⁰ Pour 34 départements ayant répondu, pour 6 métropoles et pour 17 043 communes de l'ATESAT

En ce qui concerne l'état des murs, l'ONR 2019 indique :

- Les murs du réseau routier national non concédé avaient, en 2017, pour 60,9 % un indice 1, pour 25,4 % un indice 2, pour 7,9 % un indice 3 et pour 5,8 % en un indice 4
- Les murs de 28 départements ayant répondu pour 2018 ont pour 65 % l'indice 1, pour 22 % l'indice 2, pour 8 % l'indice 3 et pour 5 % l'indice 4.

Il y a donc un pourcentage de murs en mauvais état plus important que pour les ponts.

Cet état n'est connu sur une longue période que pour les ponts du réseau national (A 7.4.). L'évolution n'est connue sur les dernières années que pour les départements ayant répondu à l'enquête de l'ONR, ce qui ne permet pas d'avoir une vision suffisamment vaste.

Comme rappelé précédemment, le nombre de ponts ayant un défaut structurel est plus important pour les ponts des collectivités que pour ceux du réseau routier national concédé ou non. La « revue des dépenses des voiries des collectivités locales » d'août 2017 avait déjà indiqué que les ouvrages d'art devaient faire partie des points de vigilance des collectivités.

Les nomenclatures budgétaires sont mal adaptées au suivi de ces dépenses¹¹.

Selon l'assemblée des départements de France (ADF), la majorité des départements évoque des problèmes financiers résultants de fortes tensions entre les évolutions budgétaires et les besoins d'entretien ou de renouvellement du patrimoine pouvant induire un vieillissement prématuré du patrimoine. Ces tensions sont particulièrement sensibles lorsque le département a la responsabilité de grands ouvrages d'art et lorsque les ouvrages sont anciens et nécessitent une reconstruction à court ou moyen terme. Les coûts sont par ailleurs fortement renchérissés lorsque les ponts surplombent des voies ferrées ou des canaux car SNCF Réseau et VNF leur facturent des coûts, jugés exorbitants par les collectivités, au titre de l'interruption du trafic.

D'après des éléments de l'IDRRIM (non publiés), les investissements des départements dans les ouvrages d'art dépendent fortement de leur taille : les petits départements en population ont une part de leur fonctionnement consacré à la voirie par rapport au reste du fonctionnement qui est plus importante que celle des départements plus importants en population (plus d'un million d'habitants). À l'inverse plus un département a une forte population, plus sa part d'investissement est élevée.

Pour les autres collectivités du bloc communal, la connaissance de cet état est limitée aux réponses de quelques métropoles à l'ONR et à la connaissance –ancienne- des enquêtes suite à l'ATESAT.

1.3.4 Les autres gestionnaires d'infrastructures ayant en charge des ponts routiers et des ouvrages de rétablissements¹²

Les gestionnaires de ponts routiers ne se limitent pas aux gestionnaires d'infrastructures routières : SNCF réseau et Voies Navigables de France (VNF) sont aussi gestionnaires de certains ponts routiers qui passent au-dessus des voies ferrées ou des voies navigables.

¹¹ La rubrique 621 de la sous-fonction 62 (routes et voiries) de la partie 2 (dépenses par destination) de la nomenclature budgétaire M52 des budgets départementaux comprend les actions d'investissement et d'entretien sur la voirie départementale (chaussées, trottoirs, espaces piétonniers, carrefours, ralentisseurs, pistes cyclables et voies réservées aux transports collectifs, ponts, signalisation) à la charge du département : elle ne prévoit pas de détail qui permette d'identifier les dépenses consacrées par les départements à l'entretien et la réparation des ouvrages d'art. Il en est de même pour les rubriques de dépense du bloc communal.

¹² Appelés couramment ponts de raccordements

Selon une jurisprudence constante du Conseil d'État, le principe général est que sauf dispositions contraires, par exemple conventionnelles, le propriétaire du pont est celui de la voie portée par celui-ci. La loi « Didier » de 2014¹³ y a apporté des modifications majeures. Sans remettre en cause le principe de propriété du pont, elle stipule que, pour les ponts de collectivités passant au-dessus de réseau géré par l'État ou par ses opérateurs, une convention spécifique doit être établie en prévoyant un partage des coûts.

Le ministère de la transition écologique a lancé un recensement de ces ouvrages auprès des collectivités locales. Ce recensement a été clos en juillet 2020¹⁴. Il a permis d'identifier 9 480 ouvrages de rétablissement non conventionnés : 4 168 surplombent une voie du réseau ferré national, 2 895 surplombent une voie navigable du domaine public fluvial de l'État et 2 417 surplombent une voie du réseau routier national non concédé.

SNCF Réseau

SNCF Réseau est un très grand gestionnaire de ponts : en effet elle gère 32 000 « ponts rails » sur lesquels les trains circulent et environ 10 000 « ponts routes » dont les 4 168 ponts de raccordement, tout en priorisant dans sa gestion les ponts rails pour des raisons de sécurité du trafic ferroviaire.

SNCF Réseau dispose des compétences requises pour gérer ces ponts routes avec son propre référentiel de suivi. Néanmoins ses compétences sont essentiellement tournées jusqu'à présent vers les ponts rails qui sont de types différents des ponts routes (beaucoup plus de ponts métalliques).

L'enjeu pour SNCF Réseau est surtout la prise en compte des charges induites dans le nouveau contrat de performance 2020-2027.

VNF

VNF est, avec des moyens beaucoup plus modestes, confronté à une difficulté financière relativement encore plus importante que SNCF Réseau pour ses 2 885 ponts de raccordement. Ceux situés sur des voies qui reçoivent du fret fluvial ou des voies touristiques comme le canal du Midi ou comportant une forte dimension patrimoniale sont particulièrement sensibles.

VNF a l'intention de confier au CEREMA le recensement et les inspections de ces ouvrages.

Recommandation spécifique pour les ouvrages de rétablissement :

La mission recommande à la DGITM et aux régions de prendre en compte explicitement le coût de maintenance et de réparation des ouvrages de rétablissement dans le financement des opérateurs (routes, SNCF-Réseau, VNF).

1.4 Les métiers de la surveillance, de l'entretien et de la réparation des ponts

Il s'agit de passer d'une activité de bâtisseur à des activités de gestion, de surveillance, d'entretien, de diagnostic et de réparation du patrimoine, requérant des compétences spécifiques pour chacune.

En général, on parle des activités de maintenance qui regroupent celles de surveillance et d'entretien, et de la gestion qui regroupe la maintenance et la réparation des ouvrages.

¹³ Loi n°2014-774 du 7 juillet 2014

¹⁴ Arrêté du 22 juillet 2020 fixant la liste des ouvrages de rétablissement non conventionnés

On distinguera les fonctions suivantes qui peuvent être confondues en fonction de l'importance du parc d'ouvrages à entretenir.

Le chargé de gestion ouvrages d'art

Technicien ou agent de maîtrise, il est chargé du recensement du patrimoine d'ouvrages d'art, de la gestion d'une ou de plusieurs bases de données, de l'analyse des données de surveillance, de la programmation des visites et de l'entretien ainsi que du suivi de la base de données.

L'inspecteur ouvrages d'art

L'inspecteur ouvrages d'art effectue les visites d'évaluation (tous les trois ans) des ouvrages et intervient dans l'organisation pratique de l'inspection détaillée pour laquelle il réalise les relevés d'observation et propose au chargé d'études qui pilote l'inspection, une interprétation des observations (cause, gravité). Il peut avoir un BTS en génie civil et justifier d'au moins cinq ans d'expérience en inspection détaillée d'ouvrages d'art, ou bien être un jeune ingénieur justifiant d'une formation spécialisée en génie civil et ouvrages d'art, ou encore disposer d'une formation qualifiante d'inspecteur ouvrages d'art.

Le technicien d'entretien ouvrages d'art

Il encadre une petite équipe chargée de l'entretien courant, suivant un programme préétabli par itinéraire ou par nature d'intervention. Il doit avoir acquis une bonne connaissance des ouvrages par expérience ou formation spéciale.

L'ingénieur chargé d'études ouvrages d'art

Cet ingénieur, chargé d'études ouvrages d'art, pilote l'ensemble de l'inspection détaillée périodique (tous les six ans) et organise l'intervention avec l'inspecteur ouvrages d'art. Il est aussi chargé d'exploiter les résultats. Il a un niveau ingénieur et justifie d'une formation spécialisée initiale ou continue en ouvrages d'art et en pathologie.

L'ingénieur maîtrise d'œuvre études ouvrages d'art

Il est chargé de la conduite d'études générales ou particulières concernant les ouvrages d'art, y compris les études de réparation (étude préliminaire, étude avant-projet, étude projet, dossier de consultation des entreprises, analyse des offres).

L'ingénieur maîtrise d'œuvre travaux ouvrages d'art

Il contrôle des études d'exécution des travaux de réparation d'ouvrage d'art, il dirige l'exécution des travaux et aide aux opérations de réception.

L'ingénieur gestionnaire d'un patrimoine d'ouvrages d'art

C'est un ingénieur, spécialiste, chargé du pilotage général d'opérations de réparation comme d'entretien préventif depuis les phases de diagnostic jusqu'à la réception des travaux, que les prestations techniques, y compris la maîtrise d'œuvre, soient externalisées ou non.

L'association IMGC (Ingénierie de Maintenance du Génie Civil qui regroupe 31 bureaux d'étude spécialement dédié à la maintenance (cf. 3.3.1 Les bureaux d'études)) propose un référentiel rendu public sur le site internet de l'IMGC (http://www.imgc.fr/publications_imgc.php) (Tableau 1).

Tableau 1 : Missions du référentiel IMGC

Thème	Fiche mission	
	Code	Intitulé
1. Surveillance et diagnostic	M11	Recensement
	M12	Visite d'évaluation
	M13	Inspection détaillée
	M14	Diagnostic de génie Civil
	M15	Surveillance renforcée
2. Maîtrise d'œuvre études	M21	Étude préliminaire
	M22	Étude d'avant-projet
	M23	Étude Projet
	M24	Dossier de consultation des entreprises
	M25	Analyse des offres
3. Maîtrise d'œuvre travaux	M31	Contrôle des études d'Exécution
	M32	Direction de l'exécution des travaux
	M33	Aide aux opérations de réception
4. Assistance technique et contrôle extérieur	M40	Contrôle extérieur
	M50	Visite d'expert

Les missions de maîtrise d'œuvre études et travaux sont en correspondance avec la répartition des missions décrites dans la loi MOP¹⁵ (Tableau 2).

Tableau 2 : Comparaison référentiel IMGC loi MOP

Référentiel IMGC		Loi MOP
M21	Étude préliminaire	ESQ (esquisse)
M22	Étude d'avant-projet	AVP
M23	Étude Projet	PRO
M24	Dossier de consultation des entreprises	ACT phase 1
M25	Analyse des offres	ACT phase 2
M31	Contrôle des études d'Exécution	VISA
M32	Direction de l'exécution des travaux	DET
M33	Aide aux opérations de réception	AOR

Pour la suite du rapport nous nous baserons sur ce référentiel pour décrire les différentes missions à réaliser pour la maintenance (surveillance et entretien) et la réparation des ouvrages d'art.

1.5 La situation des moyens publics

1.5.1 Les moyens de l'État

Pour une présentation détaillée, voir Annexe 9. Les effectifs mobilisés hors réseau concédé par le MTE

¹⁵ La loi n° 85-704 du 12 juillet 1985 relative à la maîtrise d'ouvrage publique et à ses rapports avec la maîtrise d'œuvre privée, dite loi MOP est une loi française qui met en place, pour les marchés publics, la relation entre maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre

et ses opérateurs sont d'environ 600 ETP (Tableau 3) dont la moitié au sein du CEREMA.

Tableau 3 : Récapitulatif des derniers recensements des personnels travaillant sur les ouvrages d'art

Entité	CEREMA	DIR	MTES Administration cen- trale	UGE (IFSTTAR)
source	COMETE 2019	Enquête MARRN 2014	Mission CGEDD 2020	UGE 31/12/2019
	300	165	4	128

Les services du ministère de la transition écologique se sont déjà interrogés au sujet des besoins en expertise dans le domaine des ouvrages d'art. Cette estimation à dires d'experts, pour un budget de 90M€ par an (alors que le niveau de dépense doit se placer au-delà de 100M€ en 2024 et 144 M€ en 2024) montre que, pour le réseau de l'État, qui n'est certainement pas le plus mal loti, il manquerait une quarantaine de personnes (soit de l'ordre de 7 % du total, mais de 25% des agents présents au sein de la DIT et des DIR) pour les moyens humains nécessaires.

Recommandation 1. (MTE) : À périmètre patrimonial constant, recruter une quarantaine de spécialistes supplémentaires dans le domaine de l'entretien et de la maintenance des ouvrages d'art. Compléter ce recrutement au fil du temps pour tenir compte des départs naturels (à un rythme de cinq par an pour les départs à la retraite, hors « autres départs ») et notamment recruter un second IGOA ou un adjoint à l'IGOA au sein de la MARRN.

La mission attire l'attention sur quelques sujets :

- l'externalisation des marchés d'ouvrage d'art n'est pas un acte d'achat sur étagères. Il nécessite à la fois des compétences techniques pour piloter la commande et des compétences contractuelles de pilotage des maîtrises d'œuvre qui seront à acquérir pour des agents ayant l'habitude de faire eux-mêmes la maîtrise d'œuvre ;
- le CEREMA n'intègre pas dans ses projections d'augmentation substantielle de la commande venant des collectivités et du privé. Or ceux-ci auront sans doute des besoins nouveaux. Pour l'opération vers les petites communes il prévoit le recours aux bureaux d'études privés (cf.3.2 La prise de conscience de la nécessité de mieux gérer les ouvrages d'art et le plan de relance).

Recommandation 2. (DGITM –MARNN) Réactualiser le bilan des compétences OA en DIR mais aussi en DREAL. Lancer un projet avec la DRH, le CGDD et le CEREMA de rapprochement des informations des bases de données et de GPEC pour obtenir un pilotage plus fin des compétences. Faire évoluer les compétences techniques vers l'entretien et la réparation. Pour le CGEDD : accompagner ce pilotage RH en veillant à l'articulation entre les IGRH routes et le comité de domaine ouvrages d'art.

1.5.2 Les moyens des autoroutes concédées

Pour une présentation plus complète : Annexe 10.

Dans les prochaines années, ces compétences de maîtrise d'ouvrage – gestion de patrimoine - devront être maintenues ou renforcées compte tenu du vieillissement des ouvrages et de la préparation des audits préalables à la fin de concession : 1,6 Mm² d'ouvrages à échéance 2025 et 5,7 Mm² d'ici 2027.

Ces audits seront consommateurs en temps des spécialistes ouvrages d'art, des bureaux d'étude conseils tant pour le compte des concessionnaires que de l'État qui devra se renforcer pour assurer le pilotage indispensable des contre-expertises. Les discussions contractuelles devront déterminer l'état exact des ouvrages à leur retour à l'État. Actuellement 24 % d'entre eux sont dans un niveau 2E qui pourrait être jugé insuffisant par le concédant. Si un accord « vers le haut » de mise à niveau était acté, des travaux importants seraient à engager.

1.5.3 Les moyens des collectivités locales

Pour une présentation plus complète : Annexe 11.

Les réponses (en nombre limité, sept départements et neuf métropoles) permettent néanmoins de dessiner une organisation- type : toutes les collectivités ayant répondu disposent d'un service ouvrages d'art de trois à dix personnes (moyenne 5,6), le plus souvent dirigé par un ingénieur.

Ces services assurent en général le recensement, la surveillance, l'inspection et le suivi des diagnostics d'ouvrages d'art. Ils gèrent eux-mêmes une base de données dédiée et assurent une partie des études de projet de réparation et de maîtrise d'œuvre de travaux. Ils traitent ou sont consultés pour avis par le service qui gère directement les aspects autorisations de convois exceptionnels et participent aux instances ou réunions de planification et de coordination des chantiers.

Toutes les collectivités soulignent l'importance de conserver leurs effectifs dédiés aux ouvrages d'art ; certaines souhaitent les augmenter.

Une enquête de l'ADF que la mission a pu consulter montre que 70 % des départements estiment avoir un personnel suffisant pour gérer leur patrimoine, 21% estiment qu'ils en manquent et qu'ils ont des problèmes à recruter. Si les départements voient d'un œil favorable l'idée d'aider les communes pour leurs ouvrages à 72 %, ils soulignent la nécessité de renforcer pour cela leurs équipes. Ils indiquent aussi qu'ils auraient besoin de recruter pour aider les communes.

Ces réponses -trop partielles- ne permettent pas de déterminer les besoins en terme de personnel mais elles laissent penser qu'il s'agit d'un besoin de plusieurs centaines de personnes (dont au moins une centaine de spécialistes de bon niveau). Elles dessinent un paysage où le vieillissement des ponts et l'aide aux communes vont nécessiter le recrutement tant au niveau des collectivités que de leurs prestataires puisqu'une grande partie des tâches de maintenance et d'entretien des ouvrages d'art leur est attribuée.

1.6 Les nouvelles technologies de l'entretien et de la maintenance

L'emploi des nouvelles technologies en matière de diagnostic et de surveillance apporte des gains substantiels par leurs très grandes capacités de mesures et de traitement de données en masse (*Big data*).

1.6.1 Les ponts connectés

De nombreux capteurs sont maintenant intégrés dans les grands ouvrages et enregistrent presque en continu différents paramètres. Parmi ces capteurs citons les capteurs de déformation (extensomètres, jauges de contraintes, cordes vibrantes), les capteurs de déplacements (inclinomètres, bathymètres, GPS...), les capteurs de mouvements (accéléromètres), les capteurs de pression, les capteurs acoustiques (qui peuvent notamment détecter des ruptures de câbles), les capteurs environnementaux (piézomètres, station météo, anémomètres).

Les techniques d'instrumentation comprennent les capteurs posés sur l'ouvrage, les moyens de transmission des mesures éventuellement prétraitées vers des unités de stockage, les traitements et interprétations des mesures par le prestataire expert et leur transmission au maître d'ouvrage puis leur archivage. Ces techniques ne concernent actuellement que très peu d'ouvrages (exceptionnels ou stratégiques) mais seront progressivement étendues dans le cadre de la gestion courante d'ouvrages ou appliquées pour des parties d'ouvrage jugées fragiles.

Ces technologies peuvent aussi être utilisées pour les murs car leurs dégradations sont souvent plus lentes et plus faciles à suivre.

Mais il faut faire attention à la nature des capteurs et à l'interprétation de leurs données. Ainsi, on ne mesure pas des contraintes mais des déformations qui permettent de calculer des contraintes moyennant la connaissance des lois de comportement des matériaux. Il faut avoir les moyens de suivre et d'interpréter les mesures, ce qui nécessite de faire appel à des spécialistes en mécanique, structures, physico-chimie des matériaux, traitement du signal et statistiques. Un excès de capteurs peut être inutile et fournir une masse de données en perturbant l'interprétation. Par contre lorsque l'instrumentation est correctement menée, les données peuvent être utilement employées pour surveiller l'ouvrage, estimer sa durée de vie résiduelle et même recalculer des ouvrages anciens conçus avant les Eurocodes, ce qui est le cas de plus de la moitié du parc actuel.

L'utilisation judicieuse de capteurs dédiés (de pesage en marche) permet de détecter des poids lourds trop agressifs ou en grande surcharge, prévenir leur passage sur des ouvrages à capacité limitée, et éviter des effondrements ou des désordres graves (cas du pont suspendu de Mirepoix en novembre 2019).

Un appel à projets (2021-2023) va être lancé par le CEREMA dans le cadre du plan d'urgence sur le thème des ponts connectés afin d'évaluer les perspectives offertes par ces nouvelles technologies pour la gestion opérationnelle des ouvrages.

Parmi ces nouvelles technologies, la téléinspection consiste à filmer toutes les parties d'un pont avec une caméra haute-définition pour déceler ou suivre les désordres. Cette caméra peut être fixée sur un bras télescopique ou portée par un drone. L'analyse des images par des ingénieurs spécialisés permet de détecter un éventuel problème et de diligenter une inspection plus poussée. Ces solutions innovantes permettent d'éviter l'emploi de nacelle suspendue ou d'échafaudage, apportent plus de précision que l'inspection visuelle et dans des conditions de sécurité accrues. Elles sont appelées à se développer pour les inspections détaillées d'ouvrages.

L'analyse automatique d'images satellites permet de suivre des tassements millimétriques de structures, et leur environnement. Cette technologie encore très coûteuse sera certainement appelée à se développer.

1.6.2 Les ouvrages en maçonnerie : développer une gestion sûre et durable du patrimoine

Comme vu au paragraphe 1.3.2 Les familles de ponts et de murs, on estime à 10 % la part des ponts en maçonnerie sur le réseau routier national, à près de la moitié pour les ouvrages d'art départementaux et à largement plus de la moitié pour les ouvrages communaux. Ce sont des ouvrages anciens et à haute valeur esthétique et patrimoniale qu'il est nécessaire de bien entretenir pour prolonger leur durée de vie, et bien que ce type de construction soit robuste, ils sont surreprésentés parmi les ouvrages présentant d'importants désordres.

C'est pour mieux comprendre le fonctionnement des ouvrages en maçonnerie qu'un projet national (PN) appelé DOLMEN qui réunit un certain nombre de partenaires publics et privés du génie civil est en cours de démarrage pour développer des outils et des logiciels pour la maçonnerie (existante et neuve) afin d'améliorer la gestion du patrimoine existant d'ouvrages en maçonnerie.

L'objectif de ce projet, piloté par l'institut pour la recherche appliquée et l'expérimentation en génie civil (IREX) selon un dispositif du MTE porté par le CGDD, est de constituer un référentiel et une doctrine technique au niveau national pour le dimensionnement, l'évaluation et la réparation des ouvrages en maçonnerie (modèles, règles de calcul et abaques, logiciels métiers, solutions et préconisations de réparation). Ce projet de recherche appliquée prévoit, entre autres : la constitution d'une base de données sur le matériau et les structures en maçonnerie, le développement de modèles d'évaluation et de dimensionnement de ces structures et de logiciels métier (avec leur validation à partir d'essais sur structures réelles, ainsi que des recommandations à destination des bureaux d'étude pour l'utilisation de ces modèles), un modèle de recalcul de ces ouvrages anciens et l'étude de solutions innovantes de réparation (avec préconisations et recommandations associées).

Les partenaires du PN sont un certain nombre de maîtres d'ouvrage (départements, DIR, DREAL, RATP, SNCF, VNF, Ville de Paris, EDF, Port du Havre...), des bureaux d'études et l'IMGC, le CEREMA, l'UGE (qui en assure le pilotage opérationnel), l'ENPC, l'ENTPE, des universités comme celles de Limoges, la FFB, la FNTF, le STRRES... Chaque partenaire contribue au financement du projet dont le coût total est estimé à 2,2 M€ et l'IREX espère un soutien financier du ministère MTE.

Recommandation spécifique :

La mission propose que la DGITM soutienne le projet national DOLMEN à hauteur de 200 k€.

1.6.3 De la maintenance curative ou préventive vers la maintenance prédictive

Le développement de l'intelligence artificielle (IA) dans les domaines du BTP permettra d'optimiser la maintenance des ouvrages. Les activités d'entretien et de surveillance génèrent et utilisent beaucoup de données, issues de l'instrumentation, d'auscultations ou de sources externes, qui peuvent permettre de mettre en œuvre les outils de l'intelligence artificielle et du *Building Information Modeling* (BIM).

Ces évolutions très importantes vont permettre de passer de la maintenance curative ou préventive à la maintenance prédictive grâce à une meilleure connaissance des indicateurs de durabilité, des mécanismes de dégradations et des lois d'évolution permise par ces nouvelles technologies. Par ailleurs, l'intelligence artificielle pourra concourir à la robotisation de certaines tâches complexes ou en milieu peu accessible, pour l'inspection des ouvrages et leurs réparations.

Toutes ces évolutions attendues amélioreront les métiers de la maintenance et les rendront plus attractifs pour les jeunes. Nous recommandons qu'un partenariat soit noué entre le CEREMA et l'institut national de recherche en sciences et technologies du numérique (INRIA) pour accélérer l'évolution de ces métiers de la maintenance.

Il s'agira également de sensibiliser les étudiants à la maintenance prédictive et à l'emploi des nouvelles technologies, dans les programmes d'enseignement. (voir [4.1](#) La formation initiale)

Recommandation 3. (CEREMA) Nouer un partenariat avec l'INRIA pour faire progresser ces techniques de la maintenance et passer de la maintenance curative ou préventive à la maintenance prédictive

2 Parangonnage international

La mission devait identifier les expériences étrangères analogues susceptibles d'apporter des enseignements intéressants. Elle a obtenu des informations à partir d'un questionnaire envoyé à certains services économiques régionaux de la direction générale du trésor dans les ambassades. Les réponses concernent les pays suivants : Allemagne, Italie, Royaume-Uni, et hors d'Europe les États-Unis, le Brésil et le Japon.

La mission a pris en parallèle des contacts directs avec des personnalités compétentes dans les pays suivants : l'Allemagne et l'Italie (en complément des informations des Ambassades) et la Suisse ainsi qu'avec la région wallonne en Belgique et la province du Québec au Canada. Le cas suisse étant particulièrement intéressant, ces contacts se sont prolongés par une visite sur place les 6 et 7 octobre 2020 dans les cantons de Vaud et de Fribourg.

2.1 La gestion des routes dans les différents pays

Tous les pays ont un réseau routier hiérarchisé géré par des entités publiques ou privées différentes. En général il y a trois niveaux : celui de l'État central ou fédéral ou région autonome, puis celui des régions ou départements et enfin le réseau communal. Ce dispositif est complété dans certains pays par des infrastructures privées (autoroutes et ouvrages d'art) comme en Italie où il y a environ 6 000 km d'autoroutes concédées.

Dans certains pays très décentralisés ou fédéraux, les routes de plus haut niveau ne sont pas gérées au niveau national mais par des entités autonomes très vastes : au Royaume-Uni par les quatre composantes du Royaume, en Belgique par les régions autonomes (Flandres, Bruxelles capitale, Wallonie). Néanmoins certains pays fédéraux conservent un réseau routier fédéral majeur comme les États-Unis ou la Suisse. L'Allemagne est un cas particulier : la gestion des routes fédérales avait été déléguée aux *Länder* mais l'État fédéral ayant constaté que cela se traduisait par un sous-investissement, il reprend le 1^{er} janvier 2021 en gestion directe les autoroutes et une partie des routes fédérales.

La plupart des pays ont confié leur réseau principal à une entité publique (société anonyme 100 % publique ou agence) : *Highways agency* en Angleterre, ANAS en Italie, *Federal Highway Administration* aux États-Unis, OFROU en Suisse, IGA en Allemagne. Ces pays se différencient de la France qui a conservé cette gestion dans son administration directe.

La part des autoroutes et ouvrages concédés en France dans le réseau routier national (presque la moitié du total) n'a pas d'équivalent à l'étranger. L'Angleterre a recours massivement à des contrats globalisés à indicateurs de résultats avec des acteurs privés mais sous des formes différentes de la concession.

2.2 La gestion des ouvrages d'art : principes de surveillance et d'inspection

Le parangonnage a permis d'obtenir plus d'informations sur les ponts que sur les murs.

Dans tous les pays, le principe est admis qu'il est nécessaire de réaliser une inspection détaillée des ponts suivant une fréquence variant selon les pays entre cinq à six ans, parfois plus rapprochée lorsque l'ouvrage le nécessite. Entre ces inspections détaillées, doivent avoir lieu des visites plus légères (tous les trois ans, deux ans, annuelles voire trimestrielles en Italie).

Le contenu de ces inspections est détaillé dans des manuels ou des guides de bonnes pratiques («*National Bridge Inspections Standards Regulations*» aux États-Unis par exemple). En Allemagne le contenu des inspections est défini par une norme, la DIN 1076 «structures d'ingénierie des routes et des chemins ; surveillance et inspection». Le Brésil dispose aussi d'une norme (DNIT 99452/2016) pour les procédures de surveillance des ponts de l'État fédéral.

Au Japon un décret de mars 2014 oblige les gestionnaires d'infrastructures routières à réaliser une inspection visuelle détaillée tous les cinq ans. L'État¹⁶ peut se substituer aux collectivités locales pour la réparation des ouvrages afin de permettre une réalisation rapide de travaux urgents.

Les catastrophes récentes en Italie ont amené l'État italien à durcir sa législation :

- Le recensement des ouvrages¹⁷ est rendu obligatoire par le décret ministériel 430 du 8 octobre 2019 qui institue une base de données publique en *open data* appelée AINOP (archive informatique nationale des ouvrages publics). Cette base doit être renseignée par tous les maîtres d'ouvrages. Le décret prévoit la liste de données à renseigner pour chaque type d'ouvrages.
- Le gouvernement a publié en mai 2020 des lignes guides (directive technique) pour la classification et la gestion des risques, l'évaluation de la sécurité et le recueil de données des ponts existants. Cette directive technique décrit la méthodologie du recensement des ouvrages (niveau 0), des inspections visuelles jusqu'aux inspections détaillées en fonction de l'attention à apporter et de l'importance du réseau routier.

Au Royaume-Uni, pour *Highways England* les procédures de surveillance sont conduites par des «*Bridge inspectors*» : une « inspection générale » est accomplie tous les deux ans tandis que tous les six ans est conduite une « inspection principale ». Pour être « *bridge inspector* » il faut passer une certification : l'organisme de formation LANTRA a mis en place une certification au sein d'un programme appelé « *Bridge Inspector Certification Scheme*¹⁸ ». Cette certification est commune avec la république d'Irlande. Les ingénieurs souhaitant réaliser des inspections pour les collectivités locales sont incités à suivre une de ces quatre formations :

- LANTRA BICS,
- Devon/ADEPT,
- Perth&Kinross/SCOTS,

¹⁶ La situation n'est pas la même en France. D'une part, la compétence pour édicter des arrêtés de péril n'appartient qu'au maire et ne concerne que les immeubles ou parties communes d'un bâtiment présentant un danger pour ses occupants, voisins ou passant, d'autre part l'entretien d'un pont relève des prérogatives de la commune maître d'ouvrage (propriétaire) du pont. Sa carence engage essentiellement sa responsabilité pécuniaire à l'égard des usagers comme des tiers à cet ouvrage qui en subiraient les désagréments. La jurisprudence a récemment évolué en intégrant dans les pouvoirs du juge administratif, la possibilité pour la victime d'un accident lié à l'utilisation ou au fonctionnement d'un ouvrage public défectueux d'obtenir, outre une condamnation pécuniaire, une injonction d'exécution. Par ailleurs, le Préfet peut néanmoins agir à trois titres : par la voie d'un référé mesures-utiles (art. L.521-3 du code de justice administrative) ; par l'usage de son pouvoir de police générale (art. L.2212-2 1° et L.2122-4 du code général des collectivités territoriales – CGCT) ; par l'usage de son pouvoir de réquisition en situation d'urgence (4° de l'article L.2215-1 du CGCT).

¹⁷ En plus des ponts et passerelles, les routes, tunnels, aéroports, ports, équipements hydrauliques et édifices publics mais pas les murs routiers.

¹⁸ La certification est accordée par Lantra pour une durée déterminée : l'enregistrement doit être renouvelé chaque année, le titulaire devant faire la preuve de la poursuite de son développement professionnel (« *Continuing Professional Development* ») pour prouver le maintien de son niveau de compétence. La certification est valable pour une durée de trois ans, durée à l'issue de laquelle l'inspecteur doit repasser un examen partiel ou complet pour bénéficier d'une nouvelle certification. Il existe plusieurs niveaux de certification dont les « *bridge inspectors* » et les « *senior bridge inspectors* ».

- CSS Wales.

Néanmoins la situation est moins formalisée dans les collectivités qui peuvent confier les inspections à des ingénieurs ayant suffisamment d'expérience mais sans avoir la certification.

Le *National Bridge Group* va plaider pour qu'une de ces formations devienne obligatoire.

Ceci permet d'avoir une homogénéité dans les inspections et une garantie de niveau des personnes les assurant. La mission considère que c'est une bonne pratique qui pourrait être transposée au cas français.

2.3 L'état des murs et des ponts

Plusieurs pays utilisent une cotation pour leurs ponts en quatre à cinq niveaux (pour mémoire l'IQOA a cinq niveaux mais dans les graphes de l'IDRRIM les deux meilleurs sont confondus). En dehors du Japon, cette cotation n'est disponible le plus souvent que pour le réseau national.

Avant d'envisager une comparaison de l'état du patrimoine à partir de ces données, il faut tenir compte du fait que les méthodologies sont différentes. Du graphique ci-dessous (Figure 3) on ne peut conclure que les ponts allemands sont moins bons car la méthode de cotation est peut-être plus sévère. Un autre biais est que nous avons indiqué les données de l'ensemble des ponts japonais (puisque dans ce pays le recensement a été généralisé) alors que nous n'avons indiqué que les ponts des routes nationales ou fédérales pour les autres.

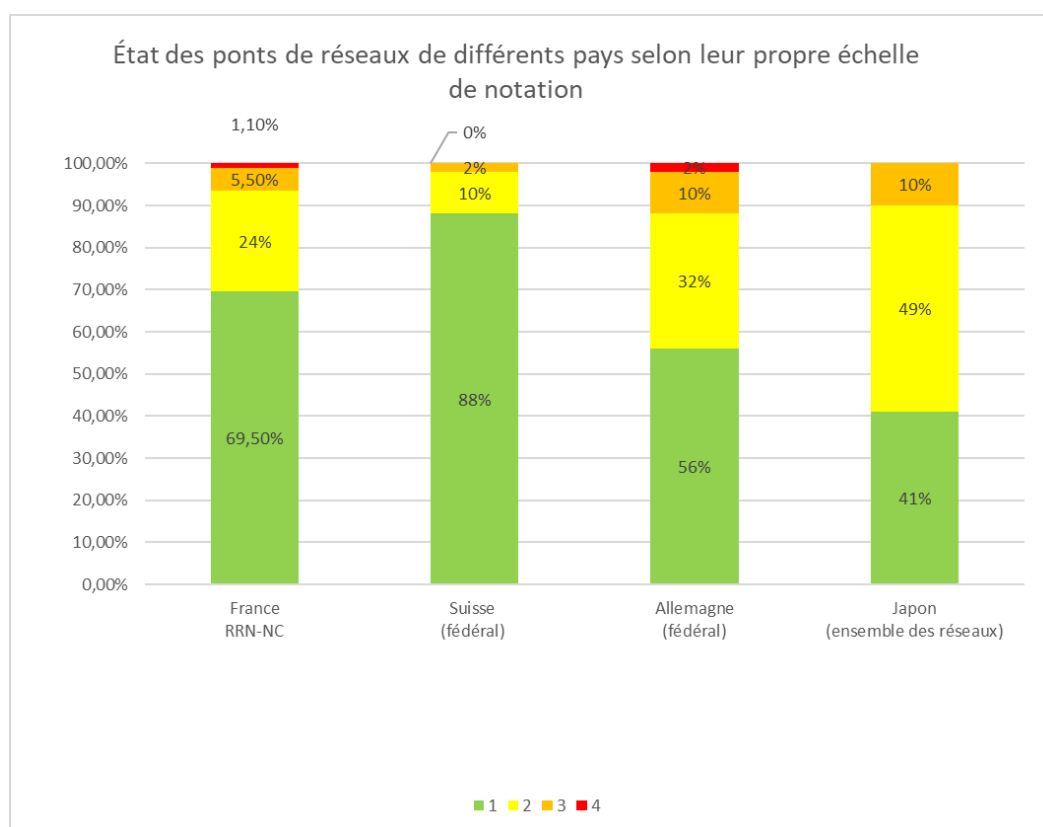


Figure 3 : État des ponts de réseaux de différents pays selon leur propre échelle de notation

En se rappelant qu'en France en 2018 les ponts du réseau national non concédé (respectivement réseau national concédé) étaient 1,1 % (respectivement 0,05 %) au niveau 3E (structure altérée nécessitant des travaux urgents) et 5,5 % (resp. 0,91 %) au niveau 3 (structure altérée nécessitant des travaux sans caractère d'urgence) on peut comparer avec les situations suivantes :

L'indice du réseau fédéral suisse a aussi cinq niveaux (dans le tableau ci-dessous nous avons confondu les deux meilleurs comme pour l'IQOA) ; le réseau fédéral suisse fait état de 0 % de ponts situés à un niveau alarmant et 2 % à un niveau mauvais.

L'Allemagne utilise deux indicateurs pour les ponts du réseau fédéral :

- une note d'état : de 1 à 1,4 (très bon état), de 1,5 à 1,9 (bon état), de 2 à 2,4 (satisfaisant), de 2,5 à 2,9 (suffisant), de 3,0 à 3,4 (insatisfaisant) et de 3,5 à 4 (insuffisant),
- une évaluation intégrant un coefficient de sécurité qui prend en compte la comparaison entre les charges normale et réelle du pont. Pour ce second critère 16 % des ponts sont dans une situation jugée insuffisante.

Nous avons reporté la première note dans le graphique. Comme elle est sur six niveaux, nous avons confondu les trois meilleurs. Selon cette note, 12 % des ponts sont jugés dans une situation insatisfaisante ou insuffisante.

Dans certains pays, les statistiques permettent une vision générale concernant tous les ouvrages, y compris ceux des collectivités :

Au Japon le décret de mars 2014 obligeant tous les gestionnaires d'infrastructures à une inspection tous les cinq ans permet d'obtenir une cotation des 720 000 ponts et 10 000 tunnels du réseau japonais : 0,1 % des ponts nécessitent une intervention urgente (remplacement ou démolition pour la plupart) et 10 % une intervention.

Au Royaume-Uni la « *Royal Automobile Club Foundation* » estime que sur l'ensemble des ponts gérés par les Comtés, 4,2 % sont « sous le standard », c'est-à-dire ne peuvent pas supporter le trafic de poids lourd de 44 tonnes.

Selon les derniers rapports de l'*American Road and Transportation Builders Association* (ARTBA) et de l'*American Society of Civil Engineers* (ASCE) 7,5 % des ponts routiers aux États-Unis présentent des déficiences structurelles et plus d'un tiers nécessitent un remplacement ou des travaux.

Le *benchmark* n'a pas permis d'obtenir des indicateurs sur les murs routiers.

Enfin, au Canada, pour le réseau de l'État du Québec, l'indice de condition générale (mis à jour en temps réel) indique que 3,4 % des structures nécessiteraient un remplacement et 4 % des travaux majeurs sans caractère d'urgence.

2.4 Les désordres sur les ouvrages et les programmes pour y remédier

Tous les pays ont constaté un vieillissement et des désordres de leurs ouvrages. Dans certains cas cela a conduit à des catastrophes qui ont contribué à une prise de conscience des enjeux, parfois au-delà du pays concerné, comme la chute du pont Morandi en Italie (2018) ou la rupture du viaduc de la Concorde au Québec (2006) qui était un pont de type Cantilever (voir [Annexe 4](#). Glossaire des termes techniques). Dans le cas du Japon, c'est une catastrophe dans un tunnel, celle de l'effondrement du plafond du tunnel de Sasago en 2012 qui a fait prendre conscience des enjeux des ouvrages en général et a conduit l'État japonais à modifier le code de la route en juin 2013 afin de renforcer les règles d'inspection des infrastructures routières.

Les réponses aux questionnaires des différents pays présentent la triste litanie des ponts effondrés et parfois du nombre de leurs victimes.

D'une façon générale les causes de désordre les plus couramment citées sont :

- les affouillements et les impacts sur des piles dues à des crues, à des matériaux emmenés par des crues ou à des chocs de bateau,
- la corrosion des armatures de béton armé, des torons de précontrainte ou des appareils d'appui (encore accentuée notamment au Japon par la salinité de l'air océanique),
- l'effondrement des buses métalliques,
- les défauts de construction (par exemple problème lors de l'ajustement de la précontrainte d'une passerelle aux États-Unis ; ou bien encore la chute d'une section de 40m de long lors de la construction du *Talbrücke Shraudenbach* à cause d'un défaut d'étalement en Allemagne),
- les problèmes de sol instable.

Pour cette raison, certains pays ont lancé pour leur réseau national des programmes de mise à niveau.

Le programme d'investissement le plus conséquent semble être celui de l'Allemagne qui va passer de 1 470 M€ en 2019 à 1 640 M€ en 2022 (pour 52 000 ponts représentant 30 millions de m² soit 54,67 €/m² en 2022).

2.5 L'aide apportée aux collectivités locales

Dans toutes les législations nationales, il est clair que le responsable d'une infrastructure est son maître d'ouvrage et il n'y a pas d'exemple où un État centralisé serait en charge de tout. Néanmoins pour les collectivités les plus petites ou les plus démunies, il est parfois difficile de faire face à l'entretien et à la réparation des ouvrages. Que cette défaillance soit due à des problèmes de financement, de compétences techniques ou de désintérêt politique, l'État, au-delà des analyses juridiques, ne peut pas se désintéresser des conséquences en terme de gestion de crise (catastrophes, routes coupées) ni de ce patrimoine commun qui est le support nécessaire de la mobilité et qui est indispensable au fonctionnement général des activités de la société.

Afin de contraindre les collectivités à s'occuper de leurs ponts le Japon et l'Italie ont choisi la voie réglementaire (voir plus haut).

L'incitation réglementaire ne suffisant pas toujours, l'État japonais peut se substituer à une collectivité locale pour permettre une réparation urgente et les bureaux régionaux du ministère des transports (MLIT) peuvent apporter un conseil aux collectivités locales et réaliser le diagnostic et la réparation à la place des collectivités, sur leur demande.

En Italie, il a été confié à l'agence nationale des routes (ANAS) le soin de réaliser la surveillance et la mise aux normes de 14 500 ponts et viaducs qui étaient précédemment en charge de communes.

Une autre incitation est évidemment financière : l'État japonais prend en charge la majeure partie des dépenses d'inspections (95 % pour les préfectures¹⁹ et grandes villes et 99 % pour les municipalités) et les opérations de réparation sont financées à 67 % par l'État pour les préfectures et grandes villes et 88 % pour les municipalités.

¹⁹ Il s'agit d'un niveau intermédiaire de collectivité locale. Ce mot n'est pas employé dans le même sens que pour l'organisation française.

Les États-Unis, dans un contexte pourtant fédéral ont décidé d'une aide massive aux infrastructures de l'ensemble du pays. Le département des transports fédéral dispose de plusieurs programmes d'aide pour les ponts dans le cadre de la loi *Fixing Surface Transportation Act* de 2015 (*Fast Act*). En sont exclues les trop petites routes rurales ou rues urbaines. Certains programmes ne ciblent que les États ruraux.

En Suisse les cantons perçoivent une partie du financement spécial pour la circulation routière qui dépend de taxes sur les carburants, de la redevance poids lourds et de la vignette pour les véhicules légers circulant sur autoroute. Ces financements routiers sont fléchés et d'une stabilité permettant la programmation. La bonne maintenance des ouvrages étant *in fine* moins onéreuse que des reconstructions, la Suisse évite de se lancer dans de trop grands programmes de rénovation. Les communes n'ont pas accès à cette ressource spécifique mais les agglomérations et villes peuvent obtenir des financements du fonds d'infrastructure. Certains cantons apportent aux petites communes leur aide technique et des financements parfois ponctuels (les représentants du canton de Fribourg ont cité à la mission deux cas où une commune a été aidée : l'une pour un pont ayant un intérêt architectural et l'autre pour une route desservant un barrage).

2.6 Les compétences et la formation

Les réponses au questionnaire mettent en avant l'excellence des réseaux d'éducation supérieurs (États-Unis, Allemagne...) qui permet à ces pays de disposer de spécialistes en génie civil de tous niveaux. Pour autant tous les pays manquent de spécialistes des ponts, surtout de spécialistes expérimentés (même en Allemagne où pourtant 42 % des ingénieurs en génie civil ont plus de 50 ans) et encore plus lorsqu'il s'agit de maintenance et de réparation de ponts.

Les résultats de l'enquête indiquent qu'au Japon les personnels des collectivités locales qui réalisent les inspections ont pour 38 % une formation dispensée par l'État, 8 % une qualification privée et 54 % aucune formation spécifique. Chez les prestataires 42 % n'ont aucune formation spécifique. Un large programme de formation a été alors mis en place pour les fonctionnaires régionaux via le MLIT (5 600 personnes formées en cinq ans dont 4 400 des organisations publiques locales).

Dans d'autres pays, comme au Canada dans l'État du Québec ont été mises en place des formations internes pour les personnels travaillant sur les ouvrages d'art.

Les problèmes de ressources humaines qui se posent le plus souvent sont les suivants :

- les spécialistes sont vieillissants car ils ont été formés durant les années de construction des ponts avant de passer à leur maintenance et rénovation ;
- la prise de conscience de l'état des ponts et des investissements afférents a conduit à une augmentation rapide du besoin en spécialistes qu'il est difficile de former rapidement car l'expérience acquise est prépondérante dans la compétence ;
- les formations initiales sont le plus souvent tournées vers la construction de nouveaux ouvrages et non leur réparation.

Un exemple de bonne pratique pour la formation initiale est celle donnée par l'école polytechnique fédérale de Lausanne par le professeur Eugen Brühwiler.

Le professeur Brühwiler donne deux cours au sein du master maintenance construction sécurité (MCS), voir Annexe 12. pour le programme des cours:

- Structures existantes : examen et interventions bases (1^{er} semestre)
- Structures existantes : examen et interventions chapitres choisis (2^{ème} semestre)

Ce sont –selon ses propos- des « décathlons » car recouvrant des disciplines différentes (différents types de structures de ponts, technologies de réparation variées).

Ces cours sont complétés par « l'esthétique des ouvrages pour les ingénieurs ». Près de 80 % des 90 à 100 élèves du MCS suivent les cours sur les structures existantes.

Les étudiants travaillent ensuite principalement pour les bureaux d'études (en Suisse les maîtres d'œuvre au sein des bureaux d'étude assurent plus de responsabilités qu'en France) puis évoluent vers des entreprises de génie civil dans des postes de management. Quelques-uns sont embauchés par l'administration (OFROU).

Au niveau *Bachelor* (licence) le professeur Brühwiler donne un cours sur la sécurité et fiabilité des ouvrages pour la section génie civil.

Ces formations initiales sont un exemple de ce qui pourrait être réalisé dans les formations d'ingénieur en France. Cela conduit la mission à souhaiter l'orientation suivante :

Orienter la formation génie civil dans les écoles d'ingénieurs vers les ouvrages existants et l'histoire des techniques de construction, changer la culture actuelle qui ne s'intéresse qu'aux ouvrages neufs, enseigner les différentes techniques de réparation (plats collés en fibre de carbone, précontrainte extérieure, matériaux composites à base de fibres à hautes performances...) et former aux nouvelles technologies de *monitoring* jusqu'à celles de l'intelligence artificielle, utiles et attractives pour ce nouveau métier de génie civil.

Nota bene : cette orientation fera l'objet de recommandations spécifiques dans le paragraphe 5.

2.7 Les technologies nouvelles

Le Professeur Brühwiler de l'EPFL vante l'utilisation du BFUP (Béton fibré ultra performant) ou plutôt du CFUP (Composé cimentaire fibré ultra performant). Il s'agit d'un matériau haut de gamme avec des propriétés mécaniques exceptionnelles, économe en matériaux, gravier et eau (intérêt environnemental) mais cher dans des conditions classiques. Il existe une norme en Suisse pour le CFUP (SIA 59 2052) comme depuis peu en France. Dans certains cas, son utilisation pour rénover une structure en béton armé peut être intéressante. Ainsi la réparation du viaduc de Chillon qui était estimée à 70 % du prix du neuf en technologie traditionnelle qui a pu être menée avec le CFUP à 200 €/m² au lieu de 2000 à 3000 €/m².

Le Japon a mis au point seize techniques d'inspection à l'efficacité éprouvée parmi lesquelles figure l'utilisation de drones pour des prises d'images (photographies normales ou capteurs infra-rouges).

2.8 Conclusion du parangonnage

Le parangonnage montre que les problématiques de maintenance et d'entretien des ouvrages d'art sont semblables d'un pays à l'autre même si elles se présentent avec différentes acuités. Les pathologies des ponts et des murs et les sujets d'inquiétude comme le vieillissement des experts sont les mêmes, les corpus techniques se ressemblent (recensement, des inspections périodiques suivies de diagnostics, des indicateurs d'état). Des programmes de réparation, dotés de fort budget sont lancés dans différents pays. Dans certains d'entre eux l'État central finance aussi les infrastructures des collectivités. Quelques bonnes pratiques peuvent être sources d'inspiration :

- le Japon a obligé les maîtres d'ouvrage à faire une inspection de leurs ponts tous les cinq ans ce qui a permis d'obtenir un suivi national de l'état des ponts,

- le Royaume-Uni devrait imposer à ceux qui réalisent des inspections des ponts d'obtenir une certification de « *Bridge inspectors* » pour garantir de la qualité des inspections, et c'est déjà le cas pour plusieurs réseaux dont le réseau de *Highways England*,
- on trouve en Suisse (mais sans doute aussi au Canada) des formations initiales d'ingénieurs tournées vers la maintenance et l'entretien des ouvrages.

3 L'organisation et les moyens pour l'entretien des ponts et des murs routiers

Le panorama actuel provient de l'effacement progressif d'un temps où les routes étaient entièrement gérées par les services de l'État : les directions départementales de l'équipement (DDE) présentes dans chaque département, agissant tant pour le compte de l'État que des départements voire d'autres collectivités, disposaient d'un fort maillage territorial avec les subdivisions et s'appuyaient sur le réseau inter-régional des centres d'études de l'équipement (CETE). Au niveau central, le SETRA œuvrait pour la doctrine technique et pour les études les plus pointues tandis que la recherche était effectuée par le laboratoire central des ponts et chaussées.

Commencée en 1982 la décentralisation s'est achevée avec la disparition des DDE : le réseau routier a été transféré pour l'essentiel aux départements avec le personnel afférent au 1er janvier 2007, l'État ne conservant en gestion directe que le réseau le plus structurant dans les nouvelles directions interdépartementales de la route. L'assistance technique apportée par les DDE aux petites communes a disparu en 2014 et avec elle une certaine connaissance globale de l'état des ponts communaux (le dernier rapport de l'ATESAT date de 2008).

Le SETRA et les CETE ont fusionné avec d'autres services dans le CEREMA. Le LCPC, après un déménagement à Marne-la-Vallée et sa fusion avec l'INRETS dans l'IFSTTAR fait partie de la nouvelle Université Gustave Eiffel depuis le 1er janvier 2020.

3.1 Le panorama institutionnel

Compte-tenu de la date de rédaction du présent rapport, cette présentation ne prend pas en compte les évolutions possibles à l'occasion de la loi 4D.

3.1.1 La répartition des compétences territoriales La loi NOTRe

Sur les vingt dernières années, plusieurs évolutions des compétences territoriales en matière de voirie ont eu lieu :

Tout d'abord, en vertu de la loi de décentralisation (loi 2004-809 du 13 août 2004), l'État a transféré 18 000 km de routes nationales aux départements. Il a conservé en gestion directe un réseau de plus de 10 000 km (auquel s'ajoute celui concédé à peu près équivalent).

Les départements gèrent un réseau routier étendu représentant 40 % de la voirie des collectivités territoriales. Ce réseau intègre des routes nationales déclassées en 2004 mais aussi, parfois, pour des raisons historiques, des voies à vocation communale. Il est donc assez hétérogène.

Suite à la loi NOTRe (loi n° 2015-991 du 7 août 2015 portant nouvelle organisation territoriale de la République) des voiries départementales ont été transférées aux métropoles. Certaines voies anciennement nationales ont donc changé deux fois de gestionnaires en une dizaine d'années. Dans certaines métropoles (Lyon, Nice-Côte-d'Azur) ce transfert a été total. Dans d'autres (Toulon-Provence-Méditerranée) ce transfert n'a pas eu lieu.

La situation est encore plus contrastée pour les réseaux du bloc communal (non métropolitain). Certaines communes ont conservé toutes leur compétences voiries tandis que d'autres les ont transférées pour tout ou partie à l'EPCI dont elles font partie.

La compétence voirie s'est développée au sein d'intercommunalités, sans que les données de la base BANATIC²⁰ de la DGCL ne permettent d'avoir une vue précise de la répartition des responsabilités entre EPCI et communes. La proportion d'EPCI exerçant la compétence voirie a légèrement augmenté depuis 2012 : 69 % en 2015 contre 67 % en 2012 (Tableau 4 ; Source DGCL).

Tableau 4 : Compétences des voiries des EPCI

	Nombre d'EPCI				En %			
	2012	2013	2014	2015	2012	2013	2014	2015
EPCI sans compétence voirie	851	800	666	662	33,0	32,6	31,0	31,0
EPCI avec compétence voirie	1 730	1 656	1 479	1 472	67,0	67,4	69,0	69,0
Ensemble EPCI	2 581	2 456	2 145	2 134	100,0	100,0	100,0	100,0

Source : DGCL, mission « dépenses des voiries des collectivités locales 2016 IGA, IGF, CGEDD. »

Néanmoins lorsqu'un EPCI a une compétence voirie, cela ne signifie pas pour autant que toutes les voiries lui soient transférées : il ne s'agit parfois que de certaines d'entre elles.

Si l'État, les départements et les métropoles ont normalement suffisamment d'agents compétents et de ressources budgétaires (malgré les tensions sur les effectifs autorisés et les finances) pour entretenir leurs réseaux et leurs ouvrages d'art, on ne peut rien conclure sur les réseaux non métropolitains du bloc communal.

C'est sur ces réseaux, pour lesquels la connaissance s'est estompée avec la fin de l'ATESAT, que doit être portée une attention particulière.

3.1.2 Les aides financières de l'État apportées aux communes.

L'État intervient en faveur du développement économique et social de tous les territoires. En 2018, il a financé directement 27 328 projets portés par les communes et les intercommunalités dans tous les départements de notre pays. Au total, ces investissements représentent 1,935 milliard d'euros, distribués au titre de différentes dotations dites « d'investissement ».

Les instruments financiers de ces interventions sont les suivants :

- la dotation de soutien à l'investissement local (DSIL),
- la dotation d'équipement des territoires ruraux (DETR),
- la dotation politique de la ville (DPV),
- la dotation globale d'équipement (DGE) des départements, remplacée en 2019 par la dotation de soutien à l'investissement des départements (DSID).

²⁰ La base BANATIC de la DGCL recense les intercommunalités et leurs compétences.

La direction générale des collectivités locales nous a fourni les montants affectés aux ouvrages d'art en 2019 (Tableau 5) :

Tableau 5 : Aide de l'État aux communes pour les ponts en 2019

Type d'aide	Montant des projets	Sommes apportées par l'État	Pourcentage du financement
DETR 2019 OA et Ponts	16 995 233,88€	4 730 142,51€	27,83 %
DSIL 2019 OUVRAGES D'ART et Ponts	44 557 199,44€	14 561 861,84€	32,68 %

Il s'agit presque exclusivement de ponts ou de passerelles (quelques rares ouvrages hydrauliques). Ces financements servent essentiellement à des projets de sécurisation, d'amélioration (accès pour les piétons ou les cyclistes) et à quelques reconstructions.

La circulaire du 14 janvier 2020 du MCTRCT précise que la mise aux normes et la sécurisation des ponts fait partie des priorités de financement de la DSIL.

La même circulaire précise dans quelles communes et EPCI²¹, la DETR est applicable. Elle indique que cette dotation vise une aide aux investissements. Les modalités d'attribution de la DETR sont largement déconcentrées. C'est une commission départementale d'élus qui est chargée de définir les catégories d'opérations prioritaires et les taux de subvention minimaux et maximaux applicables à chacune d'elles et de donner son avis sur tous les projets de subvention supérieurs à 100 000 euros. Les ponts ne sont pas cités parmi les projets prioritaires de la DETR : cela nous a été confirmé par nos interlocuteurs locaux qui nous ont indiqué que seuls certains départements y avaient recours pour ces infrastructures.

Recommandation 4. Soutien financier aux communes via DETR et DSIL (Actions DGCL préfectures) : développer les aides aux travaux de rénovation et à la maintenance des ponts (comme c'est déjà le cas dans certains départements) et pas seulement pour les ouvrages nouveaux : aide conditionnée à l'existence d'un recensement et d'un plan de gestion effectif et actualisé du parc d'ouvrages d'art/murs.

3.1.3 L'aide des départements aux communes

La plupart des départements apporte une aide aux communes qui le souhaitent. C'est surtout vrai en milieu rural où le vide laissé par les anciens services de l'État s'est fait particulièrement ressentir. Le transfert des personnels techniques des ex-DDE aux départements a créé aussi les conditions de cette assistance.

Limité jusqu'en 2015 aux domaines de l'assainissement, de la protection de la ressource en eau, de la restauration et de l'entretien des milieux aquatiques, le champ des compétences couvertes par l'assistance technique des départements a été élargi par la loi NOTRe à la voirie, à l'aménagement et à l'habitat. La loi n'impose pas aux départements de mettre à disposition, de manière générale et absolue, leur assistance technique au bénéfice des communes et de leurs groupements. C'est seulement à la

²¹ Des collectivités avec peu d'habitants mais les seuils varient en fonction de la capacité fiscale, entre la métropole et l'outre-mer, en fonction du caractère rural

demande de ces derniers que cette mise à disposition est de droit. À ce stade, le recours à l'assistance technique du département dans le domaine de la voirie, comme dans les autres domaines, doit faire l'objet d'une convention entre le département et les personnes qui ont souhaité en bénéficier et préciser le contenu, les modalités et la rémunération de cette mise à disposition. Il revient, dans ce cadre, à chaque département de déterminer librement, en négociant avec les parties concernées, les moyens qu'il souhaite mettre à la disposition de la commune ou de l'EPCI.

Le décret n°2019-589 du 14 juin 2019 a modifié l'article R. 3232-1-2 du code général des collectivités territoriales. Il précise le champ de l'assistance technique en matière de voirie :

- aide à la clarification des responsabilités liées à la voirie,
- appui à la connaissance et mise en place de solutions adaptées sur les enjeux de sécurité routière,
- aide à la gestion du domaine public routier communal, notamment en matière d'occupation du domaine public, de gestion des ouvrages ou de conventions avec des tiers,
- appui à la définition des programmes de surveillance, de viabilité, dont hivernale, de gestion et d'entretien du patrimoine de voirie communale,
- appui à la définition des caractéristiques de la voirie d'un lotissement devant être intégrée dans la voirie communale.

Ces différents items peuvent concerner des ouvrages d'art, ponts ou murs routiers.

Le bénéfice de cette assistance technique a été élargi par ce même décret aux communes rurales et aux EPCI de moins de 40 000 habitants (15 000 précédemment).

Pour apporter cette aide la plupart des départements ont mis en place une offre d'ingénierie diversifiée (bien avant 2019) et certains d'entre eux ont opté pour la mise en place d'agences techniques départementales (ATD) (Cf. [Annexe 13](#). Cartographie des agences techniques départementales en 2019 (source ATD)). Les services proposés et les domaines couverts vont du simple conseil jusqu'à la maîtrise d'ouvrage, ou bien encore concernent la formation.

Le mécanisme juridique mis en place est en général le suivant : les communes et EPCI qui le souhaitent peuvent devenir adhérents de cette agence ce qui leur permet de passer des commandes en situation de quasi-régie (*in-house*). En l'absence d'ATD, une convention *ad hoc* est passée avec le département.

Le décret de 2019, en élargissant les bénéficiaires de l'assistance technique a apporté une sécurité juridique supplémentaire.

Une association nationale des directeurs d'agence s'est constituée. Son président (Monsieur Arnaud Spet) a dressé le panorama suivant. Il existe 91 agences techniques départementales parmi lesquelles :

- 58 ont un statut spécifique d'établissement public administratif ou de syndicat mixte,
- 11 sont des régies départementales.

Le président de l'association des directeurs d'agence a interrogé les différentes agences sur leur champs d'intervention : sur les 29 agences départementales ayant répondu, 23 d'entre elles s'occupent parfois d'ouvrages d'art. Elles font des recensements, du diagnostic et de l'assistance à maîtrise d'ouvrage. Cinq d'elles font de la maîtrise d'œuvre pour de petits ouvrages. Certaines d'entre elles utilisent en fait les services du département, n'ayant pas de personnel dédié à cette tâche.

Les agences ont parfois repris la continuité de l'ATESAT (même personnel, transfert d'archives), c'est le seul accès à une aide technique qui demeure pour les petites communes avec un « ticket d'entrée » raisonnable. C'est pourquoi la mission pense qu'il est indispensable de s'appuyer sur ce réseau

d'agences ou de services départementaux en régie (quels que soient leurs statuts) et de leur permettre de bénéficier de l'appui technique du CEREMA et de financement public.

Dans le cadre de la mise en place de recensements, d'inspections et de diagnostics d'ouvrages pilotés par le CEREMA, les départements et leurs ATD doivent impérativement être pris en compte : pour être cohérent avec le décret de 2019, pour éviter les doublons, pour profiter des connaissances déjà en place et aussi pour abaisser les coûts. Le pragmatisme commande aussi de s'appuyer sur les structures existantes et de ne pas imaginer un retour technique de l'État dans les territoires.

Ce cadre devra évidemment s'adapter à chaque situation départementale sous l'égide du préfet.

Recommandation 5. (CEREMA) : Impliquer, avec l'appui des préfectures (pour le volet financier), l'ingénierie départementale (Régie, Agence technique, GIP) au recensement des ouvrages d'art (ponts, murs...) et de leur état. Si possible s'appuyer sur cette ingénierie pour impulser cette dynamique de recensement puis de réparation.

3.1.4 L'aide du CEREMA aux collectivités

Depuis la loi MURCEF (2001) et la loi de décentralisation « libertés et responsabilités locales » (2004), l'ingénierie publique d'État a disparu et l'expertise qu'il apporte repose aujourd'hui très largement sur le centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (CEREMA). Établissement public administratif, le CEREMA met à la disposition de l'État et des collectivités territoriales depuis 2014 des ressources d'expertises techniques et scientifiques de nature à répondre aux attentes des élus et à leurs questions sur des domaines complexes. Le CEREMA développe des relations étroites avec certaines collectivités territoriales qui sont présentes dans ses instances de gouvernance et s'est structuré à cet effet (création des directions « ville et territoires » - ex CERTU, « infrastructures et matériaux » - ex SETRA et des directions territoriales -ex CETE). Les prestations pour le compte des collectivités territoriales représentent environ 10 M€/an (ce qui correspond à 4 % de son budget total) et correspondent, très majoritairement, à des activités issues d'appels d'offres concurrentiels dans le cadre de marchés pluriannuels contractés avec une trentaine de conseils départementaux et des agglomérations.

En dehors des prestations directes pour les collectivités locales, le CEREMA intervient pour elles :

- dans la production de guides mis à disposition sur son site internet,
- dans l'animation technique en régions au travers des COTITA (une COTITA par direction technique du CEREMA),
- dans la participation à des congrès,
- dans des actions de formation (voir 4.2.3 Un exemple de formation inter-collectivité du nord de la France).

Comme il a été recommandé au [paragraphe 1.5.1 Les moyens de l'État](#) il est essentiel de conserver les ressources humaines (nombre et compétences) du CEREMA non seulement pour les missions de l'État en matière d'ouvrage d'art (DGITM, CEREMA) mais aussi pour répondre aux besoins des collectivités locales.

3.1.5 Le rôle de l'IDRRIM

L'institut des routes, des rues et des infrastructures pour la mobilité (IDRRIM) a été créé en 2010 dans le contexte du Grenelle de l'environnement, pour « remettre les routes dans le débat ». Il est présidé par un élu (actuellement par M. Yves Krattinger président du Conseil départemental de Haute-Saône).

C'est un organisme de travail collectif réunissant État, collectivités, organismes de recherche et d'enseignement, ingénieries, fédérations professionnelles. Il regroupe ainsi tout l'écosystème de la route et des infrastructures de transport. Ses travaux sont approuvés collectivement, après leur élaboration par des comités opérationnels.

Ces comités opérationnels sont au nombre de neuf et regroupent l'ensemble des professionnels concernés par les thèmes. Les ouvrages d'art sont traités par le comité opérationnel génie civil et par le comité opérationnel formation-recherche-innovation.

Au total 300 à 400 personnes contribuent au réseau de l'IDRRIM, via notamment les associations de techniciens des collectivités (ADSTD – Association des directeurs de services techniques départementaux- ; ATTF – Association des techniciens territoriaux de France-). L'IDRRIM qui dispose à ce jour de 3 permanents et est financé à 50 % par la sphère publique (dont plus de la moitié par la sphère État), est perçu comme « neutre » vis-à-vis de l'État.

Ce positionnement rassure les collectivités territoriales qui sont davantage enclines à partager de l'information. Ce positionnement a permis notamment de lui confier la création de l'observatoire national de la route(ONR).

La production de l'IDRRIM

La question de la préservation du patrimoine routier a été le point de départ de la réflexion et des travaux de l'IDRRIM.

Au niveau « politique », cela a conduit à la publication en 2014 d'un « Livre blanc » qui a mis en avant les risques liés à un effort insuffisant de maintien à niveau de ce patrimoine et la « dette grise » que le sous-investissement de maintenance induisait sur le long terme.

Au « niveau technique », l'IDRRIM vise à produire et promouvoir des guides méthodologiques. Dans le domaine des ouvrages d'art, on peut citer le guide « Inspections détaillées des ouvrages d'art : comment réussir sa commande ? » édité en juin 2018 par le Comité opérationnel génie civil à destination des collectivités. Un autre guide est en cours de rédaction sur les diagnostics d'ouvrages courants. L'objectif de ces guides est de permettre aux collectivités de s'approprier la démarche de surveillance des ouvrages d'art.

L'IDRRIM participe à la veille et à la formation en organisant un congrès tous les deux ans sur des sujets techniques.

L'observatoire national de la route (ONR)

L'IDRRIM a initié l'observatoire national de la route en janvier 2016. L'un des principaux objets de l'ONR, est de répondre au manque de connaissance des caractéristiques et de l'état du réseau routier au niveau national. En ce sens il compense la perte de connaissance de vision d'ensemble consécutive à la décentralisation. C'est donc un instrument majeur pour la conduite des politiques de mobilités au niveau national tant pour l'État que pour les collectivités territoriales.

La démarche de l'ONR est intéressante à plusieurs titres :

- la voirie des collectivités territoriales constitue la part la plus importante (98 %) du réseau routier français. Même si ces voies ne sont pas les plus circulées, il est donc nécessaire de suivre, par le biais d'indicateurs agrégés au niveau national, l'évolution de la consistance et de l'état de ce réseau,
- les routes nationales, départementales et du bloc communal sont en interaction : une instance partenariale ayant une vision d'ensemble du réseau routier est donc pertinente,
- l'ONR est à même de faciliter le retour d'expériences et le partage de bonnes pratiques entre gestionnaires routiers et avec les autres parties prenantes, notamment l'industrie routière.

Les rapports de l'ONR sont régulièrement utilisés dans différentes études et rapports (y compris par la présente mission).

Regroupant plusieurs des principaux acteurs de la route, l'ONR a initié ses travaux par une enquête auprès des départements sur leurs outils de gestion et les moyens financiers qu'ils dédient à la voirie. Il a progressivement étendu ses travaux à d'autres thèmes et vers le bloc communal (métropoles et grands EPCI). Néanmoins si la participation des départements est représentative (69 départements ont répondu en 2019, 55 pour la partie sur les ponts), il n'en est pas de même pour le bloc communal (en 2019 : 7 réponses de métropoles, 12 d'EPCI volontaires).

L'ONR a d'ores et déjà pour ambition de continuer à élargir sa connaissance aux routes communales. Sa coopération avec le CEREMA et avec les communes devrait lui permettre, en particulier, de bénéficier des retours des démarches de recensement et d'inspection initiées par le CEREMA (voir 3.2 La prise de conscience de la nécessité de mieux gérer les ouvrages d'art et le plan de relance). Ce retour sera anonymisé et sa publication faite selon la méthodologie de l'ONR qui évite de « classer » les collectivités.

Comme il n'est pas envisageable de réaliser une enquête auprès des 35 000 communes, une démarche pragmatique consisterait à obtenir un indicateur par échantillonnage selon une méthodologie permettant de se prémunir contre d'éventuels biais. Cet indicateur permettrait aux représentants et aux décideurs de la Nation d'avoir une vision globale de l'état des ouvrages dans le pays, sans montrer du doigt les mauvais élèves. La mission recommande d'étendre l'ONR : l'IDRRIM par son positionnement non étatique a noué une relation de confiance avec les collectivités qu'on ne retrouve pas toujours avec l'État.

Recommandation 6. (CEREMA-IDRRIM) : Conditionner les aides du plan de relance à la fourniture des données communales anonymisées recueillies pour enrichir l'observatoire national de la route (IDRRIM-ONR). Mettre en place un système d'information géographique. Bâtir un indicateur statistique national de suivi de l'état des ponts et murs.

3.2 La prise de conscience de la nécessité de mieux gérer les ouvrages d'art et le plan de relance

Le patrimoine communal est dans une situation plus délicate que ceux de l'État, des sociétés d'autoroutes, des départements et des agglomérations importantes (Figure 2).

Le CEREMA a transmis à la mission ses propositions de programme « ouvrages d'art » dans le cadre du plan de relance. Ses propositions ont été actées et devraient être annoncées prochainement. Elles sont résumées ci-dessous.

Un montant de 80M€ a été réservé sur le plan de relance pour l'entretien des ouvrages d'art, 40M€ seront affectés aux ouvrages des collectivités et 40M€ à des opérations de l'État affectés à la DGITM.

Les 40 M€ réservés pour les ouvrages d'art des collectivités seraient affectés dans le programme national « Ouvrages d'art » à destination des communes particulièrement démunies en terme de connaissance de l'état de leurs ouvrages et de procédure d'entretien (inventaire + diagnostic).

Le programme national « Ouvrages d'art », délégué par les ministères des transports et de la cohésion des territoires au CEREMA qui en est l'opérateur, sera mis à disposition gratuitement de l'ensemble des communes éligibles :

- 30 M€ pour le déploiement territorial du recensement et de l'évaluation des ouvrages ;
- 4 M€ pour financer un appel à projet sur les ponts connectés piloté par le CEREMA ;
- 6 M€ pour le CEREMA au titre de ses missions accomplies et des systèmes pilotés.

Un accord-cadre est en cours de mise en place par le CEREMA avec les bureaux d'études privés pour lancer le déploiement territorial du recensement et de l'évaluation des ouvrages communaux : visites de reconnaissance, visites approfondies pour un démarrage des prestations dès février 2021.

Concrètement la première partie de ce programme de 30 M€ piloté par le CEREMA consiste tout d'abord à créer et gérer un fichier national des ouvrages d'art (qui concernera tous les ouvrages des collectivités et de l'État). Dans ce fichier seront consignées les informations essentielles décrivant les ouvrages, leur état et leur suivi. Ce fichier « carnet de santé des ouvrages d'art » sera un document national de référence.

Pour ce faire, les données de ce fichier seront obtenues pour les 32 000 communes éligibles à l'ex-ATESAT par une démarche de recensement, d'inspection et de diagnostic financé par le plan de relance. Selon les estimations du CEREMA ces communes auraient un patrimoine de 79 500 ponts et 12 000 murs, dont près de la moitié serait déjà bien connu.

Cette démarche qui vise à établir le diagnostic de 12 000 ponts et 2 000 murs par an, pendant trois ans est la suivante :

- une première étape consiste à réaliser des visites de reconnaissance (un recensement et une visite d'évaluation rapide, soit une prestation intermédiaire entre les missions M11 et M12 du référentiel de l'IMGC) avec des intervenants qualifiés à raison de quatre à cinq ponts par jour ; elle a été chiffrée à 15 M€ sur 2 ans,
- la deuxième étape consistera en des inspections détaillées (missions M13) pour certaines parties d'ouvrages et pour des diagnostics matériaux, chiffrée à 10 M€,
- enfin 5 M€ sont réservés pour des diagnostics de génie civil (mission M14). On arrive ainsi aux 30 M€ pour le déploiement du recensement et des évaluations qui seront réalisés par des bureaux d'études (secteur privé).

Pour les autres 4 000 communes, le CEREMA estime qu'une mesure législative obligeant chaque collectivité gestionnaire d'un ouvrage d'art à le déclarer et à le qualifier dans un délai de trois ans permettrait de finaliser le recensement du patrimoine national de ponts et de murs. Une incitation financière pourrait être apportée par l'État via les financements DSIL/DTER.

La mission propose :

- un programme d'animation et de formation des collectivités territoriales,
- la mise en place et la diffusion de référentiels techniques accessibles et adaptés,
- l'organisation de l'animation des communautés techniques aux différentes échelles territoriales,
- la mise en place de cycles de formations adaptés aux différents acteurs (élus, personnels des collectivités, agents des bureaux d'études et des entreprises, etc...).

Enfin, pour les ouvrages dont le pré diagnostic aura montré une urgence d'intervention (nombre estimé à 150 par an), une intervention poussée du CEREMA et des bureaux d'études privés sera mise en place de façon à identifier, définir et chiffrer les travaux à réaliser.

Tableau 6 : Programme du plan de relance pour les collectivités locales (information CEREMA)

PROGRAMME SUR 3 ans	Estimation	Cout total sur 3ans	Dotation Cerema	Besoin financement
Base et animation nationale				
Mise en place du système d'information national (logiciel, hébergement)	1 M€	1 M€	50%	0,5 M€
Fonctionnement du SI national (hébergement, mises à jour, animation)	0,5 M€/an	1,5 M€	100%	0
Animation générale, formations, encadrement des B.Es privés, etc...	0,85 M€/an	2,5 M€	50%	1,25 M€
Visites systématiques des ouvrages				
Organisation des visites initiales (B.Es privés)	5 M€/an	15 M€		15 M€
Organisation des visites complémentaires (B.Es privés)	3,3M€/an	10 M€		10 M€
Analyse plus poussée ouvrages à problèmes				
AMO Cerema sur OA urgents (75 à 100 OA par an)	1,7M€/an	5 M€	50%	2,5 M€
Etudes spécialisées sur OA urgents (B.Es privés)	1,7M€/an	5 M€		5 M€
TOTAL		40 M€	5,75 M€	34,25 M€

3.3 L'offre des entreprises privées

3.3.1 Les bureaux d'études

L'association IMGC (Ingénierie de Maintenance du Génie Civil) regroupe 31 bureaux d'études spécialement dédiés à la maintenance. Ses adhérents ne représentent donc qu'une fraction des bureaux d'études regroupés au sein du SYNTEC et d'autres bureaux d'études –comme les bureaux vérificateurs regroupés dans COPREC -travaillent aussi sur des activités de maintenance des ouvrages.

Néanmoins ces bureaux d'études sont ceux dont le cœur d'activité correspond aux activités examinées par la mission, nous avons interrogé l'IMGC pour savoir si leur personnel serait en nombre suffisant pour répondre aux besoins de recensement, d'inspection et de diagnostic des ponts des petites communes.

Selon l'IMGC, les bureaux d'études membres représentent 1 400 salariés spécialisés en ingénierie de l'existant susceptibles d'intervenir pour les différentes missions M11 M12 M13 (45 % de l'effectif environ) + M14 (25 %) + M21 à M25 (15 %) + M31 à M33 (15 %). Ces estimations sont bien évidemment des ordres de grandeur.

Pour les 79 500 ponts des petites communes, les missions de recensement et de carnet de santé nécessiteraient la mobilisation d'environ 66 à 100 personnes par an si l'on décidait de les réaliser en trois ans. Ce sont essentiellement ces collaborateurs nouveaux qu'il faudrait recruter et former si les missions d'inspection actuellement en cours pour les autres gestionnaires (départements, concessions autoroutières) continuent d'être commandées au secteur privé. Il pourrait cependant être envisagé pour limiter le nombre de salariés des bureaux d'études sur le terrain de constituer des binômes avec du personnel communal, ce qui permettrait de sensibiliser les agents communaux à l'entretien des ouvrages d'art.

À partir des données du recensement, on pourrait envisager de lancer 6 600 visites simplifiées de ponts (1/4 des ouvrages nécessitent en effet une investigation de ce type) par an, ce qui mobiliserait environ 56 collaborateurs (ces visites seraient effectuées sans moyens d'accès particuliers et sans relevé sur plan des désordres).

Ces visites simplifiées permettraient ensuite de prioriser des missions d'inspections détaillées ou de diagnostics plus poussés pour environ 1 000 à 2 000 ponts mobilisant entre 80 et 150 collaborateurs par an. Ces prestations pourraient être conduites avec les personnels actuels des bureaux d'études.

In fine, on peut estimer que des études de réparation seront nécessaires pour 500 à 1 000 ponts. L'IMGC dispose d'un nombre suffisant de collaborateurs pour réaliser ces missions.

En résumé, il s'avère donc (Tableau 7) nécessaire de :

- réaliser le recensement (inventaire et carnet de santé) en trois ans,
- programmer en parallèle environ 6 600 visites simplifiées et non d'inspections détaillées par an afin de pouvoir disposer d'un personnel formé et qualifié apte à réaliser ces missions.

Il faudra néanmoins que ces bureaux d'études recrutent et forment des personnels mais de manière jugée raisonnable.

En revanche, les missions d'inspections détaillées, de diagnostic et d'études qui nécessitent un haut niveau d'expertise et découleront de la démarche d'évaluation devraient pouvoir être assumées et permettre d'enclencher les travaux de pérennisation du patrimoine.

Tableau 7 : Ressources nécessaires des bureaux d'études pour le plan de relance (volet communal)

	Ponts et murs concernés	Besoins	Ressources
Mission	79 500 ponts		
Recensement M11	Si 3 ans 26 500 ponts/an	66 à 100 personnes /an 850€/j 210 j/an 11,8 à 17,8M€/an	Embauche néces- saire
Visite d'évaluation M12	6 600 visites simplifiées de ponts/an	55 personnes par an 850€/j 210 j/an 9,8 M€/an	Effectifs <i>a priori</i> suffisants
Inspection détaillée M13 et Diagnostic génie ci- vil M14	1 000 à 2 000 ponts/an	80 à 150 personnes par an 850€/j 210 j/an 14,28 à 26,77M€/an	
Études de réparation M21 à M25	500 à 1000 ponts	À déterminer	

Ce programme indique des montants plus élevés que le plan de relance. Comme il a déjà été indiqué, ces montants pourraient être diminués si les recensements sont confiés pour partie à des agents publics (en binôme avec des personnels d'entreprises privées).

3.3.2 La certification OPQIBI des bureaux d'études

L'organisation professionnelle des qualifications en ingénierie pour bâtiments et infrastructures (OPQIBI) est l'organisme de qualification de l'ingénierie. Elle délivre des certificats de qualification pour des prestataires exerçant l'ingénierie dans différents domaines dont le bâtiment et les infrastructures. L'OPQIBI est accréditée par le COFRAC (comité français d'accréditation).

L'OPQIBI a défini des qualifications pour les bureaux d'étude spécialisés en ouvrage d'art depuis le 1^{er} janvier 2009.

Elles permettent au donneur d'ordre d'avoir une indication des compétences de l'entreprise dans ces domaines. Ce sont des qualifications d'entreprise et non des qualifications d'expert. En conséquence le départ d'un expert de l'entreprise ne lui fait pas perdre –immédiatement- le bénéfice de la qualification, et donc cela n'assure pas non plus au donneur d'ordre que toutes les compétences qui ont permis la qualification soient toujours présentes dans l'entreprise.

Les qualifications sont :

- Qualification 1820 : diagnostic détaillé des ouvrages ;
- Qualification 1110 : inspection détaillée des ouvrages d'art courant (nouvelle en 2020) ;
- Qualification 1111 : inspection détaillée des ouvrages d'art non courant (nouvelle en 2020).

La recherche sur le site de l'OPQIBI des entreprises ayant la qualification 1820 donne 34 sièges sociaux

et 262 agences. (*nota bene* : les deux autres qualifications étant très récentes, aucune entrée n'est encore donnée). Ceci est cohérent avec la trentaine d'entreprises adhérentes à l'IMGC et quelques grands groupes certificateurs.

Néanmoins aussi intéressante soit-elle la mission recommande de créer des qualifications individuelles d'expert et de spécialiste. Des contacts ont déjà été pris en ce sens entre la DGTIM et le COFRAC. À l'instar de la pratique britannique il faudrait *a minima* qu'il existe une qualification pour les personnes qui réalisent des inspections des ouvrages d'art.

Recommandation 7. (COFRAC ; MARRN) Créer une qualification individuelle pour les inspecteurs ouvrages d'art (techniciens et ingénieurs). Susciter l'offre de formation correspondante. Étendre au secteur public (État et collectivités locales) et obtenir la reconnaissance du comité de domaine ouvrage d'art. Puis créer une série de qualifications individuelles pour les autres métiers.

3.3.3 Les entreprises spécialisées dans la réparation des ouvrages d'art

Les entreprises qui ont des activités d'entretien, de réparation et de réhabilitation des structures de génie civil se sont fédérées dans le syndicat national des entrepreneurs spécialistes de travaux de réparation et de renforcement des structures (STRRES).

Le STRRES est adhérent à l'IDRRIM. Il participe à la veille et à la diffusion d'information.

C'est ainsi qu'il a publié un guide pour les entreprises sur la réparation des ouvrages d'art, (labellisé par l'IDRRIM). Il organise aussi des congrès.

Son président, Christian Tridon n'a pas fait état de manque de ressources pour faire face à une augmentation de la commande de réparation d'ouvrages.

4 La formation

4.1 La formation initiale

En France la maintenance et la réparation des ouvrages sont peu enseignées en formation initiale dans les écoles d'ingénieurs généralistes. Sont listés ci-dessous quelques cursus en formation initiale dans l'enseignement supérieur et quelques parcours spécialisés intéressants de type master spécialisé proposés aux élèves en sortie d'écoles d'ingénieurs. Les recommandations de la mission visent à les renforcer et accompagner la remise à niveau des compétences de la maîtrise d'ouvrage.

4.1.1 Formation initiale de type licence et master

À l'école nationale des travaux publics de l'État (ENTPE)²², les élèves peuvent choisir au cours de leur scolarité la voie d'approfondissement génie civil qui, en 3^{ème} année du cursus, traite dans le prolongement des cours relatifs à la conception d'ouvrages neufs de 2^{ème} année, de maintenance et réparation des structures (27 heures de cours et 34 de travail personnel). Ce cours est très apprécié des élèves (30 à 40 élèves sur une promotion de 200 élèves) car deux séances du cours se déroulent sur le terrain avec une visite et le contrôle d'un ouvrage pathologique en région lyonnaise.

La mission propose de renforcer cet enseignement en créant une voie d'approfondissement dédiée à la gestion patrimoniale des ouvrages d'art qui pourrait se dérouler dès la 2^{ème} année (cours de pathologie liée aux techniques de construction et au vieillissement des matériaux) puis en 3^{ème} année (cours sur les diagnostics et les méthodes de réparation) avec un travail personnel sur un cas particulier d'ouvrage pathologique.

Recommandation 8. Créer à l'ENTPE une voie d'approfondissement (VA) dédiée à la gestion patrimoniale des ouvrages d'art : en 2^e année, cours de pathologies sur les techniques de construction et le vieillissement des matériaux puis en 3^e année, cours sur les diagnostics et les méthodes de réparation, avec un travail de fin d'études (TFE) sur un cas concret d'ouvrage pathologique.

De nombreux professionnels ont indiqué à la mission le grand intérêt de deux formations dispensées à Egleteons (Corrèze), en lien avec la faculté des sciences et techniques et l'université de Limoges²³ :

- La licence professionnelle « Inspection des ouvrages d'art » qui forme depuis trois ans des inspecteurs d'ouvrages d'art : basée sur l'alternance et soutenue par l'IMGC, elle reçoit dix élèves par an actuellement. Ils trouvent facilement des débouchés chez SNCF Réseau, dans les bureaux d'études spécialisés ou encore au CEREMA. Néanmoins cette formation n'est pas encore très connue, alors qu'elle mériterait de l'être et pourrait accueillir 25 élèves (taille d'une salle de travaux dirigés). Les élèves arrivent avec un BTS ou un DUT²⁴ dans le domaine du génie civil et effectuent 13 mois de formation (27 semaines de cours et 29 en alternance en entreprise, avec un projet de diagnostic à la fin).

²² L'ENTPE forme des fonctionnaires dans le champ du MTE

²³ La transformation de l'université de Limoges en INSA Nouvelle Aquitaine risque, si elle se déroule à moyens constants, de déstabiliser ces formations uniques en France et très appréciées des professionnels du BTP

²⁴ Les DUT vont être transformés en BUT en trois ans post-bac à compter de la rentrée 2021

- Le master IMRO (inspection maintenance et réparation des ouvrages) avec deux options « Conduite de travaux » pour les étudiants se préparant à travailler dans des entreprises de réparation (STRESS) et « Bureau d'études » pour ceux souhaitant s'orienter vers les sociétés spécialisées dans l'inspection, le diagnostic et la maîtrise d'œuvre (IMGC).

La mission a noté une initiative intéressante de l'école nationale des techniciens de l'État (ENTE) à Aix-en-Provence qui accueille cette rentrée la deuxième promotion d'une licence en génie civil en alternance sur la maintenance et la gestion du patrimoine d'infrastructures. Les métiers visés sont :

- le gestionnaire d'infrastructures : connaissance du patrimoine, inspection, stratégies et méthodes de gestion,
- le *continuum* inspection/diagnostic/réparation sur les routes et les ouvrages d'art.

Cette formation pourrait être proposée aux techniciens des collectivités pour les qualifications de chargé de gestion ouvrages d'art et d'inspecteur ouvrages d'art (voir 1.4) en formation de prise de poste.

Recommandation 9. (ENTE) : Créer à l'ENTE une formation professionnelle pour les qualifications de chargé de gestion ouvrages d'art et inspecteur ouvrages d'art dans les collectivités.

La mission a aussi répertorié un parcours intéressant : le master 2 Génie civil à l'école nationale d'ingénieurs de Saint-Étienne (ENISE-ECL) en lien avec l'université de Lyon 1 et l'ENTPE qui traite de la pathologie et des réparations d'ouvrages d'art. Il y a également plusieurs formations en génie civil au sein de l'université Gustave Eiffel à Marne la Vallée en niveaux master, licence et BTS. Ces formations sont tournées vers la conception, les risques et les principes généraux de cycle de vie ou de résilience ; elles ne sont pas des formations spécifiques sur la maintenance et la réparation d'ouvrages.

À l'école nationale des ponts et chaussées (ENPC), il n'existe pas de formation initiale évoquant la maintenance des ouvrages d'art ; la conception des ponts est enseignée sans aucun lien avec l'entretien ou la pathologie dans la filière Génie civil Construction (80 élèves sur 300 par promotion) et suivie par environ 30 élèves qui font un projet de fin d'études relatif aux ouvrages d'art.

Cette formation très appréciée par les élèves étrangers n'est quasiment pas suivie par les ingénieurs des ponts, des eaux et des forêts (IPEF). La mission propose que les élèves ingénieurs suivent dans ce mastère spécialisé quelques cours sur la gestion patrimoniale des ouvrages d'art pour se familiariser *a minima* avec cette problématique.

Recommandation 10. (ENPC) : Ajouter dans la formation initiale technique des IPEF à l'ENPC une séquence d'ouverture aux questions de gestion patrimoniale des infrastructures dont les ouvrages d'art.

Le sujet de la maintenance des ponts a été également identifié par l'école spéciale des travaux publics (ESTP), école privée qui prévoit de proposer un nouveau cours en formation initiale sur ce thème et propose depuis la rentrée scolaire 2020, trois stages de formation continue sur la gestion des patrimoines ouvrages d'art à destination des collectivités locales et des bureaux d'études techniques.

4.1.2 Formations de spécialisation

Le centre des hautes études de la construction (CHEC), école privée de spécialisation pour les ingénieurs (à leur sortie d'écoles donc constituant une sixième et demie année d'études ou après quelques années d'exercice professionnel) propose sur 18 mois (deux semestres de cours et un semestre de stage), une option sur le diagnostic, la maintenance et la réhabilitation des ouvrages d'art (CHEMER) suivie par près du tiers de la promotion et enseignée par les professionnels du BTP en alternant formation théorique et études de cas concrets.

Les élèves sont parfois embauchés par des maîtres d'ouvrages (SNCF Réseau, VNF) mais surtout par les bureaux d'études ou de contrôle, ou les entreprises de BTP.

Ce centre n'est pas organisé pour faire de la formation continue par périodes de courte durée mais cette formation, qui coûte 8 000 € pourrait être utile à des ingénieurs entrant dans la maîtrise d'ouvrage (État et collectivités) en formation de prise de poste.

Recommandation 11. (DGITM-CNFPT) : Proposer à cinq jeunes ingénieurs entrant dans la maîtrise d'ouvrage (État et collectivités) une formation de prise de poste de 18 mois sur la maintenance et la réhabilitation des ouvrages d'art (CHEMER) au centre des hautes études de la construction (CHEC).

À l'ENPC, le mastère spécialisé Génie civil européen traite de conception générale et de dimensionnement des structures mais aussi de durabilité des matériaux, de maintenance et sécurité des ouvrages de génie civil. Il est suivi par une vingtaine d'élèves français et étrangers. Nous proposons de renforcer ce module en créant un mastère spécialisé Maintenance et réparation des ouvrages à l'ENPC qui couvre les pathologies des ponts construits en divers matériaux (incluant le béton, la maçonnerie et le métal), les fondations et les méthodes de réparation.

Recommandation 12. (ENPC) : Créer un mastère spécialisé « Génie civil, maintenance et réparation des ouvrages d'art » à l'ENPC.

Une autre école de spécialisation, l'institut supérieur du bâtiment et des travaux publics (ISBA TP) de Marseille soutenu par la CCI de Marseille propose des spécialisations génie civil dans le domaine de l'interaction sol/structure ou tournées vers le génie parasismique mais pas la gestion patrimoniale des ouvrages d'art.

L'école supérieure d'ingénieurs des travaux de la construction (ESITC) de Caen a créé avec l'ENSI de Caen, experte dans le domaine de l'intelligence artificielle et de l'ingénierie des capteurs, un mastère spécialisé d'experts en smart construction, ouvrages et territoires connectés, en lien avec l'Ifsttar (intégré dans l'université Gustave Eiffel au 1/1/2020).

Cette formation, accréditée par la conférence des grandes écoles depuis 2018 et la seule de ce type en France, vient juste de démarrer en septembre 2020 avec quelques candidats et va former des ingénieurs capables de produire une nouvelle génération de bâtiments, ouvrages d'art, digues intégrant les technologies du *Building Information Modeling* (BIM) ou de l'intelligence artificielle (IA) pour garantir : confort accru, réductions des consommations d'énergie, maintenance préventive et prédictive, maîtrise des interventions pour panne et usure, augmentation de la qualité de service.

4.2 La formation continue

L'organisme de référence pour les formations continues de maintenance et de réparation d'ouvrages d'art est « Ponts Formation Conseil » mais ses formations sont jugées onéreuses. Les collectivités locales bénéficient des formations subventionnées du CNFPT mais celles-ci ne satisfont pas ou peu leurs besoins dans ce domaine de la gestion des ouvrages d'art, surtout pour les formations les plus poussées. Certaines collectivités ont organisé elles-mêmes les formations dont elles avaient besoin.

4.2.1 Ponts Formation Conseil

Ponts Formation Conseil est une société anonyme, filiale de l'école des Ponts ParisTech et de Ponts Alumni, association des anciens des Ponts. Son activité principale est la formation continue, dans les domaines d'excellence de l'école nationale des ponts et chaussées. Elle est aujourd'hui la première formation continue des écoles d'ingénieurs en France. Elle assure des formations en inter-entreprise et en intra-entreprise.

Elle a pour clients les services de l'État (services déconcentrés, DIR et DREAL essentiellement), les différentes collectivités, et différents maîtres d'ouvrage (sociétés d'autoroute, mais aussi les ports, la RATP, VNF, Canal de Provence). Des personnels de bureaux d'études ou de bureaux de contrôle suivent aussi ses formations.

La formation aux ouvrages d'art est organisée en quatre cycles (cf. [Annexe 14](#). Programme de formation Ouvrages d'art de PFC) :

- la conception et la réalisation pour les ouvrages neufs,
- la maintenance : les inspections,
- la maintenance : l'entretien et la réparation,
- les équipements des ouvrages d'art (réparations).

Le cycle sur les inspections des ouvrages d'art²⁵ est composé de huit modules qui peuvent être suivis indépendamment et qui sont programmés à des périodicités différentes en fonction de la demande. Les principaux modules sont les suivants :

- Module 1 : inspection des ouvrages d'art (correspondant à l'inspection détaillée des ouvrages courants) : réalisé deux fois par an, il dure six jours. Il est aussi donné en intra-entreprise, environ deux fois par an. C'est un public de techniciens supérieurs. Dans le cas des agents du CEREMA, les résultats du Q.C.M. de la fin du module servent à leur classification interne.
- Module 2 : pré-diagnostic réalisé chaque année.

Dans ce cycle, les autres modules concernent l'inspection d'ouvrages spécifiques et ont lieu une fois par an sauf certains comme « béton précontraint » qui ont lieu tous les deux ans.

Dans le cycle sur l'entretien et la réparation, d'autres modules proposés concernent « la maîtrise d'œuvre de réparation et renforcement des ouvrages d'art », les « ponts en maçonnerie », « l'entretien et la réparation du béton », la « conduite de projets de réparation d'ouvrages d'art ».

²⁵ Son coordonnateur est Bruno Godart (UGE)

PFC assure aussi des cycles pour ADtech: modules généraux –module management RH pour les directeurs des routes ou infrastructures des départements.

Elle cherche à s'adapter à la demande : elle constate que le cycle « ponts en maçonnerie » rencontre son public. La demande se situe sur la réparation : une formation pour la reprise de calcul d'ouvrages est envisagée car c'est un sujet pour lequel peu de choses existent. La robustesse de structures et la résilience à des événements exceptionnels sont d'autres thèmes à aborder.

PFC sait que ces formations sont estimées chères par de nombreux organismes, en particulier publics. Elle envisage, pour y remédier, de les réaliser en partie à distance et en partie en présentiel («blended» mélangées), s'appuyant pour cela sur l'expérience de l'année 2020 pour certains modules.

L'augmentation du coût des intervenants du CEREMA est une menace pour son équilibre.

Tous les interlocuteurs constatent que les formations de PFC sont du meilleur niveau et qu'il serait souhaitable que leurs personnels puissent les suivre. Pour beaucoup de maîtres d'ouvrage (y compris ceux de l'État) le frein principal est financier.

Une subvention pour charges de service – par l'intermédiaire de l'ENPC permettrait à PFC de proposer des formations à un prix plus attractif aux agents des collectivités au moins pour les modules de base d'inspection des ouvrages et de pré-diagnostic. Ces crédits, de l'ordre de 200 k€/an soit 1M€ sur cinq ans), n'ont pas été intégrés dans les dépenses du plan de relance, où ils auraient cependant leur place naturelle : un abondement de ces crédits serait donc utile.

Recommandation 13. *(Par abondement des crédits du plan de relance) : Subventionner à titre dérogatoire et temporaire les formations de PFC pour la maintenance et l'entretien des ouvrages pour permettre aux collectivités et aux services de l'État d'y envoyer plus d'agents (1M€ en cinq ans).*

4.2.2 Le CNFPT

Le CNFPT est un établissement public paritaire déconcentré. Il a pour mission d'organiser des formations pour les agents territoriaux mais aussi de la veille et de leur fournir des ressources pédagogiques. Établissement déconcentré, il s'appuie sur 29 délégations et 12 inter-délégations qui dialoguent avec les territoires et mettent en œuvre les formations.

En outre, c'est au travers d'un réseau d'instituts qu'est assurée la formation des cadres territoriaux : quatre Inset (instituts nationaux spécialisés d'études territoriales) situés à Angers, Dunkerque, Montpellier et Nancy et l'INET (institut national des études territoriales) à Strasbourg dédié aux cadres supérieurs. Les instituts accueillent les formations initiales des cadres de la fonction publique territoriale. Chacun est spécialisé dans un grand champ de l'action publique locale.

Le CNFPT qui a des moyens financiers pour organiser des formations a pris conscience de la nécessité d'aller vers le sujet de l'entretien et de la réparation des ouvrages d'art après le rapport du Sénat. Pour autant, en ce qui concerne les formations ouvrages d'art son activité sur ce sujet est restée encore assez faible.

Le CNFPT a fait un recensement pour nous de l'activité de l'ensemble de ses délégations et instituts dans le domaine des ouvrages d'art : ces formations concernent des domaines de la surveillance des ouvrages, de l'entretien courant, parfois de la maçonnerie, de l'hydraulique voire de la maîtrise d'œuvre (Tableau 8 : Nombre total de formations données par le réseau du CNFPT dans le domaine des ouvrages d'art Tableau 8).

Tableau 8 : Nombre total de formations données par le réseau du CNFPT dans le domaine des ouvrages d'art

2017		2018		2019		Total Nombre de ces- sions sur 3 ans	Total Somme de Jours de formation sur 3 ans
Nombre de ces- sions	Somme de Jours de for- mation	Nombre de ces- sions	Somme de jours de for- mation	Nombre de ces- sions	Somme de jours de for- mation		
42	67,5	40	78	43	78,5	125	224

Les collectivités rencontrées nous ont indiqué que dans l'ensemble, ces formations ne rencontrent pas leurs besoins, surtout lorsque ceux-ci sont très techniques.

4.2.3 Un exemple de formation inter-collectivité du nord de la France

Plusieurs collectivités²⁶ du nord de la France ont pris l'initiative en 2017 de passer entre elles une convention de groupement de commandes afin de mettre en place une formation pour l'entretien des ouvrages d'art pour leurs agents.

C'est le CEREMA qui en a été le prestataire. Cette formation a été montée hors du circuit du CNFPT²⁷. Elle a été suivie par 15 agents pour un coût de 7000 € par personne. Elle a donné lieu à 35 jours de formation sur Lille (frais de déplacement et de salles plus faibles que sur Paris) sur deux ans, complétés par une soutenance sur un projet individuel (Tableau 9 :).

²⁶ Départements des Ardennes, de l'Oise, du Nord, du Pas-de-Calais ; la communauté urbaine de Dunkerque et la métropole européenne de Lille

²⁷ Un premier appel d'offres avait été passé avec le CNFPT mais devant le coût celui-ci a renoncé à assurer le financement

Tableau 9 : Module de la formation intra-groupement de collectivités dans le Nord de la France

THEMES	MODULES	SEQUENCES	DUREE	max
GESTION ET SURVEILLANCE DU PATRIMOINE OA	MODULE 1	GESTION ET SURVEILLANCE DU PATRIMOINE	2	2
ENTRETIEN ET REPARATION DU PATRIMOINE OA	MODULE 2	CONDUITE D'UN PROJET DE REPARATION EVALUATION DES OUVRAGES EXISTANTS	1,5	2,5
	MODULE 3	ENTRETIEN DES OUVRAGES EN BETON REPARATION DES OUVRAGES EN BETON PRECONTRAIT	2,5	3
	MODULE 4	ENTRETIEN ET REPARATION DES OA METALLIQUES PROTECTION ANTICORROSION	2,5	3
	MODULE 5	ENTRETIEN ET REPARATION DES OA EN MACONNERIE ELARGISSEMENT DES OUVRAGES	2	2
FONCTIONNEMENT ET CALCUL DES OUVRAGES CONCEPTION	MODULE 6	FONCTIONNEMENT DES STRUCTURES MATERIAU BETON	2,5	3,5
	MODULE 7	CALCUL DES STRUCTURES BETON ARME ET BETON PRECONTRAIT	2,5	3
	MODULE 8	EUROCODES 0, 1 et 2	2	2
	MODULE 9	EUROCODES 3, 4 et 8 – NOTE D'HYPOTHESES – PROGRAMMES DE CALCULS DES OA COURANTS	2	2
	MODULE 10	CONVOIS EXCEPTIONNELS – CONCEPTION GENERALE – INNOVATION –	2	2
EQUIPEMENTS ET APPAREILS D'APPUI	MODULE 11	JOINTS DE CHAUSSEE – APPAREILS D'APPUI	2	2
	MODULE 12	DISPOSITIFS DE RETENUE – ETANCHEITE	2	2
CONTROLE EXTERIEUR DES TRAVAUX SUR OA	MODULE 13	CONTROLE EXTERIEUR DES TRAVAUX OA BETON ET METALLIQUES	2	2
GEOTECHNIQUE, FONDATIONS ET SOUTÈNEMENTS	MODULE 14	GENERALITES – PATHOLOGIE – MICROPIEUX ET TIRANTS CONTROLES	3	3
	MODULE 15	CALCUL DES FONDATIONS ET DES SOUTÈNEMENTS	3	3
			33,5	37

C'était une formation de perfectionnement qui s'adressait à un public travaillant dans les services ouvrages d'art et ayant déjà des bases.

Cette expérience est jugée très favorablement par ses auteurs ; le seul point faible a été les mémoires techniques : certains agents ont changé d'affectation, d'autres n'ont pas eu la disponibilité pour aller au bout de la soutenance dans le délai imparti.

La mission estime que cette expérimentation devrait être étendue à d'autres régions. Pour ne pas faire supporter toute la charge aux collectivités (et le risque de former des agents qui partiraient après la formation), le CNFPT devrait prendre en charge en partie ou en totalité son coût.

Enfin cette formation devrait être diplômante, pour motiver les personnels à faire les efforts nécessaires.

Recommandation 14. (CNFPT, CEREMA) Étendre progressivement la formation particulière organisée dans le Nord en Région. La faire prendre en compte dans le catalogue du CNFPT pour en baisser le coût et simplifier l'aspect administratif. Rendre la formation diplômante.

4.3 La formation pour les décideurs

Le rôle stratégique des ponts pour les territoires et les conséquences d'une rupture d'un ouvrage d'art tant humaines qu'économiques font que le maintien en bon état des ouvrages ne doit pas être envisagé que sous le seul aspect technique. En particulier les décideurs, et en premier lieu les élus en charge de voirie doivent connaître leurs responsabilités juridiques. Ils doivent aussi savoir mettre en œuvre une politique de maintien des ouvrages et connaître les leviers dont ils disposent pour y parvenir (aides financières et techniques).

La mission propose qu'une sensibilisation des élus soit organisée avec l'aide du CEREMA en s'appuyant sur l'AMF, plus précisément sur son association « Mairie 2000 » dont la mission est de développer l'information et la formation des élus locaux par la mise en place d'actions pédagogiques (séminaires, webinaires) déclinées au niveau des associations départementales de maires. Il est nécessaire de

prévoir un *sponsoring* de cette structure pour organiser une telle formation relayée largement sur le territoire.

Recommandation 15. (CEREMA) : Sensibiliser les élus locaux au recensement et à l'entretien de leur patrimoine OA et à la connaissance des outils disponibles (guides, logiciels, SIG ...) en s'appuyant sur l'AMF - plus précisément sur son association Mairie 2000 dont la mission est de développer l'information et la formation des élus locaux par la mise en place d'actions pédagogiques (séminaires, webinaires) relayées largement au niveau des associations départementales de maires.

4.4 Le rôle de veille et d'innovation

La veille s'articule principalement autour de trois axes : la publication de documentations de référence adaptées aux besoins des différents intervenants, des journées de partage d'information et d'échanges et de façon plus ponctuelle des colloques ou des interventions dans des colloques.

Le CEREMA publie sur son site la documentation officielle relative à l'entretien et la maintenance des ouvrages d'art ainsi que des guides adaptés. L'IDRRIM est aussi une source importante de publications mises à disposition sur son site, élaborées dans ses commissions avec le plus souvent une contribution importante du CEREMA et aussi d'associations professionnelles.

D'autres sources d'information sont les associations professionnelles IMGC, STRRES. Le syndicat national des entrepreneurs spécialistes de travaux de réparation et de renforcement des structures, membre de la fédération nationale des travaux publics (FNTP) édite une collection de guides techniques de réparation et renforcement de structures traitant des fondations, des équipements de ponts et de différents types de ponts (béton, métal et maçonnerie) qui sont régulièrement remis à jour en fonction de l'évolution des techniques et de la normalisation. Nous pouvons aussi citer les carnets d'entretien des ouvrages de génie civil édités conjointement par le STRRES et l'IMGC comme par exemple « Monsieur le Maire, que faites-vous pour la maintenance de vos ouvrages ».

Le CNFPT (INSET de Montpellier) a fait un dossier sur les ouvrages d'art dans les collectivités (voir [Annexe 15](#). Bibliographie une sélection de documents et une liste de sites intéressants).

Le dispositif de veille technique est basé sur les conférences techniques interdépartementales sur les transports et l'aménagement (Cotita) qui ont été mises en place par l'État et l'association des départements de France (ADF) dans le cadre de la loi relative aux libertés et responsabilités locales du 13 août 2004. Elles sont ouvertes aux collectivités territoriales qui souhaitent y participer. Elles visent à développer une communauté technique publique locale et réunissent des personnels techniques locaux de l'État (DIR) et des collectivités (départements, métropoles, communes) et à faire émerger leurs besoins.

Il existe huit Cotita en France, une sur chaque zone d'action des directions territoriales du CEREMA. Elles sont co-présidées par un membre de l'association des directeurs de services techniques départementaux (ADSTD) et le directeur de la direction territoriale du CEREMA concernée.

Elles développent sur des domaines variés des actions d'animation et de partage de connaissances : journées techniques, clubs, forums. En particulier, toutes les Cotita ont un club ouvrages d'art qui se réunit au moins une fois par an.

En plus des journées organisées par les Cotita des colloques plus importants sont organisés sur le sujet des ouvrages d'art.

Le congrès annuel de l'IDRRIM aborde la question de l'entretien et de la maintenance des ouvrages depuis quelques années. Par ailleurs, l'association Le Pont organise chaque année à l'automne depuis plus de vingt ans en lien avec le STRRES, l'AFGC et l'IMGC un colloque sur la maintenance (plutôt sur les travaux de réparation) des ouvrages d'art à Toulouse qui dure au moins deux jours sur des thèmes techniques d'actualité. Le dernier programmé qui aurait dû avoir lieu en octobre 2020 et a été reporté en raison de la crise sanitaire en 2021, avait pour thème « le changement climatique et les ouvrages du génie civil ». Il devait associer, comme les précédents, des intervenants internationaux et réunir comme généralement environ 400 participants et des industriels autour de stands. Les thèmes de ces congrès sont les pathologies, les techniques d'entretien et de réparation et détaillent des réalisations concrètes de réparation d'ouvrages ainsi que des innovations et des expérimentations.

La fédération de l'industrie européenne de la construction (FIEC), dont la fédération nationale des travaux publics (FNTP), et donc le STRRES, sont membres, avait prévu d'organiser un symposium international sur la sécurité des ponts en Europe les 10 et 11 juin 2020 au palais de l'Europe (siège du Conseil de l'Europe) à Strasbourg regroupant maîtres d'ouvrage et d'œuvre, experts, ingénieurs, fabricants, industriels, architectes, chercheurs et universitaires. Cette manifestation qui n'a pas pu se dérouler à cause de la crise sanitaire est reportée en 2021.

Remerciements

La mission a pu bénéficier de l'aide de l'IDRRIM qui a mis à sa disposition sa documentation, l'a invitée à participer à deux de ses comités opérationnels et a facilité ses contacts pour des entretiens.

La mission a pu compter aussi sur l'aide du CEREMA qui a fourni une documentation nombreuse et de qualité, y compris des documents de travail non encore publiés.

Il faut noter que la mission a aussi reçu un excellent accueil des différentes grandes écoles, universités ou organismes de formation contactés qui ont fourni leur descriptif de formation en génie civil et leurs objectifs de développement.

La mission y ajoute enfin un salut amical à notre collègue du CGEDD Rouchdy Kbaier qui nous a apporté son aide juridique précieuse.

Elle exprime à tous ses remerciements chaleureux.

Anne Bernard-Gély



**Ingénieure générale
des ponts, des eaux
et des forêts**

Frédéric Ricard



**Ingénieur général
des ponts, des eaux
et des forêts**

Annexes

Annexe 1. Lettre de mission

CGEDD n° 013011-01



MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE

16 OCT. 2019

Paris, le

La ministre de la cohésion des territoires et des relations avec les collectivités locales

La ministre de la Transition écologique et solidaire

Le secrétaire d'État chargé des Transports auprès de la Ministre de la Transition écologique et solidaire

à

Madame la Vice-Présidente du Conseil général de l'Environnement et du Développement durable

Référence : 013015835

Objet : Projet de commande sur le développement des capacités de réalisation de la restauration des ouvrages d'art routiers

Confirmant les éléments identifiés lors de la revue des dépenses des collectivités locales en matière de voirie conduite par le CGEDD, l'IGA et l'IGF en 2017, et les rapports spécifiques sur l'état du patrimoine routier national, le récent rapport de la mission d'information sénatoriale sur la sécurité des ponts propose des mesures fortes pour que les collectivités locales, avec l'appui de l'État, développent « un véritable plan Marshall pour les ponts ». La loi d'orientation des mobilités, dans son volet de programmation, a également mis l'accent sur la nécessaire restauration et adaptation du réseau aux nouveaux besoins du patrimoine existant.

Une montée en puissance des capacités de rénovation des ponts, murs et talus routiers est donc nécessaire.

Elle suppose la pérennisation et le renforcement des capacités de surveillance, de diagnostic des pathologies des ouvrages, ainsi que des mesures conservatoires et de réparation, qui requièrent des compétences spécifiques.

Cette montée en puissance nécessite la mobilisation de l'ensemble des acteurs : les maîtres d'ouvrages publics, leurs opérateurs gestionnaires d'infrastructures, les organismes de recherche, de développement et d'appui (réseau technique : CEREMA, IFSTAR, ENPC, laboratoires universitaires), les ingénieries privées et les entreprises, mais aussi en amont l'ensemble de la chaîne de formation, à tous niveaux (techniciens, ingénieurs et experts).

Afin de disposer des capacités d'ingénierie adaptées aux besoins d'évolution du réseau d'ouvrages d'art routiers, nous souhaitons que le CGEDD conduise une mission qui permette :

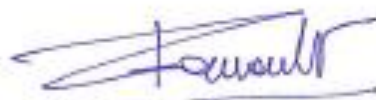
en

Ministère de la Transition Écologique et Solidaire – 240, boulevard Saint-Germain – 75007 Paris – Tél : 33 (0)1 40 81 73 22
www.ecologie-solidaire.gouv.fr

- D'identifier les expériences étrangères analogues susceptibles d'apporter des enseignements intéressants ;
- De cartographier, si nécessaire en procédant par une enquête détaillée auprès des acteurs, les capacités techniques existantes et leur évolution dans les prochaines années, du fait notamment des départs en retraite de nombreux agents des gestionnaires publics concernés ;
- D'identifier les freins organisationnels à la mobilisation et au maintien des compétences requises, le cas échéant ;
- D'estimer les besoins subséquents de telles capacités, dans l'immédiat, d'ici cinq ans et dix ans ;
- De déduire les écarts vraisemblables susceptibles d'entraver le développement de ces capacités de surveillance, de diagnostic et de travaux ;
- De proposer les plans de formation et de recrutement adaptés pour répondre à ces besoins, en chiffrant les moyens nécessaires.

Cette mission sera conduite en étroite liaison avec l'IDRRIM (Institut des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité) et son Observatoire national de la Route, les associations des collectivités territoriales concernées, la fédération nationale des travaux publics et le syndicat national des entrepreneurs spécialistes de travaux de réparation et renforcement des structures (Strres), le réseau technique de l'Etat et l'agence nationale de la cohésion des territoires, les universités et les acteurs publics et privés du système de formation concerné. Elle s'appuiera sur les moyens de la DGITM et de la direction technique infrastructures de transports et matériaux du CEREMA.

Vous veillerez à nous remettre vos conclusions sous neuf mois.



Jacqueline GOURAULT

Elisabeth BORNE

Jean-Baptiste DJEBBARI




Annexe 2. Liste des personnes rencontrées

Nom	Prénom	Organisme	Fonction	Date de rencontre
AGGERI	Gaëlle	Entre national de la fonction publique territoriale (CNFPT) / INSET de Montpellier	Responsable du service des pôles de compétences « techniques et environnement » au CNFPT	14/01/2020
BAGIEU	Marie	École supérieure d'ingénieurs des travaux de la construction de Caen (ESITC)	Directeur des études	29/05/2020
BANANT	David	ATMB Direction du développement, de l'ingénierie et de l'innovation	Chargé ouvrages d'art	05/05/2020
BAYLE	Adrien	Cabinet de la ministre de la cohésion des territoires et des relations avec les collectivités territoriales	Conseiller finances locales	13/11/2019
BERTEAUD	Pascal	Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (CEREMA)	Directeur général	10/02/2020
BINET	Christian	Personnes qualifiées	Retraité Ancien Inspecteur général ouvrages d'art	25/02/2020
BLANCHET	Olivier	ADTech	Membre du bureau de l'ADTech, directeur général adjoint du département des Pyrénées-Atlantiques	05/02/2020
BONNIÈRE	Sophie	ADTech	Membre du	05/02/2020

Nom	Prénom	Organisme	Fonction	Date de rencontre
			bureau de l'ADTech, directrice générale adjointe du département de la Mayenne	
BOSSIER	Lionel	ADTech	Membre du bureau de l'ADTech et directeur général adjoint du département de l'Oise en charge des infrastructures et des mobilités	05/02/2020
BOUCHET	Christine	CGEDD	Ingénieur général ressources humaines	06/03/2020
BOUTIN	Christophe	Association des sociétés française d'autoroutes (ASFA)	Directeur général	05/05/2020
BRAZILLIER	Didier	Association française du génie civil	Secrétaire général	20/01/2020
BRÜHWILER	Eugen	École polytechnique fédérale de Lausanne (Suisse)	Professeur de génie civil	08/10/2020
BUCHS	Patrick	Canton de Fribourg (Suisse)	Chef de secteur service des ponts et chaussées de l'État de Fribourg	08/10/2020
CARPENTIER	Guillaume	ESITC	Directeur des relations internationales	29/05/2020
CASTAGNÉ	Bruno	FNTF	Président	18/06/2020
CASTIGLIONI	Matteo	ANAS (Italie)	Directeur d'opération et de coordination territorial	17/11/2020
CASTRES-SAINT-MARTIN	Julien	SANEF	Directeur délégué patrimoine	05/05/2020

Nom	Prénom	Organisme	Fonction	Date de rencontre
CAYRET	Thierry	Conseil départemental du Gers ADtech	DGA Vice-président Adtech	25/06/2020
CHAIZE	Patrick	Sénat	Sénateur Rapporteur de la mission du Sénat d'information sur la sécurité des ponts	17/12/2019
CHAUFFOUR	Etienne	France urbaine	Directeur Île-de-France En charge de l'éducation, des solidarités et des mobilités	03/03/2020
COLLIARD	Damien	Châtel-Saint-Denis	Syndic (maire) de Châtel-Saint-Denis	08/10/2020
CORFDIR	Pierre	CEREMA	Chef du centre des techniques d'ouvrages d'art du Cerema ITM	19/11/2019
COSTE	Jean-François	Société des ingénieurs et scientifiques de France (IESF)	Membre du Comité génie civil et Bâtiment	21/01/2020
CREPIN	Olivier	Association des communautés de France	Conseiller économie, mobilités	16/01/2020
CUNY	Joël	ESTP	Directeur général par intérim	14/09/2020
DABADIE	Julien	Sénat	Administrateur, Commission de l'aménagement du territoire et du développement durable	17/12/2019
DACHY	Bruno	Voies navigables de France	DIEE	04/06/2020
DATRY	Jean-Bernard	Association française du génie civil	Vice président de l'AFGC	20/01/2020

Nom	Prénom	Organisme	Fonction	Date de rencontre
DÉLESTREZ	Ludovic	ADTech	Membre du bureau de l'ADTech DGA de la métropole de Lille en charge de la voirie et des espaces publics	05/02/2020 19/10/2020
DEPAEPE	Frédéric	VINCI Autoroutes	Directeur technique de l'infrastructure	05/05/2020
DESCHRYVER	Laurent	Ponts formation conseil (PFC)	Directeur du service Génie civil	09/09/2020
DUMÉZ	Pascale	Association ingénierie de maintenance du génie civil	Présidente	29/05/2020
DURVILLE	Jean-Louis	IESF	Président du comité génie civil et Bâtiment	21/01/2020
ETCHEGARAY	Michel	SNCF Réseau Direction techniques réseau	Directeur général	20/05/2020
GADEN	Faustin	Direction générale des collectivités locales	Chef du bureau des concours financiers de l'État	07/05/2020
GIGUET	Philippe	APRR	Directeur infrastructure patrimoine environnement	05/05/2020
GILLES	Pierre	Service public de Wallonie Mobilités et Infrastructures Département expertises structures et géotechnique (Belgique)	Inspecteur général, mobilité infrastructure	03/02/2020
GODART	Bruno	Association française du génie civil Université Gustave Eiffel	Président de l'AFGC Expert international	20/01/2020
HALLAG	Khedija	ESTP	Responsable du département travaux publics	14/09/2020

Nom	Prénom	Organisme	Fonction	Date de rencontre
HEINRICH	Stéphane	INSET	Directeur adjoint, en charge de la formation à l'INSET de Montpellier	14/01/20
HERBOURG	Anne-Marie	Association des directeurs techniques des métropoles, de départements et des régions (ADTech)	Présidente de l'ADTech et DGA patrimoine et aménagement des territoires (CD Moselle)	05/05/2020
HERMEL	Kristel	Université Gustave Eiffel		05/05/2020
HERSCU	Philippe	Association des départements de France	Directeur délégué	04/02/2020
HIREL	Tristan	IDRRIM	Chargé de projet Observatoire national de la Route (ONR)	22/11/2019
HOUEL	Adrien	Direction général des infrastructures, des transports et de la mer (DGITM)	Chargé du domaine ouvrages d'art GCA/GCA3	17/03/2020
HULOT	Vincent	ADTech	Membre du bureau de l'ADTech et directeur général délégué au développement e l'agglomération du Grand Reims	05/02/2020
HUMBERT	Evelyne	Personnalités qualifiées	Retraitée ancienne IGOA du CGEDD et rédactrice du guide ITSOA	27/01/2020
JACOB	Bernard	UGE	Expert international	09/11/2020
JACQUOT	Hélène	Université Gustave Eiffel	Présidente de l'université par intérim	05/05/2020
JOINDOT	Thomas	SNCF Réseau Direction techniques réseau	Directeur technique	10/20/2020

Nom	Prénom	Organisme	Fonction	Date de rencontre
KBAIER	Rouchdy	Conseil général de l'environnement et du développement durable (CGEDD)	Membre du CGEDD	06/03/2020
KLICH	Hélène	Direction générale des infrastructures des transports et de la mer Direction des infrastructures de transports	Chef du bureau du patrimoine	23/03/20
KOVARIK	Jean-Bernard	Université Gustave Eiffel	Vice-président Chargé de l'appui aux politiques publiques	05/05/2020
KRATTINGER	Yves	Institut des routes, des rues et des infrastructures pour la mobilités (IDRRIM)	Président	30/09/2020
KRÜGER	Jürgen	Institut fédéral de recherche sur les autoroutes (BAST) (Allemagne)	Directeur et professeur, chef de la division technologie des ponts et des structures,	18/02/2020
LAJARGE	Éric	CEREMA	Directeur délégué à la stratégie	22/01/2020
LASEK	Valérie	Agence nationale de la cohésion des territoires	Directrice générale adjointe à l'appui opérationnel et stratégique	22/01/2020
LE BRETON	Yves	Agence nationale de la cohésion des territoires	Directeur général	22/01/2020
LE GUERN	Éric	Direction générale des infrastructures des transports et de la mer Direction des infrastructures de transports	Chef de la mission d'appui du réseau routier national	16/01/2020
LEGAIN	Daniel	Conseil départemental de Côte d'Or	Chef du service ouvrages d'art	03/03/2020
LETROUIT	Vincent	Commissariat général	Chef du bureau	17/01/2020

Nom	Prénom	Organisme	Fonction	Date de rencontre
		du développement durable (CGDD)	de la reconnaissance des compétences scientifiques et techniques de la direction de la recherche et de l'innovation	
LOINTIER	Emmanuelle	Association des ingénieurs territoriaux de France (AITF)	Présidente	03/03/2020
MALAGIÉ	Thomas	ASFA	Adjoint au directeur général	05/05/2020
MAUREY	Hervé	Sénat	Sénateur Président de la mission du Sénat d'information sur la sécurité des ponts	17/12/2020
MEYER	Laurent	Office fédéral des routes OFROU, division infrastructure routière ouest, gestion patrimoine central (Suisse)	Spécialiste d'Ouvrages d'art et tunnel,	12/03/2020
MILESI	Nicolas	SNCF Réseau Direction techniques réseau	Directeur général, département stratégie de domaines génie civil	20/05/2020
MOUGARD	Sophie	École nationale des ponts et chaussées (ENPC)	Directrice générale	27/01/2020
MOUSSARD	Michel	Association française du génie civil	Président du Comité des Affaires Internationales	20/01/2020
OLLINGER	Éric	Direction générale des infrastructures des transports et de la mer Direction des infrastructures de transports	Chef de la mission d'appui du réseau routier national	10/12/2020
PART	Juliette	Cabinet de la ministre	Conseillère	13/11/2019

Nom	Prénom	Organisme	Fonction	Date de rencontre
		de la cohésion des territoires et des relations avec les collectivités territoriales	aménagement du territoire	
PEREIRA	Jean-Michel	ENPC Département d'enseignement Génie Civil et construction de l'École	Adjoint au Président du département Génie Civil et Construction	27/01/2020
PERRIERE	Frédéric	ADTech	Membre du bureau de l'ADTech et DGA du département de la Gironde	05/02/2020
PEYRAC	Bruno	DGITM	Inspecteur spécialisé ouvrages d'art mission d'appui du réseau routier national	10/01/2020
PORRU	Patrick	IDRRIM	Responsable des affaires techniques	22/11/2019
RICCIARDI	Carlo	Conseil général des travaux publics (Italie)	Membre honoraire Ancien président de section	17/11/2020
ROUAS	Guy	Voies navigables de France	Directeur de l'infrastructure de l'eau et de l'environnement	04/06/2020
SPET	Arnaud	Association nationale des directrices et directeurs d'agences techniques départementales (AnDAtd)	Président de l'AnDAtd et directeur de MATEC (agence technique du département de la Moselle) et de CAUE	11/02/2020
TEMPEZ	Georges	CEREMA	Directeur général adjoint en charge de la technique et de la mobilité	19/11/2019 22/01/2020
TOUTLEMONDE	François	Institut français des	Directeur adjoint	29/11/2019

Nom	Prénom	Organisme	Fonction	Date de rencontre
		sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux (IFSTTAR)	R&D du département matériaux et structures	
TRIDON	Christian	Syndicat national des entrepreneurs spécialistes de travaux de réparation et de renforcement de structures (STRRES)	Président	23/01/2020
VIE	Dominique	Centre des Hautes études de la construction	Directeur	24/03/2020
WÉRY	Denis	Canton de Fribourg (Suisse)	Ingénieur cantonal adjoint, service des ponts et chaussées État de Fribourg	08/10/2020
WEYER	Florian	Cabinet du secrétaire d'État aux transports	Conseiller en charge des transports terrestres	22/02/20
ZAMBON	David	IDRRIM	Directeur général	22/11/2019

Annexe 3. Glossaire des sigles et acronymes

Acronyme	Signification
AdCF	Association des Communautés de France
ADF	Association des Départements de France
ADSTD	Association des Directeurs de Services Techniques Départementaux
ADTech	Association des Directeurs Techniques des Métropoles, des Départements et des Régions
AFGC	Association Française de Génie Civil
AITF	Association des Ingénieurs Territoriaux de France
AMF	Association des Maires de France
AnDATd	Association nationale des Directrices et des Directeurs d'Agences techniques départementale
ASFA	Association des Sociétés Française d'Autoroutes
ATD	Agence Technique Départementale
ATTf	Association des Techniciens Territoriaux de France
CEREMA	Centre d'Études et d'expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement
CHEC-CHEMER	Centre des Hautes Études de la Construction- Maintenance Et Réhabilitation des ouvrages d'art
CNFPT	Centre National de la Fonction Publique Territoriale
COFRAC	COmité FRançais d'ACréditation
COPREC	Confédération des Organismes indépendants tierce partie de Prévention, de Contrôle et d'Inspection
CoTITA	Conférence Technique Interdépartementale sur les Transports et l'Aménagement
DGITM	Direction Générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer
DIR	Direction Interdépartementale des Routes
ENPC	École Nationale des Ponts et Chaussées
ENTE	École Nationale des Techniciens de l'Équipement
ENTPE	École Nationale des Travaux Publics de l'État
EPCI	Établissement Public de Coopération Intercommunale

Acronyme	Signification
EPFL	École Polytechnique fédérale de Lausanne
ESITC	École Supérieure d'Ingénieurs des Travaux de la Construction
ESTP	École Spéciale des Travaux Publics
FIEC	Fédération de l'Industrie Européenne de la Construction
FNTF	Fédération Nationale des Travaux Publics
IDRRIM	Institut des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité
IESF	Société des Ingénieurs et Scientifiques de France
IMGC	Association de l'Ingénierie de Maintenance du Génie Civil
IMRO	Master Inspection Maintenance et Réparation des Ouvrages
INRIA	Institut National de recherche en sciences et techniques du numérique
IREX	Institut pour la Recherche appliquée et l'EXpérimentation en génie civil
ONR	Observatoire National de la Route
OPQIBI	Organisation Professionnelle des Qualifications en Ingénierie pour Bâtiments et Infrastructures
PFC	Ponts Formation Conseil
PIARC	Association Mondiale de la Route
SNCF Réseau	Gestionnaire des infrastructures ferroviaires en France
STRRES	Syndicat national des entrepreneurs Spécialistes de Travaux de Réparation et de Renforcement des Structures
SYNTEC	Fédération regroupant les Syndicats professionnels spécialisés dans les professions de l'ingénierie, du numérique et du Conseil
UGE	Université Gustave Eiffel

Annexe 4. Glossaire des termes techniques

Terme employé	Signification
Affouillement des appuis	Phénomène amplifié en période de crue qui peut toucher tous les ouvrages hydrauliques et mettre à nu les fondations, soit dû à un abaissement de l'ensemble du lit du cours d'eau (affouillement généralisé), soit dû à l'arrachage du matériau où est fondé l'appui (affouillement local)
Appareil d'appui	Dispositif placé entre les appuis et le tablier, chargé à la fois de transmettre aux appuis les réactions provenant du tablier et de permettre les mouvements de translation et rotation du tablier par rapport aux appuis
Appui	Partie d'ouvrage transmettant à la fondation les efforts des éléments porteurs du tablier (piles et culées)
Béton armé	Béton dont l'armature métallique est placée de sorte que les deux matériaux agissent conjointement pour résister aux efforts (compression pour le béton et traction pour l'acier)
Béton précontraint	Béton dont l'armature placée dans des gaines a été tendue après le durcissement du béton (cas de la post-tension). Ou dont l'armature a été tendue avant la mise en place du béton (cas de la pré-tension)
BFUP /CFUP(en Suisse)	Béton Fibré Ultra Haute Performance : matériau composé d'adjuvants superplastifiants, de ciment et de fibres métalliques ou organiques doué de propriétés mécaniques exceptionnelles/ En Suisse : Composé cimentaire Fibré Ultra Performant
BIM	Building Information Modeling : Bâti immobilier modélisé
Buse ou ponceau	Ouvrage d'art de petites dimensions ouvert aux extrémités, construit sous un remblai et transversal à la route
Chape d'étanchéité	Équipement en surface du tablier permettant de protéger l'ouvrage, primordial pour la durabilité et la pérennité de la structure
Culée	Partie située sur la rive destinée à supporter le poids du tablier
Dalle de transition	Dalle en béton armé située aux extrémités d'un pont et appuyée à la fois sur l'arrière de la culée et sur le remblai
Dalle orthotrope	Tôle métallique raidie dans deux directions orthogonales servant de membrure et de platelage à un pont métallique
Durée de vie	Durée d'utilisation estimée (100 ans pour les projets actuels en moyenne)
Encastrement	Liaison entre deux éléments ne permettant ni déplacement ni rotation de l'un par rapport à l'autre
Fondation	Partie d'un ouvrage assurant la transmission des charges entre l'appui et le sol
Fondation superficielle ou sur pieux	Destinée à transmettre des efforts au sol de fondation : semelle ou radier si le terrain est bon et/ou les charges réparties ou par pieux si le bon sol est profond et les charges concentrées
Garde-corps	barrière de protection placée sur les côtés d'un pont
Gestion d'un ouvrage	Opérations de maintenance et de réparations
IA	Intelligence artificielle

Terme employé	Signification
Joint de chaussée (ou joint de dilatation)les efforts	Dispositif placé entre deux éléments de construction pour permettre les déplacements relatifs dus aux variations de température et assurer la continuité de l'ouvrage
Maçonnerie	Art de bâtir par l'assemblage de matériaux élémentaires (pierres ou briques) liés par un mortier
Maintenance d'un ouvrage	Opérations de surveillance et d'entretien
Maintenance curative	Suivi qui consiste à corriger les défauts et détériorations
Maintenance prédictive	suivi prévisionnel basé sur les technologies de l'intelligence artificielle
Maintenance préventive	Suivi à intervalles réguliers qui vise à éviter les défauts et détériorations
Mur de soutènement	Mur servant à soutenir les terres
Mur poids	La poussée des terres est reprise par le poids du mur de soutènement
Mur encastré	La poussée des terres est reprise par l'encastrement du mur de soutènement sur la semelle
Ouverture totale ou longueur du pont	Distance entre culées
Pile	Appui intermédiaire du tablier
Pont cantilever	Pont à poutres en porte-à-faux ou en console
Ponts connectés	ouvrages instrumentés par des jauges et suivis en continu ou à intervalles réguliers
Pont-rail	Pont portant une voie ferrée
Portée	Distance séparant 2 points d'appui (piles) consécutifs
Remblai renforcé (terre armée par exemple)	La poussée des terres du soutènement est reprise par des ancrages (ou armatures, ou tirants)
Tablier	Structure porteuse qui supporte les charges de circulation et les transmet aux appuis ou aux éléments de suspension
Travée	Partie comprise entre 2 piles (travée centrale ou intermédiaire)ou entre la culée et une pile(travée de rive)
VIPP	Viaduc Indépendant à Poutres Précontraintes
Différents types de ponts :	
Pont à <i>voûtes</i> (ponts en maçonnerie)	Il ne travaille qu'en compression. Les efforts se répartissent sur les piles et sur chaque culée
Pont à poutres	La structure est assimilée au fonctionnement d'une poutre rectiligne et travaille en flexion
Pont en <i>arc</i>	Un seul arc, le fonctionnement associe la compression à la flexion
Pont à <i>haubans</i> (famille des ponts à câbles en acier)	Le tablier est maintenu par un réseau de câbles directement tendus entre le sommet (ou une partie proche du sommet) des pylônes et fixés à intervalles réguliers sur le tablier
Haubans	Câble rectiligne oblique supportant une section du tablier
Pont <i>suspendu</i> (famille des ponts à câbles en acier)	Le tablier est suspendu à des pylônes par un système de câbles porteurs. Fonctionnement plus complexe que les familles précédentes,

Terme employé	Signification
	combinant traction, compression et flexion
Câble porteur	Sur un pont suspendu : câble sur tout le long du pont passant par les sommets de deux piliers et maintenant le pont
Suspentes	Sur un pont suspendu : câbles verticaux reportant les efforts du tablier aux câbles porteurs Sur un pont en arc : report des efforts à l'arc
Pylône	Structure verticale élancée supportant des câbles

Annexe 5. Principes de l'entretien et de la rénovation des ponts et murs routiers

Il existe en France une instruction très précise, publiée en 1979 par le SETRA (Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes, maintenant intégré au CEREMA comme DTech ITM), puis mise à jour et complétée par le CEREMA, concernant la surveillance et l'entretien des ouvrages – l'Instruction Technique pour la Surveillance et l'Entretien des Ouvrages d'Art (ITSEOA) - qui regroupe plusieurs fascicules traitant du dossier d'ouvrage à constituer, de la surveillance, de l'entretien, de l'auscultation et des mesures de sécurité ou de sauvegarde éventuelles à prendre. Cet ensemble de documents sert de référentiel aux services de l'État pour mettre au point puis en œuvre la politique de gestion des ouvrages d'art, en donnant des indications générales relatives à l'organisation des inspections, avec des fréquences différentes en fonction du type et de la taille de l'ouvrage.

Cette instruction fait partie du référentiel pour les contrats de concession et elle peut également être utilisée par les collectivités territoriales pour élaborer leur propre politique ; elle a été adaptée pour les communes dans un guide publié par le CEREMA en septembre 2018 « Surveillance et entretien courant des ouvrages d'art routiers Guide technique à l'usage des communes ».

Dans cette instruction, les missions liées à la gestion des ouvrages d'art sont les suivantes :

- Le recensement des ouvrages,

Pour le maître d'ouvrage, il est capital de connaître les ouvrages d'art qui relèvent de sa compétence. C'est pourquoi, toutes les opérations liées à la gestion des ouvrages d'art doivent être précédées par une phase de reconnaissance et de recensement qui permet de renseigner le type d'ouvrage, la date et la période de construction, les informations techniques disponibles...

Ce recensement doit aussi être l'occasion de vérifier que les ouvrages d'art sur un territoire donné ont tous un maître d'ouvrage identifié.

- La création d'un dossier de l'ouvrage,

Pour chaque ouvrage, il faut créer un dossier selon un contenu type qui répertorie les plans d'exécution et les notes de calcul disponibles, et qui documente au fur et à mesure du temps toutes les interventions effectuées ...

- La mise en place d'une surveillance systématique et périodique pour chaque ouvrage,

En fonction de la nature et de l'importance de l'ouvrage, il faut suivre son évolution à partir d'un état de référence et organiser son entretien et ses visites de contrôle. On distingue :

- le contrôle annuel, visite succincte essentiellement visuelle mais systématique, pour déceler l'évolution manifeste de désordres mentionnés dans le procès-verbal (PV) de visites antérieures (d'évaluation ou d'inspections détaillées) ou en constater de nouveaux et dresser la liste éventuelle des actions d'entretien courant à réaliser. Il est réalisé par un agent de travaux, formé à l'observation des désordres mais pas nécessairement spécialiste en ouvrages d'art,
- la visite d'évaluation, au moins tous les trois ans : examen encore essentiellement visuel pour constater l'état apparent de l'ouvrage et établir une cotation de l'état de chaque partie de l'ouvrage selon une méthodologie précise d'analyse des défauts (IQOA pour les ouvrages nationaux (voir 1.3.3L'état des murs et des ponts), ou d'autre comme OA-MeGA, VAQQA, VSC ou OASIS pour les départements). Elle est habituellement réalisée en régie par un ingénieur/technicien ayant reçu une formation spécifique et adaptée,
- l'inspection détaillée vise à établir un bilan de santé complet de l'ouvrage, par observation visuelle complétée le cas échéant par des auscultations et des mesures. Réalisée tous les

six ans pour les ouvrages importants, elle est dirigée et exploitée par une personne ayant suivi une formation qualifiante de niveau ingénieur en inspection d'ouvrages d'art (CEREMA ou secteur privé). Elle permet de définir les travaux d'entretien spécifiques à réaliser et peut être complétée par des inspections plus précises de parties de l'ouvrage. Un guide pratique a été publié par l'IDRRIM en juin 2018 « Inspection détaillée des ouvrages d'art : Comment réussir sa commande ? » et rédigé par un groupe de travail constitué du CEREMA et de l'association Ingénierie de Maintenance du Génie Civil (IMGC) qui regroupe des bureaux d'études du domaine de la surveillance et de la maintenance des ouvrages d'art.

Ce système de surveillance est complété par un patrouillage qui s'inscrit dans la surveillance générale du réseau et qui peut permettre de déceler un désordre manifeste ou les conséquences d'un événement imprévu.

Lorsque l'état de l'ouvrage le justifie ou en cas d'incertitude sur la cause, la nature ou l'évolution possible des désordres, ou pour les ouvrages à caractère innovant ou exceptionnel, le maître d'ouvrage peut décider de mettre en place une surveillance renforcée, ou une haute surveillance en cas de danger imminent mettant en cause la pérennité de l'ouvrage.

On distingue l'entretien préventif et les réparations.

Les opérations d'entretien préventives se répartissent entre :

- l'entretien courant de tous les ouvrages, sans haute technicité, qui ne concerne pas la structure de l'ouvrage : nettoyage d'éléments végétaux ou autres, évacuation des eaux et débouchage des conduits, observation nettoyage et remplacement des joints de chaussée, appareil d'appui, corniche, garde-corps,
- l'entretien spécialisé déclenché par le constat de désordres et qui concerne donc un nombre plus restreint d'ouvrages. Il peut être programmé et réalisé avec l'aide de spécialistes.

La réparation est une action « correctrice » qui vise à ramener l'ouvrage à son niveau de service initial ou au moins à en assurer la pérennité pour une durée de vie résiduelle donnée.

L'entretien courant doit être effectué par une équipe compétente et bien encadrée, avec un chef d'équipe ayant une bonne connaissance des ouvrages, et suivant un programme préétabli par itinéraire ou par nature d'intervention. Les opérations d'entretien spécialisé et les réparations lourdes nécessitent elles le plus souvent l'intervention de bureaux d'études ou de laboratoires afin de poser un diagnostic précis et définir les travaux à réaliser.

La programmation des dépenses de surveillance et d'entretien doit être pluriannuelle, ce qui nécessite un suivi régulier. Une surveillance irrégulière conduit à des dégradations nuisibles à l'exploitation des ouvrages et à des pics de dépenses imprévus. Les doctrines de gestion patrimoniale (« asset management ») ne sont pas encore suffisamment développées ou mises en œuvre dans le domaine des ouvrages d'art. Le développement du *Building Information Modeling*²⁸ (BIM), les méthodes liées à l'intelligence artificielle (cf. 1.6 Les nouvelles technologies de l'entretien et de la maintenance) et la numérisation des caractéristiques des différentes parties des ouvrages d'art, y compris celles relatives aux fondations et aux sols et la modélisation des lois physiques du vieillissement et de la fatigue des structures, devraient dans l'avenir offrir de nouveaux outils beaucoup plus performants pour optimiser la gestion des ouvrages d'art. Pour les ponts anciens, les modèles et les données peuvent être entachés d'incertitudes plus importantes compliquant un peu la mise en œuvre de ces méthodes.

²⁸ *Building Information Management*, soit le rétro acronyme de « Bâti immobilier modélisé »

Annexe 6. Les pathologies à surveiller pour les ouvrages d'art et les murs de soutènement

La connaissance du processus entraînant les sinistres ou les désordres au cours de la vie des ouvrages d'art est essentielle, c'est la raison d'être de l'étude de la pathologie des ouvrages.

A 6.1. Les pathologies des ouvrages d'art ²⁹

Les ponts sont soumis au processus de vieillissement normal du patrimoine qui dépend de son environnement et des conditions d'usage mais aussi de la qualité et de la régularité de son entretien et de sa maintenance.

Les actions auxquelles sont soumis les ponts peuvent se révéler plus importantes que celles prévues à la conception, notamment lorsque la durée de vie de l'ouvrage est importante, et les marges apportées par les coefficients de sécurité peuvent être consommées. Les charges d'exploitation (du trafic) augmentent dans le temps³⁰, avec en outre un assouplissement récent des règles concernant les convois exceptionnels et des surcharges qui contribuent à cet accroissement des charges d'exploitation. Les actions climatiques (crues, vent, température, pluies, mouvements du sol) sont également plus intenses avec le changement climatique.

Une qualité de plus en plus attendue des ponts, et plus généralement des infrastructures, est la résilience aux actions de toute nature auxquelles ils sont soumis : naturelles dont climatiques, d'exploitation dont les surcharges. La résilience consiste non seulement à résister à des sollicitations importantes mais aussi à présenter un comportement acceptable après des sollicitations extrêmes, limitant les conséquences de défaillances éventuelles, humaines notamment.

Par ailleurs le concepteur doit prévoir de la redondance dans les structures, permettant des redistributions d'efforts en cas de ruine partielle, pour éviter des effondrements brutaux. Ceci concourt à la robustesse recommandée par les Eurocodes. Pour les ouvrages existants, il est possible d'ajouter de la redondance *a posteriori* si la structure présente un risque de défaillance.

Les désordres concernant les fondations ont un impact direct sur la structure, allant de la mise en butée du tablier à son effondrement car peu de structures survivent à la défaillance d'un appui. Ces désordres peuvent être dus à un défaut de dimensionnement, à une évolution des efforts sur ou autour des fondations, ou encore à une réduction de la résistance des couches du sol. L'affouillement des appuis situés dans le lit des cours d'eau est également un phénomène dangereux lié aux crues pouvant conduire à un effondrement brutal des appuis, surtout ceux des ponts en maçonnerie anciens, ou même sans aller jusqu'à la rupture, fragiliser l'ouvrage sans signe apparent.

Le bon fonctionnement des divers équipements des ponts doit être vérifié régulièrement. Ces équipements permettent d'assurer la sécurité et le confort des usagers (dalles de transition, chaussée, bordures de trottoirs, dispositifs de retenue, éclairage), de protéger la structure (étanchéité, évacuation des eaux, protection des talus...) tout en favorisant le bon fonctionnement de l'ouvrage (appareils d'appui, joints de dilatation), et doivent être accessibles pour permettre de contrôler leur état lors de chaque visite. Ils n'ont pas la même durée de vie que la structure elle-même et sont soumis à usure et vieillissement (trafic, environnement, intempéries). Ils doivent donc être nettoyés et contrôlés lors de l'entretien courant, et réparés ou remplacés si nécessaire lors de l'entretien spécialisé.

²⁹ Un glossaire technique en [Annexe 4](#) permet d'expliquer les différents termes

³⁰ Par exemple, les poids lourds de cinq essieux et plus ont été autorisés à circuler en France jusqu'à 44 tonnes depuis le 1^{er} janvier 2013. Pour le transport de bois ronds, le décret de 2009 autorise jusqu'à 48 t avec cinq essieux et 57 t avec six essieux et plus.

Leur dégradation (encombrement des évacuations d'eau, ripage ou effritement des appareils d'appui, vieillissement de la chape d'étanchéité et des joints de chaussées) est souvent préjudiciable à l'état de l'ouvrage et leur maintien en bon état constitue l'essentiel des dépenses d'entretien de l'ouvrage.

Les buses métalliques, souvent de grandes dimensions et largement utilisées sous des voies importantes, présentent des risques d'effondrement brutal, total ou partiel, à cause de leur sensibilité à la corrosion, d'affouillements ou d'un sous-dimensionnement. Ils nécessitent donc une surveillance particulière.

Les ponts en maçonnerie constituent un patrimoine très important à la charge des maîtres d'ouvrages. La gestion de ce patrimoine, dont l'âge est supérieur à 100 ans et est parfois de plusieurs siècles³¹, nécessite de réaliser un entretien régulier et une surveillance continue et de connaître les pathologies liées à la maçonnerie et au fonctionnement des voûtes ainsi que les risques relatifs à leurs fondations spécifiques (pieux en bois, enrochements...).

Les ponts récents sont généralement conçus pour une durée de vie de 100 ans³². Pour les ouvrages anciens, construits avec des méthodes de calcul très empiriques, des matériaux variés et plus ou moins durables, et sans connaissance précise des pathologies des matériaux et des structures, la durée de vie était très incertaine. Certains ponts en bois brûlaient après quelques années de service, d'autres étaient très rapidement emportés par une crue, tandis que certains ouvrages romains ont dépassé les 2000 ans de vie !

Les ponts construits en France au XXe siècle, surtout après 1945 et avant 1975, souffrent des mêmes causes de dégradation que dans la plupart des pays dans le monde :

- la qualité insuffisante du béton, d'où résultent sa carbonatation et la pénétration des ions chlorures jusqu'au niveau des armatures, et une dégradation par les cycles de gel/dégel, dont souffrent de nombreux ponts en béton de taille moyenne, surtout dans le grand quart Nord-Est de la France, construits au cours des années 1950-1975,
- les dégradations par réaction de gonflement interne du béton, phénomène bien connu et maîtrisé maintenant,
- le manque d'enrobage des aciers passifs, qui combiné avec la mauvaise qualité du béton, conduit à la corrosion des armatures,
- la corrosion des câbles de précontrainte, résultant souvent d'une mauvaise injection des gaines, ou de défauts de conception et d'exécution, comme le déficit de précontrainte, pour les ponts à poutres préfabriquées précontraintes par post-tension (VIPP) avec un risque de rupture fragile; les ouvrages présentant ce type de pathologie doivent faire l'objet de diagnostics détaillés incluant des expertises relatives aux matériaux et un recalcul précis ; on peut aussi citer le cas des ponts en béton à câbles de précontrainte extérieure dont la protection doit être vérifiée régulièrement (cas du pont de l'île de Ré avec une rupture de câble en septembre 2018),
- la corrosion des aciers et la fissuration par fatigue des assemblages soudés pour les ponts métalliques, notamment à dalles orthotropes particulièrement sensibles en fatigue aux charges des poids lourds, qui peuvent entraîner des ruptures de sous-structures voire un effondrement de l'ouvrage. Une instrumentation peut permettre de suivre l'évolution de fissures ou de détecter des déformations anormales et les ouvrages à dalles orthotropes sensibles nécessitent une surveillance renforcée, surtout sous fort trafic,
- pour les ponts à câbles (suspendus ou haubanés), la rupture de fils, souvent suite à de la corrosion, ou d'attaches de câbles (étriers en tête de pylône, ancrages, etc.) ; il y a donc lieu de surveiller la redistribution des efforts dans les câbles et leurs attaches,

³¹ Le pont Neuf a été ouvert à la circulation en 1607 ;

³² Le pont de Normandie et le viaduc de Millau ont été construits pour des durées plus importantes

- les ponts particuliers ou innovants lors de leur construction, comme le pont Morandi à Gênes, les ouvrages à caisson en béton précontraint réalisés à partir de voussoirs préfabriqués, ceux de type cantilever, à béquilles ou à haubans, nécessitent une surveillance étroite car leur conception particulière ou le manque de retour d'expérience peut induire des fragilités et des risques de défaillance moins prévisibles ; les règles actuelles de conception de structures complexes s'appuient sur la notion de robustesse développée dans les Eurocodes et assurent plus de redondance.

Les priorités qui se dégagent sont :

- la réhabilitation des anciens ponts en maçonnerie ou suspendus en acier,
- la réhabilitation de certains ponts en béton précontraint,
- le remplacement des buses métalliques corrodées ou dégradées,
- l'entretien préventif de certains ouvrages anciens en béton armé pour prolonger leur durée de vie,
- le remplacement des chapes d'étanchéité, qui est la priorité la plus urgente car en dépend la protection de la structure et du matériau vis-à-vis de l'eau, de l'air, des sels de déverglaçage.

A 6.2. La pathologie des murs de soutènement

Le rôle des ouvrages de soutènement est de retenir les massifs de terre de façon stable sans glissement, ni basculement. Il en existe une grande variété avec des fonctionnements différents selon la manière dont la force de poussée est reprise ; le patrimoine français est essentiellement constitué de :

- murs poids (maçonnerie, béton ou éléments préfabriqués, gabions) qui sont les plus répandus et pour lesquels la poussée est reprise par le poids de l'ouvrage de soutènement,
- murs encastrés, généralement en béton, pour lesquels la poussée est reprise par encastrement de l'ouvrage de soutènement,
- remblais (ou sols) renforcés pour lesquels la poussée est reprise par des ancrages.

Ces différentes catégories doivent être surveillées. En effet, leur stabilité dépend d'un nombre important de paramètres, parfois mal maîtrisés car les coefficients de sécurité habituellement pris en compte sont souvent trop faibles face à l'imprécision des données, en particulier si le terrain soutenu est rapporté et mis en place après construction du mur. Des défauts de drainage, des modifications du régime de circulation des eaux et leur agressivité chimique, des surcharges, des vibrations ou des mouvements du sol peuvent s'ajouter aux insuffisances de conception, de calcul et aux erreurs d'exécution.

Leurs pathologies sont très variées avec des problèmes de stabilité externe d'ensemble et une rupture circulaire du sol autour de l'ouvrage, ou des problèmes de stabilité externe locale avec des phénomènes de poinçonnement, de glissement ou de renversement, ou encore des problèmes de stabilité ou de résistance interne (rupture du béton armé, des armatures ou des tirants).

Le cas spécifique des massifs en terre armée relève de cette dernière catégorie. Suivant leurs dates de réalisation, ils présentent des risques très différents. Les plus anciens (construits avant 1976), présentent un risque de défaillance fragile lié à la corrosion des armatures métalliques noyées dans le remblai : ce fut le cas pour un mur latéral de soutènement de la culée nord du viaduc de Gennevilliers (autoroute A 15) en mai 2018, avec un effondrement partiel mais spectaculaire aux conséquences économiques très importantes. L'absence de signes précurseurs n'a pas permis de définir, pour le moment, une instrumentation préventive pour ces ouvrages. Les seules investigations pertinentes consistent à réaliser des fouilles et des forages pour évaluer l'état de corrosion des armatures. Les murs de ce type construits après 1976 présentent un risque faible et sont généralement équipés de témoins

de corrosion qui permettent d'en évaluer la durée de vie résiduelle.

A 6.3. Les techniques de réparation

La remise en état, réparation ou réhabilitation d'un ouvrage a pour but de rétablir la sécurité structurale, l'aptitude au service et d'améliorer la durabilité de la structure existante en considérant les actions et résistances extrêmes actualisées, et de trouver des solutions pour prolonger sa durée résiduelle d'usage.

La démarche à adopter pour effectuer l'examen de la structure puis l'élaboration d'un projet de réparation proportionnée et adaptée demande des compétences techniques et une bonne analyse ; elle nécessite une formation et une expérience spécifiques.

Pour les ponts anciens en maçonnerie, le responsable des réparations doit connaître les techniques de renforcement des voûtes et de réparation de la maçonnerie (rejointoiement, reconstitution, injections, épingleage ou enserrement). L'enjeu est de permettre à ces ouvrages de les faire durer le plus longtemps possible, moyennant des précautions d'usage, une attention particulière et des travaux adaptés.

La remise en état des ponts en béton ou en acier dépend des défauts, des dégâts déterminants constatés et des mécanismes d'endommagement. Il faut d'abord éliminer la cause des dégâts, stopper ou ralentir leur développement, puis les supprimer et protéger les parties d'ouvrage concernées.

La présence d'eau est une cause récurrente d'endommagement des matériaux : l'humidité peut entraîner des détériorations importantes (fissures, éclatements du béton par des réactions chimiques internes ou suite à l'effet du gel-dégel dans les structures en béton armé), la corrosion des structures métalliques, des armatures ou des câbles. Les interventions de remise en état et de protection consistent en premier lieu à réduire au maximum la teneur en eau.

Pour les structures en béton armé, il s'agit :

- pour les matériaux et en fonction de l'intensité et de la localisation de l'endommagement, de protéger, renforcer ou remplacer le béton dégradé, de nettoyer, repassiver ou changer les armatures,
- pour la structure, de prévoir une armature additionnelle pour augmenter la résistance et améliorer le comportement structural, par exemple par collage de lamelles en acier ou en fibres de carbone en sous-face.

Pour les structures en béton précontraint, le renforcement consiste souvent à mettre une précontrainte additionnelle, à l'aide de câbles extérieurs au béton, et disposés suivant un tracé rectiligne ou polygonal pour optimiser l'effet de la précontrainte.

Ces techniques classiques sont complétées par de nouvelles méthodes basées sur l'utilisation de béton fibré à ultra hautes performances (BFUP). Il s'agit d'un matériau encore assez cher, composé d'adjuvants superplastifiants (et de très peu d'eau), de compositions granulaires spécifiques, d'un fort dosage en ciment et de fibres métalliques ou organiques, avec des propriétés mécaniques exceptionnelles (environ 200 MPa de résistance en compression et 40 MPa en traction), économe en matériaux, gravier (intérêt environnemental). Son utilisation pour rénover ou renforcer une structure peut être intéressante techniquement et économiquement : une mince couche de ce nouveau matériau peut renforcer un tablier ou une dalle d'ouvrage sans trop l'alourdir ni nécessiter trop de volume additionnel.

Annexe 7. La situation des ponts et des murs en France

L'État pour le réseau national non concédé, les sociétés d'autoroutes pour les autoroutes concédées et les collectivités locales endossent la responsabilité de maître d'ouvrage pour les ponts et les murs de leur réseau et sont donc responsables de leur état et de leur tenue.

Les sociétés d'autoroutes ont des clauses relatives à l'état des ouvrages dans les contrats de concession. La DGITM assure l'activité de concédant en assurant le pilotage contractuel des concessions ce qui ne constitue pas un transfert de responsabilité vers l'État.

A 7.1. Le nombre de ponts et de murs routiers

On estime qu'il existe en France entre 200 000 et 250 000 ponts routiers³³.

Parmi ceux-ci :

- environ 24 000 ponts appartiennent à l'État dont 12 000 sur le réseau concédé à des sociétés d'autoroutes, l'autre moitié étant directement gérée par l'État (réseau non concédé),
- entre 100 000 et 120 000 ponts appartiennent aux départements,
- entre 80 000 et 100 000 ponts appartiennent aux communes ou regroupements de commune.

En 2017 le patrimoine du réseau routier national non concédé³⁴ était composé de :

- 12 555 ponts pour une superficie de 5 583 650 m² (soit une moyenne de 450 m² par ouvrage) (12 172 ponts selon l'observatoire national de la route de 2019),
- 5 984 ouvrages de soutènement pour une surface totale de 1 667 841 m² (soit une moyenne de 280 m² par ouvrage) (6 008 ouvrages selon l'observatoire national de la route de 2019).

Le nombre d'ouvrages d'art du réseau routier national concédé était selon les sources de la DGITM³⁵ en 2017-2018 de 12 184 ponts représentant une surface de 8 118 710 m². Les chiffres de l'ASFA diffèrent légèrement pour le nombre de ponts (11 374) et de murs³⁶ (1 770) estimés.

Les 55 départements ayant répondu à l'observatoire national de la route de 2019 font état d'un patrimoine de 63 700 ponts et 60 400 murs de soutènement. En extrapolant à l'ensemble des départements on retient cette estimation de 100 000 à 120 000 ponts et presque autant de murs de soutènement.

L'estimation du nombre de ponts et murs des communes ou groupement de communes est encore plus spéculative. Le dernier rapport de l'ATESAT³⁷ (2008) faisait état d'un patrimoine de 41 000 ponts et 6 300 murs pour 17 000 communes. En extrapolant aux 32 000 communes éligibles à l'ATESAT on obtient un patrimoine estimé à 79 500 ponts et 12 000 murs³⁸. En extrapolant à l'ensemble des 36 000 communes existantes en 2008 on obtient un patrimoine d'ouvrages communaux d'au moins 87 000 ponts et 13 200 murs, voire plus, ces communes étant plus importantes.

³³ Selon le rapport d'information du Sénat de 2019 (déjà cité) qui s'appuyait sur des estimations de la DGITM

³⁴ Information DGITM en réponse au questionnaire de la mission

³⁵ Selon les tableaux fournis par la DGITM sur les ouvrages suivis. Ces tableaux ont servi à la mission à renseigner les graphes de la partie 1.3

³⁶ Réponse de l'ASFA au questionnaire de la mission

³⁷ Assistance technique apportée par les services de l'État pour des raisons de solidarité et d'aménagement du territoire (vers les petites communes, dispositif supprimé en 2014)

³⁸ Estimation du CEREMA dans le cadre du plan de relance

D'autres opérateurs (SNCF Réseau, VNF ...) sont maîtres d'ouvrages aussi de ponts routiers.

Notre propre évaluation serait donc d'un patrimoine français d'environ 220 000 ponts routiers et de 120 000 murs de soutènement.

A 7.2. Les familles de ponts et de murs

Les familles de ponts différent suivant les maîtres d'ouvrage :

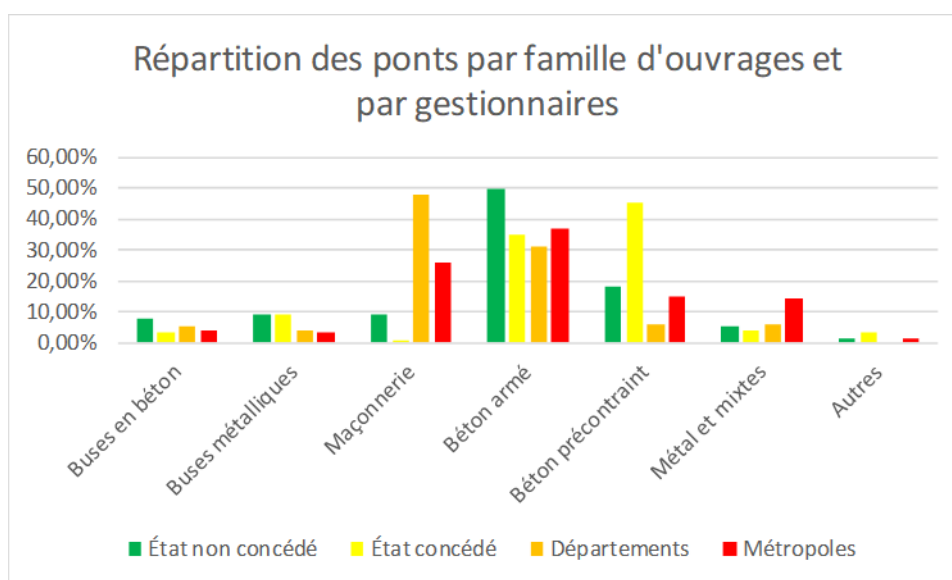


Figure 4 Répartition des ponts par famille d'ouvrages et par gestionnaires

Comme on le voit sur le graphique réalisé à partir des données de l'observatoire national de la route 2019 et de la DGITM, les ponts en maçonnerie sont prépondérants sur les routes départementales et dans les métropoles et nous savons que c'est aussi le cas dans les communes. Les ouvrages en béton armé sont plus importants sur les routes nationales non concédées. Quant aux ponts en béton précontraint, ils sont prédominants sur les autoroutes concédées où il n'y a pas de ponts en maçonnerie, ce qui s'explique par la relative jeunesse des autoroutes ainsi que la taille de ces ouvrages. Il faut noter aussi le grand nombre de buses (métalliques ou en béton) sur les réseaux nationaux.

Ceci implique que les pathologies rencontrées sont différentes (cf. 1.2 Les pathologies à surveiller pour les ouvrages d'art et les murs de soutènement).

Nous serons amenés à parler d'ouvrages courants ou non courants, ces derniers ayant été définis par plusieurs circulaires (en particulier celle du 5 mai 1994) : les ponts non courants ayant au moins une travée de plus de 40 mètres, ou une surface de plus de 1200 m² (pour simplifier longueur d'ouvrage supérieure à 100 mètres), les murs de plus de neuf mètres de haut, et tous les ouvrages de conception non classique ou de caractère innovant de la technique ou du procédé. Les ponts courants sont de façon complémentaire ceux qui ne font pas partie de la catégorie listée ci-dessus. Les ponts courants sont en général en maçonnerie ou en béton armé, parfois en acier (cas des buses) ou en béton précontraint et existent sur tous les réseaux routiers mais sont prépondérants dans les communes.

Les murs de soutènement sont de nature différente aussi selon les maîtres d'ouvrage :

- Les murs du réseau autoroutier concédé sont de différents types : murs en terre armée, murs cloués, murs préfabriqués, murs en béton armé encastrés, murs en gabions, murs poids, murs ancrés avec tirants, palplanches, même un mur en pierre (pour le cas particulier d'ATMB sur la RN205),
- Les murs du réseau routier national non concédé³⁹ sont des murs poids en majorité (63,9%), des sols renforcés (15,3%), des murs encastrés (14,7%), dont plus de la moitié sont en maçonnerie.
- Les murs des départements sont en très large majorité des murs poids (90,7%) dont une grande majorité en maçonnerie.

A 7.3. L'état des murs et des ponts

Les ouvrages d'art des routes nationales⁴⁰ font l'objet d'un indicateur dénommé IQOA (image qualité des ouvrages d'art) pour le réseau routier national non concédé. La démarche IQOA a été créée pour les ponts (1994), avant d'être étendue et adaptée aux autres ouvrages d'art que sont les murs (2006) et les tunnels (2015).

Sur la base d'une visite tous les trois ans, cette évaluation permet de relever les désordres apparents de chaque ouvrage et de leur attribuer une note selon leur gravité et leur étendue. La classe globale d'un ouvrage est généralement la note la plus élevée attribuée aux désordres détectés sur l'ouvrage.

L'indice se décline en différentes notes :

- note 1 : ouvrage en bon état apparent ne nécessitant que des travaux d'entretien courant,
- note 2 : ouvrage ayant des défauts mineurs nécessitant des travaux d'entretien courant et ne revêtant pas de caractère d'urgence,
- note 2E : ouvrage dont les risques d'évolution des désordres peuvent à court terme affecter la structure et qui nécessite un entretien spécialisé,
- note 3 : la structure est altérée et l'ouvrage nécessite des travaux de réparation sans caractère d'urgence,
- note 3U : la structure est altérée et nécessite des travaux urgents de réparation.

Par ailleurs, lorsque les défauts peuvent mettre en cause la sécurité des usagers et nécessitent une intervention urgente, on rajoute la mention « S » en complément des 5 classes précédemment définies.

Les collectivités locales ne sont pas tenues de suivre la démarche IQOA⁴¹.

Dans le graphe ci-dessous, l'échelle est différente et correspond à celle adoptée par l'ONR dans son rapport annuel. Pour des raisons de cohérence avec d'autres méthodes de notation qui sont celles adoptées par certaines collectivités locales : le vert correspond aux notes 1 et 2 regroupées ; le jaune à la note 2E ; l'orange à la note 3 et le rouge à la note 3U.

Dans toute la suite du rapport on utilisera ce code de quatre couleurs.

Le graphique ci-dessous compare le dernier état des ponts connus de l'ONR 2019 pour tous les maîtres d'ouvrage sauf pour les petites communes relevant de l'ATESAT⁴² (2008).

³⁹ Source ONR 2019

⁴⁰ Selon le référentiel ITSOA applicable pour l'entretien des ouvrages du réseau routier national

⁴¹ Sur les 76 départements ayant répondu à l'ONR 2019 45,8% utilisent l'IQOA, 20,4% un IQOA adapté localement et les autres des méthodes internes (12%), OA-MeGA (4,2%), VAQOA(7%), VSC(4,2%), OASIS(3,5%)

⁴² Pour 34 départements ayant répondu, pour 6 métropoles et pour 17 043 communes de l'ATESAT

Sans surprise, l'état des ponts des autoroutes concédées est le meilleur et celui des petites communes plus dégradé.

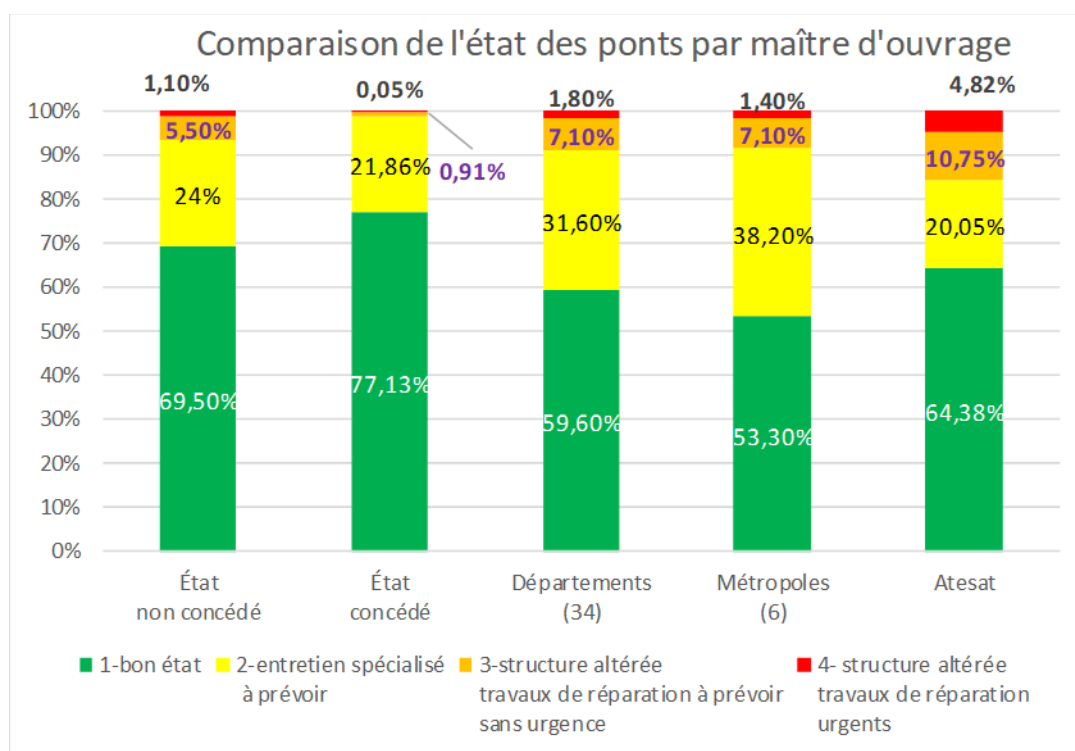


Figure 5 Comparaison de l'état des ponts par maître d'ouvrage

En ce qui concerne l'état des murs, l'ONR 2019 indique :

- les murs du réseau routier national non concédé avaient, en 2017, pour 60,9 % un indice 1, pour 25,4 % un indice 2, pour 7,9 % un indice 3 et pour 5,8 % en un indice 4
- les murs de 28 départements ayant répondu pour 2018 ont pour 65 % l'indice 1, pour 22 % l'indice 2, pour 8 % l'indice 3 et pour 5 % l'indice 4.

Il y a donc un pourcentage de murs en mauvais état plus important que pour les ponts.

A 7.4. L'évolution de l'état des ponts

Elle n'est connue sur une longue période que pour les ponts du réseau national.

A 7.4.1. L'évolution de l'état des ponts du réseau routier concédé

Avant même la catastrophe du pont Morandi à Gênes les sociétés d'autoroutes avaient pris conscience du risque ouvrage d'art et ont investi pour réparer leurs ouvrages. L'approche de la fin de concession pour certaines d'entre elles est un autre facteur de motivation car, à cette échéance elles devront rendre les ouvrages dans un état suffisamment bon pour ne pas être lourdement pénalisées.

Les dépenses en maintenance des ponts ont été en augmentation sur les dernières années : elles sont passées d'environ 53 M€ en 2010 à 85,5 M€ en 2018 (105 M€ prévus pour 2019, en attente du bilan

consolidé). Cela représente une dépense de 10,53 €/m² de ponts en 2018 et 12,93 €/m² en 2019.

Ces dépenses ont permis une diminution des ponts avec une structure altérée passant de 5,20 % en niveau 3 et 2 % en niveau 4 en 2010 à respectivement 0,91 % et 0,05 % en 2018.

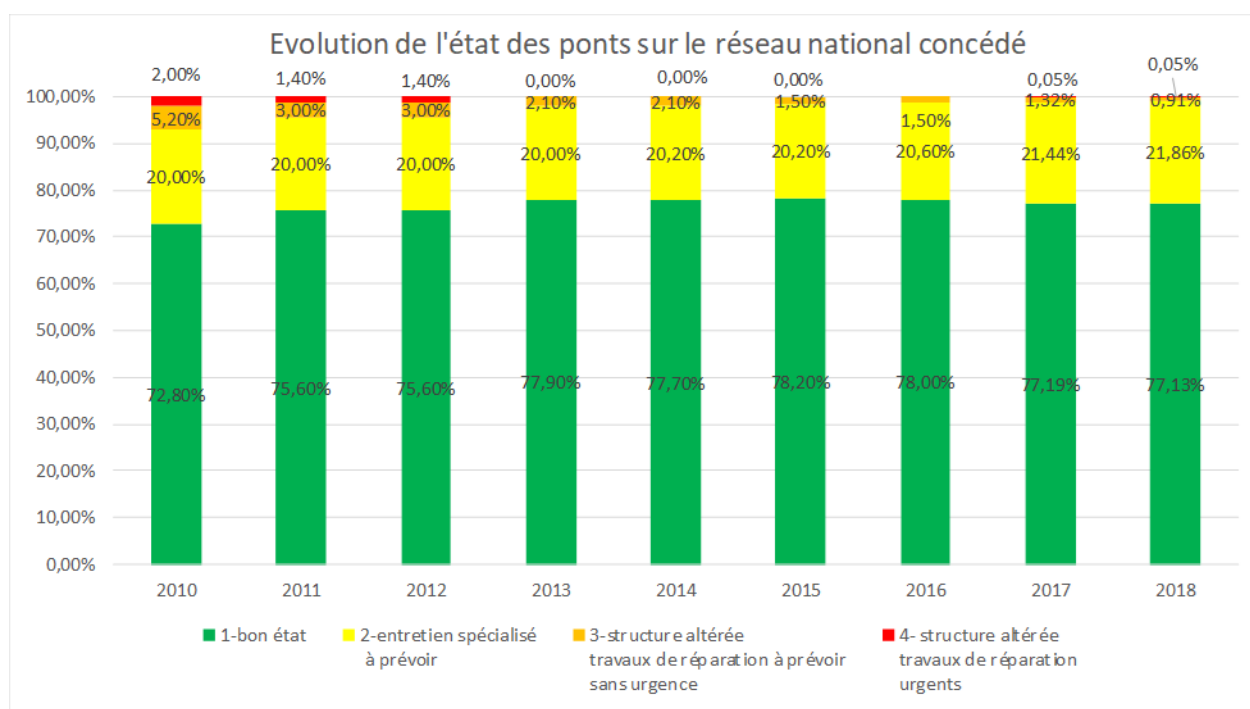


Figure 6 Évolution de l'état des ponts du réseau national concédé

A 7.4.2. L'évolution de l'état des ponts du réseau routier national non concédé

La DGITM a fait réaliser en 2018 un « audit externe sur l'état du réseau routier national non concédé et la politique d'entretien de ce réseau » par le groupement de sociétés IMDM-Nixbus. Les auditeurs de IMDM-Nixbus ont indiqué que la poursuite des dépenses de maintenance au niveau des dernières années conduirait à un état des infrastructures (et en particulier des ponts) inacceptable pour la sécurité comme pour la disponibilité⁴³ : pour éviter de devoir faire face dans quelques années à un mur infranchissable d'investissement, il faudrait selon cet audit augmenter progressivement ces crédits de 74 M€ par an dans les années 2018-2022 à 168 M€ dans les années 2033-2037.

⁴³ Dossier de presse du 10 juillet 2018 : réseau routier national non concédé, dossier d'audit

Comme on le voit sur le graphe ci-dessus le niveau de crédits consacrés aux ponts n'a pas permis de résorber les ponts ayant un défaut structurel.

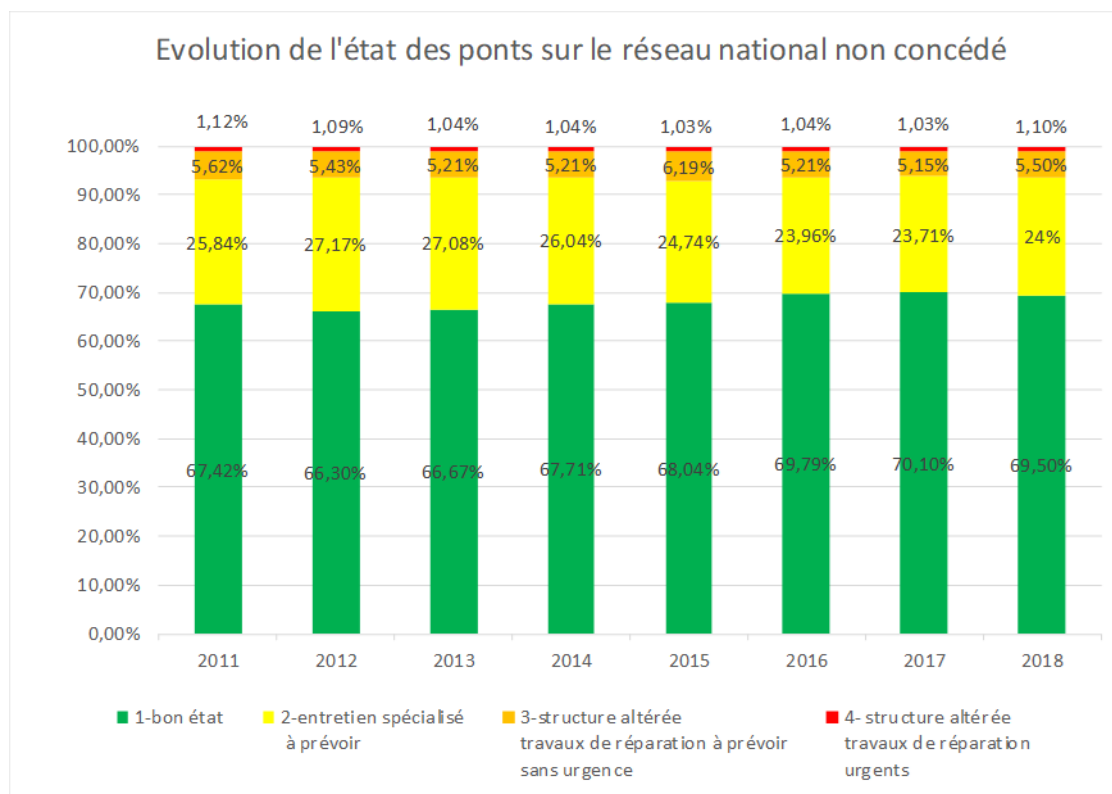


Figure 7 Évolution de l'état des ponts sur le réseau national non concédé

La dépense pour la maintenance et la régénération (hors entretien courant) des ouvrages d'art du réseau routier national non concédé s'est élevée en 2018 à 65,3 M€ et en 2019 à 64 M€ (pour une dépense prévue en 2019 de 70 M€).

En 2019, si l'on rapporte la dépense d'entretien des ouvrages d'art à la surface des ponts, ce ratio s'est donc établi à 11,46 €/m² de ponts. En prenant en compte la surface des murs, on obtient un ratio de 8,82 €/m² pour l'ensemble des ouvrages ponts et murs de soutènement.

Les orientations figurant en annexe à la loi d'orientation des mobilités (LOM) pour l'entretien et l'exploitation du réseau routier national non concédé prennent en compte ses besoins. Elles sont déclinées à ce stade dans les documents de travail de la DGITM en identifiant une part consacrée aux ouvrages d'art (Tableau 1 : source annexe de la LOM et données de la DGITM) :

Tableau 10 : Montants prévisionnels des crédits d'entretien et de maintenance des ouvrages d'art du réseau routier national non concédé hors dépenses de personnel et ressource totale prévue dans la LOM (crédits budgétaires et AFITF).

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Ouvrages d'art (M€)	82,0	82,8	92,2	96,9	111,4	115,3	128,7	144,5
Ressource totale (M€)	850,0	850,0	850,0	930,0	930,0	930,0	930,0	930,0

A 7.4.3. L'évolution de l'état des ponts des collectivités locales

Cette évolution n'est pas documentée comme pour le réseau routier national. Elle n'est connue sur les dernières années que pour les départements ayant répondu à l'enquête de l'ONR, ce qui ne permet pas d'avoir une vision suffisamment vaste.

Comme on l'a vu précédemment, le nombre de ponts ayant un défaut structurel est plus important pour les ponts des collectivités que pour ceux du réseau routier national concédé ou non. La « revue des dépenses des voiries des collectivités locales » d'août 2017 avait déjà indiqué que les ouvrages d'art devaient faire partie des points de vigilance des collectivités.

La rubrique 621 de la sous-fonction 62 (routes et voiries) de la partie 2 (dépenses par destination) de la nomenclature budgétaire M52 des budgets départementaux comprend les actions d'investissement et d'entretien sur la voirie départementale (chaussées, trottoirs, espaces piétonniers, carrefours, ralentisseurs, pistes cyclables et voies réservées aux transports collectifs, ponts, signalisation) à la charge du département : elle ne prévoit pas de détail qui permette d'identifier les dépenses consacrées par les départements à l'entretien et la réparation des ouvrages d'art. Il est en de même pour les rubriques de dépense du bloc communal.

Selon l'assemblée des départements de France (ADF), la majorité des départements évoque des problèmes financiers résultants de fortes tensions entre les évolutions budgétaires et les besoins d'entretien ou de renouvellement du patrimoine pouvant induire un vieillissement prématuré du patrimoine. Ces tensions sont particulièrement sensibles lorsque le département a la responsabilité de grands ouvrages d'art et lorsque les ouvrages sont anciens et nécessitent une reconstruction à court ou moyen terme. Les coûts sont par ailleurs fortement renchérissés lorsque les ponts surplombent des voies ferrées ou des canaux car SNCF Réseau et VNF leur facturent des coûts, jugés exorbitants par les collectivités, au titre de l'interruption du trafic.

D'après des éléments de l'IDRRIM (non publiés), les investissements des départements dans les ouvrages d'art dépendent fortement de leur taille : les petits départements en population ont une part de leur fonctionnement consacré à la voirie par rapport au reste du fonctionnement qui est plus importante que celle des départements plus importants en population (plus d'un million d'habitants). À l'inverse plus un département a une forte population, plus sa part d'investissement est élevée.

Pour les autres collectivités du bloc communal, la connaissance de cet état est limitée aux réponses de quelques métropoles à l'ONR et à la connaissance –ancienne- des enquêtes suite à l'ATESAT.

A 7.5. Les autres gestionnaires d'infrastructures ayant en charge des ponts routiers et des ouvrages de rétablissements⁴⁴

Les gestionnaires de ponts routiers ne se limitent pas aux gestionnaires d'infrastructures routières : SNCF réseau et Voies Navigables de France (VNF) sont aussi gestionnaires de certains ponts routiers qui passent au-dessus des voies ferrées ou des voies navigables.

Selon une jurisprudence constante du Conseil d'État, le principe général est que sauf dispositions contraires, par exemple conventionnelles, le propriétaire du pont est celui de la voie portée par celui-ci. La loi « Didier » de 2014⁴⁵ y a apporté des modifications majeures. Sans remettre en cause le principe de propriété du pont, elle stipule que, pour les ponts de collectivités passant au-dessus de

⁴⁴ Appelés couramment ponts de raccordements

⁴⁵ Loi n°2014-774 du 7 juillet 2014

réseau géré par l'État ou par ses opérateurs, une convention spécifique doit être établie en prévoyant un partage des coûts.

Le ministère de la transition écologique a lancé un recensement de ces ouvrages auprès des collectivités locales. Ce recensement a été clos en juillet 2020⁴⁶. Il a permis d'identifier 9 480 ouvrages de rétablissement non conventionnés : 4 168 surplombent une voie du réseau ferré national, 2 895 surplombent une voie navigable du domaine public fluvial de l'État et 2 417 surplombent une voie du réseau routier national non concédé.

A 7.5.1. SNCF Réseau

SNCF Réseau est un très grand gestionnaire de ponts : en effet elle gère 32 000 « ponts rails » sur lesquels les trains circulent et environ 10 000 « ponts routes » dont les 4 168 ponts de raccordement, tout en priorisant dans sa gestion les ponts rails pour des raisons de sécurité du trafic ferroviaire

SNCF Réseau dispose des compétences requises pour gérer ces ponts routes avec son propre référentiel de suivi. Néanmoins ses compétences sont essentiellement tournées jusqu'à présent vers les ponts rails qui sont de types différents des ponts routes (beaucoup plus de ponts métalliques).

L'enjeu pour SNCF Réseau est surtout la prise en compte des charges induites dans le nouveau contrat de performance 2020-2027.

A 7.5.2. VNF

VNF est, avec des moyens beaucoup plus modestes, confronté à une difficulté financière relativement encore plus importante que SNCF Réseau pour ses 2 885 ponts de raccordement. Ceux situés sur des voies qui reçoivent du fret fluvial ou des voies touristiques comme le canal du Midi ou comportant une forte dimension patrimoniale sont particulièrement sensibles.

VNF a l'intention de confier au CEREMA le recensement et les inspections de ces ouvrages.

⁴⁶ Arrêté du 22 juillet 2020 fixant la liste des ouvrages de rétablissement non conventionnés

Annexe 8. Les métiers de l'ingénierie de la maintenance des ouvrages d'art : le référentiel IMGC

Nous mentionnons le travail réalisé par l'IMGC pour définir un référentiel de l'ingénierie de la maintenance. L'association IMGC (Ingénierie de Maintenance du Génie Civil qui regroupe 31 bureaux d'étude spécialement dédié à la maintenance (cf.3.3.1 Les bureaux d'études)) a réalisé ce travail dans l'objectif d'aider les maîtres d'ouvrage à clarifier leurs commandes de prestations de service dans le domaine de la gestion des ouvrages d'art et d'éviter chevauchement de missions, incohérences et manques de continuité. Ce référentiel est en fait applicable aussi lorsque ces missions sont internalisées par le maître d'ouvrage, ce qui le rend particulièrement intéressant.

Il est rendu public sur le site internet de l'IMGC (http://www.imgc.fr/publications_imgc.php) .

Il comprend 15 missions décrites chacune par une fiche. Les missions sont regroupées en quatre thèmes :

Tableau 11 : Missions du référentiel IMGC

Thème	Fiche mission	
	Code	Intitulé
1. Surveillance et diagnostic	M11	Recensement
	M12	Visite d'évaluation
	M13	Inspection détaillée
	M14	Diagnostic de génie Civil
	M15	Surveillance renforcée
2. Maîtrise d'œuvre études	M21	Étude préliminaire
	M22	Étude d'avant-projet
	M23	Étude Projet
	M24	Dossier de consultation des entreprises
	M25	Analyse des offres
3. Maîtrise d'œuvre travaux	M31	Contrôle des études d'Exécution
	M32	Direction de l'exécution des travaux
	M33	Aide aux opérations de réception
4. Assistance technique et contrôle extérieur	M40	Contrôle extérieur
	M50	Visite d'expert

Comme indiqué au paragraphe précédent (1.4) les recensements(M11) pourront être effectués en interne par un chargé de gestion ouvrages d'art, les visites d'évaluation (M12) par un inspecteur ouvrages d'art, les inspections détaillées périodiques(M13) par un ingénieur chargé d'études ouvrages d'art. Les missions de maîtrise d'œuvre d'études et de travaux sont à mener par les ingénieurs de maîtrise d'œuvre correspondants. Ces missions peuvent ou non être externalisées. En général, les missions de diagnostic génie civil (M14), surveillance renforcée (M15) et de celles d'assistance technique et contrôle extérieur sont externalisées.

Les missions de surveillance et de diagnostic sont en correspondance avec celles décrites dans l'ITSOA.

Les missions de maîtrise d'œuvre études et travaux sont en correspondance avec la répartition des missions décrites dans la loi MOP⁴⁷ :

Tableau 12 : Comparaison référentiel IMGC loi MOP

Référentiel IMGC		Loi MOP
M21	Étude préliminaire	ESQ (esquisse)
M22	Étude d'avant-projet	AVP
M23	Étude Projet	PRO
M24	Dossier de consultation des entreprises	ACT phase 1
M25	Analyse des offres	ACT phase 2
M31	Contrôle des études d'Exécution	VISA
M32	Direction de l'exécution des travaux	DET
M33	Aide aux opérations de réception	AOR

Pour la suite du rapport nous nous baserons sur ce référentiel pour décrire les différentes missions à réaliser pour la maintenance (surveillance et entretien) et la réparation des ouvrages d'art.

⁴⁷ La loi n° 85-704 du 12 juillet 1985 relative à la maîtrise d'ouvrage publique et à ses rapports avec la maîtrise d'œuvre privée, dite loi MOP est une loi française qui met en place, pour les marchés publics, la relation entre maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre

Annexe 9. Les moyens de l'État

A 9.1. Les entités impliquées

Au sein de l'État, les personnels travaillent sur les ouvrages d'art dans différents organismes :

- dans les DIR qui assurent la gestion et l'exploitation du réseau routier national non concédé ainsi que des fonctions de maîtrise d'œuvre pour les investissements sur les routes,
- au CEREMA qui travaille en plus de l'État pour les collectivités locales, les sociétés d'autoroutes, Voies Navigables de France,
- à l'UGE (ex IFSTTAR) dans des postes de recherche,
- dans quelques postes en administration centrale à la DGITM,
- dans les services de maîtrise d'ouvrage (SMO) des DREAL qui assurent la maîtrise d'ouvrage des travaux neufs sur le réseau routier national non concédé avec quelques spécialistes mais qui ne travaillent pas sur les aspects maintenance et réparation.

Le rôle du CEREMA est tout à fait central dans le dispositif d'entretien, de maintenance et de réparation des ponts et des murs ; en effet, ses spécialistes et experts

- apportent leur assistance technique pour presque tous les maîtres d'ouvrage (inspections, diagnostics, maîtrise d'œuvre),
- participent à des actions de normalisation et de certification,
- réalisent des guides méthodologiques (y compris ceux de l'IDRRIM pour une très large part),
- diffusent les connaissances techniques (animation de clubs, COTITA par exemple),
- pilotent des actions de recherche et développement et de soutien à l'innovation, (développement de techniques d'auscultation, d'essais, de contrôles non destructifs, développement de techniques d'instrumentation, interventions sur les ouvrages d'art à enjeux) sans oublier le soutien des entreprises à l'international,
- développent et maintiennent des logiciels de gestion d'ouvrage d'art,
- réalisent des méthodologies de gestion de patrimoine,
- interviennent pour la gestion de risque particuliers (sismiques, hydrauliques ,...).

A 9.2. L'évaluation des compétences actuelles dans les services de l'État

Il n'existe pas de recensement exhaustif des agents de l'État et de leurs compétences. Il existe certes des bases de données permettant d'évaluer les compétences mais leur champ d'application est partiel.

A) Le comité de domaine ouvrages d'art : la base de données SIREINES recense les qualifications ingénieurs du comité de domaine Ouvrages d'art⁴⁸, hors compétences en géotechnique, pour les DIR et le réseau scientifique et technique du ministère.

La base de données SIREINES donne le recensement suivant :

⁴⁸ Au sein du ministère le comité des domaines ouvrages d'art évalue les compétences techniques des agents qui le sollicitent pour la délivrance de la qualification de spécialiste ou d'expert. Les qualifications sont de trois niveaux : spécialistes, experts, experts internationaux. Cette démarche est personnelle, non obligatoire et n'a d'importance que pour certains corps de l'État (techniciens, ingénieurs des travaux publics de l'État) à certains moments de leur carrière (promotion ou prime spécifique) ce qui explique que ce recensement ne soit pas exhaustif et il faudrait, pour la bonne gestion des compétences, pouvoir évaluer tous les agents concernés.

Tableau 13 : recensement des qualifications Ouvrages d'art valide au 31 décembre 2020

	Totaux	Expert International	Expert	Spécialiste
Catégorie A	77	20	26	31
Catégorie B	27	0	11	16
TOTAUX	104	20	37	47
Dont en DIR	8	0	2	6
Dont CEREMA	68	12	24	32
Dont RST Hors CEREMA	20	7	6	7

On remarque qu'il n'y a aucun expert international en DIR et seulement deux experts.

Le nombre de personnes réellement qualifié est sous-estimé puisque le recensement ne se fait qu'après une démarche personnelle de la personne recensée.

En conséquence, pour avoir une vision plus générale, nous avons analysé les données de la base SIREINES pour les agents ayant reçu une qualification du comité de domaine ouvrages d'art entre 2011 et 2020. Toutes ces qualifications ne sont donc pas encore valides et certains de ces agents ont certainement quitté le ministère mais il nous semble que cela donne une idée du vivier général. En effet, au bout de dix ans tous ceux qui sont des spécialistes ou experts ont été amenés à se faire référencer.

- Il y a eu 219 agents recensés⁴⁹ entre 2011 et 2020 (voir graphique ci-dessous).
- 26 d'entre eux sont nés entre 1956 et 1960 (et devraient donc partir à la retraite dans les cinq ans).
- 25 d'entre eux sont nés entre 1961 et 1965 (et devraient donc partir à la retraite dans les dix ans).

⁴⁹ Nous avons enlevé les agents qui étaient nés en 1955 ou antérieurement.

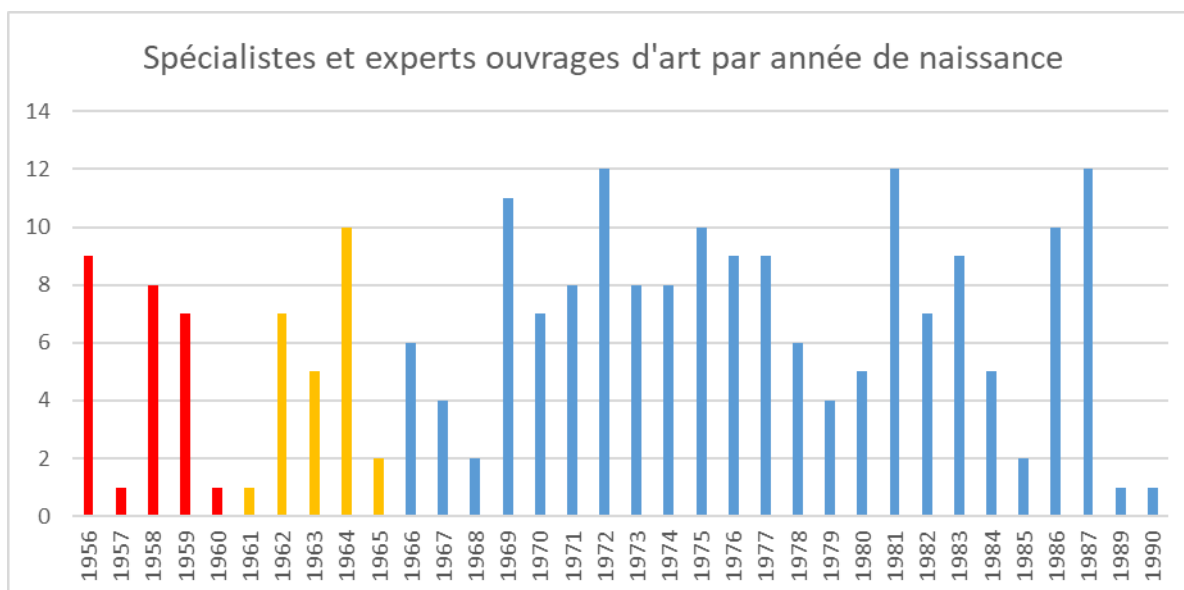


Figure 8 Spécialistes et experts ouvrages d'art par année de naissance

B- Le CEREMA : la base de référencement COMETE recense les compétences des spécialistes et experts de ses agents dans de larges domaines : matériaux, équipements de ponts, assistance à la gestion patrimoniale (méthodes, diagnostic et suivi), assistance travaux, études de réparation ainsi que les agents du domaine « géotechnique ». COMETE recense des niveaux « juniors », « confirmés » et « référents ».

Ce recensement comprend toutes les personnes ayant fait état d'au moins une compétence dans le domaine « Ouvrages de réseau d'infrastructures » (appelé ORI). Ce recensement est exhaustif et comprend donc aussi des personnes dont l'activité principale ne porte pas sur les ouvrages d'art. En 2018, 339 personnes étaient recensées dans ORI. Pour 262 d'entre elles ce domaine était leur activité principale.

Le CEREMA distingue dans son activité ouvrages d'art deux secteurs « Gestion des patrimoines » et « Techniques et méthodes » :

Le secteur « Gestion de patrimoines »⁵⁰, compte actuellement environ 160 ETP (équivalent temps plein hors encadrement) et 165 agents exercent leur métier principal (plus de 50 % de leur activité) dans ce secteur. Le chiffre d'affaire actuel du secteur est de 16,1 M€ dont 3,8 M€ de recettes externes.

Le secteur « Techniques et Méthodes » compte actuellement 140 ETP (équivalent temps plein hors encadrement) et 122 agents exercent leur métier principal (plus de 50% de leur activité) dans ce secteur. Le chiffre d'affaire actuel est de 11,7 M€ dont 5,0 M€ de recettes externes (+ 0,56 en maritime et portuaire).

Il y avait donc 300 ETP sur le domaine ouvrages d'art en 2019 au CEREMA. Ces agents du CEREMA ne sont pas tous pour autant des spécialistes ou experts au sens du comité de domaine ouvrages d'art.

Le CEREMA propose d'augmenter d'ici à deux ans le secteur « gestion du patrimoine » à 170 ETP (hors management) pour atteindre 4 M€ de recettes externes et de conserver d'ici à deux ans le nombre d'agents sur le secteur « techniques et méthodes ».

⁵⁰ Selon des notes internes du CEREMA qui nous ont été transmises

C- Les directions interdépartementales des routes (DIR) : il n'y a pas de connaissance actualisée des spécialistes ouvrages d'art dans les DIR. Le dernier sondage étant celui réalisé par la MARRN en 2014-2015 : Il faisait état de 165 ETP A et B consacrés aux ouvrages d'art.

Nous n'avons pas fait de sondages auprès des DIR : néanmoins des inspections de service récentes dans deux d'entre elles (DIR Ouest en 2019 et DIR Massif Central en 2020) montrent qu'elles sont conscientes du problème :

- La DIR Ouest dont les effectifs de maîtrise d'œuvre ont diminué de près d'un tiers passant d'un total de 90 agents présents en 2012 à 68 en janvier 2019 mène la fusion de ses deux SIR de Nantes et Rennes. Le SIROA de Nantes menait déjà les opérations ouvrage d'art pour toute la DIR. Il a été demandé à la DREAL-SMO de procéder à des appels d'offre de maîtrise d'œuvre pour les projets neufs d'ouvrage d'art.
- La DIR Massif Central se prépare aussi à externaliser la maîtrise d'œuvre pour les marchés d'ouvrages d'art.

Les deux DIR constatent que le personnel spécialisé est le facteur limitant et non les crédits.

D-Administration centrale du ministère de la transition écologique : y figurent quelques spécialistes : dans la sous-direction GRT (routes nationales non concédées) un chargé d'étude ouvrages d'art (catégorie A) à 100 % ; dans la sous-direction GCA (autoroutes concédées) un expert ouvrages d'art en charge de la mission "fin de concession" et un chargé de domaine en ouvrages d'Art, expert international.

L'inspecteur général ouvrages d'art à la MARRN⁵¹ contribue aux différents projets d'entretien du RRN non concédé : politique innovante, comité de pilotage, expertise particulière. Il intervient pour les autoroutes concédées. Le fait qu'il n'y en ait plus qu'un rend le système fragile et sa disponibilité aux différentes sollicitations plus hasardeuse.

E-Université Gustave Eiffel : dans l'ex-IFSTTAR les effectifs du département matériaux et structures qui couvre le domaine des chaussées et du génie civil ont diminué sur les dernières années⁵² et atteignait 128 personnes au moment de la création de l'université Gustave Eiffel.

A 9.3. L'évaluation du comité des domaines du besoin en expertise dans le domaine des ouvrages d'art

Les services du ministère de la transition écologique se sont déjà interrogés au sujet des besoins en expertise dans le domaine des ouvrages d'art. La direction de la recherche et de l'innovation (DRI) du commissariat général du développement durable (CGDD) a demandé à un panel d'experts du MTES piloté par la MARRN d'estimer les besoins en matière d'expertise en ouvrages d'art pour le ministère. Une note de 2014 mise à jour en 2018 vise à définir le nombre d'experts et de spécialistes nécessaires (et non le nombre personnes travaillant sur les ouvrages d'art).

Il s'agit d'une estimation à « dire d'expert » répartis dans les quatre sous-domaines d'ouvrages d'art (matériaux, diagnostic, conception des ouvrages, gestion patrimoniale) et en distinguant les directions interrégionales des routes (DIR) et le réseau scientifique et technique.

Le rapport de 2018 a pris en compte dans son estimation la nécessité d'augmenter les ressources financières affectées à la rénovation des ouvrages (dans le rapport cette augmentation est estimée passant de 65 M€ à 90 M€, ce qui est en ligne avec le budget estimé des années 2020 à 2023. Cette augmentation se traduit par une augmentation des besoins en ressources humaines pour préparer et suivre les chantiers (Tableau 14).

⁵¹ Jusqu'en 2018 le CGEDD disposait d'IGOA (de 5 à 0 en une dizaine d'années), la dernière étant Evelyne Humbert. Depuis son départ en retraite, cette compétence n'existe plus au CGEDD.

⁵² Baisse de 28% de 2013 à 2018 pour atteindre 150 agents selon le rapport de la MARRN. La diminution a donc continué.

Tableau 14 : Les besoins en personnels (ETP) du secteur ouvrages d'art pour le réseau routier national non concédé (source: rapport interne MTE,2018)

	DIR	RST	+ Experts	Total des besoins
Matériaux	11	35	14	46S +14E
Diagnostic	22	16	11	38S+11E
Conception des ré- parations	22	33	17	55S+17E
Gestion patrimoniale	22	22	15 (dont 11 en DIRs)	44S+15E

Le total des besoins en 2018 est de 183 spécialistes et 57 experts soit 240 agents qualifiés.

La MARRN estime qu'il y a environ 200 agents confirmés ou référents au sens professionnel du terme. Elle indique qu'en conséquence, il manquerait donc environ une quarantaine d'agents pour faire face aux besoins évalués par les experts. Enfin il faudrait réaffecter les agents des DIR de l'investissement (maîtrise d'œuvre) à la gestion et réparation. Il y a donc un sujet de management (embauche, formation, réaffectation) qui n'est pas hors de portée mais qui demande de la constance.

Cette estimation de la MARRN de 200 agents confirmés est cohérente avec notre propre estimation de 219 agents nés après 1955 et ayant obtenu une qualification du comité de domaines ouvrages d'art dans les dix dernières années (compte tenu des départs en retraite, démissions ou changements de carrière).

A 9.4. Conclusion

L'estimation de la MARRN 2018 d'une quarantaine de spécialistes et d'experts qu'il faudrait recruter est sans doute la meilleure estimation. À ces quarante personnes à recruter immédiatement, il faudra ajouter le remplacement des départs naturels (25 environ sur les 5 prochaines années et autant sur les suivantes).

La mission attire l'attention sur quelques sujets :

- l'estimation de la MARRN est basée sur un budget annuel d'ouvrages d'art de 90 M€. Or le budget devrait dépasser 100 M€ en 2024 pour atteindre 144 M€ en 2027,
- la situation des compétences OA dans les DIR est imparfaitement connue ; le comité de domaines est un outil inadapté pour cet objectif ; les différentes bases de données devraient être rapprochées,
- l'externalisation des marchés d'ouvrage d'art n'est pas un acte d'achat sur étagères. Il nécessite à la fois des compétences techniques pour piloter la commande et des compétences contractuelles de pilotage des maîtrises d'œuvre qui seront à acquérir pour des agents ayant l'habitude de faire eux-mêmes la maîtrise d'œuvre ;
- le CEREMA ne prévoit pas d'augmentation substantielle de la commande venant des collectivités et du privé. Or ceux-ci auront sans doute des besoins nouveaux. Pour l'opération vers les petites communes il prévoit le recours aux bureaux d'études privés (cf. 3.2 La prise de conscience de la nécessité de mieux gérer les ouvrages d'art et le plan de relance).

Annexe 10. Les moyens des autoroutes concédées

La mission a interrogé les responsables ouvrages d'art des sociétés d'autoroutes (via l'ASFA) sur la compétence de leurs équipes dans le domaine.

Ils ont indiqué que « les ressources dédiées aux ouvrages d'art dans les sociétés d'autoroutes ne sont pas spécialisées mais plutôt polyvalentes avec une solide expérience ». Elles représentent globalement 80 personnes pour l'ensemble des sociétés.

Les responsables ouvrages d'art des sociétés d'autoroutes jugent que les métiers de la gestion et la maintenance des ouvrages d'art ne sont pas enseignés dans les formations initiales, ils requièrent donc une expérience acquise par compagnonnage ou essaimage. La pyramide des âges observée conduit à la nécessité d'un renouvellement qu'ils considèrent assez difficile à effectuer.

Il leur est difficile d'attirer des profils à potentiel, notamment chez les jeunes, la filière souffre d'un manque d'attractivité. C'est particulièrement vrai pour la partie maintenance des ouvrages. Il n'existe pas de formation de bon niveau dédiée à cette problématique.

Les grands projets nationaux (type Grand Paris, Seine Nord⁵³) attirent l'essentiel des ressources compétentes en génie civil, créant des phénomènes de pénurie.

Les sociétés prévoient un transfert des besoins en ingénierie des projets d'ouvrages neufs vers la maintenance et la réhabilitation des ouvrages constituant le patrimoine existant.

Dans les prochaines années, ces compétences de maîtrise d'ouvrage – gestion de patrimoine - devront être maintenues ou renforcées compte tenu du vieillissement des ouvrages.

Les sociétés d'autoroutes ont réussi à faire baisser sur les dix dernières années le nombre d'ouvrages en niveau 3U ou 3 avec une dépense passant de 53 M€ à 85 M€. On peut donc penser qu'elles maîtrisent le sujet. Néanmoins cette problématique devrait encore devenir plus prégnante pour plusieurs raisons :

- le vieillissement des ouvrages nécessitera une augmentation des dépenses,
- le rapprochement de la fin de concession va entraîner une nouvelle série de tests et de contrôles : c'est ainsi que les ponts de Tancarville et de Normandie dont la concession sera finie dans moins de sept ans ont subi en 2019 un audit spécifique dit de « fin de concession » visant à déterminer les travaux de mise à niveau à faire avant la remise de l'ouvrage aux concédants.

À l'échéance de 5 ans, l'audit "préalable à la fin de concession" concernera les ouvrages d'art des sociétés suivantes :

- SANEF : 1 024 000 m² en 2025
- ESCOTA : 583 000 m² en 2025

Soit au total : 1 607 000 m²

À l'échéance de 10 ans, il s'étendra aux concessions suivantes :

- SAPN : 354 000 m² en 2026
- COFIROUTE : 706 000 m² en 2027
- APRR : 1 440 000 m² en 2028
- ASF : 2 837 000 m² en 2029
- AREA : 396 000 m² en 2029

Soit au total : 5 733 000 m²

⁵³ Les ponts de raccordement de Seine <nord> représenteront une surface de 52 600m²

Ces audits seront consommateurs en temps des spécialistes ouvrages d'art, des concédants, des concessionnaires et des bureaux d'étude conseils.

Enfin des discussions contractuelles devront déterminer l'état exact des ouvrages à leur retour à l'État. Actuellement 24% d'entre eux sont dans un niveau 2E qui pourrait être jugé insuffisant par le concédant. Si un accord « vers le haut » de mise à niveau était acté, des travaux importants seraient à engager.

Annexe 11. Les moyens des Collectivités locales

Les réponses (en nombre limité, sept départements et neuf métropoles) permettent néanmoins de dessiner une organisation- type : toutes les collectivités ayant répondu disposent d'un service ouvrages d'art de trois à dix personnes (moyenne 5,6), le plus souvent dirigé par un ingénieur.

Ces services assurent en général le recensement, la surveillance, l'inspection et le suivi des diagnostics d'ouvrages d'art. Ils gèrent eux-mêmes une base de données dédiée et assurent une partie des études de projet de réparation et de maîtrise d'œuvre de travaux. Ils traitent ou sont consultés pour avis par le service qui gère directement les aspects autorisations de convois exceptionnels et participent aux instances ou réunions de planification et de coordination des chantiers.

Ils s'appuient sur le réseau des unités territoriales pour la surveillance et l'entretien courant. Dans ces unités ont été désignés des référents ou correspondants ouvrages d'art. Dans l'une des collectivités ayant répondu, un service de « travaux neufs », distinct du service ouvrage d'art, assure la maîtrise d'œuvre de travaux de réparation. D'autres unités peuvent assister le service ouvrages d'art au cas par cas.

La politique d'externalisation pour ces quelques cas est la suivante :

- Recensement des ouvrages : 0 %,
- Inspections visuelles : 0 (sauf un cas 5 %),
- Inspections détaillées : 90 à 100 %,
- Diagnostic approfondi : 90 à 100 %,
- AMO pour réparation : entre 0 % et 50 % (variable en fonction des situations),
- MOE pour études de réparation : de 10 % à 80 % (variable en fonction des situations),
- MOE pour travaux : de 0 % à 40 % (variable en fonction des situations),
- Travaux de réparation : de 95 à 100 %
- Contrôle extérieur et visite d'expert : de 50 % à 90 ou 100 %

Toutes les collectivités soulignent l'importance de conserver leurs effectifs dédiés aux ouvrages d'art ; certaines souhaitent les augmenter.

Une enquête de l'ADF que nous avons pu consulter montre que 70 % des départements estiment avoir un personnel suffisant pour gérer leur patrimoine, 21% estiment qu'ils en manquent et qu'ils ont des problèmes à recruter. Si les départements voient d'un œil favorable l'idée d'aider les communes pour leurs ouvrages à 72 %, ils soulignent la nécessité de renforcer pour cela leurs équipes. Ils indiquent aussi qu'ils auraient besoin de recruter pour aider les communes.

Ces réponses-trop partielles- ne permettent pas de déterminer les besoins en terme de personnel mais elles dessinent un paysage où le vieillissement des ponts, l'aide aux communes vont accentuer les difficultés de recrutement tant au niveau des collectivités que de leurs sous-traitants puisqu'une grande partie des tâches de maintenance et d'entretien des ouvrages d'art leur est attribuée.

Annexe 12. Programme de cours de master de Maintenance Construction sécurité de l'École polytechnique fédérale de Lausanne

ENAC – Faculté environnement naturel, architectural et construit

MCS MAINTENANCE
CONSTRUCTION
SÉCURITÉ
INSTITUT D'INGÉNIERIE CIVILE

EPFL

Structures existantes I : Examen et interventions – *Bases*

Professeur Eugen Brühwiler



Immeuble d'habitation à Morges (1971)



Viaduc de Chillon: Intervention BFUP armé (2014/15)

Polycopié destiné aux étudiants de la Section de Génie Civil
CIVIL – 436, Master MA1 (ou MA3)
Lausanne, septembre 2019

STRUCTURES EXISTANTES – Examen et interventions : Bases

Planning automne 2019

Mardi : cours / applications et questionnaires 13h15 – 16h

Salle PO01

Assistant: Philippe Schiltz

<i>Sem.</i>	<i>Date</i>	<i>Cours ex-cathedra</i>	<i>Applications et questionnaires</i>
1	17 sept.	Ingénierie en structures existantes: Patrimoine construit, démarche systématique, valeurs des ouvrages, exigences, terminologie.	A1 – Valeurs culturelle et matérielle d'un immeuble
2	24 sept.	Examen d'une structure : Principe et approche, concept de vérification, actualisation des actions.	A2 – Examen d'une structure de pont: effets des actions
3	01 oct.	Examen d'une structure: Actualisation des résistances (matériaux et modèles), vérification de la sécurité structurale.	A3 – Examen d'une structure de pont: résistances et vérifications
4	08 oct.	Examen d'une structure: actualisation par analyse semi-probabiliste, niveau de sécurité requis	A4 – Vérification semi-probabiliste
5	15 oct.	Détérioration du béton armé: Exposition, corrosion d'armature en présence de chlorures et dans le béton carbonaté	A5 – Courbes de détérioration
6	22 oct.	Détérioration du béton armé: Fissuration et effet sur la durabilité, effet du gel, réaction-alcali-granulat ; A6 – Probabilité de dépassement des armatures.	QUESTIONNAIRE 1
7	29 oct.	Examen d'une structure: inspection selon une approche risque, évolution de l'état	Examen écrit 1 (13h15 – 14h00)
8	05 nov.	Auscultation I: Caractérisation des propriétés du béton d'enrobage (perméabilité, épaisseur, résistivité), mesure du potentiel électrochimique.	<i>Démonstrations d'essais d'auscultation du béton d'enrobage *</i>
9	12 nov.	Remise en état du béton armé: Repassivation, protection de surface.	A7 – Remise en état du béton armé
10	19 nov.	Méthodes de renforcement: introduction, principes	<i>Discussion : valoriser ou remplacer une structure existante ?</i>
11	26 nov.	Eléments de structure composés de BFUP armé et béton armé	A8 – Élément composé BFUP / béton: résistance à la flexion
12	03 déc.	Armatures additionnelles: lamelles collées	A9 – Lamelle collée en fibres de carbone
13	10 déc.	Proportionnalité d'une intervention: actions accidentelles, rapport coûts-bénéfice ; A10 – Proportionnalité d'interventions sur des ponts	QUESTIONNAIRE
14	17 déc.	Examen écrit 2 (13h15 – 15h00)	

* donné par le Dr E.Denarié



Section de Génie Civil
Cours CIVIL-476

Structures existantes: Examen et interventions – *Chapitres choisis*

Professeur Eugen Brühwiler



Cours destiné aux étudiants Master 2 et 4
de la Section de Génie Civil

Polycopié

Lausanne, février 2020

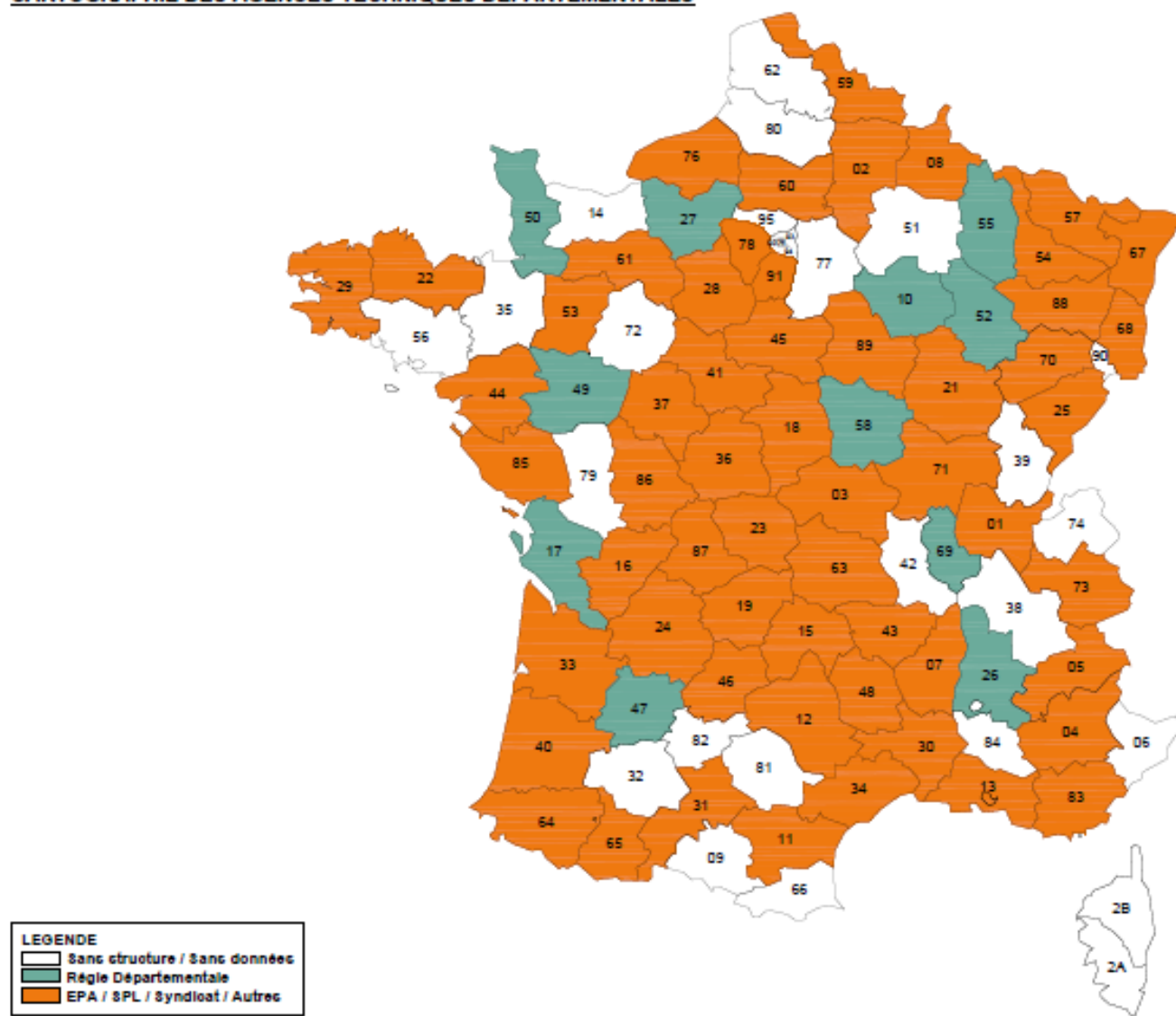
Structures Existantes – Chapitres choisis	Printemps 2020
mardi : cours / exercice 13 – 16 h	Salle GC C3 30

Assistant: Philippe Schiltz

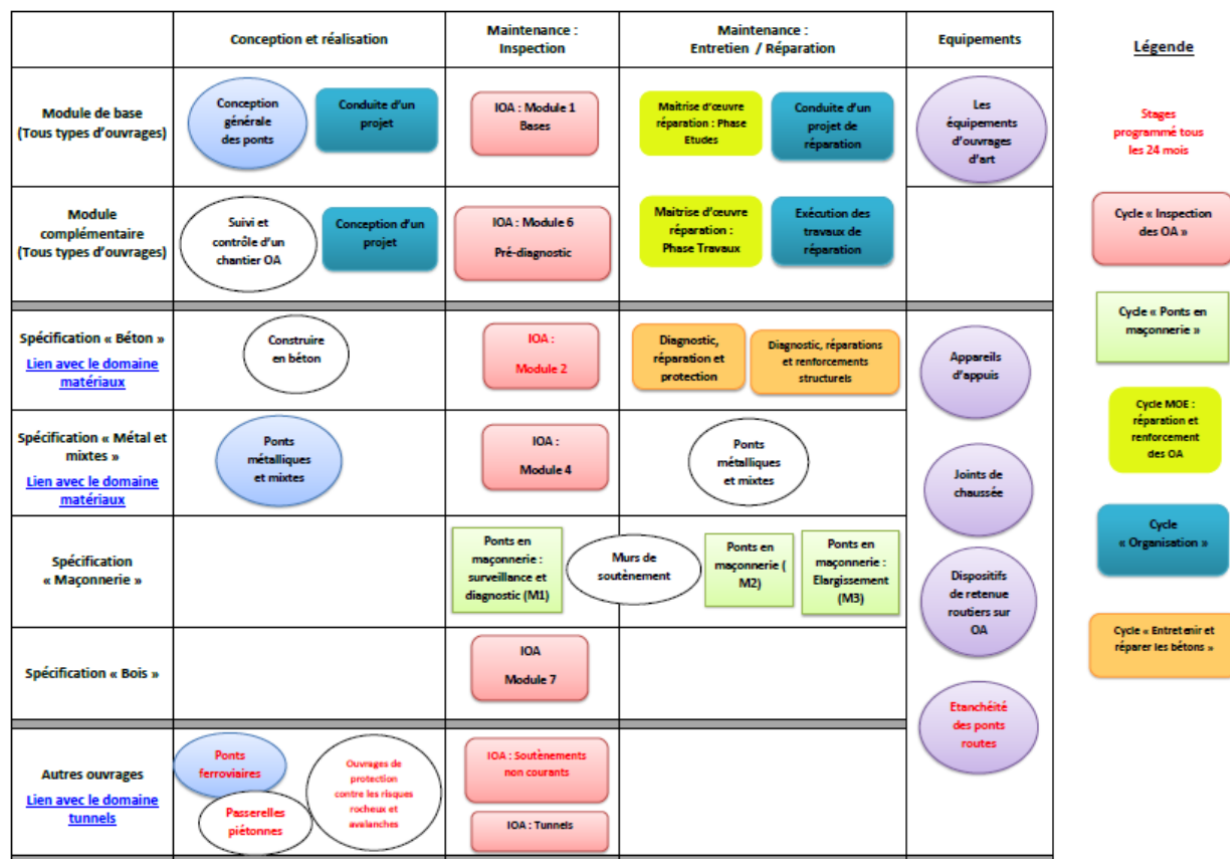
	Date	Cours ex-cathedra (13h15 – 15h00):	Etude encadrée (15h15 – 16h00):
1	19 février	Chapitre 1: Introduction: approche de valorisation des ouvrages; examen détaillé et interventions; aspects économiques des interventions	A1: Programme d'intervention et aspects économiques
Bloc 1: Actualisation d'effets des actions			
2	26 février	Chapitre 2: Actualisation d'actions permanentes: auscultation d'ouvrages massifs par le géoradar; analyse de mesures; actualisation du facteur de charge pour les actions permanentes	A2: Résultats d'essais in-situ et charges permanentes actualisées
3	05 mars	Chapitre 3: Actualisation de charges de trafic: monitoring de l'effet des actions du trafic routier; vérification de la sécurité structurale sur la base d'un monitoring	A3: Valeur d'examen d'une dalle d'un bâtiment industriel
Bloc 2: Comportement structural			
4	12 mars	Chapitre 4: Comportement global: réponse structurale d'une structure existante; vérification de la sécurité structurale d'une dalle de bâtiment au moyen d'un essai de charge et d'une analyse de la structure	A4: Monitoring et effets d'action: moment ultime d'une dalle et effort tranchant d'une poutre
5	19 mars	Chapitre 5: Comportement à l'Etat Limite Ultime: plasticité du béton armé et mécanismes de rupture; rupture due à l'action dynamique; capacité portante de voûtes en maçonnerie de pierre naturelle	Questionnaire 1
6	26 mars		A5: Résistance ultime d'une poutre précontrainte: méthode statique et cinématique
7	02 avril	Examen écrit 1 (13h15-14h00)	
8	09 avril	Chapitre 6: Comportement à la fatigue: fatigue d'éléments en béton armé; vérification au moyen d'un monitoring; calcul du cumul du dommage de fatigue; mécanique de la rupture linéaire-élastique	A6: Vérification de la sécurité à la fatigue: Vérification 1) par rapport à la limite de fatigue; 2) en utilisant la Mécanique de la rupture
9	16 avril	Questionnaire 2	
Bloc 3: Interventions pour améliorer les structures			
10	30 avril	Chapitre 7: Interventions au CFUP armé: concepts d'intervention et présentation de projets en cours, augmentation de la résistance ultime à la flexion et à l'effort tranchant, augmentation de la résistance à la fatigue d'éléments en béton armé	A7: Renforcement à la fatigue d'une dalle de pont au moyen du CFUP armé
11	07 mai		A8: Renforcement d'un tablier de pont au moyen du CFUP armé
12	14 mai		Questionnaire 3
13	21 mai	Chapitre 8: Interventions au moyen de la précontrainte additionnelle	A9: Tablier de pont renforcé au moyen d'une précontrainte extér.
14	28 mai	Examen écrit 2 (13h15-15h00)	

Annexe 13. Cartographie des agences techniques départementales en 2019 (source ATD)

CARTOGRAPHIE DES AGENCES TECHNIQUES DEPARTEMENTALES



Annexe 14. Programme de formation Ouvrages d'art de PFC



Annexe 15. Bibliographie

1) Le CEREMA a pour vocation de diffuser de la documentation de référence qu'on peut trouver gratuitement sur son site : <https://www.cerema.fr> Les versions numériques sont gratuites.

L'ouvrage de référence est :

Instruction Technique pour la Surveillance et l'Entretien des Ouvrages d'Art (ITSEOA)

(publiée initialement en 1979 par le SETRA puis mise à jour et complétée par le CEREMA en 2010),

Elle comprend quatre fascicules :

- *Fascicule 0 : Dispositions générales pour tous les ouvrages*
- *Fascicule 1 : Dossier d'ouvrage ;*
- *Fascicule 2 : Généralités sur la surveillance ;*
- *Fascicule 3 : Auscultation, surveillance renforcée, haute surveillance, mesure de sécurité immédiate ou de sauvegarde.*

Cette instruction technique très détaillée est applicable au réseau routier national. Elle peut servir de référentiel pour les autres maîtres d'ouvrage.

Afin de permettre aux communes de s'approprier la démarche ce référentiel d'une façon simplifiée le CEREMA a publié en 2018

« *Surveillance et entretien courant des ouvrages d'art routiers Guide technique à l'usage des communes* ».

Sur le site du CEREMA sont publiés de nombreux autres guides techniques.

2) L'IDRRIM publie aussi sur son site <https://www.idrrim.com/> de nombreux documents de référence.

On citera en particulier sur le sujet des ouvrages d'art le guide pratique publié par l'IDRRIM en juin 2018 :

- « *Inspection détaillée des ouvrages d'art : Comment réussir sa commande ?* »

Sur le même site sont publiées les enquêtes annuelles de l'Observatoire National de la Route que nous avons abondamment utilisées et qui constituent pratiquement la seule source de connaissance nationale sur les routes et les ouvrages d'art routier.

« *Rapport de l'Observatoire national de la route 2019* » (et des années antérieures)

3) Sur le site de l'IMGC <https://www.idrrim.com> on trouvera aussi des publications utiles parmi lesquelles :

- « *Notice d'aide à la décision : le référentiel de l'ingénierie de la maintenance* ».
- « *Monsieur le Maire, que faites-vous pour la maintenance de vos ouvrages ?* » carnets d'entretien des ponts, des murs de soutènement, des ouvrages de génie civil » Ces guides pratiques ont été publiés en partenariat avec la F.N.T.P. et le STRRES.

4) Le STRRES publie aussi des guides techniques sur son site : <http://www.strres.org>

C'est ainsi qu'il a publié des guides pour les entreprises sur la réparation des ouvrages d'art, (en partenariat avec l'IDDRIM) pour tenir en compte de l'évolution des techniques et les nouvelles normalisations.

Annexe 16. Allemagne

Ambassade de France en Allemagne

Berlin, le 29 juillet 2020

Service économique Régional de Berlin

Allemagne | Étude sur les capacités d'entretien et la rénovation des ponts routiers et des murs de soutènement routiers

Éléments locaux de contexte du pays questionné :

Le terme *Bundesfernstraßen* regroupe en Allemagne tant les autoroutes (*Autobahnen*) que les routes fédérales (*Bundesstraßen*). Nous le traduirons en français par « réseau routier fédéral ».

Le réseau autoroutier n'est que très faiblement concédé en Allemagne (les concessions ne concernent qu'environ 1000km sur les 13 000km que compte le réseau).

Un institut fédéral de recherche dédié aux routes (*Bundesanstalt für Strassenwesen*) a été créé en 1951 à Cologne sous la tutelle du ministère fédéral des transports. Il compte aujourd'hui 400 employés, est doté d'un budget annuel de 49M€ et conduit chaque année 250 projets recherche en propre.

Actuellement, l'administration du réseau autoroutier est financée et commandée par le gouvernement fédéral, mais est assurée de manière décentralisée par les différents Länder. A la faveur d'une modification de la loi fondamentale votée en 2017 *Infrastrukturgesellschaftserrichtungsgesetz* – InfrGG, le gouvernement fédéral, en tant que propriétaire des autoroutes, assumera lui-même la planification, de la maîtrise d'œuvre, de l'exploitation, de l'entretien et du financement des autoroutes à partir du 1er janvier 2021 par le biais de la Société de gestion des autoroutes (*Infrastrukturgesellschaft Autobahnen GmbH* – IGA). Créée le 13 septembre 2018 avec son siège social à Berlin, elle recouvre la forme juridique d'une société à responsabilité limitée dont l'État est l'unique actionnaire (il n'est constitutionnellement pas autorisé à vendre ses parts). En parallèle est créée une nouvelle autorité fédérale, l'Agence du réseau routier fédéral (*Fernstraßen-Bundesamt* – FBA) - le terme *Fernstraße* comprenant les autoroutes et les routes fédérales. Créée le 1er octobre 2018 avec son siège social à Leipzig, celle-ci sera en charge des procédures de consultation et d'autorisation et jouera un rôle d'autorité de contrôle de l'IGA.

Q1/-Données disponibles et communicables

Nombre de ponts, de murs, de talus

Le réseau routier fédéral comprend actuellement 39 818 ponts d'une superficie totale de plus de 30 millions de m² et d'une longueur totale de plus de 2 100 km. Les actifs d'investissement de ces ponts s'élèvent à plus de 75Md€ auxquels s'ajoutent 66 000 ponts routiers municipaux.

Répartition de ces ouvrages par maîtres d'ouvrages

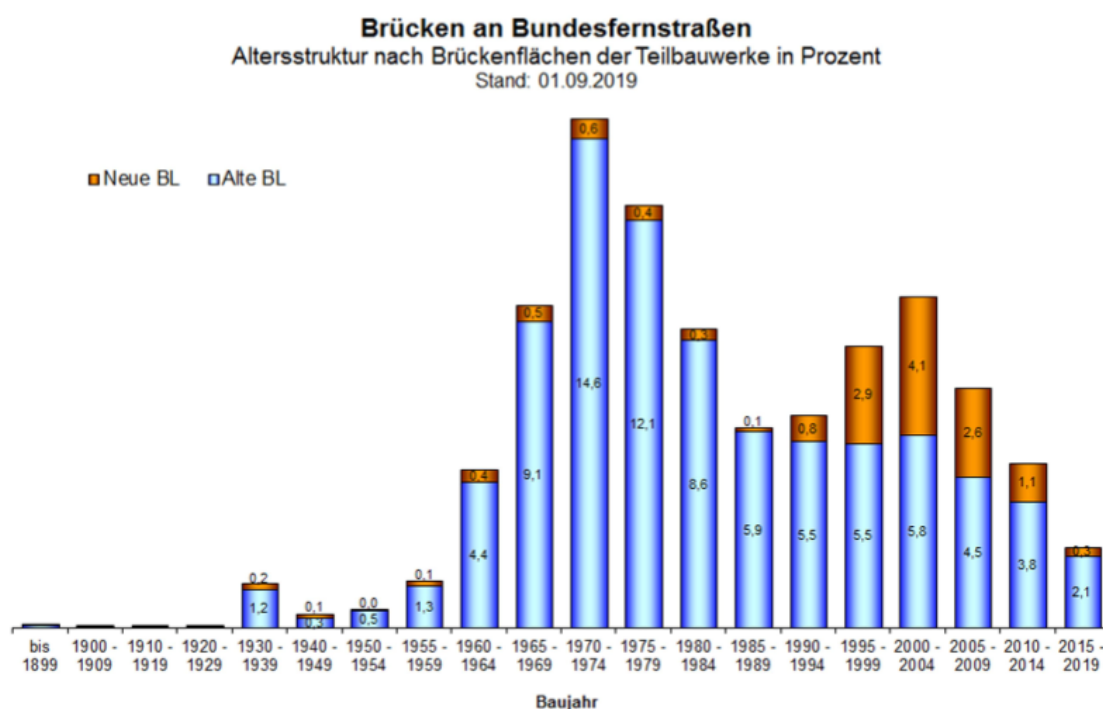
Type d'ouvrages : ponts (métal et mixtes, béton armé, béton précontraint, buses métalliques, buses en béton, maçonnerie), murs (...)

De nombreux ponts ont été construits entre 1965 et 1985, en particulier presque tous les grands viaducs de l'Allemagne de l'Ouest. Dans l'ex-Allemagne de l'Est, les nouveaux ponts ont été principalement construits après la réunification.

Toutefois, l'augmentation significative du trafic de poids lourds au cours des dernières décennies et la structure par âge des infrastructures rendent nécessaires des mesures d'entretien et de modernisation.

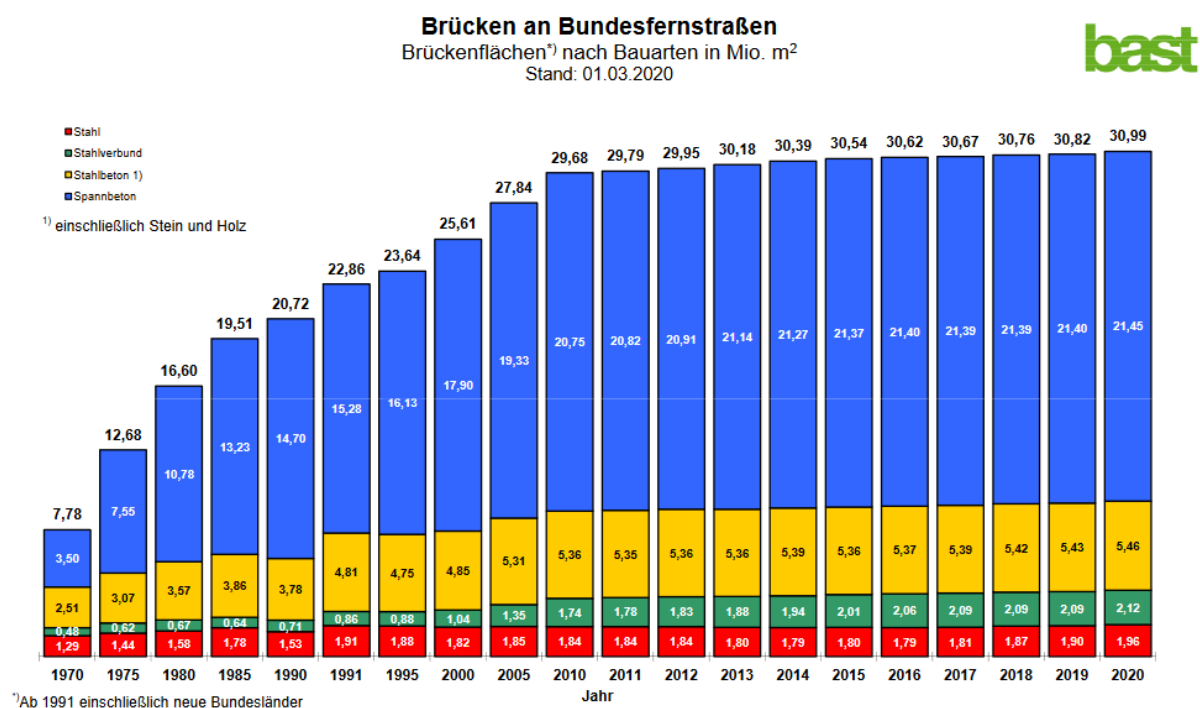
La majeure partie des ponts est constituée de béton armé et précontraint. En termes de surface, 70% des ponts des grands axes routiers fédéraux sont en en béton précontraint, 17% en béton armé, 7% en acier composite et 6% en acier. Les ponts en pierre et en bois jouent un rôle mineur dans le réseau routier fédéral.

Structure d'âge des ponts par rapport à la superficie



Traduction : Neue BL = États fédérés de l'ancienne Allemagne de l'Est (RDA) ; Alte BL = États fédérés de la RFA

Répartition par type d'ouvrage



Traduction : Stahl = acier ; Stahlverbund = acier composite ; Stahlbeton = béton armé ; Spannbeton = béton précontraint

Procédures de surveillance et d'entretien courant des ouvrages

La rénovation des ponts se concentre en particulier sur l'adaptation des structures existantes aux exigences modifiées et accrues en matière de coefficient de sécurité. En fonction de la faisabilité technique et de l'efficacité économique, les structures sont soit modernisées ou renforcées en plus de l'entretien habituel, soit détruites et remplacées par une nouvelle structure. Afin de pouvoir évaluer la viabilité future d'un pont en termes d'entretien, deux paramètres sont utilisés : le classement en fonction d'une note d'état (*Zustandsnote*) et l'évaluation du coefficient de charge (*Traglastindex*). Alors que la note d'état évalue une structure selon des critères externes visuels et relatifs à la stabilité, la sécurité du trafic et la durabilité, l'indice de charge évalue les propriétés structurelles d'un pont. Pour l'essentiel, l'évaluation se fait au moyen d'une comparaison objectif/réel de la capacité portante requise et de la capacité portante existante d'un pont. Ces deux paramètres ne sont donc pas nécessairement corrélés.

- Évaluation avec la note d'état (*Zustandsnote*)

Les ponts sont soumis à un contrôle selon la norme DIN 1076 tous les 6 ans et effectué par des ingénieurs expérimentés et spécialement formés à l'inspection de ce type de structure.

À partir de toutes les évaluations des dommages subis par une structure, une note d'état est attribuée à l'ensemble de la structure et est déterminée automatiquement à l'aide d'un algorithme fixe. Elle tient lieu d'instrument de mesure de l'état de conservation de la structure. Une note allant de 1 (très bon état) à 4 (état insatisfaisant) est attribuée. Une note comprise entre 3,0 et 3,4 (état structurel inadéquat) ne signifie toutefois pas nécessairement à établir que l'utilisation de la structure doit être limitée, mais indique que des travaux de rénovation doivent être rapidement entrepris. Une note de 3,5 ou moins décrit un « état structurel insatisfaisant » correspondant à l'indication « la stabilité et/ou la sécurité du trafic sont considérablement réduites ». Cette note peut également être attribuée en raison de l'absence de barres de treillis dans le garde-corps (= manque de sécurité routière) ou faire référence à un grand nombre de dommages entraînant une perte de durabilité (par exemple, un écaillage important du béton, une étanchéité défectueuse, des dommages dus à la corrosion) sans mettre en danger la stabilité de la structure.

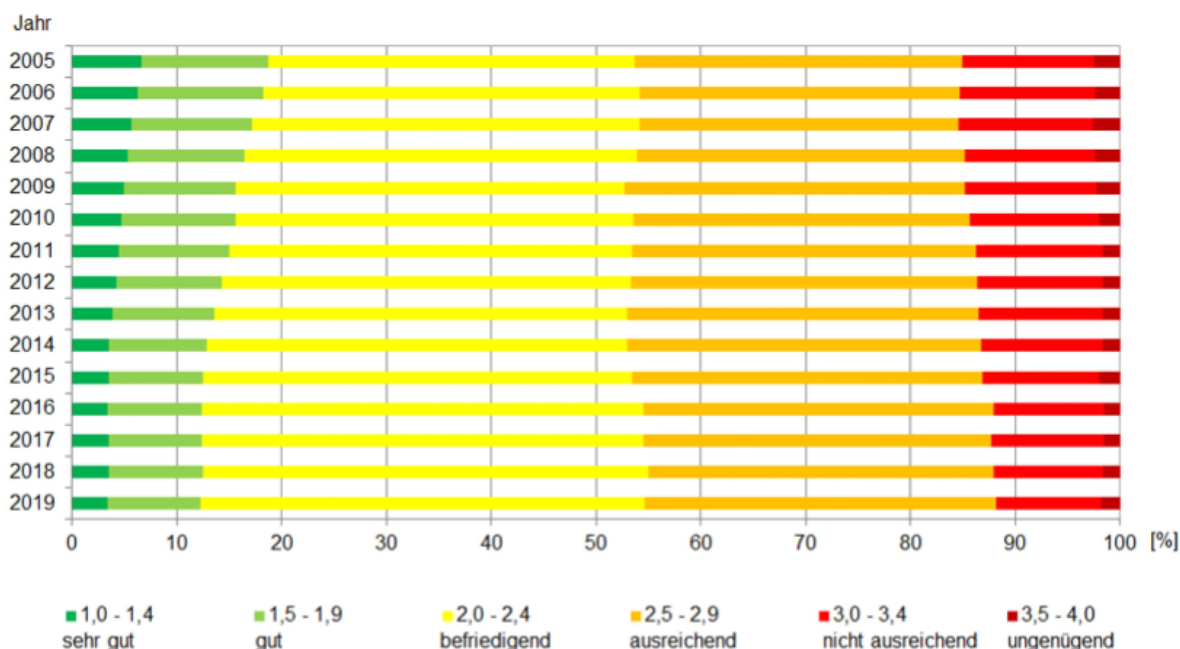
L'évolution de l'état des ponts sur les grands axes routiers fédéraux depuis 2005, a montré que, bien que la proportion de ponts classés « très bon » et « bon » n'ait cessé de diminuer, passant d'environ 18% à environ 13% entre 2005 et 2019, la tendance négative a été interrompue ces dernières années. La part de ponts jugés « insatisfaisants » et « insuffisants » a pu être réduite d'environ 15% à moins de 12%. L'évolution positive depuis 2015 peut être attribuée au programme de rénovation des ponts et à l'augmentation des investissements et des travaux dans les Länder (cf détails Q3).

Répartition de l'évaluation de l'état des ponts du réseau routier fédéral en fonction de la proportion de la surface des ponts

Brücken an Bundesfernstraßen

Zustandsnoten nach Brückenflächen der Teilbauwerke in Prozent

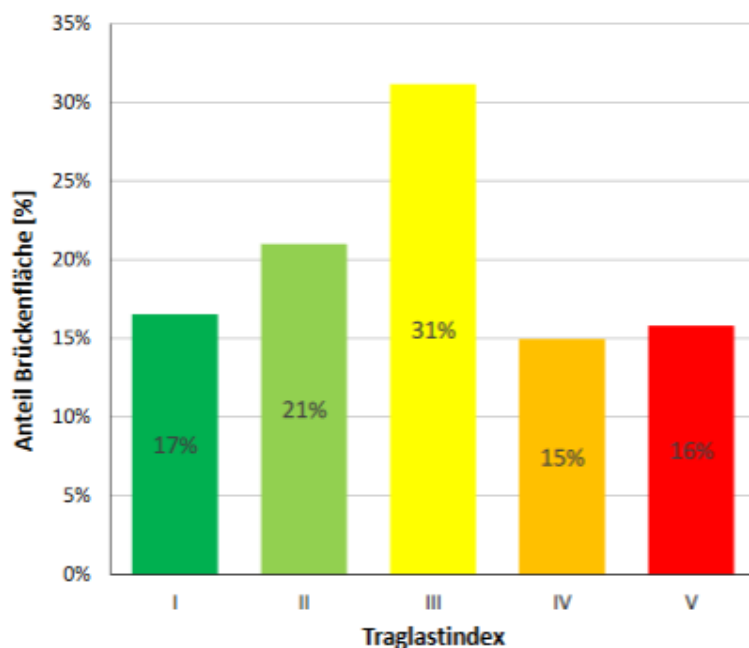
Stand: 01.09.2019



- Évaluation avec le coefficient de sécurité (*Traglastindex*)

Dans une première étape d'évaluation, sont estimés : les déficits structurels typiques de la capacité portante et/ou de l'aptitude au service d'une structure sur la base de l'année de construction, du matériau de construction, du type de construction et de l'évolution des réglementations techniques. Les déficits présumés doivent être confirmés ou infirmés au moyen d'un nouveau calcul. Le principal critère de classification concernant le coefficient de sécurité est la comparaison entre la capacité de charge nominale et réelle d'un pont. Le coefficient de sécurité cible d'un pont existant est déterminé en fonction du volume et de la composition du trafic, ainsi que des largeurs de travée. Le calcul du coefficient de sécurité se fait automatiquement dans une base de données (SIB-Bauwerke) dès qu'une capacité de charge réelle a été enregistrée dans la base de données pour la structure respective. Sur la base du coefficient de sécurité requis, de la capacité portante réelle et de certains critères spéciaux liés à la construction, une classification de I (aucun déficit) à V (nombreux déficits) est effectuée.

Répartition selon l'évaluation du coefficient de sécurité des ponts sur le réseau routier fédéral en fonction de leur surface



- Existence de désordre sur certains ouvrages : effondrements, fermetures totales ou partielles à la circulation
- Type de désordre et causes

Localisation	Date	Type d'incident
Pont routier sur la Mulde (rivière) Alte Muldebrücke, Grimma (Saxe)	13/08/2002	La crue de l'Elbe en 2002 (qualifiée de « crue du siècle ») a provoqué l'effondrement d'une partie de la chaussée.
Talbrücke Schraudenbach sur l'autoroute A7	15/06/2016	Erreur de construction : l'étalement ne pouvait plus supporter le poids d'un segment de construction Une section de 40 m de long, à simple interrupteur, du nouveau pont en construction est tombée à 20 m du pont pendant les travaux de bétonnage

Depuis les années 80, 2 incidents de collisions avec des navires ont été enregistrés en 2015 et 2020. Un épisode d'effondrement en période de travaux et dû à des erreurs de conception et de planification

a été recensé en 1988.

- Existe-t-il des programmes de recensement des problématiques ?

L'Institut de recherche fédéral sur les routes (BAST) suit ces problématiques et publie régulièrement des études sur son [site](#) internet.

Q3/-Existence de programmes de rénovation

- Existe-t-il des programmes de rénovation pour tout ou partie des réseaux, pour certaines typologies d'ouvrages ?
- Si oui dates de la décision, de la mise en œuvre, de la fin prévue
- Nom du programme
- Description technique du programme, des techniques de rénovation. S'agit-il plutôt de réparations préventives, de rénovation lourde, de reconstruction ?

Le ministère fédéral des transports, de la construction et des affaires urbaines de l'époque a élaboré, en collaboration avec l'Institut fédéral de recherche sur les routes (BAST) et les administrations de construction routière des Länder, la Stratégie de rénovation des ponts routiers du réseau fédéral, présentée pour la première fois à la commission des transports du Bundestag allemand en 2013. La stratégie est intégrée dans la planification coordonnée de l'entretien du réseau routier fédéral, conçue à long terme et est continuellement mise à jour.

Le grand nombre de ponts à rénover a rendu nécessaire un classement des ouvrages dont les travaux devaient être prioritaires. Dans un premier temps, en 2008, une enquête nationale a révélé qu'environ 2 192 structures partielles (principalement des ponts en béton précontraint) devaient être étudiées en priorité. Dans un second temps, la même année, environ 300 sections de pont en acier et en acier composite ont été identifiées, de sorte qu'un total d'environ 2 506 sections de pont ont été désignées comme prioritaires. Bien que les 2 500 sections de ponts ne représentent que 5 % du parc de ponts, elles représentent plus de 25 % de la surface totale des ponts. La plupart de ces structures sont situées dans les Länder du Bade-Wurtemberg, de la Bavière, de la Hesse, de la Basse-Saxe, de la Rhénanie-du-Nord-Westphalie et de la Rhénanie-Palatinat.

Sur les 2 506 tronçons de pont désignés à l'époque à étudier en priorité, 45 % sont actuellement en cours de travaux de rénovation, 30% des travaux entrepris pour adapter la capacité de charge sont désormais achevés.

La stratégie de rénovation des ponts a été élargie et actualisée de manière décisive en 2016 pour inclure une approche par corridors. L'accent est mis sur la rénovation de certains tronçons d'autoroute, principalement très congestionnés, afin de les rénover en priorité. Parallèlement, les sections restantes seront disponibles pour maintenir une circulation aussi fluide que possible. À partir de 2017, les prévisions budgétaires incluent également 100M€ par an pour la rénovation des petits ponts dont le volume de travaux est inférieur à 5M€.

Compte tenu du niveau élevé des investissements dans la rénovation des ponts existants sur les grands axes routiers fédéraux et du grand nombre de structures touchées, un rapport annuel est soumis à la commission des transports et des infrastructures numériques du Bundestag.

Q4/-Aspects financiers

- Quel est le budget consacré à l'entretien des ouvrages d'art routiers ? (par maître d'ouvrage)
- En pourcentage du réseau routier
- Évolution sur les dernières années
- Si programme spécifique, volume financier du programme.

- Y-a-t-il une aide de l'État (État fédéral) aux autres collectivités ?

Ces dernières années, le ministère fédéral des transports a considérablement augmenté ses investissements dans l'entretien des grands axes routiers fédéraux dont l'entretien des ponts. Un budget de 4,3 Md€ est ainsi disponible pour 2020, en augmentation de 5% par rapport à 2019. Ce montant devrait être revalorisé à 4,4 Md€ à partir de 2021. 1,47 Md€ ont été investis dans l'entretien des ponts en 2019, ce montant devrait atteindre 1,5Md€ en 2020 et 1,57Md€ en 2021. Le pic d'investissement devrait être atteint en 2022 où 1,64Md€ seront investis dans l'entretien des ponts routiers. Alors que la part annuelle allouée à l'entretien des ponts dans le total des fonds d'entretien était inférieure à 25 % en 2011, elle passera à plus de 37 % en 2022.

Les besoins financiers estimés pour la rénovation des ponts routiers ont été calculés comme suit : 3,1 millions de m² de surface de pont doivent être modernisés ; or en 2016, le coût moyen de construction déterminé par le gouvernement s'élevait à 3000€/ m² correspondant à un besoin financier total pour la rénovation des structures de 9,3Md€ jusqu'en 2030. Face à l'importante hausse des coûts de construction ces dernières années (de 4 à 6% d'augmentation annuelle) les coûts ont été ré-estimés à 12,9Md€ dans le cadre du Plan fédéral d'infrastructure des transports 2030.

Actuellement, l'administration du réseau routiers fédéral allemand est financée et commandée par le gouvernement fédéral, mais est assurée de manière décentralisée par les différents Länder. Le gouvernement fédéral a ainsi mis à la disposition des Länder les fonds suivants pour l'entretien de l'ensemble des grands axes routiers fédéraux :

2014	2.746 Mio. Euro
2015	3.013 Mio. Euro
2016	3.611 Mio. Euro
2017	4.126 Mio. Euro
2018	4.472 Mio. Euro.

Sur la période 2014 à 2018, les Länder ont dépensé tous les fonds fédéraux disponibles pour l'entretien des grands axes routiers fédéraux. Le principe de base du Ministère fédéral des transports est que tout projet qui reçoit un permis de construire est financé.

Q5/-Aspects compétences

- Le pays dispose-t-il de toutes les compétences souhaitées pour le recensement des ouvrages, pour leur réparation (en maîtrise d'œuvre et en réalisation) ?
- Des programmes de développement des compétences ont-ils été mis en œuvre ?
- Comment ces compétences sont-elles obtenues (université, formations spécifiques)

L'Allemagne dispose de toutes les compétences souhaitées pour le recensement des ouvrages et leur réparation.

70 universités allemandes proposent un cursus d'ingénieur en génie civil, les étudiants ont le choix entre un parcours entièrement théorique ou en apprentissage. Certaines universités ont un numerus clausus et n'admettent qu'un nombre limité d'étudiants pour le parcours d'ingénieur en génie civil.

Selon l'Agence fédérale pour l'emploi, il y a environ 99 100 ingénieurs en génie civil en Allemagne et **42 % d'entre eux ont aujourd'hui plus de 50 ans**. La problématique d'une pénurie de main d'œuvre dans ce secteur pourrait s'exacerber dans les années à venir. En 2017, pour la première fois, le nombre d'offres d'emploi pour les ingénieurs en génie civil dépassait le nombre d'ingénieurs en génie civil en

recherche d'emploi. Depuis lors, il y a en moyenne cinq postes vacants pour chaque demandeur d'emploi dans ce secteur même si ce chiffre fluctue d'un Land à l'autre.

Nota bene : des photographies communicables permettant d'illustrer les déformations ou rénovations seraient appréciées

Sur ce dernier point, le service économique régional de Berlin vous recommande cette étude du BAST publiée en janvier 2020 et portant sur la résistance à la fatigue des câbles entièrement verrouillés et endommagés par la corrosion.

https://bast.opus.hbz-nrw.de/opus45-bast/frontdoor/deliver/index/docId/2336/file/B146_barrierefrPDF.pdf

D'autres travaux de recherches sont disponibles sur le site internet du BAST.

https://www.bast.de/BAST_2017/DE/Publikationen/Berichte/unterreihe-b/Berichte_B_node.html

Annexe 17. Brésil

Etude sur les capacités d'entretien et la rénovation des ponts routiers et des murs de soutènement routiers

Introduction : le contexte institutionnel brésilien

Le Brésil est un Etat Fédéral

210 millions d'habitants répartis sur 8 515 767 km². Taux d'urbanisation de 87% ce qui laisse de nombreux territoires peu denses et des difficultés de communication terrestre entre les différentes parties du territoire.

Le Brésil est une Fédération constituée par l'union indissoluble des 26 États, du District fédéral de Brasilia et de 5 570 municipalités. Les États et les municipalités élisent leurs dirigeants et leurs représentants politiques et gèrent leurs affaires publiques sans ingérence d'autres municipalités, États ou de l'Union et ont la nature d'entités juridiques de droit public.

Qui est responsable de quoi ?

Dans le domaine routier les responsabilités sont réparties de la manière suivante :

- L'Union gère les axes routiers inter-Etats
- Les Etats gèrent les axes routiers situés dans leur territoire et assurant la liaison entre les communes.
- Les communes gèrent les routes et les rues situées sur leur propre territoire.

Ainsi une commune pourra voir son territoire traversé par des axes fédéraux et par des axes étatiques, sans aucun pouvoir d'intervention. L'exemple très parlant est celui de la commune de Guarulhos situé dans l'Etat de São Paulo, où se situe l'aéroport international du même nom, premier aéroport d'Amérique Latine. Dans la ville passe l'axe fédéral BR 106 São Paulo-Rio (La Dutra), premier axe de transit marchandise du pays avec 2x6 voies. L'Etat de São Paulo y a construit un second axe qui rejoint la Dutra à la « frontière » de l'Etat de 2x5 voies également. Bien que ces routes traversent la ville, la commune n'a aucun pouvoir sur leur gestion et n'a pu obtenir par exemple la mise en place d'un axe réservé pour les bus.

Dans le cas des ponts et de leur maintenance on se trouve parfois dans une grande confusion pour savoir qui est le véritable responsable. En théorie c'est le « propriétaire » de l'axe routier. Mais certaines communes ont pu mettre en place des passerelles d'accès à un axe fédéral, ou étatique, pour fluidifier la circulation locale et ne se considèrent pas toujours responsable de leur maintenance. Le cas s'est produit à São Paulo l'année dernière lorsque de graves altérations ont été découvertes sur le pont d'accès à la SP-Rio (Dutra), axe fédéral concédé. Qui devait faire les réparations ? L'Union, le concessionnaire ? La ville de São Paulo sur le territoire de laquelle se trouve le pont ? La justice a mis plus d'un an avant de déterminer que c'était la ville de São Paulo qui devait assurer les travaux de réparation. Fort heureusement le maire de São Paulo avait décidé de faire le travail sans attendre la décision, espérant un remboursement fédéral... qui n'est pas venu ! Mais ce pont de 400 m construit en 1950 n'avait visiblement pas fait l'objet d'une intense maintenance puisque le problème ne s'était pas posé avant !

Q1/-Données disponibles et communicables

Nombre de ponts, murs et talus

Il n'existe aucun organisme centralisateur permettant d'avoir une information vérifiée. D'après Julio Timerman, vice-président de l'IABSE (International Association for Bridge and Structural Engineering) et président de l'IBRACON (*Instituto Brasileiro do Concreto* – Institut brésilien du béton) il y aurait 120 000 ponts et viaducs sur les 1 725 000 km de routes brésiliennes.

Cependant cette estimation ne prend pas en compte les nombreux ponts en bois, très présents sur l'ensemble du réseau vu que seuls 12,5% de l'ensemble du réseau sont asphaltés. La CNT-Confédération Nationale du Transport qui réalise tous les ans une étude de la situation des routes du pays, considère que 3% de la maille routière soit 54 972 km sont des ponts ou des viaducs.

La ville de São Paulo compte 185 ponts ou viaducs routiers.

Répartition par maître d'ouvrage

- Ministère des infrastructures /DNIT-Direction Nationale des Infrastructures de Transport : 6 800 ouvrages d'art sont sous sa responsabilité sur 75 800 km de routes dont seulement 10 400 en terre. Le DNIT a mis en place un registre de suivi de ses ouvrages seulement en 2016, suite à une inspection du Tribunal des Comptes de l'Union (TCU), équivalent de la Cour des Comptes. .
- ANTT-Agence Nationale des Transports Terrestres a la responsabilité des 12,8% de routes fédérales sous régime de concession. CCR, concessionnaire de la liaison Rio/São Paulo de 450 km a par exemple 450 ponts sous sa responsabilité.
- Dans les Etats fédérés ce sont les secrétariats aux travaux ou les secrétariats aux transports qui ont la compétence ouvrages routiers mais ils n'ont pas de registre détaillé.
- Dans les Etats qui ont concédé des liaisons routières, une agence de régulation équivalente à l'ANTT du niveau fédéral est chargée de faire le suivi des concessions et d'inspecter les ouvrages, charge aux concessionnaires de réaliser les travaux de maintenance.

Type d'ouvrages

La majorité des ouvrages de grande portée est en béton.

On trouve quelques ponts suspendus pour des traversées de fleuve, dont l'un est franco-brésilien : le pont sur l'Oyapock. Le DNIT en possède 10.



Pont Newton Navarro à Natal



Pont sur l'Oyapock



Pont Rio Pinheiros São Paulo

Mais de très nombreux ponts tant sur les routes fédérales, qu'étatiques et surtout sur les routes vicinales non asphaltées sont des ponts de bois, pouvant parfois atteindre une centaine de mètres de long. Le DNIT en dénombre 700.



Q2/-Problématiques rencontrées

Procédures de surveillance et d'entretien courant des ouvrages

- Le DNIT a produit en 2004 une norme pour la surveillance des ouvrages routiers. Norme DNIT 010-2004. (Cf. Annexe 1) et l'Institut de Recherche sur les Routes (*IPR-Instituto de Pesquisas Rodovias*, organisme qui dépend du ministère des infrastructures a édité en 2004 également un manuel d'inspection des ponts routiers. (Cf. Annexe 2)
- En 2016, l'ABNT, Association Brésilienne des Normes Techniques (équivalent Afnor) a produit une norme s'appliquant à l'ensemble des ouvrages, la norme DNIT ne s'appliquant qu'aux ouvrages gérés par l'Union. C'est la norme technique : 99452/2016 qui régleme les procédures de surveillance. (Cf Annexe 3)

Les Directions des routes des Etats fédérés (DER) et le DNIT ont mis en place des procédures similaires. Les pouvoirs publics n'ont pas à leur disposition d'équipes chargées directement de l'inspection. Ils lancent des appels d'offres et ce sont des sociétés privées d'ingénierie qui sont chargées de la surveillance, qui effectuent les travaux courants et qui signalent les problèmes. Une équipe d'ingénieurs et techniciens publics contrôlent le travail de ces prestataires, reçoivent les rapports mensuels, indiquent des inspections d'urgence à faire en cas d'alerte signalée et reçoivent les rapports mensuels. Ces équipes peuvent se déplacer pour vérifier le travail d'inspection effectué, suite à la réception des rapports d'analyse.

Si des travaux sont à effectuer, le DNIT / DER lancent des appels d'offres pour définir le projet et réaliser les travaux. Pour des travaux simples il s'agit d'appel d'offres intégrés. Pour des travaux de reprise importants, les lots ingénierie et travaux sont très souvent dissociés ce qui augmente les délais d'intervention.

Dans le cas des liaisons routières concédées, ce sont les sociétés concessionnaires qui sont chargées de la surveillance des ouvrages. Ils doivent envoyer un rapport annuel à l'ANTT ou à l'agence de régulation étatique qui de son côté est en contrat avec une société privée qui doit vérifier 30% des ouvrages cités dans les rapports annuels. Tous sont censés être inspectés selon des rythmes précis en fonction de leur portée et de leur dangerosité éventuelle. Il existe un cahier des charges précis et la vérification est en continu. En cas de non-respect du cahier des charges l'ANTT/ agences étatiques infligent des amendes au concessionnaire. Le concessionnaire se doit d'avoir à jour un registre des événements, des signalements, des programmations de travaux et doit communiquer les preuves de la résolution du problème.

Si ces procédures fonctionnent bien au niveau fédéral et dans les états les plus développés, la réalité est un peu différente dans les états les plus pauvres du Nord et du Nordeste du pays.

Existence de désordre sur certains ouvrages

Les ouvrages souffrent de nombreux problèmes :

- Fissures dues à des infiltrations d'eau. C'est le plus grand problème rencontré sur les ponts en béton. L'enquête annuelle de la Confédération Nationale du Transport pointe que environ 20% des ponts et viaducs fédéraux ont besoin de réparations.



- La même enquête montre que 64% des ouvrages routiers ne possèdent pas de bas-côté ou de barrières de protection. 10% n'ont ni l'un ni l'autre.
- Dans le cas des ponts urbains, l'inadaptation des hauteurs, parfois inférieures à 5 m, provoquent des accidents avec des poids lourds et des destructions sur l'ouvrage. Dans la ville de São Paulo 15 camions par mois en moyenne heurtent des ponts ou viaducs et restent bloqués et provoquent des dégâts sur la structure.



Le pont Général Euclides de Figueiredo dans la zone sud de São Paulo, dans la région de Ibirapuera a connu à lui seul 40 épisodes de chocs avec des camions en 2 ans. Il ne fait que 4,1 m de haut et certains camions sont à 5 m. La hauteur maximale autorisée pour les véhicules est de 4,4 m. Malgré cela on ne trouve aucune barrière de prévention avant le pont qui permettrait d'alerter le chauffeur...

Au cours des 5 dernières années, plusieurs effondrements ont provoqué de longues fermetures à la circulation.

- Dans la ville de São Paulo, le 16 novembre 2018, rupture d'un viaduc sur la voie express de la marginal Pinheiros (périphérique de SP) surplombant une ligne de train de banlieue. Dans une journée normale cette voie supporte 650 000 véhicules/jours/sens. Il semble que rien ne permettait de prévoir cet effondrement, ce viaduc étant à jour de ses inspections.

Fort heureusement l'incident s'est produit à 4 h du matin pendant un pont férié et seuls 5 véhicules ont été accidentés et aucun blessé grave n'a été à déplorer. Les véhicules ont « volé » selon l'expression des conducteurs.

Les travaux de réparation ont duré 4 mois pendant lesquels la circulation a été totalement interrompue sur le viaduc occasionnant beaucoup de ralentissements dans la ville. La circulation des trains a également été interrompue pendant 15 jours puis reprise à vitesse réduite.

Pour l'anecdote, la mairie de São avait lancé 4 mois avant cet incident, un appel d'offres pour contracter des ingénieries qui devaient élaborer des projets de requalification structurelle et des rapports techniques pour l'entretien de 33 ponts et viaducs de la ville. Cette procédure avait été suspendue en

raison d'interrogations de la Cour des comptes de la municipalité et comme souvent l'analyse trainait en longueur. Miraculeusement la procédure a aussitôt été « libérée » !



- Ville de São Paulo : deux mois après l'effondrement de la marginal Pinheiros, la mairie de São Paulo a fermé brutalement le pont d'accès à la route concédée São Paulo-Rio appelée Dutra. La structure présentait des problèmes sur plusieurs piliers et l'un d'eux menaçait de céder comme cela s'était produit sur le viaduc de la marginal Pinheiros. Les travaux ont été fait en urgence en 5 mois sur cet axe qui voit passer 50 000 véhicules jours et près de 300 000 les fins de semaines et fériés, car c'est l'un des axes d'accès à l'aéroport et au littoral.

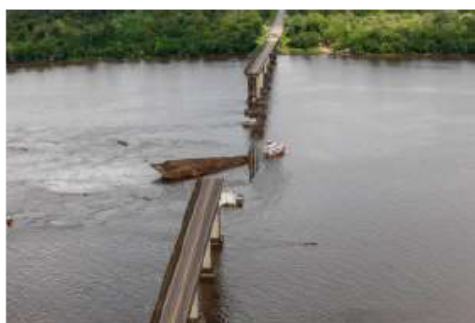


- Dans le District Fédéral de Brasília. Une partie de viaduc s'est détachée le 13 février 2018 et est tombée sur un stationnement où se trouvaient également des restaurants de plein air. Là encore aucun blessé à déplorer. (Dieu est brésilien !)

C'est un accident annoncé il y a au moins neuf ans. En 2009, un rapport du Syndicat de l'ingénierie et de l'architecture (Sinaenco) a souligné le besoin de réparations "urgentes" sur ce tronçon ainsi que sur huit autres viaducs et ponts. En 2011 une nouvelle visite soulignait que durant cette période, les problèmes ont non seulement persisté, mais se sont aggravés. Selon Sinaenco, outre le viaduc sur la Galerie des Etats, deux autres ponts importants sur le lac de Paranoá étaient également critiques à l'époque. Les travaux de réparation ont duré jusqu'en juin 2019.



- Un pont situé sur le Rio Moju, près de la ville d'Acará dans l'Etat du Para le 6 avril 2019. La structure s'est effondrée suite à une collision avec une barge. 2 véhicules sont tombés et n'ont pu être retrouvés. L'accident s'est produit vers 2h du matin. C'est le troisième pont sur cet axe de circulation fluviale qui est détruit par une collision avec une embarcation. Les travaux de réparation ont été conclus en 9 mois.



Types de désordres et causes

Dans la majorité des cas d'accidents, **la cause principale est le manque d'entretien courant**. Le Brésil est un pays tropical qui subit de fortes pluies qui ravinent les accotements. Des petites fissures dans la structure ou dans les chaussées ne sont pas traitées et vont en s'aggravant lors des saisons des pluies. La végétation est également très invasive et est une cause de fissures.

A titre d'exemple, en novembre dernier, **la cour des comptes municipale de la ville de Rio de Janeiro** a diligenté une étude sur les ponts, viaducs et passerelles de la ville qui en compte beaucoup étant donné son relief. La conclusion fut que Rio comptait 8 viaducs, ponts et passerelles qui risquaient de s'effondrer et 28 nécessitaient des réparations urgentes. « Il a été constaté que 29% des ouvrages d'art sont susceptibles de se rompre. Que dans 89% des ouvrages inspectés, il y a un risque de chute de matériel sur les véhicules et les personnes, que dans 82% des structures visitées, il est nécessaire de remplacer les joints de dilatation, que dans 71% des cas, il y a des signes d'infiltration pouvant affecter la structure et que dans environ 45% des ouvrages inspectés, il y a un risque de chute de véhicules (en fonction de la trajectoire et de la vitesse de choc)", indique un extrait du rapport.

Dans le cas des ponts de bois la situation est très préoccupante. Dans l'Etat de São Paulo qui compte environ 100 000 ponts en bois situés sur les routes secondaires gérées par l'Etat et surtout sur les voies vicinales gérées par les communes, 30% doivent être rénovés ou reconstruits.

Le cas de l'Etat du Mato Grosso est le plus symbolique. Une grande part des routes étatiques est en terre et sur les ponts de bois qui peuvent faire plus de 100 m de long passent des camions à double remorque chargés de soja. La vidéo ci-après est plus instructive que n'importe quelle description : <https://www.youtube.com/watch?v=hkdhUj4pvQF>

Programme de recensement des problématiques

Le DNIT, Département National des Infrastructures de Transport a depuis 2016 mis en place une banque de données sur ses propres ouvrages le SGO-*Sistema de Gerenciamento de Obras de arte* (Système de gestion des ouvrages d'art).

L'ingénierie publique à même de faire un tel travail est peu développée au Brésil. L'IPR, Institut de recherche sur les routes, (assimilable à l'IFFSTAR et au Cerema pour ses fonctions de diffusion de la connaissance) doit avoir une mémoire des cas étudiés, en dehors de leurs travaux sur les routes fédérales mais les états fédérés ne sont pas équipés pour un tel recensement. Seul peut-être l'IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas (Institut de recherche technologique) sous tutelle du gouvernement de l'Etat de São Paulo pourrait jouer ce rôle, mais il n'a pas été possible de le vérifier.

Q3/-Existence de programmes de rénovation

Le DNIT a mis en place en 2010 un programme intitulé ProArte qui visait à systématiser les interventions sur les ouvrages d'art des routes fédérales. Ce programme qui visait à imposer des standards techniques, des élargissements, la systématisation des barrières de protection etc. n'a pas reçu de financements réguliers et se trouve en fait intégré aux actions du DNIT. L'IPR utilise le nom et l'emblème pour introduire de nouvelles technologies comme le BIM dans les études.

Les Directions des routes des Etats parfois mettent en place des programmes spécifiques pour la rénovation des routes, qui incluent les ouvrages d'art. Cependant il n'y a pas de continuité dans ces programmes qui sont mis en place, gardés ou abandonnés au gré des décisions des gouverneurs, élus tous les 4 ans. La discontinuité administrative est un très grand problème au Brésil pour tout ce qui a trait aux services publics. Les rénovations se font en général au fil des inspections et souvent dans l'urgence.

Q4/-Aspects financiers

Quel est le budget consacré à l'entretien des ouvrages d'art routiers ? (par maitre d'ouvrage)

Il est pratiquement impossible de répondre à cette question étant donné l'éparpillement des compétences entre les maitres d'ouvrage. Des entrevues avec des responsables auraient permis de faire préciser ces données mais les seuls interlocuteurs qu'il fut possible de rencontrer avant le confinement furent le DNIT et l'ANTT. Les demandes d'éléments par mail n'ont pas eu de réponses.

Le DNIT estime que ses besoins financiers pour le revêtement des routes encore en terre, l'entretien et la construction, rénovation des ouvrages d'art est de l'ordre de 8 milliards de réais par an. (1.3 Md Euros). Le budget disponible est de 3 Mds

Le budget disponible pour l'entretien des ouvrages d'art est de 400 millions (67 millions d'euros)

Y-a-t-il une aide de l'Etat (Etat fédéral) aux autres collectivités ?

Chaque collectivité est indépendante et il n'existe plus de programme fédéral d'aide directe aux états ou aux municipalités comme ont pu l'être les programmes PAC (Programme d'Accélération de la Croissance) dans le domaine des transports des gouvernements Lula et Rousseff.

Les collectivités locales peuvent obtenir des financements des banques publiques BNDES-Banque Nationale de Développement Economique et Social ou de la CEF-*Caixa Economica Federal* (Caisse Economique Fédérale qui est l'équivalent de la Caisse des dépôts et consignations et joue également le rôle de banque des collectivités locales)

Q5/-Aspects compétences

Le Brésil en théorie dispose de toutes les compétences nécessaires en matière d'ingénierie et de BTP pour assurer la construction et la maintenance de ses ouvrages d'art. La formation des personnels est de bon niveau et les sociétés de construction sont au fait des innovations.

Les maîtres d'ouvrage publics n'ont pas à leur disposition les compétences nécessaires ;

- L'Union a à sa disposition des organismes comme le DNIT ou l'IPR, qui sont capables de superviser l'action des ingénieries et des entreprises qu'ils contractent.
- Tous les Etats n'ont pas à leur disposition les personnels et les organismes capables de concevoir et superviser des travaux complexes.

- Les municipalités, en dehors des plus importantes, n'ont que très peu de compétences techniques.

L'ingénierie publique qui était importante dans les années 70-80, et avec laquelle des institutions comme le laboratoire des Ponts et Chaussées et l'Inrets avaient d'importantes relations, a été brutalement supprimée par le Président Collor dans les années 90 et la décentralisation des compétences vers les Etats et les communes induite par la constitution de 1988 n'a pas été de pair avec la reconstitution d'un corpus technique public.

Des programmes de développement des compétences ont-ils été mis en œuvre ?

L'IPR- l'Institut de recherche routière dispose de cours spécifiques de deuxième cycle sur les routes et les ouvrages d'art routiers.

Comment ces compétences sont-elles obtenues (université, formations spécifiques)

Il n'existe pas au Brésil l'équivalent de l'ENPC ou de l'ENTPE. La formation est assurée par les universités dans leurs composantes Technologiques, comme la Politécnica de l'USP-Université Fédérale de São Paulo ou la COPPE de l'Université Fédérale de Rio. Il existe également des universités privées qui assurent des formations d'ingénieurs comme les PUC, Pontificia Universidade Católica ou l'Université McKinsey de São Paulo.

Ces formations académiques ont des cursus de spécialités et ont en règle générale des accords de coopération avec des universités européennes, nord-américaines, chinoise ou japonaises. L'ENPC a par exemple un accord de coopération avec l'USP.

Le seul organisme spécialisé dans le domaine routier et dans les ouvrages d'art est l'IPR-Institut de recherche routière - Sa mission comprend, en termes généraux, la recherche, la normalisation, le transfert de technologie et l'assistance technique au DNIT et au ministère des transports. C'est également l'organisme qui élabore des normes et des documents techniques, qui réalise des formations et la qualification du personnel, les audits et le soutien technique au DNIT.

Mais l'IPR ne compte que 100 personnes et ne travaille que pour le niveau fédéral, soit 75 000 km de routes et environ 7 000 ouvrages d'art.

Annexe 18. Canada (État du Québec)

Questionnaire de l'étude

Étude sur les capacités d'entretien et la rénovation des ponts routiers et des murs de soutènement routiers

CANADA- État du Québec

Ce questionnaire a été rempli par MM Bernard Pilon et. René Gagnon ingénieur de la Direction générale des structures du Ministère des transports du Québec, interrogés par la mission

Éléments locaux de contexte du pays questionné :

Q1/-Données disponibles et communicables

Nombre de ponts, de murs, de talus

Répartition de ces ouvrages par maîtres d'ouvrages

Type d'ouvrages : ponts (métal et mixtes, béton armé, béton précontraint, buses métalliques, buses en béton, maçonnerie)

murs (...)

Le Ministère des transports du Québec est responsable de 5475 structures sur le réseau routier à son entretien. Le terme « structures » comprend les ponts, les ponceaux dont l'ouverture est de 4,5 mètres ou plus, les murs de soutènement, les tunnels et les stations de pompage. Le Ministère a aussi repris par décret 4265 ponts sur le réseau routier municipal. Ces ouvrages se répartissent ainsi :

Structures sur le réseau du Ministère des Transports du Québec

Type de structure	Nombre de structures
Ponceau - béton	611
Ponceau acier et autres	224
Dalle épaisse	1 231
Poutres béton	1 762
Poutres acier	764
Poutres en bois	17
Pont acier-bois	183
Ptres triang./Arc en acier	54
Ptres triang./Arc en bois	1
Pont couvert	0
Pont à câbles	5
Pont mobile	2
Tunnels-stat. pompage	33
Murs	588
Total :	5 475

Structures sur le réseau municipal

Type de structure	Nombre de structures
Ponceau - béton	294
Ponceau acier et autres	200
Dalle épaisse	589
Poutres béton	779
Poutres acier	278
Poutres en bois	14
Pont acier-bois	1 960
Ptres triang./Arc en acier	82
Ptres triang./Arc en bois	1
Pont couvert	66
Pont à câbles	2
Pont mobile	0
Tunnels-stat. pompage	0
Murs	0
Total :	4 265

Le Ministère gère également 1255 ponceaux dont l'ouverture est comprise entre 3 et 4,5 mètres. La répartition selon le matériau est la suivante :

Matériau	Nombre
Acier	256
Béton armé	985
Polyéthylène	12
Bois	2
Total	1 255

Le Ministère est aussi responsable de 271 structures sur les emprises ferroviaires abandonnées. Ces ouvrages sont utilisés pour le passage de pistes cyclables et pour véhicules hors route.

D'autres structures pour lesquelles le Ministère ne dispose pas de données sont sous la responsabilité d'organismes publics comme Hydro-Québec et le Ministère des ressources naturelles ou de municipalités de grande envergure.

Le Ministère des transports, au niveau de la gestion des ouvrages d'arts, comporte une unité centrale, la Direction générale des structures, qui regroupe des spécialistes de divers domaines (hydraulique, conception, évaluation de la capacité, surveillance, etc.) responsables d'établir les politiques de gestion. La gestion des ouvrages d'art proprement dite est répartie par territoires en Directions générales territoriales. Ces Directions sont responsables de la planification des travaux, de l'inspection des ouvrages et de l'octroi des contrats de conception et de construction.

Q2/-Problématiques rencontrées

Procédures de surveillance et d'entretien courant des ouvrages

Existence de désordre sur certains ouvrages : effondrements, fermetures totales ou partielles à la circulation

Type de désordre et causes.

Existe-t-il des programmes de recensement des problématiques ?

Le Ministère a mis en place un programme d'inspection des structures composé de différents types

d'inspection.

L'inspection **annuelle** vise essentiellement à détecter tout changement dans l'état de la structure. Il importe de mentionner qu'une structure s'endommage de manière graduelle et ne devrait pas présenter d'accélération marquée de dégradation d'une année à l'autre. Par contre, il survient des cas où la structure est heurtée par des véhicules, des embarcations, des blocs de glace, des embâcles, etc., sans que ces incidents soient rapportés. Les inspections annuelles indiquent aux gestionnaires ce type de situation et assurent un suivi plus particulier de l'état d'un élément d'une structure pour en signaler un taux de détérioration inhabituel.

Les inspections **générales** sont réalisées en moyenne tous les trois ans. En effet, un pont récemment construit requiert moins d'attention qu'un ouvrage construit il y a plusieurs années ou qu'un ouvrage qui présente un comportement différent de celui normalement attendu. Par exemple, un ouvrage neuf pourra ainsi être soumis à une inspection générale tous les quatre ans, alors qu'un ouvrage plus âgé sera inspecté tous les deux ans. Les inspections générales sont dites « le doigt sur la pièce ». Les inspecteurs doivent donc disposer de tous les moyens nécessaires pour avoir accès à toutes les pièces d'un ouvrage. La conception de nouveaux ouvrages doit en tenir compte.

Dans des cas particuliers, des inspections plus rapprochées peuvent être effectuées pour suivre l'évolution d'un défaut déjà détecté. On parle alors d'inspections particulières (sous-marine, affouillement, observation, expertise de dalle, etc.). De plus, des technologies évoluées d'instrumentation (monitoring) sont également disponibles pour suivre le comportement des ouvrages dans le temps et confirmer l'efficacité des méthodes de réparation retenues. Ces inspections particulières d'observation ou de monitoring sont généralement entreprises suite à un avis d'un spécialiste de la Direction générale des structures.

L'inspection générale est la pièce maîtresse du programme d'inspection du Ministère. À cette occasion, tous les dommages sur la structure sont recensés et évalués selon l'état du matériau et leur impact sur le comportement de la structure. Un système de cotation a été mis en place pour assurer l'uniformité des évaluations. Les inspecteurs doivent avoir réussi une formation et faire un minimum d'inspections annuellement pour conserver leur qualification. L'ensemble du programme d'inspection est encadré dans un processus ISO 9001-2015.

Un rapport est produit à la suite de l'inspection générale d'une structure. Ces rapports sont accessibles à l'ensemble de la population. Ils peuvent être consultés sur le site Web suivant : <https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/projets-infrastructures/structures/Pages/inventaires-structures.aspx>

Toujours lors de l'inspection générale, les inspecteurs doivent recommander des activités d'entretien pour corriger les dommages qui ont été observés. Une liste d'activités d'entretien standardisées a été élaborée avec unité de mesure et prix unitaire. À la fin de l'inspection, un plan de travail est généré comprenant toutes les activités à réaliser avec un estimé des coûts.

À la suite de l'inspection, l'ingénieur responsable peut juger qu'une intervention ou des mesures de sécurité sont nécessaires. Celles-ci doivent être déployées dans les plus brefs délais. Différents types d'intervention sont possibles selon la situation :

Une restriction de charge

Une demande d'avis technique. Une inspection spéciale et une évaluation de la capacité portante peuvent alors suivre.

La réalisation de travaux qui peuvent avoir un caractère temporaire ou permanent.

Q3/-Existence de programmes de rénovation

Existe-t-il des programmes de rénovation pour tout ou partie des réseaux, pour certaines typologies d'ouvrages ?

Si oui dates de la décision, de la mise en œuvre, de la fin prévue

Nom du programme

Description technique du programme, des techniques de rénovation. S'agit-il plutôt de réparation préventives, de rénovation lourde, de reconstruction ?

Le Ministère a mis en place une stratégie d'intervention pour faire face aux nombreux besoins en travaux auxquels il avait à faire face. Cette stratégie s'articule autour de 7 volets :

Projets majeurs en structure (≥ 50 M\$)

Structures régulières

Entretien préventif non récurrent

Ponceaux de 3 à 4,5 mètres

Structures de signalisation et tours d'éclairage

Sécurisation des ponts

Étant donné l'ampleur des besoins pour le volet « Structures régulières », des critères pour l'attribution des priorités ont été établis. Ces critères se résument ainsi :

Priorité	Critère
1	Sécurité : – Travaux recommandés par la Direction générale des structures ; – CEC égale à 1/4 pour les éléments principaux ; – Ponceaux en acier de 4,5 mètres et plus – Structures avec vulnérabilité élevée (gestion des risques); – Réparations ponctuelles en attendant une intervention majeure;
2	Maintien en état des structures : – Corrections inférieures à 1 500 000 \$; – Structures sur le RSSCE ou sur routes à DJMA élevé; – Structures sans chemin de détour; – Autres structures à réparer; – Structures avec matériaux composites ; – Travaux de peinture.

Les travaux recommandés par la Direction générale des structures font généralement suite à une évaluation de la capacité portante. Les ponts visés présentent des problématiques particulières et des actions doivent être posées dans les délais impartis à défaut de quoi les restrictions à la circulation seront plus importantes.

La cote d'évaluation du comportement (CEC) est attribuée pour chacun des éléments d'une structure lors de l'inspection. Elle mesure l'aptitude de l'élément à jouer son rôle dans la structure. Elle varie entre 1 et 4, 1 étant la pire situation. Cette cote est un reflet de la capacité et de la sécurité d'un élément. Une CEC de 1 sur un élément principal représente donc un problème qui nécessite de l'attention à court terme.

Les ponceaux en acier avec des CEC de 1 ou 2 sont une préoccupation importante pour le Ministère et, par conséquent, ils figurent dans les priorités d'intervention.

Le Ministère a mis en place un processus de gestion des risques dans lequel la vulnérabilité des structures est évaluée pour différents aléas (accident routier, dépassement de la limite de charge, affouillement, embâcle et glace, glissement de terrain, tremblement de terre). Plus une structure

présente de vulnérabilités à différents aléas, plus elle est prioritaire.

Cette stratégie d'intervention est en vigueur depuis 2007. L'ampleur des travaux est variable pouvant aller de la réparation à la reconstruction complète.

Q4/-Aspects financiers

Quel est le budget consacré à l'entretien des ouvrages d'art routiers ? (par maître d'ouvrage)

En pourcentage du réseau routier

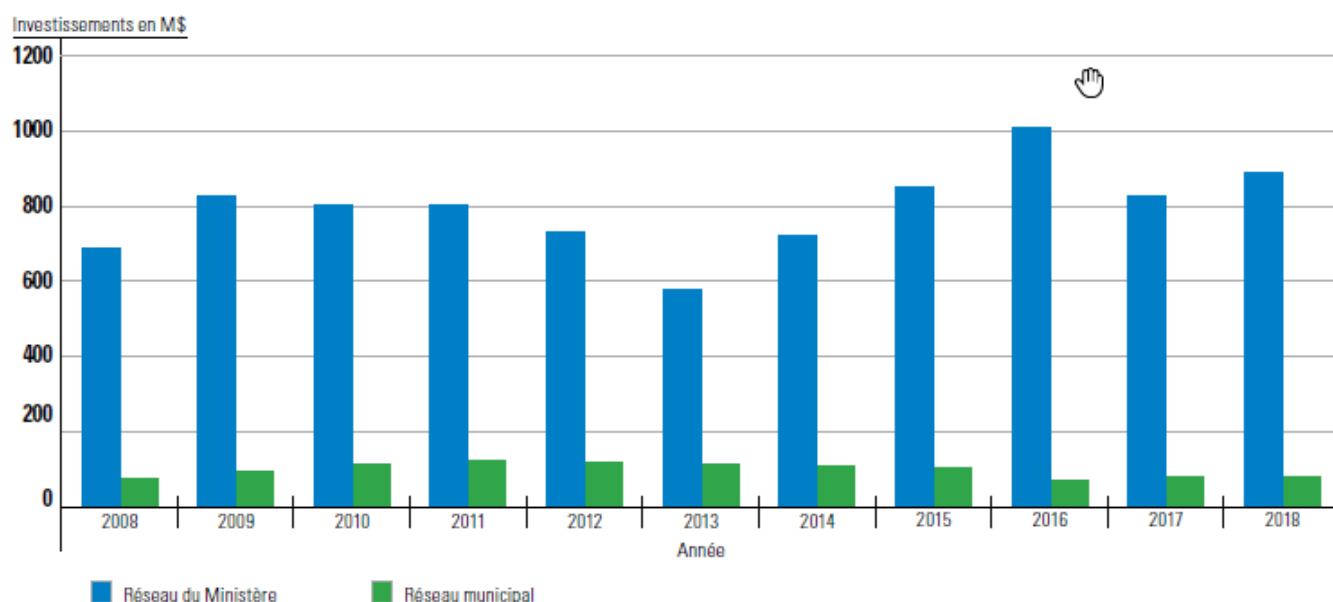
Évolution sur les dernières années

SI programme spécifique, volume financier du programme.

Y-a-t-il une aide de l'État (État fédéral) aux autres collectivités ?

En lien avec la stratégie d'intervention précitée, les investissements réalisés au cours des dernières années sont les suivants :

Évolution des budgets



Le secteur du transport routier étant de compétence provinciale, il n'y a aucune aide du gouvernement fédéral pour les structures.

Lors de l'attribution des budgets, il faut aussi prendre en considération la capacité de l'industrie (ressources internes, firmes privées d'ingénierie, entrepreneurs) à préparer et à réaliser des projets. Des budgets trop élevés pour la capacité de l'industrie vont entraîner irrémédiablement une hausse des coûts des projets.

Q5/-Aspects compétences

Le pays dispose-t-il de toutes les compétences souhaitées pour le recensement des ouvrages, pour leur réparation (en maîtrise d'œuvre et en réalisation). Des programmes de développement des compétences ont-ils été mis en œuvre ?

Comment ces compétences sont-elles obtenues (université, formations spécifiques)

La Direction générale des structures du Ministère des transports a mis en place un programme de

formation complet autant pour les intervenants internes que pour les consultants à mandat avec le Ministère. Ces formations couvrent les activités d'inventaire, d'inspection, d'évaluation de la capacité portante, de la conception et de la surveillance des travaux. Des manuels détaillés sont en support à ces formations. L'acquisition des connaissances est vérifiée par un examen à la fin de la formation. Ce dernier doit avoir été réussi pour être autorisé à réaliser l'activité visée.

Les mêmes formations sont offertes aux firmes privées d'ingénieur par le biais des universités en formation professionnelle.

Nota bene : des photographies communicables permettant d'illustrer les déformations ou rénovations seraient appréciées

Les photos des défauts relevés lors de l'inspection peuvent être consultées dans les rapports d'inspection accessibles via l'adresse Internet fournie précédemment.

Commentaires éventuels du pays questionné :

Les Manuels d'inspection des structures et d'entretien des structures sont disponibles sur le site internet des « Publications du Québec :

http://www3.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/produits/ouvrage_routier/guides/guide24.fr.html

http://www3.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/produits/ouvrage_routier/guides/guide13.fr.html

Annexe 19. États-Unis

SER de Washington

Étude sur les capacités d'entretien et la rénovation des ponts routiers et des murs de soutènement routiers

ÉTATS-UNIS

Éléments locaux de contexte du pays:

Le niveau d'investissement et de dépenses d'entretien dans les infrastructures de transport est un sujet faisant l'objet d'une certaine attention politique depuis plusieurs années aux États-Unis. Le Président Trump avait fait de la question des investissements dans les infrastructures l'une des priorités de sa campagne en 2016, promettant notamment d'investir 1000 Mds USD pour moderniser les infrastructures dégradées du pays (« *crumbling infrastructures* »). Il n'a toutefois pu concrétiser cet engagement au cours de son mandat, malgré une proposition de son Administration début 2018 pour un plan d'investissement de 1500 Mds USD sur 10 ans (dont seulement 200 Mds USD provenant du fédéral), faute de soutien suffisant au Congrès.

Les Démocrates de la Chambre des représentants ont pour leur part adopté début juillet 2020 le projet de loi *The Moving Forward Act (HR2)* qui mobiliserait 1 500 Mds USD pour les infrastructures du pays, dont environ 500 Mds USD pour les transports terrestres pour la période 2021-2025, mettant particulièrement l'accent sur la maintenance des infrastructures existantes, la résilience et la lutte contre le changement climatique. Ce dernier accroîtrait notamment de 27% les dépenses fédérales consacrées aux routes et autoroutes⁵⁴. Ce projet très progressiste et partisan n'a toutefois que peu de chances d'aboutir d'ici les élections de novembre, renvoyant cette question à la prochaine Administration et au prochain Congrès malgré un constat bipartisan de dégradation des infrastructures.

Selon les derniers rapports relatifs à l'état des ponts⁵⁵ de l'*American Road and Transportation Builders Association* (ARTBA) et de l'*American Society of Civil Engineers* (ASCE), **7,5 % des ponts routiers** aux États-Unis présentent des **déficiences structurelles, plus d'un tiers des ponts nécessitent des travaux ou un remplacement, et près de 4 ponts sur 10 ont plus de 50 ans.**

⁵⁴ Les routes et autoroutes bénéficieraient de 319 Mds USD d'autorisation sur 5 ans, soit 27% de plus que ce que n'autorise le cadre actuel défini par le FAST act de 2015, qui arrive à échéance le 30 septembre 2020.

⁵⁵ [Bridge Report 2020](#) de l'ARTBA et [Infrastructure Report Card 2017](#) de l'ASCE

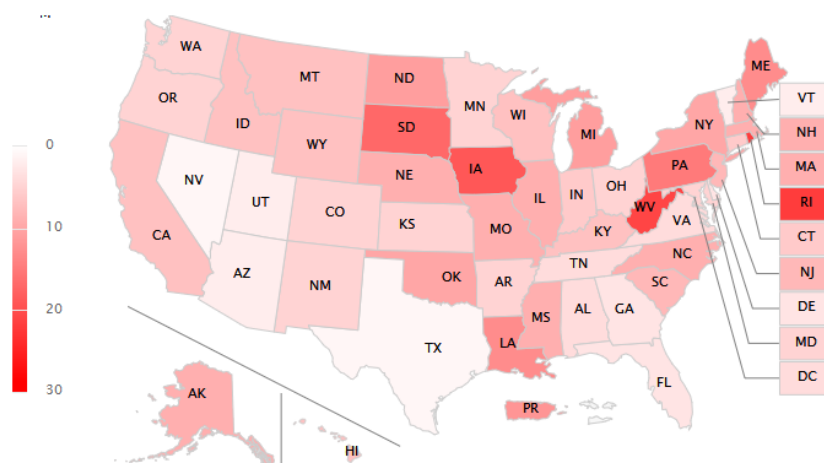


Figure 9 : Proportion de ponts routiers en mauvais état, données 2020

source : FHWA, [InfoBridge Analytics](#)

Si le taux d'ouvrages en mauvais état a eu tendance à décroître de manière continue ces 10 dernières années, l'âge moyen des ouvrages (43 ans en 2017) n'a cessé d'augmenter au fil des années, et une part importante des ouvrages approche sa durée de vie de conception (la plupart des ouvrages ont été conçus pour une durée de vie de 50 ans). Les besoins pour la remise en état des ponts sont estimés à 164 Mds USD en 2019 par l'ARTBA.

Q1/-Données disponibles et communicables

Nombre de ponts, de murs, de talus

Répartition de ces ouvrages par maîtres d'ouvrages

Type d'ouvrages : ponts (métal et mixtes, béton armé, béton précontraint, buses métalliques, buses en béton, maçonnerie), murs (...)

Le réseau routier et autoroutier américain est composé de 4,2 millions de miles en 2018 (6,7 millions de km), dont un peu plus de 1% correspond au réseau autoroutier Inter-Etats (*Interstate Highways*) (environ 48 000 miles, soit 77 000 km), et 5% au réseau autoroutier national (*National Highway System*) (environ 227 000 miles, soit environ 362 000 km). Le niveau de circulation était de 3 255 milliards de véhicules miles parcourus en 2018 (environ 5 000 milliards de véhicules km).

Il y a **617 048 ponts routiers** sur le réseau routier américain d'après la [base de données](#) InfoBridge de la *Federal Highway Administration* (FHWA), l'administration rattachée au Département des Transports (DOT) en charge des routes. Un pont routier est défini comme ayant une portée totale supérieure à 6,1 mètres (20 pieds).

Les États-Unis n'ont pas mis en place de base de données recensant les ouvrages soutènements routiers, ou les hauts talus, le nombre total de ces ouvrages n'est donc pas connu.

Tableau 15 : Répartition des ponts routiers par maître d'ouvrage, données 2020

Maîtres d'ouvrage	Nombre	Répartition
États	297 897	48%
Local	306 913	50%
Fédéral	11 013	2%
Privé	986	0%

source : FHWA

Au niveau des États, ce sont les Départements des transports des États (*State DOTs*) qui sont maître d'ouvrage des ponts routiers, par l'intermédiaire des *State Highway Authorities*.

Au niveau local, ce sont également dans la plupart des cas les départements des transports des comtés et des villes qui assument cette responsabilité.

L'État fédéral est maître d'ouvrage de ponts et routes situés sur des terrains fédéraux (parcs nationaux, forêts nationales...).

Tableau 16 : Répartition des ponts routiers par typologie d'ouvrage, données 2020

Type de structures	Nombre	répartition
Métal	160 983	26.1%
Béton armé	132 386	21.5%
Béton précontraint	162 773	26.4%
Buses métalliques	16 727	2.7%
Buses en béton	124 234	20.1%
Maçonnerie	1,549	0.3%
Bois	18 153	2.9%
Autres	279	0.0%

source : FHWA

Bien que le nombre total de murs de soutènement soit inconnu, une enquête réalisée en 2008 auprès des Département des transports des États (*State DOT*) fournit les informations suivantes sur les types et la répartition des structures de soutènement utilisées dans les projets routiers :

Tableau 17: Répartition des ouvrages de soutènement par typologie d'ouvrages, données 2011

Type de soutènements	Distribution
Utilisation en remblai	
Murs en sol renforcé (<i>Reinforced Soil Walls/Slopes</i>)	49%
Murs poids en béton (<i>CIP Concrete Cantilever/Counterfort Walls</i>)	20%
Murs poids en gabions (<i>gabion walls</i>)	6%
Murs poids en caissons préfabriqués (<i>concrete crib walls</i>)	1%

Utilisation en déblai	
Parois composites en poteaux fichés et bastaings (<i>Soldier Pile and Lagging Walls</i>)	7%
Parois clouées (<i>Soil Nail Walls</i>)	5%
Voiles ancrés (tous types) (<i>Ground Anchored Walls</i>)	5%
Rideaux de palplanches (<i>Cantilever Sheet Pile Walls</i>)	5%
Parois à pieux sécants/tangents (<i>Tangent/Secant Pile Walls</i>)	1%
Tous les autres types (chacun)	<1%

Source: FHWA National Geotechnical Engineering Improvement Program (non publié), 2011

Q2/-Problématiques rencontrées

- Procédures de surveillance et d'entretien courant des ouvrages
- Existence de désordre sur certains ouvrages : effondrements, fermetures totales ou partielles à la circulation
- Type de désordre et causes
- Existe-t-il des programmes de recensement des problématiques ?

Pour les Ponts routiers

Les standards pour la surveillance des ponts routiers sont définis au niveau fédéral par la réglementation sur les standards d'inspections des ponts (*National Bridge Inspections Standards Regulation - NBIS*). La [version actuelle](#) de la réglementation, effective depuis janvier 2005 et amendée en 2009, est actuellement [en cours de révision](#). La consultation publique s'est achevée en janvier 2020. La première version date de 1960

La réglementation NBIS définit les procédures d'inspections, les référentiels applicables (*The Manual for Bridge Inspection*, publié par l'*American Association of State Highway and Transportation Officials*), les qualifications requises des inspecteurs, la fréquence des inspections.

L'état d'un pont est déterminé par une notation numérique décrivant son état (condition rating) s'échelonnant de 0 à 9. La note de l'ouvrage est déterminée comme la note la plus basse des notes de l'ensemble des composants de l'ouvrage (tablier, superstructures,...). Si la note la plus basse est supérieure ou égale à 7, le pont est classé comme étant en bon état ; si elle est inférieure ou égale à 4, la classification est mauvaise. Les ponts classés 5 ou 6 sont classés comme passables.

Les problématiques particulières les plus couramment rencontrées sont les suivantes d'après la FHWA : Affouillement des piles de pont, fatigue et rupture des éléments en acier sous tension, et corrosion des câbles de précontrainte.

- Pour les affouillements : Tous les ponts enjambant des voies d'eau sont évalués pour détecter les affouillements. S'il est déterminé qu'un ouvrage est vulnérable à l'affouillement, un plan d'action est élaboré détaillant le plan de surveillance, les mesures pour atténuer la vulnérabilité à l'affouillement et les itinéraires de délestage possibles si le pont doit être fermé

en raison d'un événement.

En 1987 et 1989, les ponts Schoharie Creek bridge (NY) et Hatchie River bridge (TN) se sont effondrés suite à des problèmes d'affouillements des supports. Pour le premier, des inondations ont entraîné l'affouillement des supports entraînant la déstabilisation de l'ouvrage, pour le second la migration latérale du lit de la rivière Hatchie au fil du temps a entraîné la déstabilisation des supports qui n'étaient pas conçus pour se trouver dans le lit mineur de la rivière.

- Pour les risques de fatigue et de rupture d'éléments en acier sous tension : les inspections de terrain permettent de suivre ces risques. Parmi les événements liés à cette problématique : l'effondrement d'une section du Mianus River Bridge (CT) en 1983 et la défaillance d'une section du Hoan Bridge (WI) en 2000 ayant entraîné la fermeture de la structure. Ce dernier a donné lieu à une analyse approfondie de la durabilité des aciers pour tenir compte de la fatigue due à la cyclicité du trafic routier et de la réduction potentielle de résistance de l'acier sous certaines conditions météorologiques. Une liste de spécifications a été élaborée et une note de A à F a été attribuée, A étant le moins sujet à la fatigue et à la rupture et F le plus sujet. Des exigences supplémentaires concernant les matériaux en acier et les exigences de soudage ont été introduites pour réduire encore la probabilité. Cette problématique est traitée dans les formations destinées aux inspecteurs de ponts.
- Corrosion des torons de précontrainte : ce risque est suivi via des inspections visuelles pour détecter les pertes de tension de précontrainte. Les Etats-Unis n'ont pas expérimenté d'effondrement d'ouvrage suite à ce risque, en revanche plusieurs fermetures totales ou partielles ont été pratiquées pour effectuer des inspections et évaluations d'urgence, suivies de travaux de réparation. En 2000, le Mid-Bay Bridge (FL) a fait l'objet de réparations d'urgence. Le Varina-Enon bridge (VA) en 2007 a entraîné des restrictions de charge de trafic. Le Wando Bridge (SC) en 2018 a été fermé temporairement pour réparations. Les causes de ces problèmes sont généralement attribuées à des problèmes de mise en œuvre et/ou à la durabilité insuffisante des premiers cas d'usage de la précontrainte.

La FHWA, via le *National Highway Institute* (NHI), a mis en place dans les formations de mise à jour/continue pour les inspecteurs de ponts des outils pour indiquer aux inspecteurs ce qu'ils doivent rechercher lors des inspections sur ce type d'ouvrages.

L'effondrement d'ouvrage le plus marquant de ces dernières années aux États-Unis concerne l'effondrement d'une passerelle piétonne en Floride en mars 2018. La travée principale (53 m) d'une passerelle piétonne de 98 mètres, sous maîtrise d'ouvrage de la *Florida International University* à Miami, s'est effondrée sur la route qu'elle franchissait, causant la mort de 6 personnes, et en blessant 8 autres. La passerelle n'avait pas encore été livrée, et s'est effondrée alors que des ajustements de la tension de précontrainte étaient en cours. Le *National Transportation Safety Board* (NTSB), autorité compétente pour les accidents de transport, a [conclu](#) à une erreur de conception de la passerelle par le maître d'œuvre, combiné à un contrôle défaillant du contrôle extérieur. La passerelle était construite via un marché de conception-réalisation.

Plus récemment, le 30 juillet 2020, un pont ferroviaire s'est partiellement effondré en Arizona, près de Phoenix, suite au déraillement et à l'incendie d'un train de fret. L'enquête du NTSB est en cours.

Pour les ouvrages de soutènement et hauts remblais/déblais

Il n'existe pas de norme fédérale pour la surveillance et l'entretien des ouvrages de soutènement ou

des hauts talus. Cette fonction est assurée sous la responsabilité des Départements des Transports des Etats (*State DOTs*), qui en règle générale n'ont pas défini de normes en la matière.

Dans le cadre d'un projet national de recherche (NCHRP-Research report 903) du *Transportation Research Board* (TRB), la FHWA travaille à la mise en œuvre de plans d'inventaire et de gestion des murs de soutènement et des hauts talus. Dans le cadre de ce programme, un protocole spécifique a été élaboré pour l'inspection en fonction des risques associés à chaque ouvrage de soutènement (ci-joint). Ce projet est considéré comme l'une des principales priorités de la FHWA pour la collecte de données. Un programme de gestion des talus instables (*Unstable Slopes Management Program*) a également été développé pour les terrains fédéraux de l'ouest afin de fournir un cadre pour la collecte de données géotechniques pour les autoroutes.

Quelques exemples d'effondrements récents :

- Deux murs de soutènement en terre renforcée se sont effondrés dans le comté de Westchester, dans l'État de New York, en octobre 2016. Ces murs avaient environ 35 ans et sont parmi les plus anciens de ce type construits dans l'État de New York. Les murs ont subi une rupture de plusieurs armatures d'acier près du parement. Une corrosion importante des barres d'acier semble avoir contribué à la rupture d'une section de barres d'acier, ce qui a conduit à la rupture. Une bretelle adjacente aux murs a immédiatement été fermée et un court détour mis en place jusqu'à ce que les réparations puissent être achevées. Le DOT de l'Etat de NY a également dû fermer une des trois voies de circulation de la voie rapide concernée (SB Sprain Brook Parkway).

Figure 10.: photos de l'incident survenu en octobre 2016- bretelle du Saw Mill River. Parkway (Etat de New York) et photo de la réparation au moyen d'un clouage



(Photos courtesy of NYSDOT)

- Une section de voies de remblai de la route US 36 au Colorado s'est effondrée en mai 2019. L'US 36 est une autoroute à 4 voies reliant Boulder à Denver qui a été partiellement fermée pendant

environ 5 mois suite à l'incident. Le remblai effondré était soutenu par un mur de 30 mètres de haut en terre renforcée à l'approche d'une culée de pont. La catastrophe s'est initialement manifestée par un tassement de la chaussée béton, qui s'est ensuite accéléré pour se transformer en un effondrement général du remblai. Le remblai faisait partie d'un élargissement de l'US 36 et avait moins de 5 ans à l'époque.

- En février 2019, un effondrement lent de talus a déplacé de quelques mètres, latéralement et verticalement, la route US 441 dans le comté de Jackson, Tennessee suite à des événements pluvieux soutenus. Ce remblai avait connu des déplacements notables tous les deux ou trois ans pendant plus de 15 ans. Les deux voies en direction du nord restent fermées alors que la réparation du remblai se poursuit. Les coûts de réparation sont estimés à 13 millions de dollars.
- En février 2020, une grande partie du talus de la colline située en dessous de l'US 231 près de Lacey's Spring, Alabama, s'est déplacée de quelques mètres, latéralement et verticalement. L'itinéraire reste fermé car les efforts de caractérisation et de stabilisation du site se poursuivent dans le cadre des réparations d'urgence. Cette section de l'US 231 est une route majeure reliant Huntsville, Birmingham et Atlanta.

Sur la base des données fournies par les *State DOTs*, les problèmes considérés comme les plus fréquents par la FHWA sont les suivants :

- Pour les murs :
 - Corrosion des armatures métalliques ;
 - Problèmes de performance liés à un mauvais contrôle de la construction ;
 - Problèmes de performance liés au manque d'entretien.
- Pour les déblais/remblais de grande hauteur :
 - Pentes sur sol instables ;
 - problématiques d'effondrement.

Plusieurs *State DOTs* ont mis au point des méthodes de collecte de données pour les structures de soutènement et les hauts remblais/déblais sur sols instables. Il s'agit généralement de systèmes de classement et d'inventaire basés sur le risque local pour les infrastructures routières. Par exemple, le manuel d'inventaire des éboulements du DOT de l'Ohio ([Ohio DOT Rockfall Inventory Manual](#)). Il existe quelques *State DOTs* qui en sont aux premiers stades de la mise en œuvre de programmes de gestion de leur patrimoine d'ouvrages géotechniques, comprenant les murs de soutènement, les déblais et les remblais.

Q3/-Existence de programmes de rénovation

- Existe-t-il des programmes de rénovation pour tout ou partie des réseaux, pour certaines typologies d'ouvrages ?
- Si oui dates de la décision, de la mise en œuvre, de la fin prévue
- Nom du programme

- Description technique du programme, des techniques de rénovation. S'agit-il plutôt de réparations préventives, de rénovation lourde, de reconstruction ?

Pour les ponts routiers :

Le Département des transports fédéral dispose de plusieurs programmes, actés dans le cadre de la loi d'autorisation budgétaire pluriannuelle des transports de surface (*Fixing America's Surface Transportation Act de 2015 ou FAST Act*), permettant de financer les ponts routiers éligibles aux financements fédéraux (*federal-aid highways*). Les routes publiques qui sont fonctionnellement classées plus haut que *petite route collectrice rurale, route locale rurale et route locale urbaine* sont éligibles à l'aide fédérale. Ces programmes sont dotés annuellement par le Congrès, qui peut en ajuster les orientations (cf ci-après).

L'aide fédérale aux ponts routiers est apportée via les programmes suivants :

- *National Highway Performance Program (NHPP)*: le programme est pluriannuel et renouvelé annuellement et applicable pour la construction, le remplacement, la réhabilitation et la maintenance des ouvrages d'art.
- *Surface Transportation Block Grant Program (STBGP)* peut être utilisé pour la construction, le remplacement, la réhabilitation et la maintenance des ouvrages d'art. Les États peuvent également une partie de cette aide pour des ponts situés sur des routes non-éligibles aux financements fédéraux (15% de l'enveloppe)
- *Bridge replacement and rehabilitation program* : Le programme est ciblé sur les projets concernant des ponts dont la surface du tablier est en mauvais état, et permet de financer les remplacements et réhabilitations. Au titre de l'année fiscale 2020, les États présentant plus de 5% de surfaces de tablier de ponts en mauvais état reçoivent des financements complémentaires à l'enveloppe de base de 6 M\$ par État (le complément pouvant atteindre 50 M\$). En 2019, le seuil d'éligibilité à ces fonds était fixé à 7,5% de surfaces en mauvais état avec une priorisation sur projets en zones rurales. Les crédits sont disponibles pour une période d'environ 9 ans.

Des subventions compétitives avaient été mises en place en 2018 et allouées en 2019 par le Département des transports (DOT) à travers le *Competitive Highway Bridge Program*, qui a récompensé 20 projets dans 18 États avec une dotation de 225 M USD. Seuls les États ruraux étaient éligibles à ce programme (moins de 100 habitants par mi²)

Pour les ouvrages géotechniques :

Il n'y a pas de programmes de rénovation gérés par le gouvernement fédéral pour les murs de soutènement ou les hauts ouvrages en terre. Quelques programmes existent au niveau des *State DOTs*. Ils priorisent en général les ouvrages en fonction des caractéristiques géotechniques des sites concernés.

Parmi ceux-ci, celui du département des Transports de l'État du Colorado, intitulé [Colorado DOT Geohazard Program](#), utilise un logiciel permettant d'évaluer et de hiérarchiser les caractéristiques géotechniques des sols et de définir des mesures d'atténuation des risques. Le programme dispose d'un budget affecté et prévoit des mesures d'atténuation, des inspections de sites et des mesures de réponse aux situations d'urgence liées aux risques géotechniques. Pour les risques considérés comme imminents, le programme permet d'engager des mesures immédiates, y compris la passation de marchés avec des entreprises spécialisées.

Q4/-Aspects financiers

- Quel est le budget consacré à l'entretien des ouvrages d'art routiers ? (par maître d'ouvrage)
- En pourcentage du réseau routier
- Évolution sur les dernières années

- Si programme spécifique, volume financier du programme.
- Y-a-t-il une aide de l'Etat (Etat fédéral) aux autres collectivités ?

Dépenses consacrées à la route aux États-Unis

L'ensemble des dépenses réalisées pour le réseau routier en 2017, par toutes les entités gouvernementales (fédéral, États, local) a atteint **222,6 Mds USD**, d'après les dernières [données](#) disponibles publiées par la FHWA. Cette enveloppe est assumée à environ 50% par les États fédérés, 29% par les gouvernements locaux, et 21% par l'échelon fédéral.

Le [rapport](#) biennal sur l'état et les performances du réseau routier et des transports publics présenté par la *Federal Highway Administration* (FHWA) et la *Federal Transit Administration* (FTA) au Congrès en novembre 2019 montre notamment que les dépenses consacrées aux infrastructures routières ont légèrement diminué sur la période 2004-2014 en dollars constants. Cette tendance s'est prolongée jusqu'en 2017, avec cette année-là un montant total de dépenses identique à celui de 2014 en dollars courants.

Tableau 18 : Dépenses sur le réseau routier en 2014 réalisées par les différents échelons de gouvernement

	Highway Expenditures (Billions of Dollars)				
	Federal	State	Local	Total	Percent
Expenditures by Type					
Capital Outlay	\$0.7	\$80.5	\$24.2	\$105.4	47.4%
Noncapital Expenditures					
Maintenance	\$0.2	\$16.2	\$21.8	\$38.2	17.2%
Highway and Traffic Services	\$0.0	\$7.3	\$6.0	\$13.2	6.0%
Administration	\$2.3	\$8.4	\$5.7	\$16.4	7.4%
Highway Patrol and Safety	\$0.0	\$9.5	\$10.3	\$19.8	8.9%
Interest on Debt	\$0.0	\$8.2	\$3.3	\$11.5	5.2%
Subtotal	\$2.5	\$49.5	\$47.2	\$99.2	44.6%
Total, Current Expenditures	\$3.2	\$130.0	\$71.4	\$204.6	91.9%
Bond Retirement	\$0.0	\$11.6	\$6.3	\$17.9	8.1%
Total, All Expenditures	\$3.2	\$141.6	\$77.7	\$222.6	100.0%
Funding Sources for Capital Outlay¹					
Funded by Federal Government	\$0.7	\$43.4	\$0.7	\$44.8	42.5%
Funded by State or Local Governments	\$0.0	\$37.1	\$23.5	\$60.6	57.5%
Total	\$0.7	\$80.5	\$24.2	\$105.4	100.0%
Funding Sources for Total Expenditures¹					
Funded by Federal Government	\$3.2	\$43.4	\$0.7	\$47.3	21.2%
Funded by State Governments	\$0.0	\$95.1	\$16.1	\$111.2	50.0%
Funded by Local Governments	\$0.0	\$3.2	\$60.9	\$64.1	28.8%
Total	\$3.2	\$141.7	\$77.7	\$222.6	100.0%

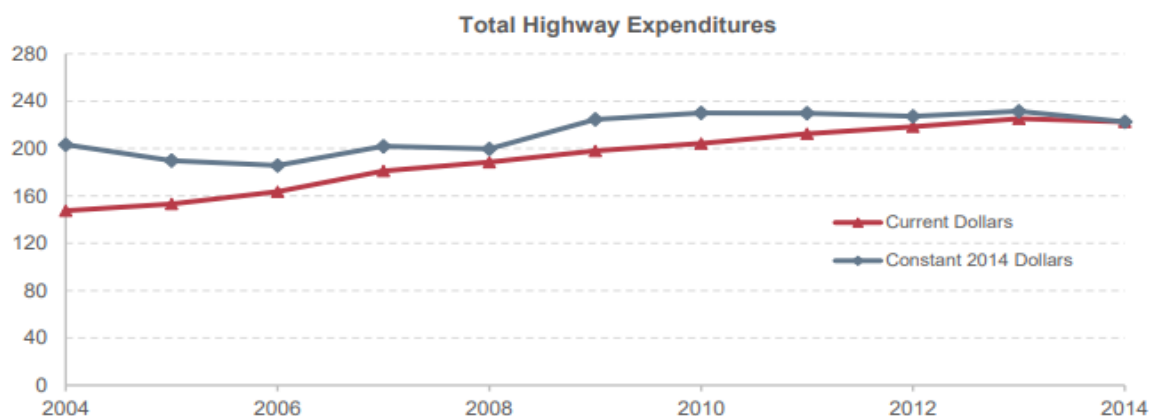
¹ Amounts shown in italics are provided to link this table back to revenue sources shown in Exhibit 6-1. These are nonadditive to the rest of the table, which classifies spending by expending agency.

Sources: Highway Statistics 2015, Table HF-10A (preliminary), and unpublished FHWA data.

source : Report on the Status of the nation's highways, bridges and transit – conditions and performance – 23rd edition

Tableau 19 et Figure 11: Évolution des dépenses sur le réseau routier sur la période 2004-2014 par toutes les entités gouvernementales

Expenditure Type	Highway Expenditures, Billions of Dollars						Annual Rate of Change 2014/2004
	2004	2006	2008	2010	2012	2014	
Capital Outlay	\$70.3	\$80.2	\$90.4	\$100.0	\$105.3	\$105.4	4.1%
Maintenance and Traffic Services	\$36.3	\$40.8	\$45.9	\$46.3	\$48.5	\$51.4	3.5%
Administration	\$12.7	\$13.1	\$17.8	\$16.5	\$16.0	\$16.4	2.6%
Highway Patrol and Safety	\$14.3	\$14.7	\$17.3	\$16.8	\$18.3	\$19.8	3.3%
Interest on Debt	\$5.8	\$6.6	\$8.5	\$10.1	\$11.5	\$11.5	7.1%
Total, Current Expenditures	\$139.5	\$155.5	\$180.0	\$189.7	\$199.5	\$204.6	3.9%
Bond Retirement	\$8.0	\$8.1	\$8.6	\$14.6	\$18.9	\$17.9	8.4%
Total, All Expenditures	\$147.5	\$163.5	\$188.5	\$204.3	\$218.4	\$222.6	4.2%



source : *Report on the Status of the nation's highways, bridges and transit – conditions and performance – 23rd edition*

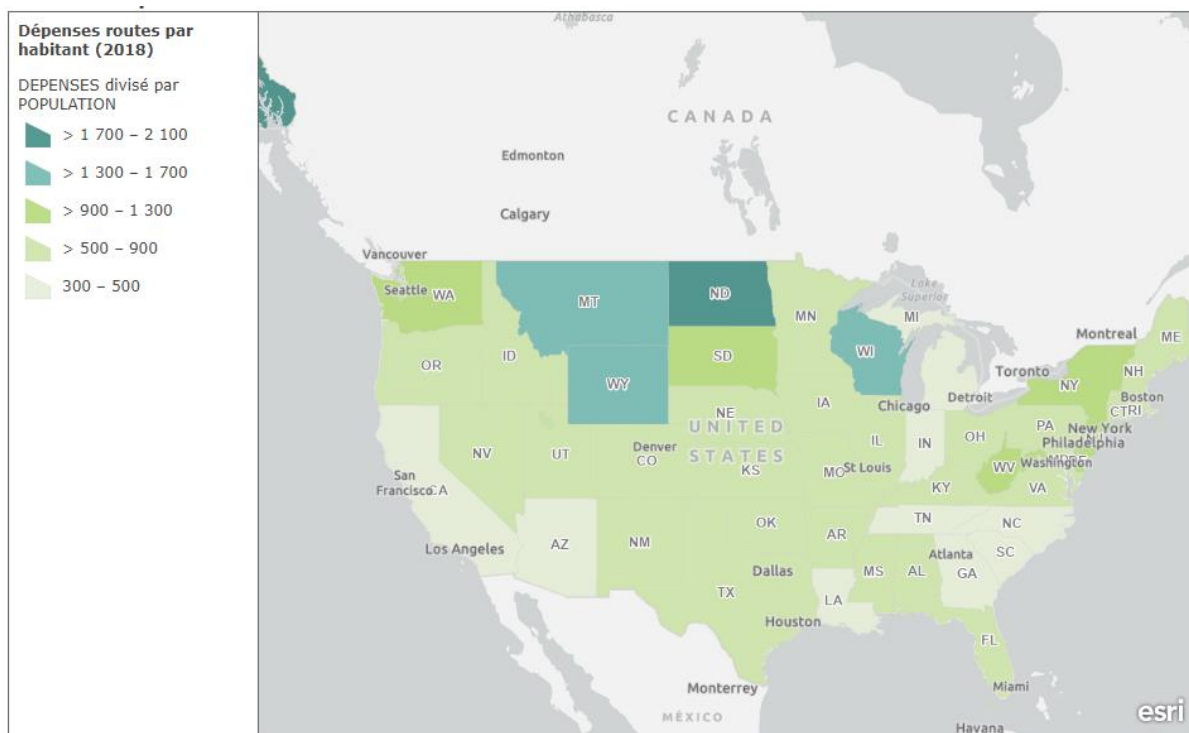


Figure 12 : Dépenses par habitant consacrées aux routes en 2017 dans les différents États américains, toutes dépenses confondues

source : SER de Washington, données FHWA

Les niveaux de dépenses sont très variables d'un État à l'autre. En moyenne, les différents échelons de gouvernement ont dépensé 681 dollars par habitant pour les routes et autoroutes en 2017. L'Alaska a dépensé le plus par habitant avec 2071 USD par personne, suivi par le Dakota du Nord (1745 USD). Le Tennessee et la Géorgie ont dépensé le moins avec respectivement 334 USD et 361 USD par personne.

Dépenses consacrées aux ponts :

Les dépenses consacrées aux ouvrages d'art ont significativement diminué depuis 2010. Les années 2010 et suivantes avaient bénéficié de financements exceptionnels sur les routes issus du plan de relance américain de 2009 (*American Recovery and Reinvestment Act of 2009*), qui avait permis d'injecter des financements fédéraux supplémentaires (à hauteur de 11,9 Mds\$ en 2010, 3 Mds\$ en 2012, 0,2 Mds\$ en 2014).

En 2014, une enveloppe de 16 Mds USD a été consacrée aux opérations d'investissement sur les ponts, d'après les données présentées au Congrès (cf tableau ci-après), dont 14,4 Mds USD consacrés à la réhabilitation du patrimoine existant et 1,6 Mds USD pour de nouveaux ouvrages. Les dépenses d'entretien courant ne sont pas comptabilisées dans ce montant, mais sont vraisemblablement négligeables. En 2017, l'enveloppe d'investissements n'était que de 12,2 Mds USD d'après les dernières données publiées par la FHWA, dont 11,3 Mds USD consacrés à la réhabilitation des ponts, et 0,9 Mds USD aux nouveaux ouvrages.

Tableau 20 : Évolution 2004-2014 des dépenses d'investissement par type d'opération sur toutes les routes

Improvement Type	Capital Outlay, Billions of Dollars						Annual Rate of Change 2014/2004
	2004	2006	2008	2010	2012	2014	
System Rehabilitation							
Highway	\$26.7	\$31.0	\$33.5	\$43.4	\$45.8	\$51.0	6.7%
Bridge	\$0.6	\$10.3	\$12.7	\$17.0	\$16.4	\$14.4	4.1%
Subtotal	\$36.3	\$41.3	\$46.2	\$60.5	\$62.2	\$65.4	6.1%
System Expansion							
Additions to Existing Roadways	\$12.1	\$14.0	\$15.7	\$15.0	\$14.0	\$13.2	0.9%
New Routes	\$12.6	\$15.2	\$16.1	\$11.4	\$12.1	\$11.0	-1.3%
New Bridges	\$1.4	\$1.2	\$1.5	\$0.9	\$1.1	\$1.6	1.2%
Subtotal	\$26.1	\$30.4	\$33.3	\$27.4	\$27.2	\$25.9	-0.1%
System Enhancements	\$7.8	\$8.5	\$10.9	\$12.2	\$15.9	\$14.2	6.1%
Total	\$70.3	\$80.2	\$90.4	\$100.0	\$105.3	\$105.4	4.1%
Percent of Total Capital Outlay							
System Rehabilitation	51.7%	51.5%	51.1%	60.5%	59.0%	62.0%	
System Expansion	37.1%	37.9%	36.9%	27.4%	25.8%	24.5%	
System Enhancements	11.2%	10.6%	12.0%	12.2%	15.1%	13.5%	

Sources: Highway Statistics, various years, Table SF-12A, and unpublished FHWA data.

source : Report on the Status of the nation's highways, bridges and transit – conditions and performance – 23rd edition

Environ 15% des dépenses d'investissement sont consacrées à la réhabilitation des ponts et à la construction de nouveaux ouvrages sur la période de 2004-2014. Le ratio était de 14% en 2017 pour les investissements réalisés par les *State Highways Authorities* comme indiqué dans le graphique ci-dessous.

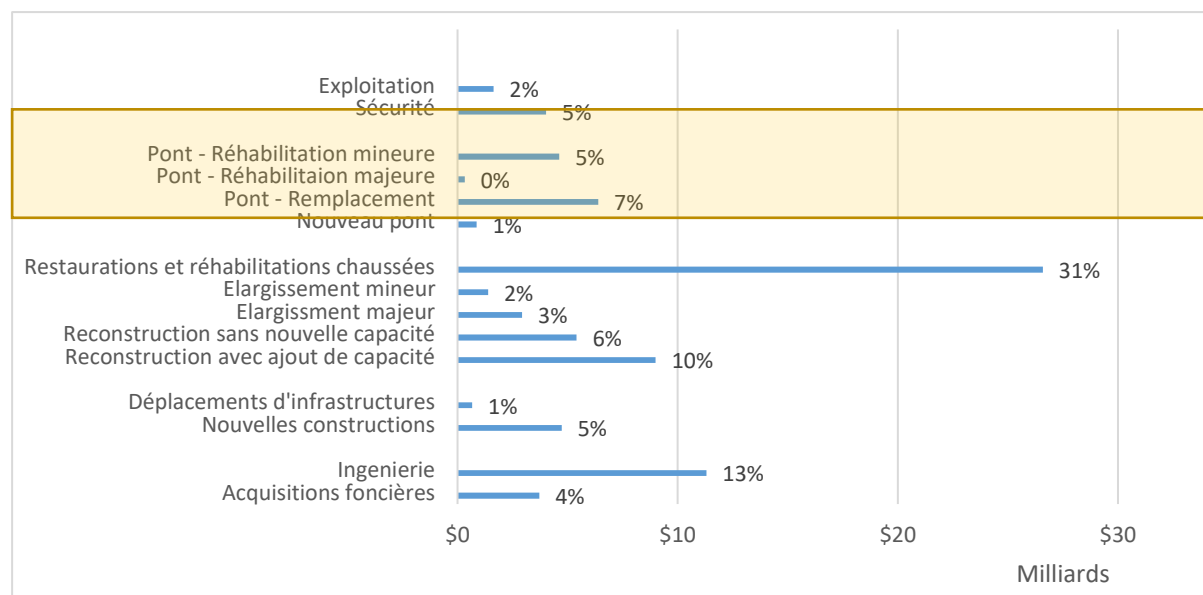


Figure 13 : Répartition des dépenses d'investissement par type d'opération des State Highway Authorities, 2017

source : SER de Washington, données FHWA (table SF-12-A)

Nota : la FHWA ne publie le détail des dépenses par type d'investissement (dont les ponts) que pour les dépenses réalisées par les State Highway authorities. Les dépenses des State Highways Authorities représentent plus de 80% de l'ensemble des dépenses d'investissement réalisées sur l'ensemble du réseau

routier (86 Mds USD sur 105 Mds USD réalisés en 2017).

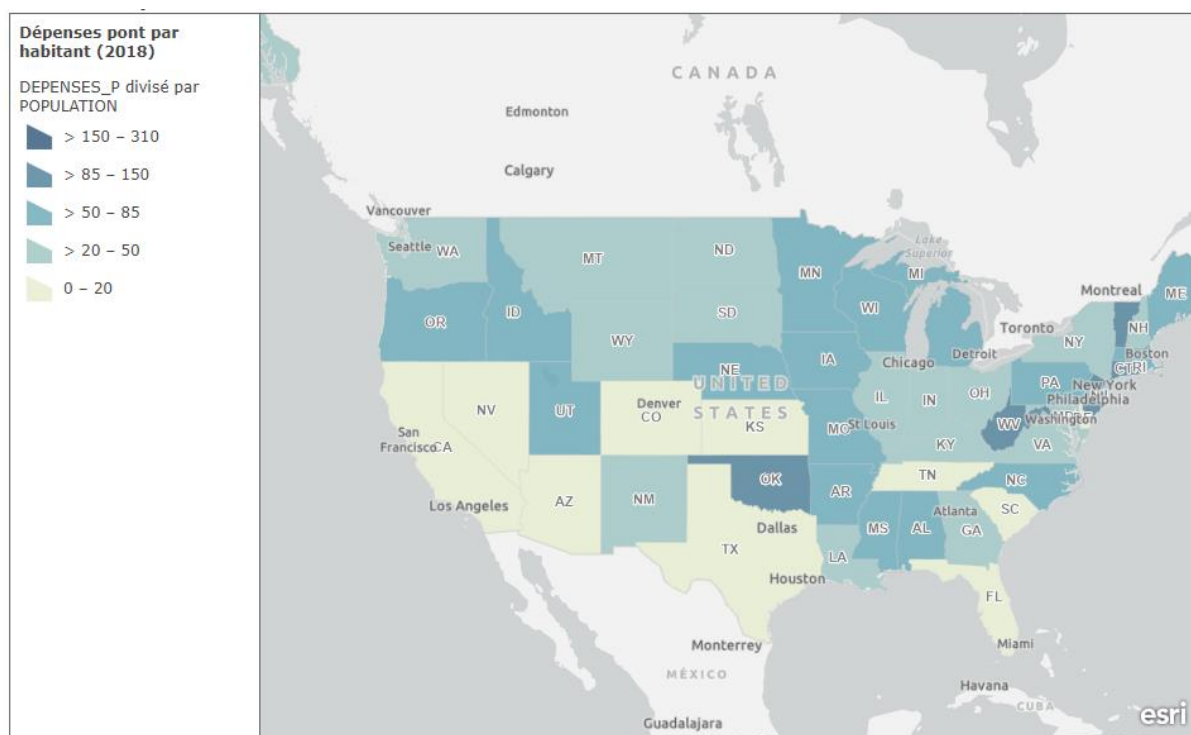


Figure 14 : Dépenses d'investissement par habitant consacrées aux ponts en 2017 dans les différents états américains (dépenses réalisées par les States Highways Authorities)

source : SER de Washington, données FWHA (table SF-12A)

À l'instar des dépenses routières, les dépenses d'investissement des *State Highway Authorities* consacrées aux ponts varient significativement d'un état à l'autre, avec en moyenne 37 USD dépensés par habitant en 2017. Le District de Columbia est le territoire qui a dépensé le plus par habitants en 2017 pour les ponts avec 301 USD par habitant, devant la Virginie Occidentale (148 USD) et le Vermont (143 USD). Les États du Kansas, Nevada, Arizona, Caroline du Sud, Delaware, Tennessee et Californie ont consacré 10 USD ou moins par habitant aux investissements dans les ponts en 2017.

Q5/-Aspects compétences

- Le pays dispose-t-il de toutes les compétences souhaitées pour le recensement des ouvrages, pour leur réparation (en maîtrise d'œuvre et en réalisation) ?
- Des programmes de développement des compétences ont-ils été mis en œuvre ?
- Comment ces compétences sont-elles obtenues (université, formations spécifiques)

Les États-Unis disposent des compétences requises pour assurer le suivi des ouvrages d'art et ouvrages de soutènement. Ces compétences sont acquises via un large éventail de formations offertes via des cursus académiques en génie civil, ou directement par l'expérience sur le terrain.

Selon le site [College Factual](#), environ 260 collèges d'universités, publiques et privées, proposent plus de 750 diplômes de toute nature en génie civil (bachelor, master, certificate, doctorate). En 2017-2018, les universités américaines ont délivré 21 299 diplômes en génie civil, un nombre en légère hausse

(2,2%) par rapport à l'année passée. Parmi les Universités [les plus cotées](#) dans le domaine du génie civil figurent les établissements suivants : Georgia Institute of Technology (Atlanta), New Jersey Institute of Technology (Newark), Massachusetts Institute of Technology (Cambridge, MA), Clarkson University (Potsdam, NY), Illinois Institute of Technology (Chicago), University of California à Berkeley (CA), Virginia Tech (Blacksburg, VA).

Des formations spécifiques destinées à la communauté des spécialistes de la route sont dispensées par le [National Highway Institute](#) (NHI), entité dépendant du Office of Technical Services de la FHWA. Le NHI édite par exemple le manuel de référence de l'inspecteur des ponts ([Bridge Inspector's Reference Manual](#)), et offre des formations qualifiantes pour l'inspection et l'entretien des ouvrages d'art. Le NHI a été créé en 1970, et est accrédité pour dispenser de la formation continue dans le domaine des routes. Le [Resource Center](#) de la FHWA dispense également des formations spécialisées.

Références :

- Report on the Status of the nation's highways, bridges and transit – conditions and performance – 23rd edition FHWA, FTA, novembre 2019
- Bridge Report 2020, *American Road & Transportation Builders Association*
- Infrastructure Report Card 2017, *American Society of Civil Engineers*
- Transportation Statistics Annual Report 2018, Bureau of Transportation Statistics, US DOT
- site web Bureau of transportation Statistics, US DOT: *Government Transportation revenue & expenditures*,
- site web et données, FHWA, US DOT: *Highway statistics 2018*
- *base de données LTBP InfoBridge, FHWA, US DOT*
- *24th Annual Highway Report, The Reason Foundation, Août 2019*
- site web *Highway and Road Expenditures, Urban Institute*

Autres sources :

- échanges avec la FHWA:
 - Dr. Joey Hartmann, director, Office of bridges and structures, FHWA;
 - Doug Blades, Senior Bridge Programs Engineer, Office of bridges and structures, FHWA;
 - Silas Nichols, Principal Geotechnical Engineer, Office of bridges and structures, FHWA.

Annexe 20. Italie

SER Europe du Sud-Est (Rome)

Étude sur les capacités d'entretien et la rénovation des ponts routiers et des murs de soutènement routiers

ITALIE

Éléments locaux de contexte du pays questionné :

L'Italie est réputée pour la faiblesse de ses infrastructures particulièrement de transports routiers. Les chantiers souffrent souvent de retards importants voire ne sont pas terminés. En 2013, le gouvernement a recensé ces chantiers atteignant le nombre de 450 sur tout le territoire pour un montant gaspillé de 1,5Md€.

Depuis l'effondrement du pont à Gênes en 2018 qui a durement affecté les Italiens et demeure un symbole des défaillances du système de surveillance, l'Italie déploie d'importants efforts pour remettre ses infrastructures routières à niveau.

La reconstruction du pont à Gênes en un temps record de moins de deux ans est mise en avant pour envoyer une image d'excellence retrouvée.

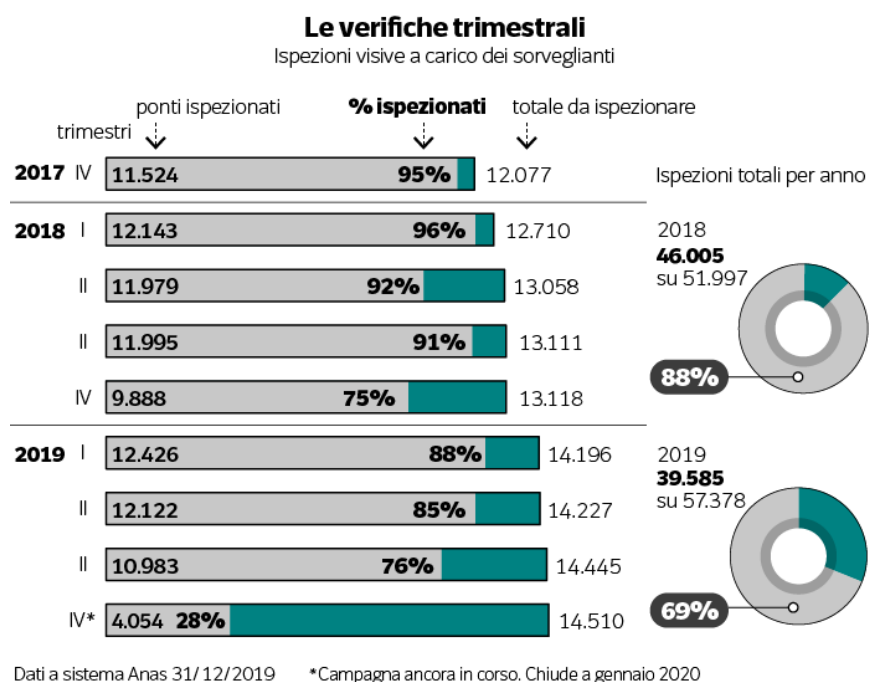
Q1/-Données disponibles et communicables

- Nombre de ponts, de murs, de talus : nombre de ponts 14 500, murs et talus info non disponibles
- Répartition de ces ouvrages par maîtres d'ouvrages : début 2019, un recensement a identifié 992 ponts sans maîtres d'ouvrage. Ce chiffre a été réduit à 763 fin 2019. Avant 2018, Anas surveillait déjà 1614 ponts relevant de sa compétence. Suite à plusieurs effondrements, l'État lui a confié en 2018, la surveillance et la mise aux normes de 14 500 des ponts et viaducs au total qui relevaient auparavant de compétences locales ou privée, et souffraient de défaut d'entretien. La quasi-totalité des ponts sis sur le territoire italien doivent donc être surveillés depuis 2018.
- Type d'ouvrages : ponts (métal et mixtes, béton armé, béton précontraint, buses métalliques, buses en béton, maçonnerie), murs (...) : ponts de type Morandi en béton et filins en métal.

Q2/-Problématiques rencontrées

- Procédures de surveillance et d'entretien courant des ouvrages : Après des années voire des décennies de manque de surveillance et la survenance de plusieurs effondrements, l'État italien a mis l'accent sur la surveillance et la réparation des ponts, viaducs et galeries. Pour ce faire, un programme ambitieux d'inspection de 14 500 ponts et viaducs a été confié par le ministère des transports et des infrastructures à l'Anas. Selon les dernières données disponibles, les ponts à surveiller en priorité étaient au nombre de 4 991. Les méthodes employées sont diverses, de la simple observation visuelle à des techniques modernes de capteurs développée avec des universités étrangères (Boston) et italiennes (<http://www.mit.gov.it/comunicazione/news/dal-mit-di-boston-smartphone-automobilisti-per-monitorare-i-ponti>). Par exemple, en 2019, Anas a lancé un appel d'offre de 12M€ pour équiper 100 ouvrages d'art de capteurs intelligents.

Les résultats publiés fin 2019 montrent des variations dans la célérité des contrôles effectués : au cours de l'année 2019, 28% des ouvrages identifiés ont été inspectés (1 419) contre 56% en 2018. Anas ne donne pas d'explication pour cette baisse de rythme.

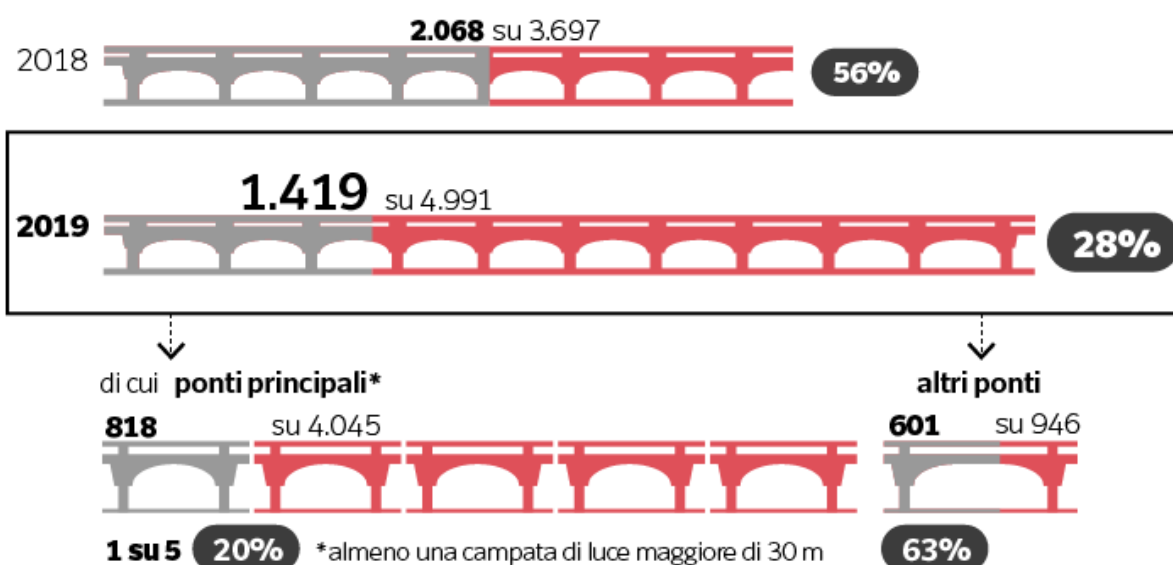


S'agissant des inspections « à vue » faites par les cantonniers, agents de droit local.

I ponti a rischio

Ispezioni annuali obbligatorie per legge (eseguite da ingegneri qualificati)

■ ponti e viadotti ispezionati ■ da ispezionare



Dati a sistema Anas 31/ 12/2019 (l'anno Anas 2019 chiude a gennaio 2020)

Afin d'augmenter le rythme des inspections, le ministère des transports a adopté de nouvelles lignes directrices en mai 2020 (<http://www.mit.gov.it/comunicazione/news/mit-approve-le-linee-guida-per-la-sicurezza-dei-ponti>).

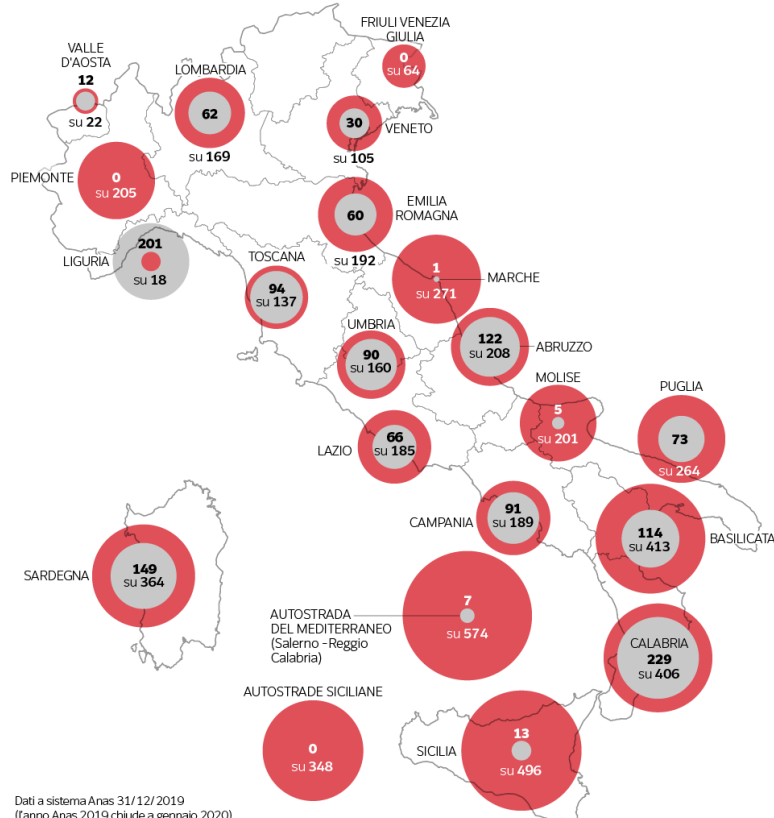
- Disparités régionales dans les contrôles : Dans certaines régions, les vérifications prévues ne sont pas réalisées : par exemple, dans le Piémont et le Frioul-Vénétie Julienne, les vérifications obligatoires annuelles marquent «zéro», alors qu'elles étaient prévues respectivement 205 et 64 ; sur les Autoroutes Siciliennes, zéro inspection sur 348 à faire. Les Marches en ont enregistré 1 sur 271. L'Autoroute de la Méditerranée, c'est-à-dire la Salerne-Reggio Calabria, qui comporte le viaduc Stupino et le viaduc Italie, parmi les plus hauts d'Europe, a vu 7 structures inspectées sur 574. En Ligurie, l'Anas a passé au crible 201 ponts, alors qu'il aurait dû en inspecter seulement 18, allant ainsi bien au-delà de ce qui était nécessaire, cas unique en Italie.

Début 2020 : cartes des inspections restant à être menées : davantage dans les îles du sud.

Ispezioni annuali obbligatorie per legge (eseguite da ingegneri qualificati) - 2019

Ispezioni annuali obbligatorie per legge (eseguite da ingegneri qualificati) - 2019

● Ispezionati ● da ispezionare



Dati a sistema Anas 31/12/2019
(l'anno Anas 2019 chiude a gennaio 2020)

- Existence de désordre sur certains ouvrages : effondrements, fermetures totales ou partielles à la circulation : oui. Par exemple, le pont de Gênes en 2018, le pont Magra en avril 2020 et le pont d'Annone.
- Type de désordre et causes : effondrements dont les causes sont la vétusté et le défaut d'entretien, parfois de potentiels défauts de conception (pont de Gênes où l'enrobage ciment des filins d'acier se serait effrité, mais les investigations ne sont pas encore achevées).
- Existe-t-il des programmes de recensement des problématiques ? Oui. Depuis le traumatisme de l'effondrement du pont de Gênes, un monitoring de tous les ponts et viaducs du pays a été lancé (cf. réponse détaillée supra).

Q3/-Existence de programmes de rénovation

- Existe-t-il des programmes de rénovation pour tout ou partie des réseaux, pour certaines typologies d'ouvrages ? Oui. le Pont de Gênes a été reconstruit en 2 ans ; d'autres ponts effondrés seront reconstruits rapidement selon l'engagement du gouvernement.
- Si oui dates de la décision, de la mise en œuvre, de la fin prévue : Concernant le pont de Gênes, le 14 août 2018 effondrement : les semaines suivantes ont vu l'engagement du Gouvernement à le reconstruire en moins de deux ans ; l'engagement est tenu et le pont a été inauguré le 3 août 2020. Une procédure *ad hoc* spéciale de « commissaires du Gouvernement » a été mise en place : elle s'exonère des procédures administratives normales + mobilisation de fonds + implication des mastodontes du BTP italien (par ex. : ingénierie des chantiers navals)
- Nom du programme : pas de programme national ; tous ouvrages d'art, et du cas par cas par pont

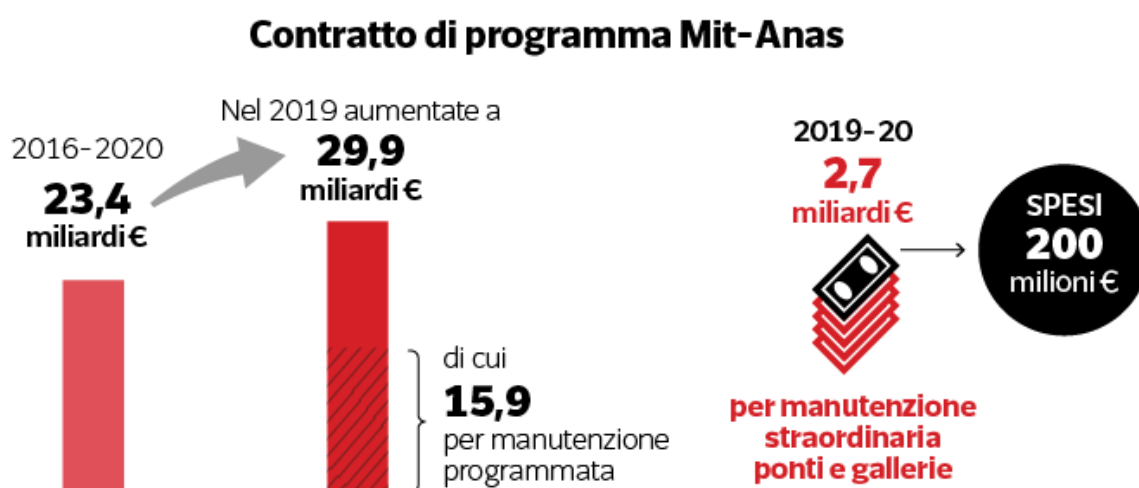
- Description technique du programme, des techniques de rénovation. S'agit-il plutôt de réparations préventives, de rénovation lourde, de reconstruction ? Les 3 techniques de rénovation sont employées.

Q4/-Aspects financiers

- Quel est le budget consacré à l'entretien des ouvrages d'art routiers ? (par maître d'ouvrage)

L'ANAS dispose de ressources importantes : le contrat de programme conclu avec le ministère des Infrastructures a alloué, pour le quinquennat 2016-2021, 4 Md€, augmenté en 2019 à 29,9Md€ dont plus de la moitié pour l'entretien programmé, l'adaptation et la mise en sécurité de ponts, des tunnels et des pavements. Anas a indiqué que «cela nous permettra de disposer de fonds considérables pour l'entretien et la mise en sécurité du réseau autoroutier existant». En outre, pour la période 2019-2020, pas moins de 2,7 Md€ ont été consacrés à la maintenance extraordinaire. Toutefois, moins de 200 M€ ont été dépensés. Pour remédier à cette sous-consommation, Anas a lancé des appels d'offre. En mai 2020, un appel d'offre d'un montant de 16M€ pour l'inspection de ponts, viaducs et galeries sur 3 ans a été lancé, réparti en 8 lots régionaux. Ainsi, Anas entend compléter ses compétences par le recours à des entreprises privées. Le dépôt des offres est clos depuis le 10 juillet 2020. Le choix des contractants aura lieu avant la fin 2020.

- En pourcentage du réseau routier : 29,9Md€ pour 255 000 km (dont 6 726 km autoroutes) sur 4 ans.
- Évolution sur les dernières années : sur la période 2016-2020, 23,4Md€ sont consacrés à la surveillance et à la remise aux normes de sécurité. Cette somme a été augmentée de 27% en 2019 pour atteindre 29,9Md€, dont 15,9Md€ dédiés à la réparation. Le décaissement est lent : seulement 200M€ ont été dépensés en 2019. Les raisons sont multiples, parmi lesquelles figurent la corruption (cas de paiement pour travaux non réalisés à Florence, Trieste et en Sicile), ainsi que le manque d'ingénierie.



- Si programme spécifique, volume financier du programme : cf. supra
- Y-a-t-il une aide de l'État (État fédéral) aux autres collectivités ? Anas ayant pris dans son portefeuille la majorité des ponts. C'est donc l'État qui finance la surveillance et la rénovation.

Q5/-Aspects compétences

- Le pays dispose-t-il de toutes les compétences souhaitées pour le recensement des ouvrages, pour leur réparation (en maîtrise d'œuvre et en réalisation) ? Non, l'Italie souffre d'un manque de compétences et de main d'œuvre.
- Des programmes de développement des compétences ont-ils été mis en œuvre ? Non
- Comment ces compétences sont-elles obtenues (université, formations spécifiques)

Nota bene : des photographies communicables permettant d'illustrer les déformations ou rénovations seraient appréciées

Photos du pont de Gênes effondré en août 2018





Plan de la reconstruction



Commentaires éventuels du pays questionné :

Pas de commentaires

Sources :

Site ministère des transports et des infrastructures :

<http://www.mit.gov.it/comunicazione/news/mit-approvate-le-linee-guida-per-la-sicurezza-dei-ponti>

<http://www.mit.gov.it/comunicazione/news/dal-mit-di-boston-smartphone-automobilisti-per-monitorare-i-ponti>

OCDE :

<https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264255531-17-fr.pdf?expires=1596706058&id=id&accname=guest&checksum=F61C00EF91FABF441A3BA81B8CA2706E>

<https://www.corriere.it/dataroom-milena-gabanelli/ponti-viadotti-pericolosi-anas-3500-ponti-fuori-controllo-763-senza-proprietà/b79e6a4c-3ac7-11ea-9d89-0cf44350b722-va.shtml>

site internet Anas :

<https://www.stradeanas.it/it/anas-al-progetto-di-monitoraggio-strumentale-di-ponti-e-viadotti>

<https://www.stradeanas.it/it/cavalcavia-senza-documentazione-di-proprietà>

Annexe 21. Compléments sur l'Italie

Ces compléments italiens proviennent d'éléments transmis par l'Ing. Carlo Ricciardi du Conseil général des travaux publics et par l'Ing Matteo Castiglioni de l'ANAS interrogés par la mission. La rédaction et la mise en forme ont été fait par la mission..

Décret-ministériel 430 du 8 octobre 2019

Le décret ministériel 430 du 8 octobre 2019 définit la façon dont les maîtres d'ouvrages publics doivent renseigner une base de données publique. Ce texte a été pris en application de la loi du 16 novembre 2018 qui faisait suite elle-même au décret-loi n°109 du 28 septembre 2018 « Dispositions urgentes pour la ville de Gênes, la sécurité des réseaux des infrastructures de transports, les événements sismiques de 2016 et 2017, le travail et les autres urgences »

La base de données instituée s'appelle AINOP (Archive Informatique Nationale des Ouvrages Publics).

Cette base de données dont certaines données sont ouvertes en open-data doit être renseignée par les maîtres d'ouvrages publics : ANAS (l'agence des routes nationales) ; sociétés d'autoroutes, régions, collectivités locales etc... Elle comprend en particulier les ponts et passerelles routiers (mais aussi ferroviaires, et aussi les routes, tunnels, barrages, aéroports, ports, équipements hydrauliques, édifices publics). Les murs routiers n'y figurent pas.

Les données concernant les ponts comprennent (liste non exhaustive) :

- Les données générales de localisation
- La typologie du pont
- Longueur, superficie
- Présence de courbe
- Sismicité
- Présence ou non d'effondrement
- Description de la structure (culées, piles, tablier, joints, système de protection, appareils de soutien)

Les données sont disponibles sur le site www.ainop.mit.gov.it

Lignes guides (directive technique) pour la classification et la gestion des risques ; l'évaluation de la sécurité et le recueil de données des ponts existants

Ce guide sert à décrire la façon de recenser et de gérer les ponts existants afin de prévenir tout dommage. La démarche s'appuie sur 6 étapes (appelées niveaux).

Les niveaux suivants sont définis :

- Niveau 0 : Le recensement de tous les ouvrages (d'une ouverture de plus de 6 m)
- Niveau 1 : inspections visuelles

- Niveau 2 : définition d'une classe d'attention prenant en compte d'autres données
- Niveau 3 : évaluation préliminaire de l'ouvrage
- Niveau 4 : évaluations détaillées, selon la classe d'attention
- Niveau 5 : prend en compte de la résilience du réseau

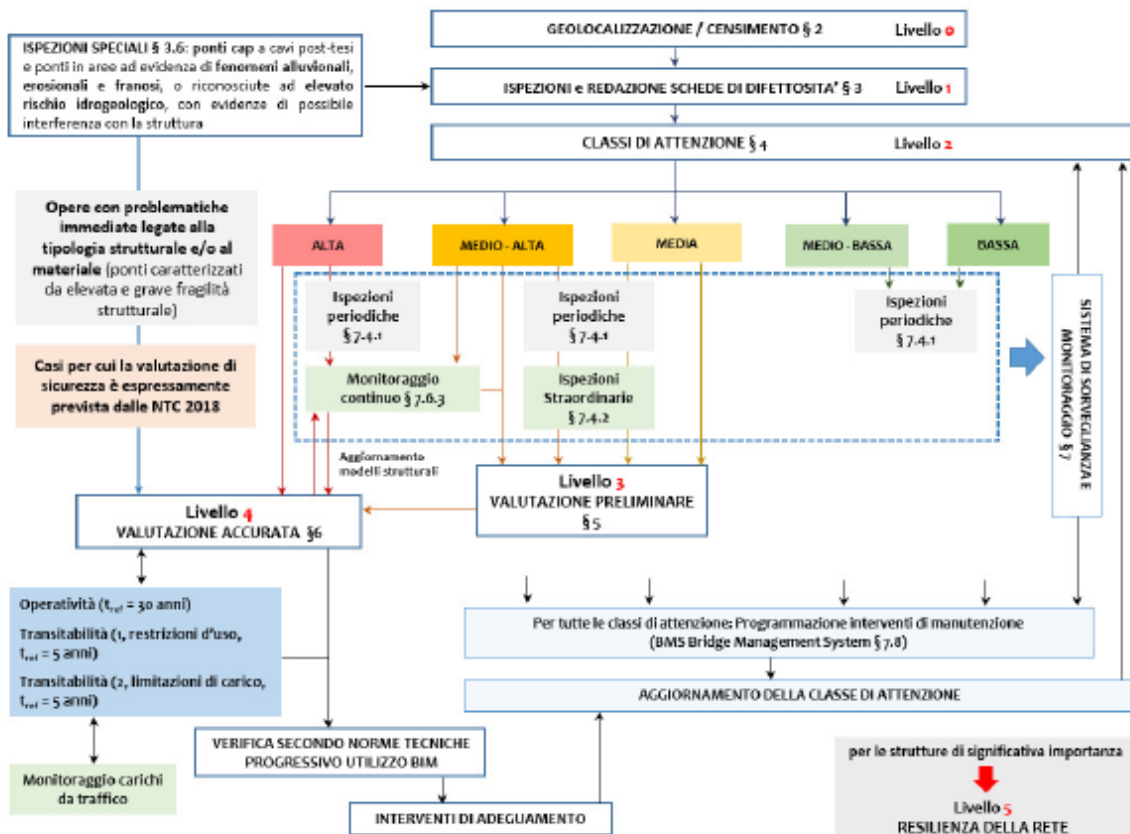


Figura 1.1 – Approccio multilivello e relazioni tra i livelli di analisi

Le niveau 0 permet de remplir une fiche alimentant la base de données de l'AINOP.

Le niveau 1 doit comprendre un relevé photographique, un relevé géométrique des dimensions principales et une fiche des déféctuosités ; ceci permet de définir des éléments critiques provenant des déféctuosités mais aussi de la typologie structurale du pont (poutres Gerber, câbles de pré contraintes, affaiblissement des fondations etc..). On prend en compte les effondrements et l'hydraulique.

Lorsque le pont le nécessite la méthodologie prévoit de passer directement au niveau 3 et de prévoir des inspections détaillées.

Le niveau 2 est une analyse de risque qui vise à déterminer le niveau de risque du pont selon cinq classes : haute, moyenne-haute, moyenne, moyenne-basse, basse

C'est une démarche complexe qui prend en compte de nombreux paramètres : niveau de déféctuosité, ancienneté du pont, trafic routier, existence d'une déviation ou importance du pont dans le réseau, aspects sismiques, risque d'éboulements ou de glissement de terrain, risque hydraulique.

Le niveau 3 vise à évaluer –en prenant en compte les défauts relevés au niveau 1 les ressources (i.e ; marges de manœuvre) du pont existant en se basant sur les normes de construction qui ont servi à sa construction. Donc si c'est un pont de 1933 il faut prendre en compte la norme de 1933.

Le niveau 4 détaille les analyses à faire pour obtenir une évaluation détaillée de l'état d'un pont :

- Analyse critique historique
- Analyse du projet original
- Relevés géométriques structurels
- Relevés des désordres
- Caractérisation et modélisation géologique et géotechnique
- Enquêtes finalisées des détails de constructions et des matériaux
- Classement dans le cadre hydraulique et morphologique
- Classement de l'aménagement géomorphologique

Le guide aborde aussi le système de surveillance et de recueil de données.

- Inspection périodique ordinaire
- Inspection extraordinaire
- Enquêtes non destructives et semi-destructives
- Essai de charges et relevés de la réponse dynamique
- Recueil de données instrumentales
- Algorithmes d'analyse et d'interprétation de données
- Modèles représentant le comportement réel
- Indices de l'état de la condition et modèles de dégradations
- Base de données informatiques

Les inspections périodiques ordinaires peuvent être effectuées selon une périodicité qui dépend du type de l'ouvrage et de son état : de biennale à semestrielle voire plus rapprochée en fonction du recueil de données.

Les inspections extraordinaires doivent être effectuées tous les 5 ans maximum pour les ponts de classe Basse ou Moyenne Base, de deux maximum pour les autres.

[Décret-loi du 16 juillet 2020](#)

Le décret-loi intitulé « Mesures urgentes pour la simplification et l'innovation digitale » prévoit l'expérimentation pendant une période de 12 mois de la méthodologie des « lignes guides » à un nombre limité de ponts et de gestionnaires.

Il semblerait qu'il y ait des discussions sur l'applicabilité des lignes guides.

L'ANAS va tester la mise en place des nouvelles lignes guides dans le cadre de la loi d'expérimentation.

Il faudra qu'il y ait des spécialistes certifiés pour faire ce travail (à charge des maîtres d'ouvrage)

[Les cahiers techniques de l'ANAS](#)

L'ANAS a publié des cahiers techniques pour la sauvegarde des infrastructures.

Ce sont des cahiers très techniques, de sept volumes de 200 pages chacun.

Annexe 22. Japon

SER

Étude sur les capacités d'entretien et la rénovation des ponts routiers et des murs de soutènement routiers

JAPON

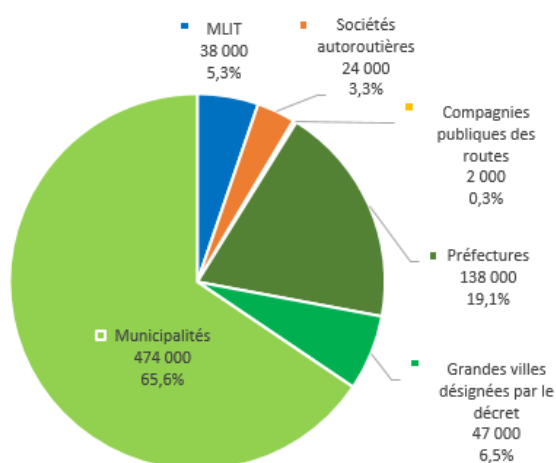
Suite à l'enquête menée auprès des autorités japonaises, il a été constaté que les données ne sont disponibles que pour les ponts (et tunnels), pas pour les murs de soutènement routiers. La présente réponse se concentre donc sur les ponts au Japon.

Q1/-Données disponibles et communicables

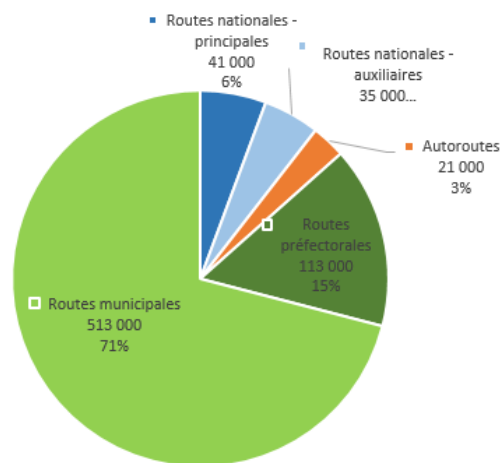
- Nombre de ponts, de murs, de talus
- Répartition de ces ouvrages par maîtres d'ouvrages
- Type d'ouvrages : ponts (métal et mixtes, béton armé, béton précontraint, buses métalliques, buses en béton, maçonnerie), murs (...)

D'après le ministère du territoire, des infrastructures, des transports et du tourisme (MLIT), il existe actuellement plus de 720 000 ponts de plus de 2m au Japon, dont plus de 90% sont gérés par les collectivités locales. En fonction du nombre de ponts ou de leur superficie, les graphiques ci-dessous illustrent la répartition par gestionnaire et par type de routes.

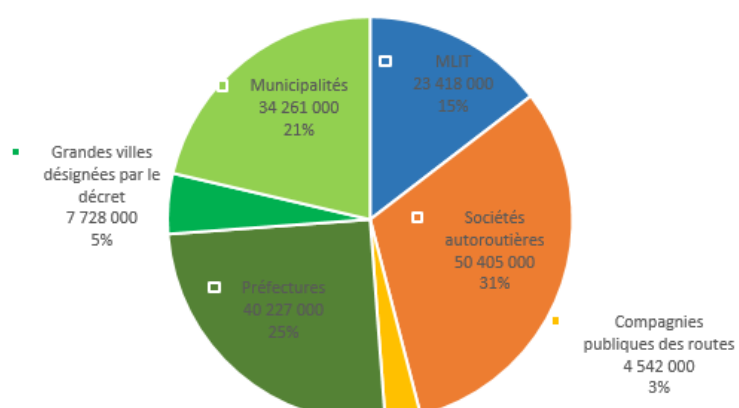
Nombre de ponts par gestionnaires



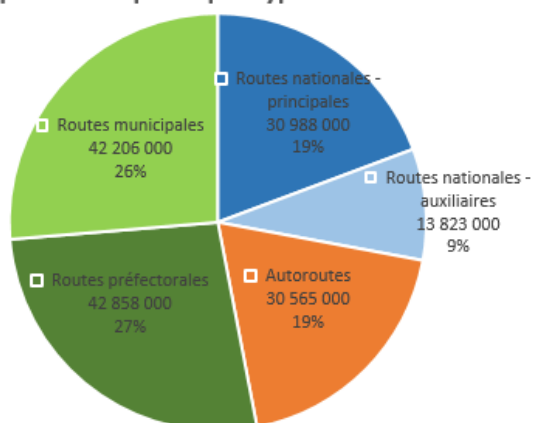
Nombre de ponts par types de route



Superficie de ponts par gestionnaires

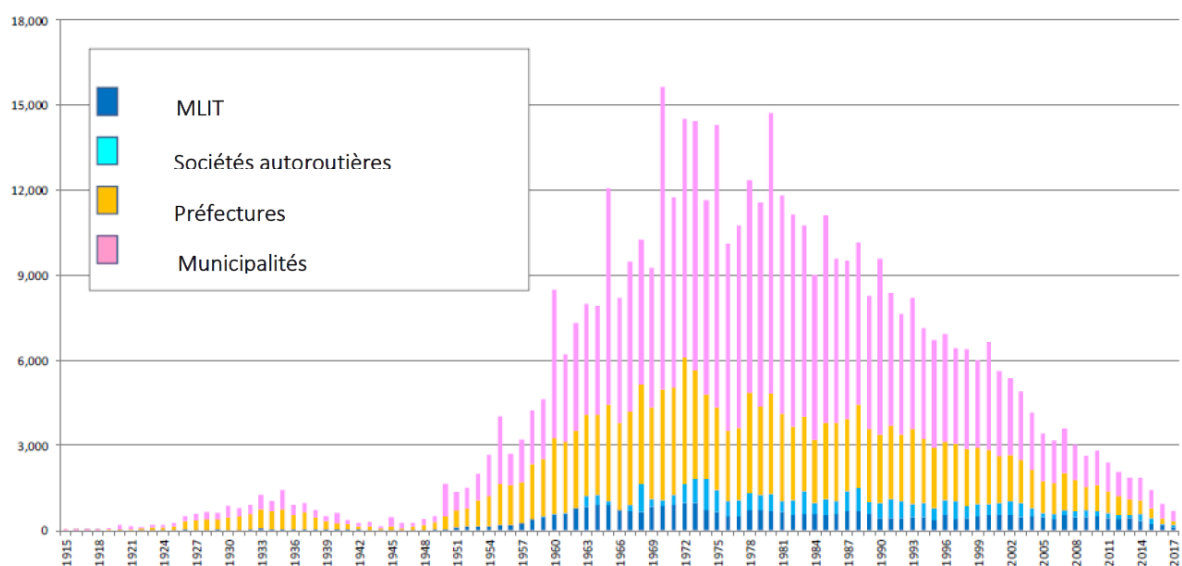


Superficie de ponts par types de routes

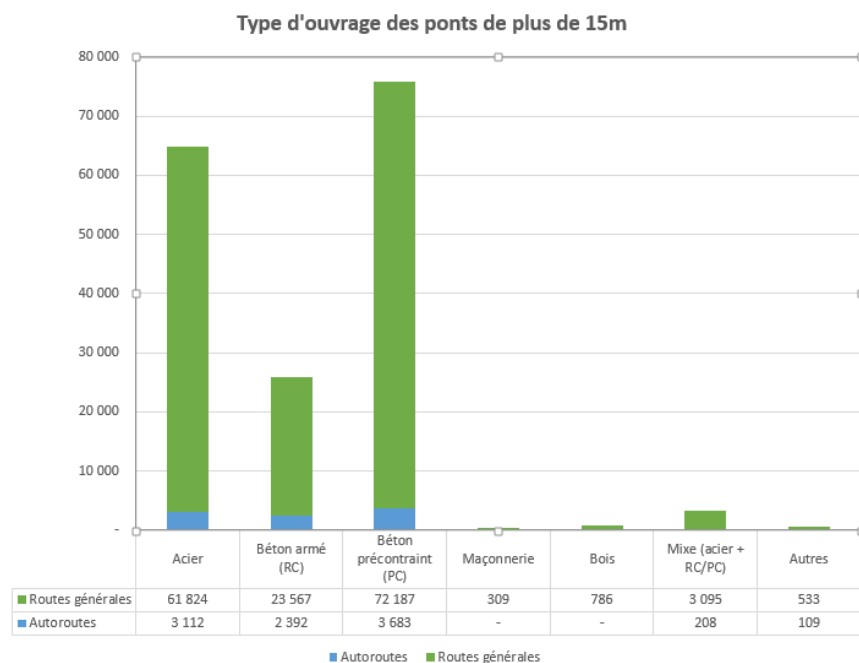


Environ 27% des ponts japonais ont plus de 20 ans. Dans 10 ans, 52% des ponts auront plus de 20 ans.

Année de construction des ponts par types de gestionnaires :



Par ailleurs, parmi les 720 000 ponts identifiés, il existe environ 230 000 ponts dont l'année de construction est inconnue. 84% de ces ponts sont gérés par les villes et 15% par les préfectures (ou villes de plus de 500 000 habitants désignées par décret⁵⁶). Il s'agit généralement de petits ponts (moins de 15m).



⁵⁶ Au Japon, il existe 792 villes de plus de 500 000 habitants. Parmi ces villes, une vingtaine ayant les mêmes capacités administratives et financières que les préfectures sont désignées par décret et sont dotées d'une plus grande autonomie.

Type d'ouvrages : (informations disponibles uniquement pour les 171 000 ponts de plus de 15m)

Pour plus de détails, voir le fichier Excel « Type d'ouvrage » en annexe.

Q2/-Problématiques rencontrées

- Procédures de surveillance et d'entretien courant des ouvrages
- Existence de désordre sur certains ouvrages : effondrements, fermetures totales ou partielles à la circulation
- Type de désordre et causes.
- Existe-t-il des programmes de recensement des problématiques ?

Suite à la chute d'une plaque du plafond du tunnel de Sasago en décembre 2012⁵⁷, le code de la route a été modifié en juin 2013 afin de renforcer les règles d'inspection des infrastructures routières. Par ailleurs, un dispositif a été créé afin de permettre à l'État de se substituer aux collectivités locales pour la réparation des ouvrages, afin de permettre la réalisation rapide de travaux urgents. Un décret concernant l'inspection régulière a été publié en mars 2014 ; il oblige les gestionnaires d'infrastructures routières à effectuer tous les 5 ans une inspection visuelle étroite pour tous les ponts (plus de 720 000) et tunnels (environ 10 000) afin de les classer parmi 4 catégories (catégorie I : pas de problème structurel ; catégorie II : pas de problème structurel mais une mesure préventive pourrait être prise ; catégorie III : besoin d'intervention ; catégorie IV : besoin d'intervention urgente).



⁵⁷ Il s'agit d'un accident qui a eu lieu le 2 décembre 2012 dans le tunnel de Sasago de l'autoroute Chuo qui a été en mise en service en 1977. Les 3 véhicules se sont fait écraser dont 2 ont pris le feu. Il y a eu 9 morts et 2 blessés.



Suite à la première tournée d'inspection effectuée entre 2014 et 2018,

- 41% des ponts ont été classés en catégorie I (pas de problème structurel)
- 49% des ponts ont été classés en catégorie II (pas de problème structurel mais une mesure préventive est recommandée)
- 68000 ponts (soit environ 10% du parc total) ont été classés en catégories III (besoin d'intervention)
- et 700 ponts (0,1%) ont été classés en catégorie IV, nécessitant une intervention urgente.

Parmi les ponts classés en catégorie IV, 49% ont été ou seront réparés/remplacés, 24% seront démolis, 8% ont déjà été démolis, et 1% sera transformé pour un autre usage. Pour le reste (18%), les mesures à prendre n'ont pas encore été décidées.

Après cette première tournée d'inspection, les procédures ont été revues pour rationaliser le contenu des inspections, et un cycle de maintenance a été établi : Inspection => Diagnostic => Mesures (rénovation / observation et suivi / restriction de trafic, etc.) => Enregistrement => Inspection... Un document précisant les procédures d'inspection périodique a été publié en février 2019.

Types de désordres identifiés :

Les désordres concernent les ouvrages classés en catégorie III ou IV.

Catégorie III : désordres nécessitant une intervention en raison d'un risque de dysfonctionnement structurel

Exemples :

Barres d'armatures du tablier partiellement exposées (ici sur un pont géré par l'État).	Poutre principale corrodée (ici sur un pont géré par une collectivité).	Structure d'appui corrodée (ici sur un pont géré par une collectivité).
		

Catégorie IV : désordres nécessitant une intervention urgente en raison d'un dysfonctionnement structurel existant ou très probable

Exemples :

Poutre principale fortement corrodée ou manquante (ici sur un pont géré par l'Etat).	Barres d'armatures du tablier largement exposées (ici sur un pont géré par une collectivité).	Pile érodée (ici sur un pont géré par une collectivité)
		

Voici quelques exemples des mesures prises pour des infrastructures classées dans la catégorie IV :

Sur des ponts gérés par l'Etat (MLIT) :

Nom du pont (gestionnaire)	Année de construction	Année d'inspection	Désordre constaté	Mesures urgentes prises	Mesures définitives prises / prévues
Sakaida (MLIT)	1970	2014	Une partie de la structure en acier est manquante / Corrosion importante de l'appareil d'appui	Installation d'une structure temporaire	Réparation
Oomachi-bashi (MLIT)	1984	2015	Poutre principale corrodée / Détérioration de la fonction de soutien	Installation d'une structure temporaire	Remplacement
Tokufutsu-bashi (MLIT)	1965	2014	Piqûres et fracture d'une partie de la poutre principale	Installation temporaire	Réparation
Fukaminato-hashi (MLIT)	1971	2016	Déformation / perte de la poutre principale	Déviations de la circulation	Réparation en cours

Sur des ponts gérés par des préfectures/grandes villes :

Nom du pont (gestionnaire)	Année de construction	Année d'inspection	Désordre constaté	Mesures urgentes prises	Mesures définitives prises / prévues
----------------------------	-----------------------	--------------------	-------------------	-------------------------	--------------------------------------

Setoshi-bashi (Aomori)	Inconnue	2014	Corrosion de l'appareil d'appui	Passage interdit pour les piétons	Remplacement
Nidayama-bashi (Yamagata)	1961	2017	Piqûres et fracture d'une partie de la poutre principale	Passage interdit et mise en place d'une déviation de la circulation	Réparation
Kuroki-bashi (Fukushima)	1961	2018	Perte d'une partie de la poutre principale et exposition des barres d'armatures	Passage interdit	Remplacement prévu
Sanno-hashi (Ibaraki)	1964	2015	Fissures de piles	Restriction du trafic + mise en place d'une structure temporaire	Remplacement
Toyosaka 1-106 (Niigata)	Inconnue	2018	Perte d'une partie de la poutre et du tablier + exposition des barres d'armatures	Traitement d'urgence temporaire (passage possible)	Fermeture définitive.

Sur des ponts gérés par les municipalités :

Nom du pont (gestionnaire)	Année de construction	Année d'inspection	Désordre constaté	Mesures urgentes prises	Mesures définitives prises / prévues
Etanbetsu 2 (Asahikawa)	1956	2016	Corrosion de poutre / perte d'une partie du tablier en bois	Passage interdit	Remplacé
Ponchinomi-bashi (Kushiro)	1980	2014	Corrosion de la poutre principale / perte d'une partie du tablier / Déformation et corrosion des piles	Passage interdit	Fermeture définitive
Takara-bashi (Mombetsu)	1965	2018	Affouillement des piliers / déformation	Passage interdit	Pas encore décidé
Pas de nom (Koyama-cho)	Inconnu	2018	Corrosion de la poutre principale et du tablier	Pas de traitement d'urgence (passage possible)	Pas encore décidé
Koginomae higashi-bashi (Kochi)	Inconnu	2017	Vieillessement général	Passage interdit	Fermeture définitive

Q3/-Existence de programmes de rénovation

- Existe-t-il des programmes de rénovation pour tout ou partie des réseaux, pour certaines typologies d'ouvrages ?
- Si oui dates de la décision, de la mise en œuvre, de la fin prévue
- Nom du programme
- Description technique du programme, des techniques de rénovation. S'agit-il plutôt de réparations préventives, de rénovation lourde, de reconstruction ?

Le gouvernement japonais a établi en novembre 2013 le « plan fondamental pour la longévité des infrastructures » dans le cadre de la stratégie pour la revitalisation du pays, adoptée en juin 2013. Les objectifs principaux de ce plan étaient :

1/ Structurer un système d'infrastructures sûr et résilient, avec un objectif de zéro accident majeur dû au vieillissement à l'horizon 2030,

2/ Réaliser une gestion complète des infrastructures visant à garantir leur solidité, grâce à un cadre clair d'inspection et de réparation d'ici 2020,

3/ Renforcer la compétitivité de l'industrie de maintenance des infrastructures, avec une cible de 30% du marché mondial des détecteurs et robots d'inspection et réparation d'ici 2030.

Sur la base de ce plan fondamental, l'État et les collectivités locales ont établi un plan d'actions pour la longévité des infrastructures, qui précise les engagements de moyen et long terme. L'objectif était de

structurer le cycle de maintenance pour toutes les infrastructures considérées comme nécessitant des mesures périodiques (inspection et réparation). Les infrastructures concernées sont les infrastructures routières (ponts, tunnels, grandes structures, etc.), fluviales, aéroportuaires, etc. Le plan d'action national a été établi par le MLIT en mai 2014, et les collectivités devaient établir leurs plans avant mars 2017.

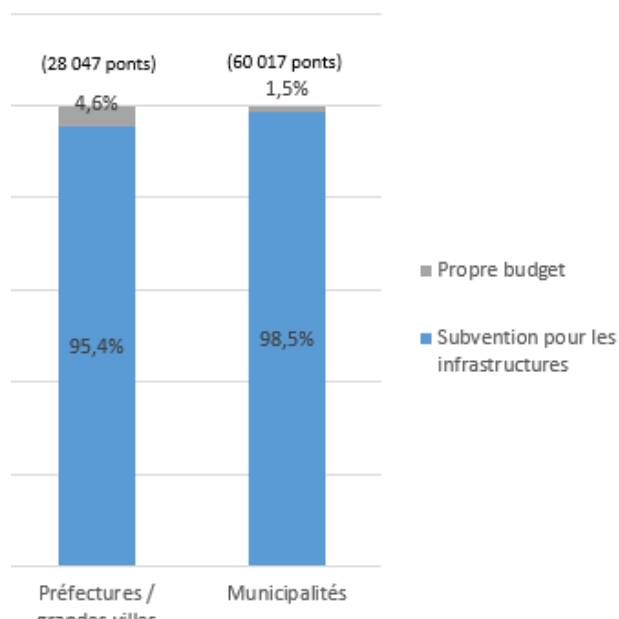
Pour certaines infrastructures identifiées dans le plan d'action, des plans individuels de réparation ont été établis. Ces plans individuels précisent le principe de gestion et d'entretien de l'infrastructure en question, afin de réduire les coûts et les étaler dans le temps. Ils peuvent mentionner l'état actuel de l'infrastructure, le contenu des mesures à prendre et leur calendrier, le coût des mesures, etc. Pour les collectivités locales, ces plans individuels doivent être établis avant mars 2021. A la date de mars 2020, les plans individuels avaient déjà été établis pour environ 80% des ponts, 89% des préfectures et des grandes villes et 80% des municipalités avaient déjà établi les plans, et environ 68% des collectivités avaient publié ces plans. Parmi les plans publiés, environ 85% précisent le contenu et le calendrier des réparations, et 44% précisent les coûts. 71% des plans ont déjà fait l'objet d'une actualisation.

Q4/-Aspects financiers

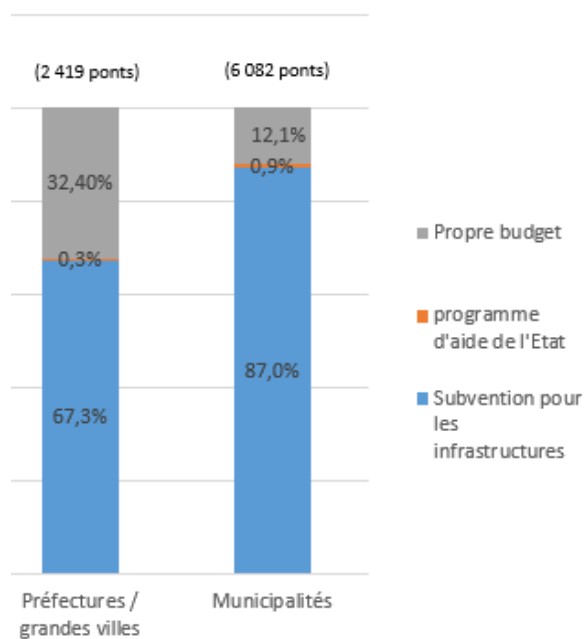
- Quel est le budget consacré à l'entretien des ouvrages d'art routiers ? (par maitre d'ouvrage)
- En pourcentage du réseau router
- Évolution sur les dernières années
- Si programme spécifique, volume financier du programme.
- Y-a-t-il une aide de l'État (État fédéral) aux autres collectivités ?

La prise en charge des coûts d'**inspection** et de **réparation** des ponts gérés par les collectivités locales dépendent beaucoup des subventions de l'État. L'inspection des ponts par les collectivités locales est financée en majorité par les subventions de l'État, accordées pour l'aménagement des infrastructures et dont les collectivités peuvent décider des opérations pour lesquelles elles vont les utiliser. Ainsi, 95% des inspections par les préfectures/grandes villes et 99% des inspections par les municipalités sont financées par cette subvention. En ce qui concerne les réparations, pour 67% des ponts des préfectures/grandes villes et 88% des ponts des municipalités, elles sont financées soit par la subvention de l'État pour l'aménagement des infrastructures, soit par un programme de soutien dédié. Seules 12% des réparations des ponts des municipalités et 32% des ponts des préfectures sont financées uniquement sur le budget propre de la collectivité.

Source de financement de l'inspection périodique des collectivités locales



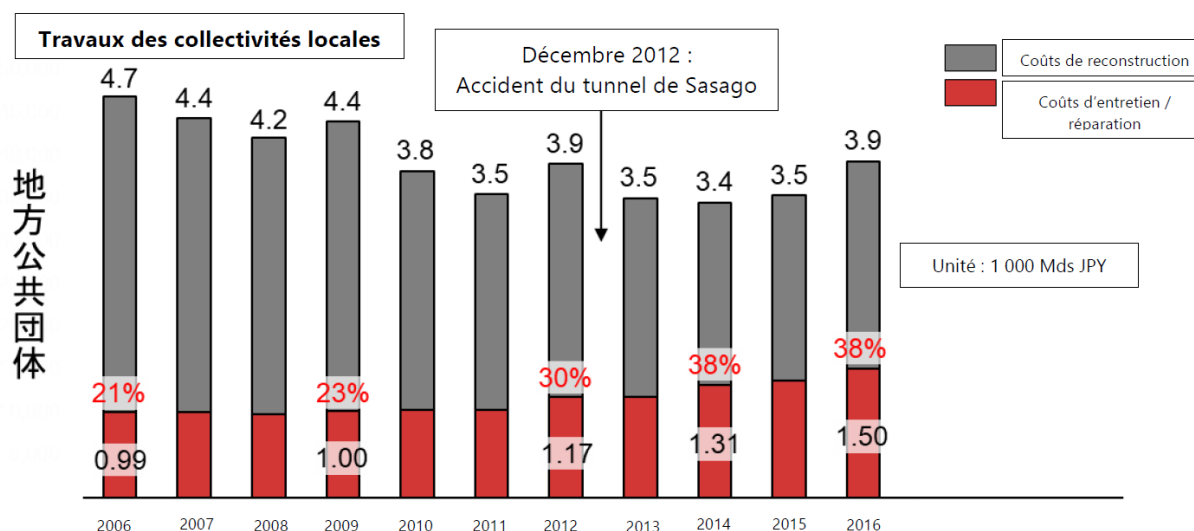
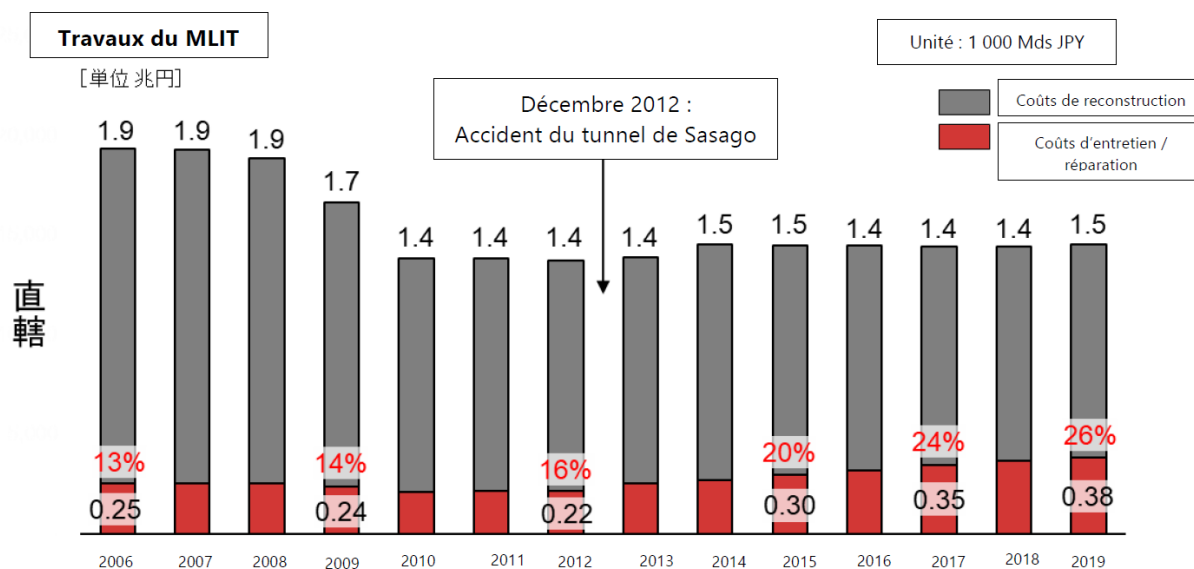
Source de financement de la réparation des collectivités locales



Le montant dédié à l'entretien et à la réparation ainsi que sa part dans le budget total consacré aux infrastructures sont en augmentation depuis l'accident du tunnel de Sasago mentionné précédemment.

Évolution du budget pour la maintenance et la réparation des ponts et tunnels :

Evolution du budget pour la maintenance et la réparation des ponts et tunnels :



D'après une analyse réalisée par le MLIT sur les coûts d'entretien dans le domaine routier sur les 30

prochaines années, les coûts d'entretien pourraient encore être multipliés par 2,4 (en cas d'interventions postérieures aux incidents), ou 1,5 en cas d'entretien préventif. Par conséquent, le MLIT insiste sur l'importance de prendre des mesures préventives au plus tôt, afin de réduire les coûts totaux. Les coûts totaux de l'entretien préventif sur les 30 prochaines années sont estimés entre 71 600 Mds et 76 100 Mds JPY (environ 597 Mds et 634 Mds EUR). Le MLIT incite les collectivités locales à établir les plans individuels de maintenance et réparation, décrits plus haut, afin de les amener à mieux identifier les possibilités d'intervention préventive permettant de réduire les coûts.

Un système d'aide (subvention) pour la maintenance des routes a été créé en 2020 afin d'accélérer la réparation des ponts et tunnels gérés par les collectivités locales. Parmi les 70 000 ponts qui ont été identifiés comme nécessitant une intervention (catégories III et IV), la réparation n'a commencé que pour 20% d'entre eux (voir tableau ci-dessous). Ce taux est moins élevé pour les ponts gérés par les municipalités que pour les ponts gérés par le MLIT. La nouvelle subvention vise les travaux dont l'objectif est l'amélioration de la longévité des infrastructures. Le MLIT a prévu pour cette subvention un budget de 222,3 Mds JPY (environ 1,9 Mds EUR) sur l'année fiscale 2020. Ceci représente 11% du budget du bureau routier du MLIT, et la moitié du budget des programmes d'aides de ce bureau. La subvention générale pour l'aménagement des infrastructures, évoquée plus haut, n'est pas incluse dans le budget du bureau routier ; elle s'élève sur l'année fiscale 2020 à 762,7 Mds JPY (environ 6,4 Mds EUR).

Avancement des réparations sur les infrastructures des catégories III et IV (mars 2020) :

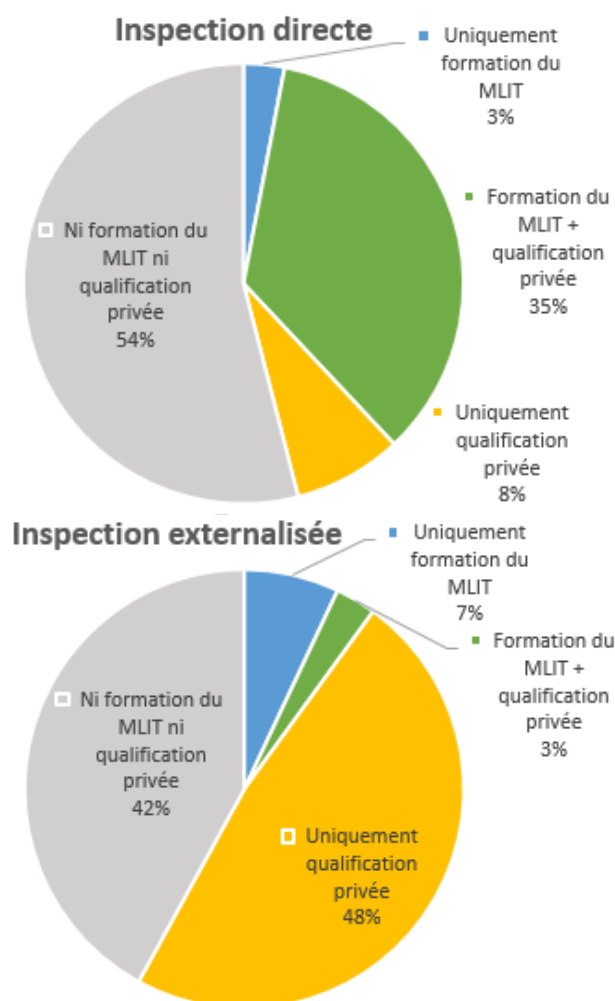
Gestionnaire		Nombre d'ouvrages nécessitant une réparation	Nombre d'ouvrages dont la réparation est en cours ou effectuée		Nombre d'ouvrages dont la réparation n'a pas encore commencé
			Réparation en cours ou terminée	Réparation terminée	
MLIT		3 427	1 811 (53%)	617 (18%)	1 616 (47%)
Sociétés autoroutières		2 647	846 (34%)	457 (17%)	1 801 (68%)
Collectivités locales		62 977	12 700 (20%)	7 430 (12%)	50 277 (80%)
	Préfectures et grandes villes	20 586	4 889 (24%)	2 684 (13%)	15 697 (76%)
	Municipalités	42 391	7 811 (18%)	4 746 (11%)	34 580 (82%)
TOTAL		69 051	15 357 (22%)	8 504 (12%)	53 694 (78%)

Q5/-Aspects compétences

- Le pays dispose-t-il de toutes les compétences souhaitées pour le recensement des ouvrages, pour leur réparation (en maîtrise d'œuvre et en réalisation) ?
- Des programmes de développement des compétences ont-ils été mis en œuvre ?
- Comment ces compétences sont-elles obtenues (université, formations spécifiques)

Le décret concernant l'inspection routière indique qu'une inspection visuelle doit être réalisée tous les 5 ans par une personne qualifiée, mais cette qualification (niveau de connaissance et d'expertise) n'est pas clairement définie. Parmi les inspections de ponts gérés par les collectivités locales effectuées en 2018, 13% ont été faites directement par les collectivités locales (inspection directe) et 87% par des prestataires extérieurs (inspection externalisée). Parmi les personnels des collectivités locales ayant effectué les inspections, 38% avaient suivi une formation dispensée par l'État, 8% disposaient d'une qualification privée, mais 54% n'avaient aucune formation. Parmi les prestataires d'inspection externalisée, seuls 10% avaient suivi la formation de l'État, et 42% n'avaient aucune formation

spécifique.



Aide du MLIT accordée aux collectivités locales :

Le bureau régional du MLIT (8 bureaux répartis sur le territoire japonais, appuyés par des antennes locales spécialisées présentes au niveau de pratiquement toutes les préfectures) joue un rôle de centre de maintenance routière. Il peut apporter un conseil aux collectivités locales et réaliser le diagnostic et la réparation à la place des collectivités, sur leur demande.

Différentes formations sont organisées régulièrement par le MLIT, notamment pour les fonctionnaires régionaux, afin de les doter de connaissances techniques pour les inspections. Les formations sont organisées selon 3 niveaux, selon les connaissances initiales des participants (élémentaire, intermédiaire, avancé). La formation élémentaire est organisée depuis septembre 2014 et vise à apporter la connaissance et la technique de base nécessaires pour l'inspection. Entre 2014 et 2018, environ 200 sessions de formation ont été organisées et environ 5600 personnes (dont 4400 agents des organisations publiques locales) en ont bénéficié. La formation de niveau intermédiaire est également organisée depuis 2014 ; elle porte sur l'inspection mais aussi sur la réparation. La formation du niveau avancé a été mise en place en 2015 afin de former les agents ayant déjà des connaissances ; elle vise à former les agents aux mécanismes d'apparition de 3 désordres majeurs fréquents (dégâts

provoqués par le sel marin ; détérioration du béton dû à des réactions chimiques ; fissures créées par fatigue de l'ouvrage) et sur les mesures à prendre face à ces désordres.

Par ailleurs, l'État a établi un catalogue de 16 techniques d'inspection dont l'efficacité a été vérifiée dans le cadre des inspections réalisées par le MLIT. Une formation est organisée sur ces 16 techniques afin d'en faciliter l'appropriation par les collectivités locales et consultants privés.

Exemples de techniques d'inspection figurant dans le catalogue du MLIT :

Technique de mesures par images	Technique d'inspection non destructive
Prise de photo des parties endommagées des ponts, à l'aide de drones ou de robots	Inspection de la surface du béton par un drone ou un robot équipé d'une technologie spécifique (ex. : capteur infra-rouge)
	

Un conseil de la maintenance routière a été mise en place au niveau de chaque préfecture, afin de faciliter la coopération entre tous les acteurs concernés. Ceci permet de partager les informations sur les problématiques rencontrées localement, de promouvoir les mesures contre le vieillissement des infrastructures, et de renforcer les compétences collectives des collectivités locales. Les participants de ce conseil sont le bureau régional du MLIT, les collectivités locales (préfecture et municipalités), les sociétés autoroutières, les compagnies routières publiques, etc.

Annexe 23. Royaume-Uni

SER de Londres

Étude sur les capacités d'entretien et la rénovation des ponts routiers et des murs de soutènement routiers

PAYS : Royaume-Uni

Éléments locaux de contexte du pays questionné : le COVID-19 n'ayant pas permis que nous nous entretenions avec le ministère des transports britanniques et l'entreprise à capitaux publics qui gère le réseau routier stratégique anglais (Highways England), nous avons contacté le Président du comité en charge des ponts de l'association des collectivités territoriales, également ingénieur en chef de la collectivité de Devon.

Q1/-Données disponibles et communicables

- **Nombre de ponts, de murs, de talus et répartition de ces ouvrages par maîtres d'ouvrages :**

71 500 ponts sont gérés par les 201 collectivités territoriales britanniques et 14 500 gérés par l'État (via l'entreprise à capitaux publics Highways England pour l'Angleterre et les agences régionales pour l'Ecosse, le Pays de Galles et l'Irlande du Nord).

Pas de données sur le nombre de murs et de talus mais les estimations laissent penser qu'il en existe au moins autant que le nombre de ponts.

A titre d'exemple, la collectivité territoriale de Devon possède 3500 ponts et 2000 murs.

- **Type d'ouvrages :** ponts (métal et mixtes, béton armé, béton précontraint, buses métalliques, buses en béton, maçonnerie), murs (...)

Les collectivités territoriales sont en charge d'ouvrages qui sont anciens et qui, par conséquence, sont souvent (entre 60 et 70%) des ponts en maçonnerie (« *masonry arches* »). A titre d'exemple, 65% des ponts de Devon sont des ponts en maçonnerie. À l'inverse, le réseau routier « stratégique » (État) est relativement récent (construit ces dernières 70 années) et les ponts sont principalement en béton armé ou en acier.

Q2/-Problématiques rencontrées

- **Procédures de surveillance et d'entretien courant des ouvrages**

Un code de bonnes pratiques, le « [Well Managed Highway Infrastructure](#) » ([se référer en particulier à la section C](#)) guide les procédures de surveillance et d'entretien courant des ouvrages. Ce code détaille par exemple les différentes procédures à suivre lors d'une surveillance de routine, d'une inspection générale, d'une mesure d'inspection spéciale, d'une évaluation de l'ouvrage etc.

La procédure de surveillance dite « inspection générale » est accomplie tous les 2 ans par des « *Bridge Inspectors* ». Cette procédure vise principalement l'entretien courant des ouvrages. Toutes les autorités en charge de ponts possèdent leurs propres inspecteurs de ponts. A titre d'exemple, sur les 35 employés du bureau des ponts de Devon, 5 sont des inspecteurs de ponts.

La procédure de surveillance dite « inspection principale » est conduite tous les 6 ans, généralement (mais pas nécessairement) par un(e) ingénieur agréé (*chartered engineer*). C'est une procédure plus

détaillée et approfondie, qui nécessite de réaliser des tests.

Pour les collectivités territoriales, les gestionnaires d'infrastructures (i.e. les « *local bridge managers* ») disposent d'une marge de manœuvre en matière de minimum requis pour être habilité à mener une inspection principale. Selon le *Chair du National Bridges Group*, les gestionnaires d'infrastructures locales ont tendance à exiger le statut d'ingénieur des ponts agréé (soit *Chartered*, soit *Incorporated* avec un certain nombre d'années d'expérience) ou à demander à ce qu'un ingénieur ait suffisamment d'expérience pour réussir l'évaluation « *senior bridge inspector assessment* » et obtenir le niveau « *senior inspector* ».

Pour Highways England, il est nécessaire d'avoir recours à un inspecteur « certifié » pour réaliser des inspections générales et principales de structures « complexes ou spécifiques » (comme celles qui incorporent des matériaux peu courants), et cette certification peut avoir été acquise par tout type d'ingénieur, qu'il/elle soit « *Chartered* », « *Incorporated* » ou qu'il/elle ne dispose pas d'agrément spécifique. (*"For complex and special structures, a certified senior inspection shall lead and undertake the inspection (general or principal), and produce or oversee the report". (...) The BICS scheme is based on assessing inspectors with relevant knowledge and experience of inspection, not on professional qualifications. The inspectors may also be Chartered or Incorporated Engineers, but not necessarily so.*").

De façon générale, (p.15) pour être habilité à mener des inspections pour le compte de Highways England, « *an authorising engineer shall be an incorporated or chartered civil or structural engineer (or possess an equivalent EU qualification) with experience in inspection, design, construction or maintenance of highway structures* ».

En théorie, les deux niveaux d'inspecteurs (inspecteur et inspecteur expérimenté) détiennent les compétences nécessaires pour entreprendre des inspections générales et principales (p.42 *"Both inspector roles [Inspector and Senior Inspector] should have the necessary competencies to undertake principal inspections, general inspections and acceptance inspections"*).

Les données obtenues à l'occasion de ces procédures sont recueillies par la « *County Surveyors Society* » qui propose depuis 2007 un indicateur de condition des ponts (*Bridge Condition Indicator*). Cet indicateur « note » l'état des ouvrages et permet de comparer les différents ponts à travers le pays. Ainsi, les collectivités territoriales sont en « compétition » les unes par rapport aux autres car elles sont notées. (À titre d'exemple, la note de Devon est 92%, la classant 3^{ème} collectivité territoriale du RU. Cette note n'est toutefois pas utilisée lors des demandes de financements annuellement soumises au ministère des transports car elles ont des effets pervers : malgré sa note de 92%, Devon comptabilise 800 ponts qui sont dans un très mauvais état et requiert donc des dotations appropriées pour engager les programmes de rénovation nécessaire).

- Existence de désordre sur certains ouvrages : effondrements, fermetures totales ou partielles à la circulation

Les deux principaux désordres recensés actuellement sont i) l'usage des points précontraints par post-tension (*post-tensioned bridge failures*) et ii) l'érosion des fondations (causée par l'eau) entraînant des effondrements de ponts (« *Collapse of bridges due to scour of the foundations* »). L'érosion des fondations due à l'eau menace très directement 10 ponts par an au RU.

- Type de désordre et causes.

Un certain nombre de ponts « post-tensioned » (par exemple le pont d'Hammersmith et le viaduc de

River Exe) ont montré des signes précoces de défaillance due à la corrosion du fil de précontrainte (« *post tensioning strand* »).

La cause la plus fréquente d'effondrement d'un pont étant l'érosion des fondations par l'eau, les autorités responsables des ponts (collectivités territoriales et Etat) disposent désormais de programmes spécifiques d'évaluation et de surveillance de l'érosion (« scour »).

- Existe-t-il des programmes de recensement des problématiques ?

Les programmes de recensement des problématiques découlent des procédures de surveillance « inspection générale » et « inspection principale » décrites ci-dessus.

Pour les ponts en mauvaise condition, une procédure spécifique, appelée « BD79 » (*British Standards 79*) permet de mettre en place un programme sur-mesure de surveillance des ouvrages dits « inférieurs » (*substandards*) : tous les mois pour certains, tous les 6 mois pour d'autres etc.

Il convient de noter qu'il n'est pas obligatoire pour les collectivités territoriales de signaler au ministère des transports le nombre d'ouvrages en mauvais état. Toutefois, en pratique, la *Royal Automobile Club Foundation* (RAC) publie chaque année une enquête recensant l'état des ponts au RU. Les collectivités territoriales partagent leurs données avec la RAC conformément à la loi relative à la transparence des informations des autorités publiques (*Freedom of Information request*).

Jusqu'à 2020, le ministère des transports demandait aux collectivités territoriales de fournir des informations relatives à la valeur des ouvrages d'art routier en leur possession et à leur taux de dépréciation. Cette obligation de reporting, appelée « *Whole government Account* » a été abandonnée cette année. À titre d'exemple, la valeur des ponts de Devon s'élève à 1,1Md£.

Q3/-Existence de programmes de rénovation

- Existe-t-il des programmes de rénovation pour tout ou partie des réseaux, pour certaines typologies d'ouvrages ?

En s'appuyant sur les résultats des inspections générales et des inspections principales, les collectivités territoriales mettent en place des programmes de rénovation annuels.

Si la plupart des programmes de rénovation sont programmés selon les résultats des inspections, les collectivités territoriales doivent maintenir des crédits dits de « flexibilité » afin de pouvoir intervenir en cas de désordre imprévu.

À titre d'exemple, la collectivité territoriale de Devon dispose d'un programme de rénovation de 200 ponts pour un budget de 11 300 000£ pour la période 2019-2020. Ce montant comprend également le coût des inspections et des programmes d'évaluation de la robustesse des ponts. (Les programmes de robustesse – ou solidité – des ponts ont été mis en place une fois que le RU a rejoint l'UE et que le poids maximum pour emprunter les ponts est passé de 38 tonnes à 44 tonnes. Ainsi, tous les 18 ans, une évaluation spécifique de cet élément est conduite).

En plus des programmes précités, « la boîte à outils ouvrages d'art routier » (*the structure toolkit*) propose un programme de rénovation type étalé sur 30 ans. Toutefois, en pratique, très peu d'ingénieurs ont recours à cette boîte à outils car les ponts rencontrent des problèmes très différents selon les régions, rendant le modèle type et sa tendance sur 30 ans peu utilisable.

- Nom du programme

Le programme annuel de rénovation s'intitule « *Highway Structural Maintenance Programme* ». Il est financé par des crédits du ministère des transports britannique (« *Highway Structural Maintenance Funding* »).

- Description technique du programme, des techniques de rénovation. S'agit-il plutôt de réparations préventives, de rénovation lourde, de reconstruction ?

À titre d'exemple, le budget de 11,3M£ de la collectivité territoriale de Devon finance les programmes suivants :

- Rénovations majeures et mineures ;
- Renforcement des ponts ;
- Renforcement du mur de soutènement ;
- Inspections principales (Ponts) ;
- Inspections principales (murs de soutènement) ;
- Évaluations de l'érosion des fondations ;
- Évaluation de la solidité des ponts.

Q4/-Aspects financiers

Les budgets des collectivités territoriales dédiés à l'entretien des ouvrages routiers proviennent en grande partie de crédits de l'État central. En effet, l'entretien des ouvrages d'art routiers est financé par deux sources : les « financements de capital » (*capital funding*) qui proviennent de l'État et les « fonds de fonctionnement » (*revenue funding*), qui proviennent des impôts locaux. Les « *revenue funding* » ont toutefois quasiment disparu ces dernières années. À titre d'exemple, le budget de Devon consacré à l'entretien des ponts se répartit comme suit : 11M£ de *capital funding* pour 250 000£ de *revenue funding*. En pratique, les fonds de fonctionnement servent principalement à nettoyer les ponts (graffiti etc.) alors que les financements de capital visent leur entretien et rénovation.

Les crédits alloués par l'État aux collectivités territoriales pour l'entretien des routes et des ouvrages d'art routiers sont établis de façon pluriannuelle (visibilité sur 5 ans), mais chaque année les collectivités doivent soumettre des demandes de financements. En pratique, les collectivités territoriales obtiennent les mêmes montants que l'année précédente. La valeur des ouvrages d'art routier détermine globalement les dotations reçues par les collectivités.

Depuis 2012 et l'effondrement de nombreux talus (« *embankments* ») et murs en raison de pluies importantes, les fonds alloués à l'entretien et à la rénovation des ouvrages d'art routiers (*capital funding*) ont eu tendance à augmenter. En effet, ces effondrements ont nécessité des interventions d'urgence et ont permis de justifier des fonds supplémentaires à la fois auprès du gouvernement britannique mais également – et surtout – auprès de l'exécutif local (l'exécutif local arbitre la proportion des crédits « État central » qu'il allouera aux ponts et celle qu'il allouera à l'entretien des routes. Jusqu'aux événements de 2012, les collectivités territoriales avaient tendance à largement privilégier l'entretien des routes et à délaisser l'entretien des ponts. Depuis 2012, les dépenses pour l'entretien et la rénovation des ponts, murs et talus ont augmenté).

Plus précisément, le ministère des transports recommande que 14% des crédits État fléchés vers l'entretien du réseau routier soit consacrés par les collectivités territoriales à l'entretien des ponts, murs et talus. Cette clé de répartition (appelée « *the indicative settlement for bridges and structures* ») n'est toutefois qu'une simple recommandation, et certaines collectivités territoriales ne consacrent que 6% de leur dotation à l'entretien des ponts. À titre d'exemple, Devon dépense 20% de l'enveloppe « routes » à la rénovation des ponts.

Globalement, les collectivités territoriales dépensent davantage de crédits pour l'entretien des murs que pour l'entretien des ponts.

Q5/-Aspects compétences

- Le pays dispose-t-il de toutes les compétences souhaitées pour le recensement des ouvrages, pour leur réparation (en maîtrise d'œuvre et en réalisation) ?

Notre interlocuteur estime que, globalement, les compétences souhaitées sont disponibles, bien que deux nuances puissent être relevées : i) en la matière les disparités régionales sont très importantes et ii) il existe une pénurie d'ingénieurs agréés « expérimentés » (*senior*).

- Des programmes de développement des compétences ont-ils été mis en œuvre ?

Volonté forte de faire formellement évaluer les compétences des inspecteurs des ponts au cours de la carrière. Un programme appelé "*Bridge Inspector Certification Scheme*" (BICS) est mis en place par l'organisme de formation LANTRA, mais il est très peu utilisé (60 personnes en 5 ans), notamment en raison de son coût onéreux (dont doivent s'acquitter les candidats sans aide de leur employeur). Aussi, trois programmes alternatifs ont été développés par les collectivités locales.

Il n'est pas obligatoire d'avoir recours à des bridges inspectors certifiés par LANTRA, que ce soit pour les ponts gérés par les collectivités locales ou que ce soit pour les ponts dans le giron de Highways England (« the Inspector Certification Scheme Administered by LANTRA is a national scheme but is not mandatory. BICS is however recommended for all UK highway and rail authorities »).

Bien que ce ne soit pas obligatoire (« it is not compulsory but it is recommended that someone follows one of these process to establish competency »), les ingénieurs souhaitant réaliser des inspections de ponts pour le compte des collectivités territoriales sont incités à suivre l'une des 4 formations suivantes : LANTRA BICS, Devon/ADEPT, Perth & Kinross / SCOTS ou CSS Wales –cette dernière option semblant la plus développée (hors LANTRA), et 30 inspecteurs seront certifiés par ce biais au dernier semestre 2020. Le « National Bridge Group » (regroupement des directeurs et directrices en charge des ponts au sein des collectivités territoriales) va plaider début 2021 pour que la certification via l'une des formations précitées devienne obligatoire.

Bien qu'elle ne soit pas obligatoire, la certification BICS / LANTRA semble être la seule reconnue par Highways England. Il semblerait que Highways England souhaiterait, à terme, rendre la certification via cet organisme obligatoire (« Highways England are in the process of implementing the BICS/LANTRA scheme for structure inspectors. The scheme is not yet fully embedded, and for inspectors who are working towards their certification, there are internal reviews of their knowledge and experience »). Les exigences de Highways England en matière de compétences requises pour « le personnel d'inspection » sont regroupées au sein d'un document intitulé « CS 450 Inspection of Highway Structures ». Celui-ci, dont le Chapitre 9 (p.42) est dédié aux compétences et certifications des inspecteurs, précise notamment : « Toutes les inspections doivent être effectuées par un personnel qui satisfait aux exigences en matière de santé, d'expérience et, le cas échéant, de qualification et de certification pour le type d'inspection en particulier » (2.8, p.14).

- Comment ces compétences sont-elles obtenues (université, formations spécifiques)

Université principalement.

Commentaires éventuels du pays questionné :

Ressources utiles :

- « Well Managed Highway Infrastructure – Code of Practice » ;
- "Bridge Inspector Certification Scheme" ;
- "County Surveyors Society Bridge Condition Indicators".

Annexe 24. Suisse

Étude sur les capacités d'entretien et la rénovation des ponts routiers et des murs de soutènement routiers

Pays : Suisse :

Ce questionnaire a été rempli en majeure partie par Monsieur Laurent Meyer, spécialiste ouvrages d'art de l'Office Fédérale des Routes. La mission l'a mis en forme et l'a complété par les éléments obtenus auprès du canton de Fribourg et de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.

Éléments locaux de contexte du pays questionné :

Responsabilités

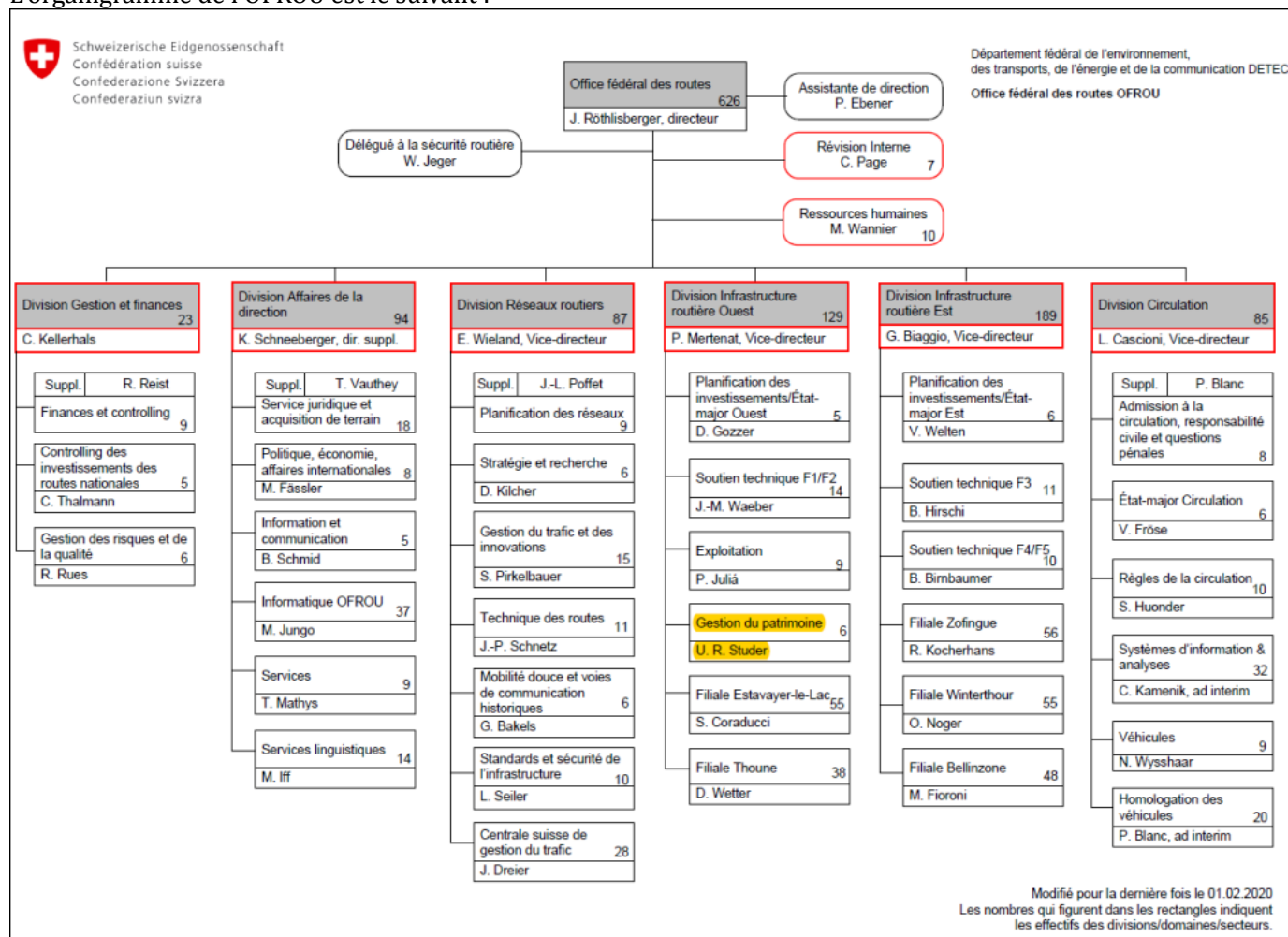
La Confédération, les cantons et les communes se partagent la responsabilité des infrastructures routières. Les voies de communication les plus importantes présentant un intérêt pour la Suisse sont déclarées routes nationales par l'Assemblée fédérale. La Confédération construit, entretient et exploite les routes nationales. Seule exception, l'achèvement du réseau des routes nationales qui, pour des raisons historiques, reste une tâche commune de la Confédération et des cantons. Les communes et les cantons, quant à eux, prennent en charge les infrastructures routières situées sur les routes cantonales et communales de leur territoire. Chacun est responsable de la construction, de l'entretien et de l'exploitation de son réseau routier.

L'Office fédéral des routes (OFROU) s'occupe des routes nationales, tandis que les réseaux cantonaux (régionaux) et communaux sont gérées par les instances correspondantes.

L'office fédéral des routes OFROU, créé en 1998, rattaché au Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC, est l'autorité suisse en charge de l'infrastructure routière nationale et du trafic individuel. Afin de garantir une mobilité routière durable et sûre, l'OFROU a pour objectif d'assurer la fonctionnalité du réseau des routes nationales et la sécurité des usagers. Depuis le 1^{er} janvier 2008 qui marque la mise en œuvre de la réforme de la péréquation financière et de la répartition des tâches entre la Confédération et les cantons, la propriété des routes nationales ainsi que la gestion de leur trafic incombe à la Confédération. Au sein de l'OFROU, la division « Réseaux routiers » se charge des tâches de gestion du trafic, de planification stratégique du réseau, de définir les mesures nécessaires à l'élimination des goulots d'étranglement et de fixer les standards de construction des routes nationales. Les divisions « Infrastructure routière Ouest » et « Infrastructure routière Est » sont responsables de l'élaboration et de la réalisation des projets d'entretien, d'aménagement et de suppression des goulots d'étranglement ainsi que de la gestion de l'exploitation et du patrimoine. La division « Infrastructure routière Ouest » regroupe les territoires des filiales d'Estavayer-le-Lac et de Thoun et sa direction coordonne l'exploitation et la gestion du patrimoine sur l'ensemble du réseau national. La division « Infrastructure routière Est » réunit les territoires des filiales de Zofingue, Winterthour et Bellinzone. En parallèle, 11 unités territoriales ont été créées afin de gérer, par le biais de conventions de prestations, l'exploitation et l'entretien courant des routes nationales. Ces unités territoriales font pour la plupart partie intégrante des directions cantonales des travaux publics.

Organisation de l'OFROU :

L'organigramme de l'OFROU est le suivant :



L'OFROU comprend en outre 5 filiales réparties sur le territoire suisse (cf. cartographie ci-dessous) :

- Estavayer-le-lac
- Thun
- Zofingen
- Winterthur
- Bellinzona

Les tâches des Filiales sont les suivantes :

- Exploitation et entretien
- Construction et aménagement
- Achèvement du réseau
- Gestion des événements

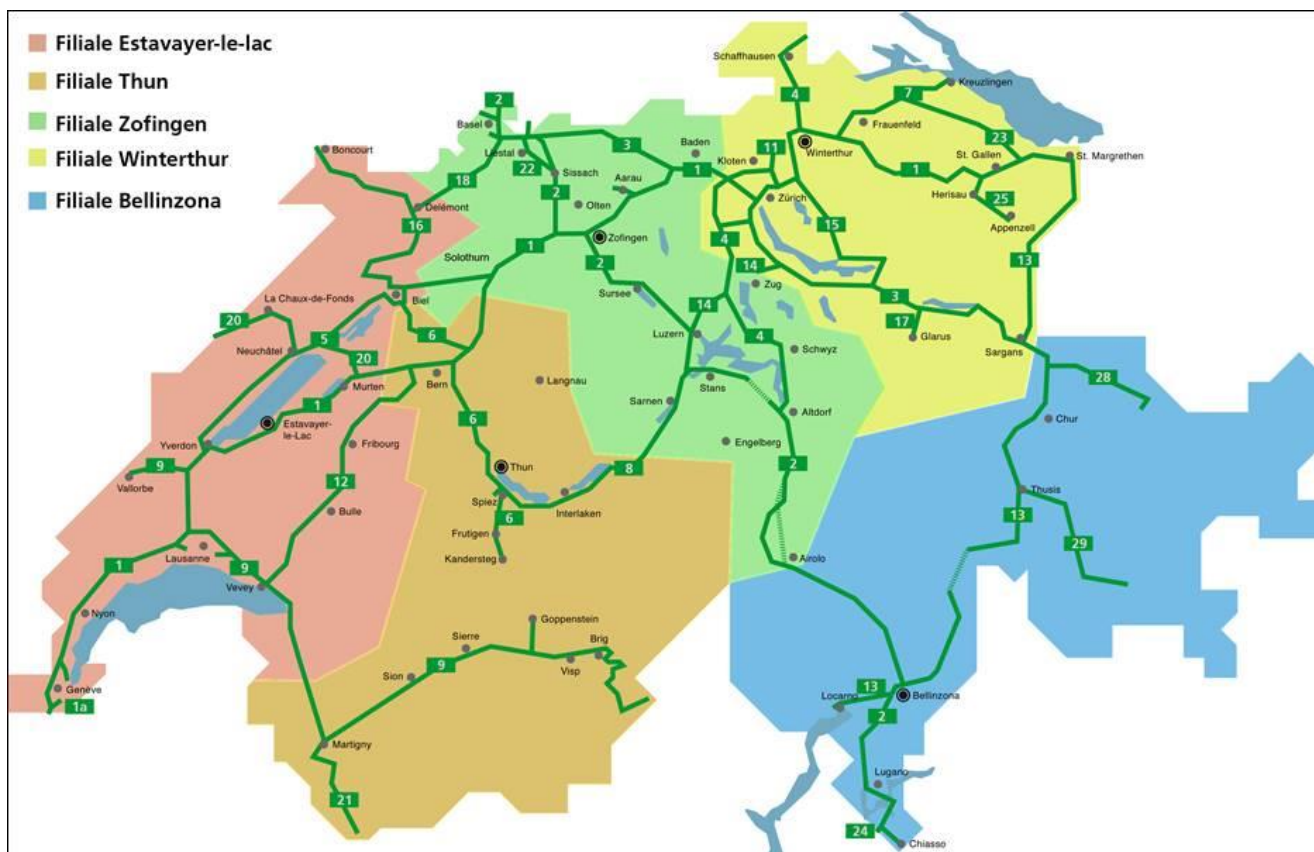


Image: source OFROU Suisse

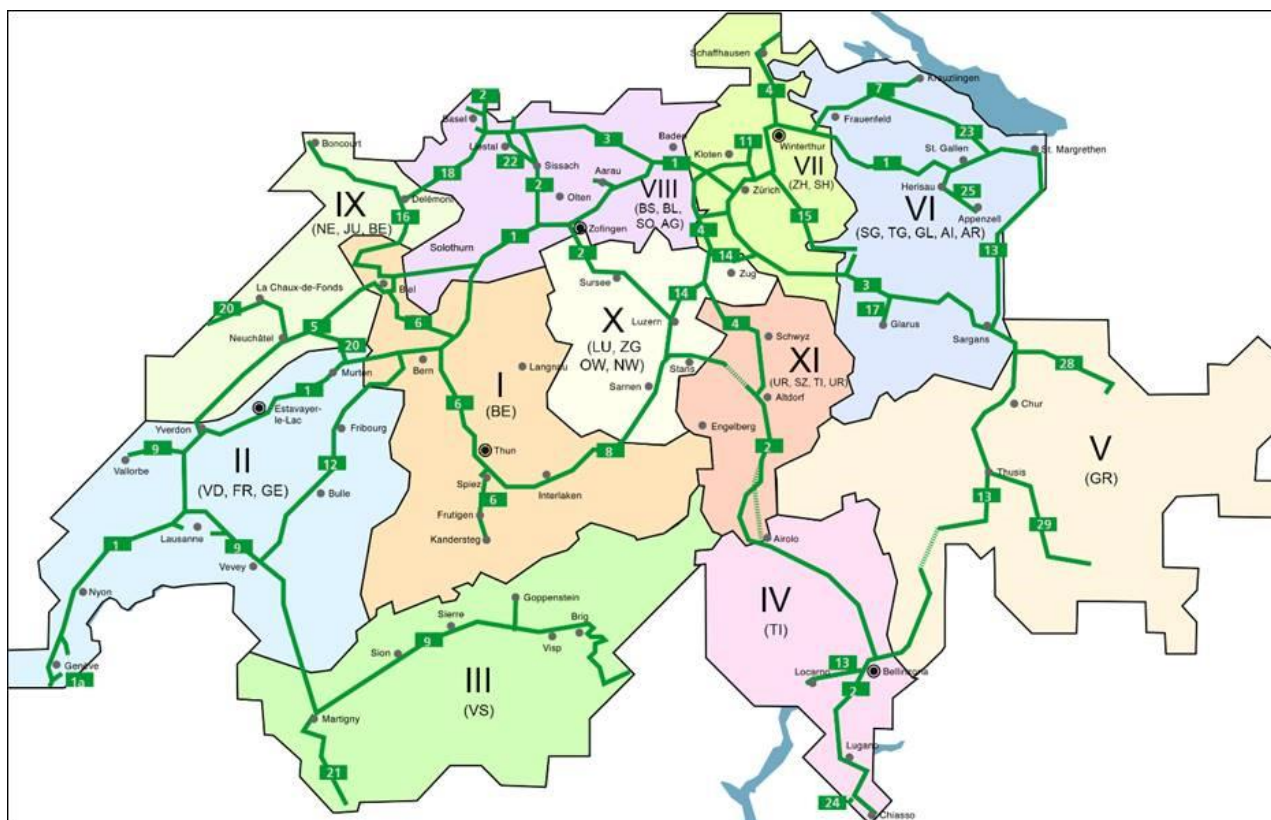
Les unités territoriales (UT), dont la plupart font partie intégrante des directions cantonales des travaux publics, se sont vu confier l'exploitation et l'entretien des routes nationales, (voir carte ci-dessous). :

Le nombre d'employés s'occupant de la gestion du patrimoine des **ouvrages d'art** (ingénieurs civils spécialisés en ouvrages d'art) est de :

- 1 agent à l'OFROU même
- 2 par filiales (un spécialiste Gestion du patrimoine et un spécialiste État des lieux) soit 10 au total.

Pour les Unités territoriales :

Il est difficile de préciser le nombre de personnes qui travaillent au petit entretien des ouvrages d'arts, car il y a environ 900 personnes qui travaillent dans les 11 unités territoriales en suisse pour l'ensemble du réseau des routes nationales.



Images : source OFROU Suisse

La réfection totale de tronçons d'autoroute est réalisée sur la base du plan d'entretien de la Confédération. Conformément aux prescriptions de cette dernière, les travaux de conservation et d'aménagement du réseau des routes nationales s'inscrivent dans des projets de maintenance d'environ 5 km. De plus, la distance entre deux chantiers doit être d'au moins 30 km. Enfin, 15 ans au minimum doivent séparer des travaux ayant gêné la circulation et effectués sur un même tronçon.

L'Office fédéral des routes (OFROU) a publié le 1^{er} novembre 2019 son troisième rapport sur l'état du réseau des routes nationales, qui conclut à un bon état global de ce dernier.

Le Canton de Fribourg⁵⁸ :

Le Canton de Fribourg dispose d'un service des ponts et chaussées qui a la charge de l'exploitation du réseau routier cantonal. La surveillance des ouvrages d'art et les inspections sont assurés par une section du service qui dispose de la compétence ouvrages d'art.

Le Canton de Fribourg est la Haute Autorité sur les équipements ce qui signifie que les communes doivent obtenir son aval pour poser de la signalisation, des équipements sur les routes communales. Les grandes communes ont une délégation de compétences de la Haute Autorité. En conséquence les services du canton ont une bonne vision du réseau routier dans son ensemble.

Les cantons ont des pouvoirs différents les uns des autres et ne sont pas comparables. La situation est différente dans le Canton de Vaud qui n'est pas Haute Autorité.

⁵⁸ Nous employons le terme de canton, juridiquement impropre mais pour la bonne compréhension du lecteur français. Il s'agit selon les termes suisses de l'État de Fribourg ou encore du Staat Freiburg, l'État étant bilingue.

Q1/-Données disponibles et communicables

Répartition de ces ouvrages par maîtres d'ouvrages

Réseau fédéral :

Remarque: l'OFROU a repris au 1^{er} Janvier certains tronçons d'autoroutes de 3^{ème} classe (environ 410 km) et l'ensemble sera introduit complètement dans les bases de données d'ici à la fin 2020. Ceci peut donner quelques variations dans les chiffres.

Nombres d'ouvrages répertoriées dans la base de données au total : 12 000

Voici la liste des catégories :

- Afflux
- Bassin de dessablage et déshuilage
- Bassin de rétention
- Bassin d'eau pluviale
- Bâtiment
- Bâtiment à ciel ouvert
- Bâtiment en général
- Bâtiment enterré
- Construction de protection contre les dangers naturels
- Construction en voûte
- Digue
- Galerie
- Galerie / tranchée couverte composée de plusieurs ouvrages
- Installation d'évacuation et d'épuration des eaux
- Installation (groupe d'ouvrages en général)
- Installation de murs de soutènement
- Installation de portiques / mâts
- Installation des parois antibruit
- Installation souterraine
- Ouvrage de protection
- Ouvrage de rétention / Barrage
- Ouvrage de soutènement
- Ponceau
- Pont - dalle
- Pont à béquilles
- Pont à poutre "Gerber"
- Pont à poutre continue
- Pont à poutre simple

- Pont à tirants précontraints
- Pont cadre
- Pont composé de plusieurs ouvrages
- Pont en arc
- Pont en arc à tablier solidaire
- Pont haubané
- Pont particulier
- Pont sur cuvelage
- Pont suspendu
- Pont, viaduc
- Station de pompage
- Station d'épuration
- Tranchée couverte
- Tunnel, galerie

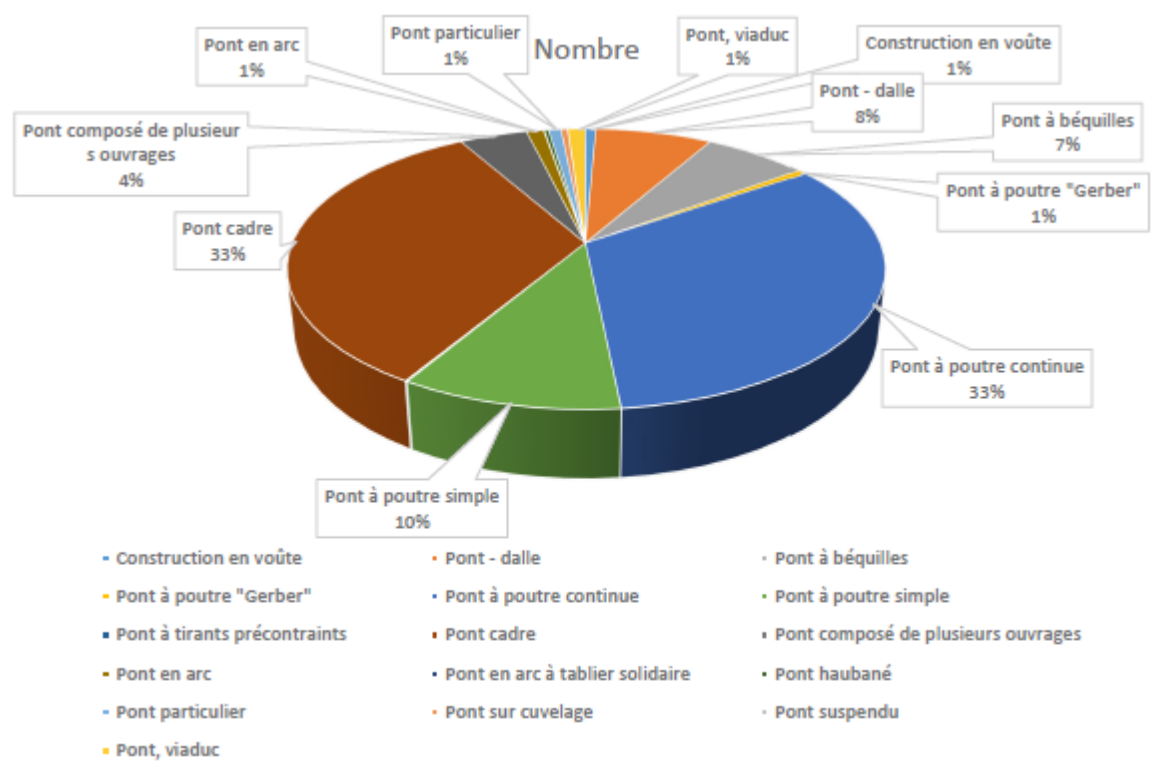
Nombre de ponts, de murs, de talus

Le réseau routier national comprend 1859 km de routes en service fin 2018 dont 1747 km d'autoroutes. Cela représente 2,6% du réseau routier suisse mais 41% du trafic routier dans son ensemble.

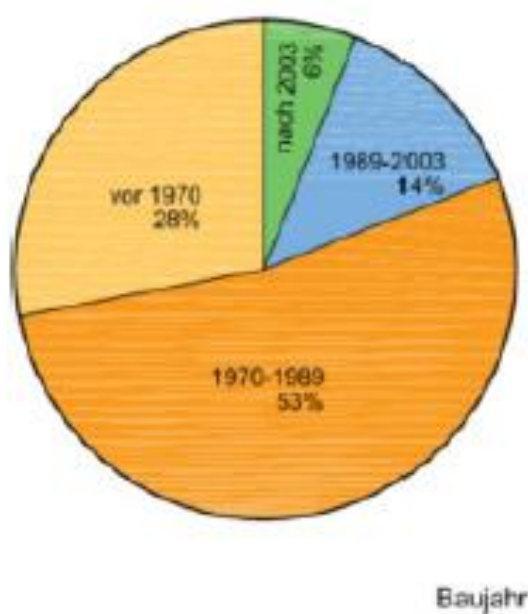
Le réseau national comprend 4556 ponts (axes principaux et passages supérieurs). Le pont le plus haut (113m) est le pont sur la Mentue et le plus long est le viaduc d'Yverdon, tous les deux dans le canton de Vaud.

Il y a environ 3100 murs sur le réseau routier national. Les talus ne sont pas répertoriés comme tel. Les murs en terre armée sont peu utilisés sur les routes nationales en Suisse.

Type d'ouvrages : ponts (métal et mixtes, béton armé, béton précontraint, buses métalliques, buses en béton, maçonnerie) murs (...)



Répartition des âges des ponts :



En 2017, le réseau des routes nationales comprenait 9 366 ouvrages d'art et la valeur de remplacement de ces ouvrages s'élevait à 23,28 milliards de francs suisses.

Canton de Fribourg :

Le Canton de Fribourg a en gestion propre 211 ponts et 524 murs. Sur le territoire du Canton s'ajoutent 61 ponts et 138 murs gérés par d'autres maître d'ouvrage (OFROU, communes voire privés).

Q2/-Problématiques rencontrées

Procédures de surveillance et d'entretien courant des ouvrages

Le contrôle périodique de l'état des ouvrages d'art est devenu un élément obligatoire du concept de maintenance des propriétaires des routes. L'OFROU investit chaque année près de 30 millions de francs dans l'inspection de l'infra-structure des routes nationales. Le relevé de l'état et l'examen statique s'effectuent selon la norme SIA 269 applicable pour la maintenance des ouvrages. La norme décrit l'examen général, les contrôles visuels et les inspections. Elle exige de surcroît des vérifications poussées, des investigations approfondies, des essais en laboratoire et des preuves mathématiques finales.

Un contrôle tous les 5 ans :

Comme pour les tunnels, des inspections visuelles des ponts routiers nationaux sont réalisées tous les cinq ans par des ingénieurs spécialisés. Ces contrôles sont pratiqués selon des prescriptions uniformes. Un examen ainsi qu'un relevé de l'état détaillés sont effectués tous les dix ans par l'OFROU. La qualité des inspections et l'exhaustivité de l'inventaire sont vérifiées en interne par l'OFROU et par un bureau externe. Il est très rare de devoir fermer les ponts pour les inspections.

Existence de désordre sur certains ouvrages : effondrements, fermetures totales ou partielles à la circulation

Un cas recensé récemment en raison d'inspection inadéquate. L'intérieur des caissons de l'ouvrage n'a pas été inspecté pour des raisons d'accessibilités et les coffrages perdus n'ont pas été enlevés.

Le rapport de l'OFROU regroupe dans ses valeurs l'ensemble des ouvrages d'art, y compris les tunnels.

La valeur d'état des ouvrages d'art est la suivante :

1	26 %	Bon	Aucun dommage ou dommages insignifiants.
2	63 %	Moyen	Dommages insignifiants n'ayant pas d'influence sur la sécurité et le fonctionnement mais pouvant évoluer vers l'état 3
3	10 %	Suffisant	Dommages de moyenne importance n'ayant pas d'influence sur la sécurité ; une surveillance accrue est nécessaire
4	1 %	Critique	Dommages importants n'ayant pas d'influence sur la sécurité structurale ou routière ; une intervention sera nécessaire à moyen terme.
5	0 %	Mauvais	Dommages importants nécessitant des mesures urgentes (par ex. remplacement d'un joint de chaussée ou d'éléments individuels, montage de supports provisoires ou introduction d'une limite de poids)

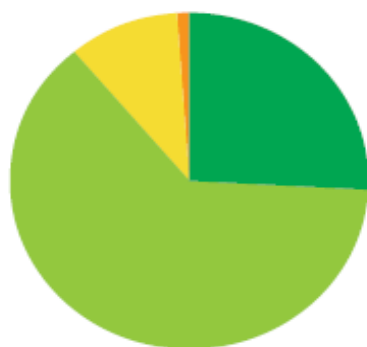
L'état moyen cible d'une note de 1,90 est obtenu pour les ponts.

Le budget annuel 2018 est (en millions de francs suisses) :

- Achèvement du réseau : 20 M CHF
- Aménagement : 53 M CHF
- Goulets d'étranglement : 20 M CHF

- Entretien : 224 M CHF

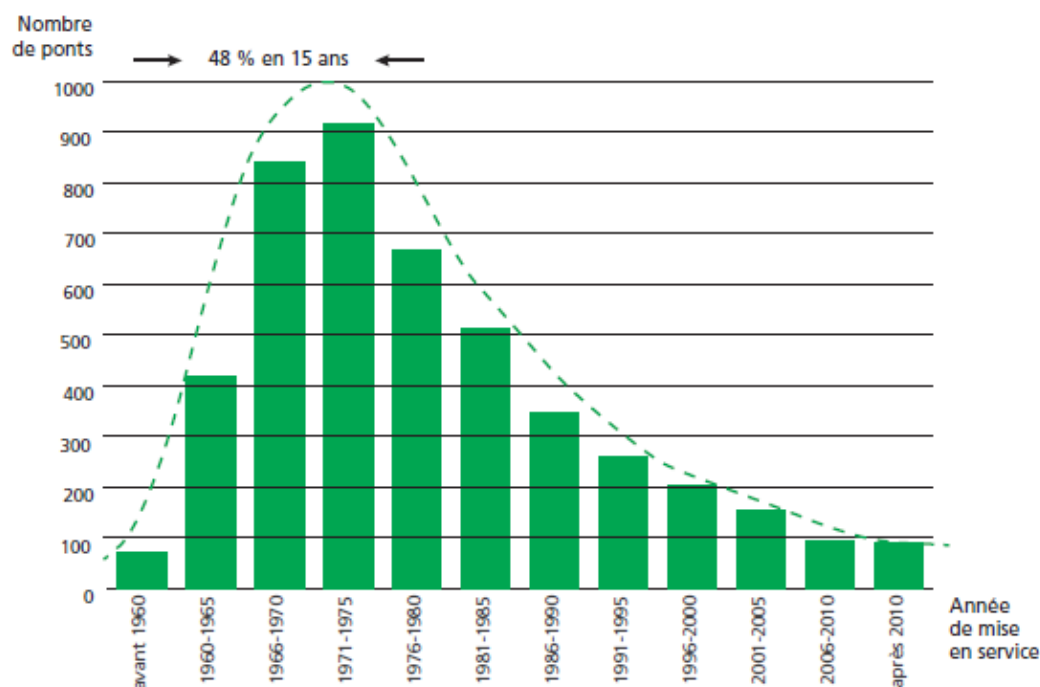
Etat moyen 2018 des ouvrages d'art⁶



1	■	25 %	Bon
2	■	63 %	Satisfaisant
3	■	10 %	Défectueux
4	■	2 %	Mauvais
5	■	0 %	Alarmant

source : rapport 2018 de l'OFROU sur l'entretien, l'exploitation et l'état du réseau routier national

Période de construction des ouvrages d'art

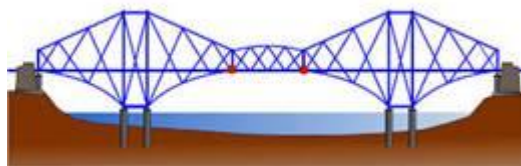


source : rapport 2018 de l'OFROU sur l'entretien, l'exploitation et l'état du réseau routier national

Type de désordre et causes.

Existe-t-il des programmes de recensement des problématiques ?

On peut citer le cas de ponts de type Cantilever (appelés Gerber en Suisse) qui font l'objet d'un suivi particulier car sujets à des ruptures fragiles (ce suivi est réalisé suite à la rupture du viaduc de la Concorde au Québec en 2006)



le passage supérieur Untervaz-Zizers sur la N13 dans les Grisons qui sera reconstruit

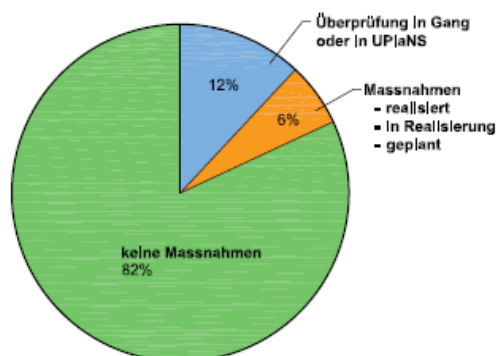
le pont sur le Lavapesson sur la N12 dans le canton de Fribourg dont l'articulation Gerber (entre pile 3 et 4) vient d'être clavée et complétée par deux entretoises.

Par exemple aussi, les ouvrages Haubanés (12 ponts) qui sont très sensibles sont suivis plus étroitement. Ceci en fonction des expériences faites sur l'ensemble de la suisse et à l'étranger et pour les ouvrages plus anciens notamment. Actuellement un ancien pont haubané est en surveillance constante. Des mesures en cas de secours sont déjà prêtes en cas de détérioration constatée. Un projet de remplacement est actuellement en cours d'étude. Sur cet ouvrage il n'est pas possible de contrôler l'état des haubans sur toute leur hauteur en raison de leur conception.

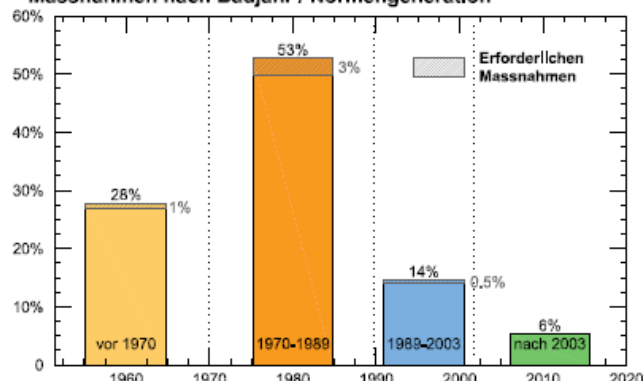
Un programme a été initié en 2005 pour déceler les ponts dont la vulnérabilité sismique était critique. Ce programme arrive à la fin cette année au mois de juin et le rapport sera livré au conseil fédéral. Ci-

dessous un graphique représente le pourcentage des mesures sur le réseau des routes nationales dans le cadre de ce programme :

Anteil erforderlichen Massnahmen



Massnahmen nach Baujahr / Normengeneration



Le problème des appuis à rouleaux avec risque de rupture fragile (possible sans préavis) datant d'environ 1960 à 1970 est connu, il s'agit « d'appuis à rouleaux blindés en acier » (appuis Kreutz) en acier inoxydable X40Cr13. Ceux-ci sont examinés attentivement lors des inspections et projets de réfections si pas remplacés. Par ailleurs des études récentes mandatées par une des filiales ont permis grâce à une méthodologie basée sur la mécanique de la rupture et l'application des données des stations WIM d'estimer tant le risque immédiat que le risque à long terme de rupture. De telles méthodologies permettent la priorisation ainsi que l'optimisation de mesures.

Suite à l'effondrement du mur de soutènement du Schönbergen en Autriche, s'est produit la problématique de la corrosion de l'armature principale de flexion concentrée en pied de mur des armatures des murs de soutènement. Ceci a été constaté sur plusieurs ouvrages de soutènement du réseau et les standards, soit la fiche technique du manuel technique a été adaptée pour que l'armature de pied soit mieux protégée. La corrosion constatée à la reprise de bétonnage à l'angle parement-semelle est due à un enrobage des barres par un béton poreux (nid de gravier) qui n'assure pas une protection alcaline des barres. Des lors, une corrosion électrochimique par macroélément se met en place. Elle est localisée au droit de la reprise de bétonnage parement-semelle. Il est important de noter que ni les chlorures, ni la carbonatation du béton, ni la chimie du sol ne sont la cause initiale de cette corrosion. Selon le type de corrosion, sa vitesse de propagation dépend de beaucoup de variables locales.

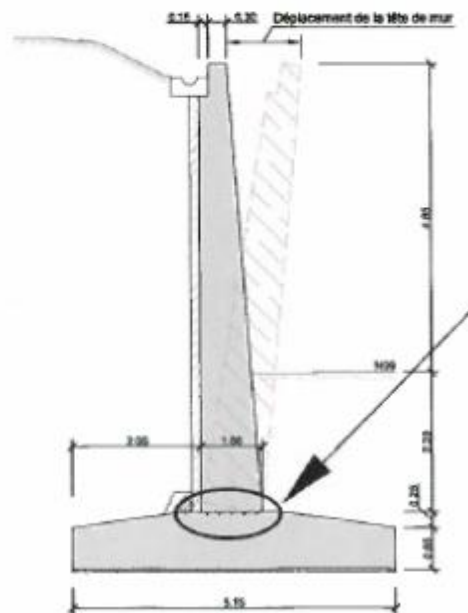
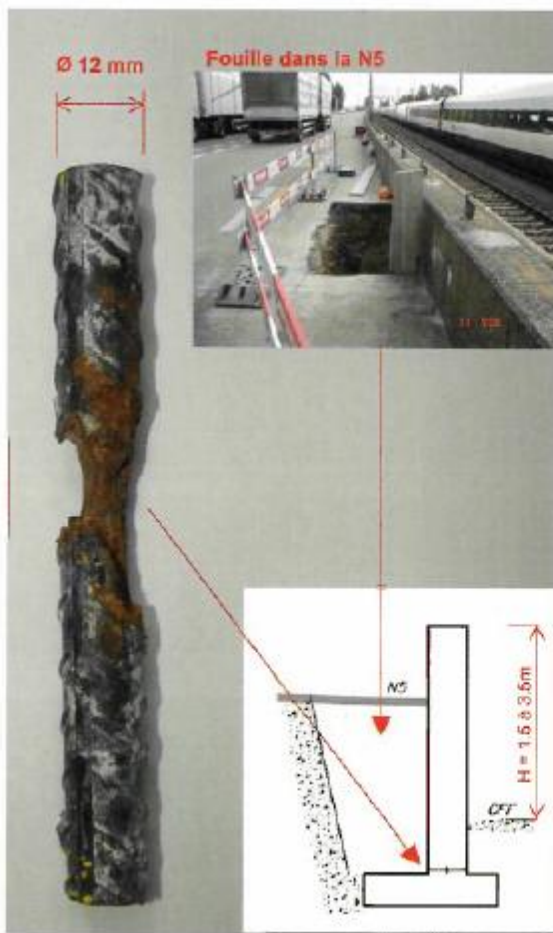
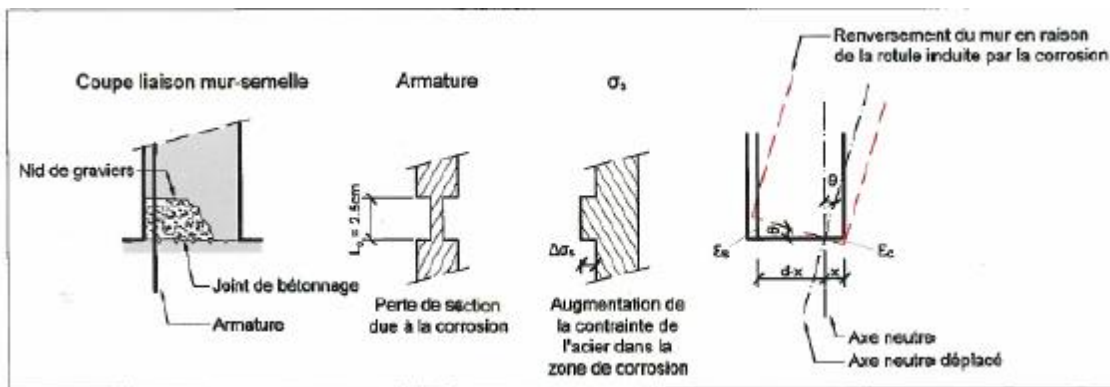


Figure 1 : coupe et modèle de déformation



Canton de Fribourg :

Le canton de Fribourg a un programme d'inspection basé sur l'esprit de l'OFROU. Les ouvrages sont notés selon les classes d'état KUBA-DB de 1 à 5 semblables à celles du réseau fédéral.

Une inspection principale est faite tous les 5 ans. A celles-ci s'ajoutent des inspections intermédiaires au bout de deux ans et demi pour les ouvrages notés entre 3 et 4, et au bout de 1 an et un trimestre voire moins pour les ponts notés 5.

En 2019 95 inspections de ponts (principales ou intermédiaires) ont été programmées et 94 ont été réalisées (6 reportées en 2020 et 5 réalisées mais non programmées) pour les 211 ponts cantonaux.

Pour les murs 417 inspections (principales ou intermédiaires) étaient programmées, 7 n'ont pas été

faites et 11 non prévues ont été réalisées en plus donc 421 ont été réalisées pour les 524 murs cantonaux.

Le résultat de ces inspections en 2019 donne une idée de l'état des ouvrages :

Ouvrages cantonaux	Ponts (nombre)	Ponts (pourcentage)	Murs (nombre)	Murs (pourcentage)
1/5	9	11,1%	85	20,2%
2/5	34	35,4%	283	67,4%
3/5	44	45,8%	42	10,0%
4/5	8	8,3%	10	2,4%
5/5	1	1%	0	0,0%
Total contrôlé	96		420	

Q3/-Existence de programmes de rénovation

- Existe-t-il des programmes de rénovation pour tout ou partie des réseaux, pour certaines typologies d'ouvrages ?

La réfection totale de tronçons d'autoroute est réalisée sur la base du plan d'entretien de la Confédération. Conformément aux prescriptions de cette dernière, les travaux de conservation et d'aménagement du réseau des routes nationales s'inscrivent dans des projets de maintenance d'environ 5 km. De plus, la distance entre deux chantiers doit être d'au moins 30 km. Enfin, 15 ans au minimum doivent séparer des travaux ayant gêné la circulation et effectués sur un même tronçon.

Si oui dates de la décision, de la mise en œuvre, de la fin prévue

C'est un programme permanent.

Nom du programme

Description technique du programme, des techniques de rénovation. S'agit-il plutôt de réparation préventives, de rénovation lourde, de reconstruction ?

Les trois en fonction de l'état et de la durée minimale de 15 ans sans travaux entre deux interventions sur un tronçon.

Q4/-Aspects financiers

Quel est le budget consacré à l'entretien des ouvrages d'art routiers ? (par maître d'ouvrage)

Les ponts routiers sont des ouvrages complexes, qui sont soumis à des agressions environnementales comme l'eau, la variation de température et le vent, ou à d'autres nuisances comme le salage. Pour ces raisons, le contrôle périodique de leur état est devenu un élément obligatoire du concept de maintenance des propriétaires des routes. L'OFROU investit chaque année près de 30 millions de francs dans l'inspection de l'infrastructure des routes nationales

En 2019, la Confédération a investi environ 2,4 milliards de francs dans le réseau des routes nationales : 260 millions seront alloués à la construction de nouveaux tronçons, 1,572 milliard à l'aménagement et à l'entretien du réseau existant, et 210 millions à des projets visant à éliminer des goulets d'étranglement.

Le montant en question provient du fonds pour les routes nationales et le trafic d'agglomération (FORTA). La Confédération a par ailleurs investi quelque 378 millions de francs dans l'exploitation des routes nationales.

En pourcentage du réseau routier

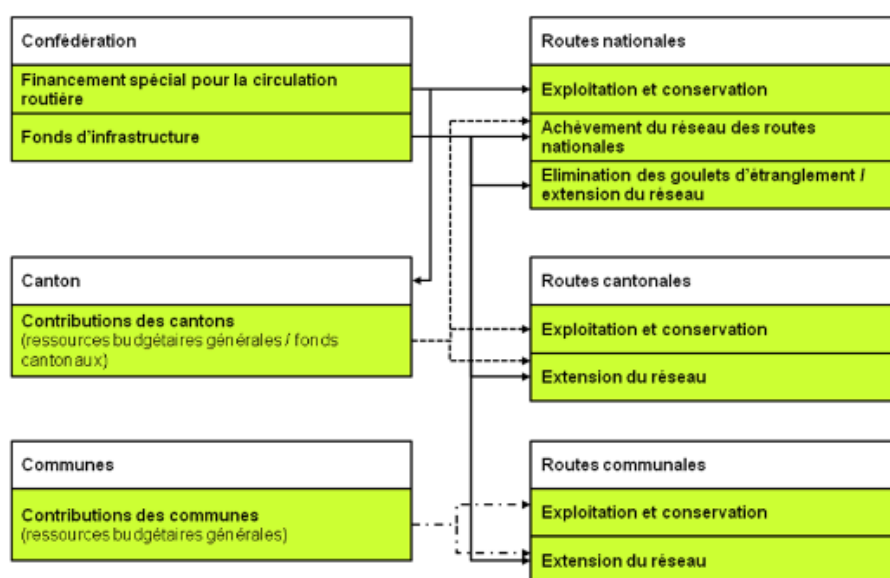
Évolution sur les dernières années

SI programme spécifique, volume financier du programme.

Y-a-t-il une aide de l'État (État fédéral) aux autres collectivités ?

Certaines routes cantonales et communales peuvent être subventionnées. Il existe également des ouvrages de propriété partagée dont les coûts pour l'entretien sont réglés par des conventions. Selon la loi, l'autorité compétente pour la mise en service est responsable pour garantir la sécurité de l'ouvrage concerné.

Financement (aperçu)



*Graphique basé sur l'étude « Quels seront les coûts futurs des bâtiments et des infrastructures suisses et qui les paiera ? » menée dans le cadre du Programme national de recherche « Développement durable de l'environnement construit » (PNR 54) ; Berne 2011 (page 49)

Le financement des infrastructures routières n'est pas réparti entre les trois niveaux étatiques aussi clairement que les responsabilités, étant donné que la Confédération verse des contributions financières aux cantons et aux communes.

Les infrastructures routières fédérales sont financées au moyen de deux instruments : le financement spécial pour la circulation routière et le fonds d'infrastructure. Le fonds d'infrastructure a été remplacé en 2018 par le FORTA (financement des routes nationales et des projets d'agglomération). Le financement des tâches et des dépenses liées à la circulation routière dépend principalement des taxes et des impôts spéciaux à affectation obligatoire (impôt et surtaxe sur les huiles minérales grevant les carburants, redevance pour l'utilisation des routes nationales, vignette autoroutière). En ce qui concerne l'achèvement du réseau des routes nationales (il reste encore environ 80 km), les cantons y participent également.

Les infrastructures routières cantonales sont financées de manière différente. À l'instar de la Confédération, plusieurs cantons disposent de leurs propres fonds / financements spéciaux alimentés par des recettes à affectation obligatoire. Les moyens nécessaires au financement des infrastructures

routières cantonales proviennent entièrement ou partiellement des impôts cantonaux sur les véhicules automobiles, des contributions issues du financement spécial pour la circulation routière (Confédération), de la quote-part des cantons à la redevance sur le trafic des poids lourds liée aux prestations et aussi des ressources budgétaires générales.

Les infrastructures routières communales, quant à elles, sont financées principalement par les ressources budgétaires générales. Il arrive que les communes perçoivent des contributions des cantons. Elles reçoivent aussi des allocations issues du fonds d'infrastructure de la Confédération lorsqu'il s'agit de financer des mesures visant à améliorer les infrastructures de transport dans les villes ou les agglomérations (projets d'agglomération).

Le canton de Fribourg ne finance pas, en principe les ponts communaux, sauf exception comme le pont de la Porga qui a été subventionné pour son caractère historique ou encore un pont sur une route communale qui amène à un barrage du canton. En revanche, sur demande du gouvernement du Canton le service des ponts et chaussées apporte parfois une aide technique à certaines communes du Canton.

Q5/-Aspects compétences

Le pays dispose-t-il de toutes les compétences souhaitées pour le recensement des ouvrages, pour leur réparation (en maîtrise d'œuvre et en réalisation). Des programmes de développement des compétences ont-ils été mis en œuvre ?

L'OFROU est structuré afin d'avoir toutes les compétences requises en interne. En effet, la division Infrastructure apporte son soutien technique tout au long du développement des projets et son expertise aux filiales, aidé par les Standards et sécurité de l'infrastructure établis par la division des réseaux routiers. Le Domaine Gestion du patrimoine des filiales (division Infrastructure) comprend les compétences du recensement des ouvrages et le Domaine Gestion du patrimoine de la centrale (division Infrastructure) coordonne les filiales.

Afin de garantir la sécurité et la pérennité de son réseau autoroutière, l'OFROU définit et développe ses propres standards techniques pour les routes nationales et contrôle par des audits la mise en œuvre et le respect de ces standards.

Comment ces compétences sont-elles obtenues (université, formations spécifiques)

En plus de leur formation de base spécifique les employés de l'OFROU sont encouragés à suivre des formations complémentaires, cours et colloques.

Par exemple les employés du soutien technique, des standards et sécurité de l'infrastructure et de la gestion du patrimoine de la centrale ont tous une spécialisation dans une branche (par exemple tracé et environnement ou ouvrages d'arts ou tunnel et géotechnique ou exploitation et sécurité) alors que les chefs de projets des filiales sont généralistes.

Les groupes techniques par domaine de spécialisation réunissent l'ensemble des spécialistes des différentes divisions de l'OFROU pour les questions techniques et l'élaboration des standards comme les manuels techniques.

École Polytechnique Fédérale de Lausanne :

À l'École Polytechnique fédérale de Lausanne à côté des projets neufs, pour les étudiants en master de la section génie civil le Professeur Eugen Brühwiler qui tient la chaire de « maintenance des ouvrages existants » depuis 25 ans donne des cours pour la rénovation des ponts existants : sujets sur la fatigue des ponts, la durabilité du béton armé, le BFUP et sur les examens et les interventions à faire.

Selon lui, « La formation des ingénieurs est fautive » : il faut partir des ponts existants et non de théorie. On ne forme pas assez les ingénieurs à la réparation. Les normes de sécurité pour les ouvrages neufs

(Eurocode) ne sont pas applicables aux ouvrages existants : elles sont deux fois plus contraignantes en général. Les ponts sont de plus en plus banalisés et ce sera accentué par le BIM. Les ingénieurs doivent acquérir une connaissance historique et un bagage culturel (pour pouvoir aussi dialoguer avec les architectes). On ne forme pas assez les ingénieurs à la réparation : le Professeur Eugen Brühwiler ne connaît pas de formation équivalente en France.

Le professeur donne deux cours de master :

Structures existantes : examen et interventions Bases (1er semestre)

Structures existantes : examen et interventions : Chapitres choisis (2ème semestre)

Ce sont des « décathlons » car recouvrant des disciplines différentes.

Le master comprend aussi un cours de matériaux cimentaires (donné par un autre professeur) qui concerne les 2/3 des ponts existants.

80% des 90 à 100 élèves du Master suivent les cours sur les structures existantes.

Les étudiants travaillent ensuite principalement pour les bureaux d'études (en Suisse les bureaux d'étude, maîtres d'œuvre assurent plus de responsabilité qu'en France) puis évoluent vers des entreprises de BTP dans des fonctions de management. Peu d'entre eux se dirigent vers l'administration (quelques postes à l'OFROU).

Le professeur donne aussi un cours sur « l'esthétique des ouvrages pour les ingénieurs » ainsi qu'un cours sur la sécurité et fiabilité des ouvrages pour la section Génie Civil de Bachelor. Il déplore aussi la formation sur cet aspect : assez faible ; par exemple prise en compte du poids de la neige.

La majorité des problématiques de rénovation concerne le béton armé, les ponts rivetés et les ponts en maçonnerie.

Pour les formations de niveau technicien (équivalentes à BTS et appelées HES) il existe par exemple la haute École d'Ingénierie et d'Architecture de Fribourg ou la Berne Fachschule (20 à 30 étudiants). Ils forment au relevé des ouvrages et aux inspections.

[Site internet du CGEDD : « Les derniers rapports »](#)