

Auancement de la co-construction du Projet d'Aménagement d'Intérêt Commun (PAIC) des infrastructures de protection contre les inondations sur le bassin de la Loire et ses affluents

Dans le cadre de la co-construction du projet d'aménagement d'intérêt commun (PAIC) des infrastructures de protection contre les inondations sur le bassin de la Loire et ses affluents, et en complément des réunions techniques de concertation organisées à partir de 2017 en proximité sur les territoires, l'Etablissement a pris l'initiative de plusieurs analyses de nature à permettre une meilleure appréhension des problématiques rencontrées. La réunion du Comité syndical de juillet dernier a été l'occasion d'une restitution formelle des principaux résultats de plusieurs de ces travaux.

Le porté à connaissance de l'information c'est poursuivi avec la réalisation en septembre dernier d'une *Actu'Digues*. Ce document de vulgarisation fournit une présentation synthétique, de nature à permettre à tout un chacun de prendre connaissance des analyses réalisées et des principaux résultats sur lesquelles elles ont débouché (l'intégralité des éléments produits étant accessible sur www.eptb-loire.fr/paic). A titre illustratif, mention peut être faite du rapport consacré à la question des impacts du changement climatique sur la gestion des infrastructures de protection contre les inondations sur le bassin fluvial.

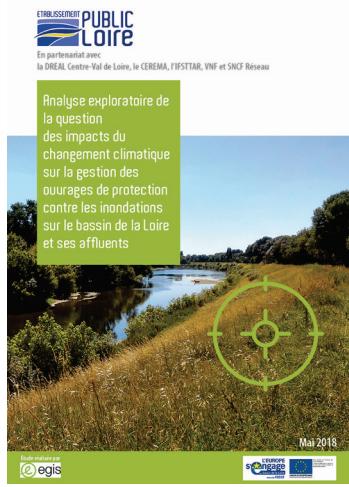


Table des matières

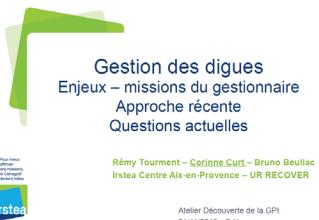
Synthèse.....	10
1. Introduction.....	16
1.1 Rapport du contexte et des objectifs de l'étude.....	16
1.2 Démarche adoptée.....	17
1.3 Contenu du présent rapport.....	17
2. Bilan des connaissances actuelles.....	20
2.1 Méthode retenue.....	20
2.2 Présentation générale des pathologies et désordres rencontrés sur les ouvrages de protection contre les inondations.....	21
2.2.1 Fonds documentaire exploité.....	21
2.2.2 Définitions et éléments de terminologie.....	21
2.2.3 Modes classiques d'enfoncement et de rupture des digues en rivière.....	22
2.2.3.1 Erosion externe.....	22
2.2.3.2 Erosion interne.....	24
2.2.3.3 Débordements intérieurs et extérieurs.....	26
2.2.4 Modes classiques de rupture des digues mixtes.....	26
2.2.4.1 Débordements externes aux sollicitations normales.....	26
2.2.4.2 Débordements internes liés à l'altération des matériaux constitutifs de la digue.....	29
2.2.5 Etats instables observés.....	30
2.3 Facteurs climatiques susceptibles de favoriser les désordres constatés.....	31
2.3.1 Mode opératoire.....	31
2.3.2 Inventaire préliminaire des impacts climatiques potentiels sur les ouvrages de protection contre les inondations.....	31
2.3.2.1 Température.....	31
2.3.2.2 Pluviométrie.....	32
2.3.2.3 Vent.....	32
2.3.2.4 Facteurs climatiques multiples.....	32
2.3.3 Analyse bibliographique.....	33
2.3.3.1 Approche générale.....	33
2.3.3.2 Température.....	37
2.3.3.3 Pluviométrie.....	39
2.3.3.4 Vent.....	49
2.3.3.5 Facteurs climatiques multiples.....	49
2.3.4 Synthèse et recommandations.....	50
2.4 Approfondissement de l'analyse sur le bassin de la Loire.....	52
3. Proposition de feuille de route.....	72
3.1 Approche retenue.....	72
3.2 Bilan des recommandations issues de l'analyse bibliographique.....	73
3.2.1 Éléments de stratégie d'adaptation et de résilience.....	73
3.2.2 Amélioration des connaissances et de l'outil.....	73
3.2.3 Techniques de renforcement des digues.....	94
3.2.4 Amélioration des connaissances.....	98
3.2.5 Conclusion.....	102
3.3 Proposition de recommandations et mesures supplémentaires.....	104
3.3.1 Approfondissement des connaissances.....	106
3.3.2 Intégration de données nouvelles ou de méthodes existantes.....	106
3.3.3 Amélioration des connaissances et de l'outil.....	107
3.4 Classement et hiérarchisation des recommandations.....	108
3.4.1 Classification des recommandations.....	108
3.4.2 Hiérarchisation des recommandations.....	109
3.5 Eléments pour une feuille de route.....	110
Références bibliographiques.....	118

Analyste coordinateur : M. Sébastien LAFAYE

Analyste contributeur : M. Sébastien LAFAYE

Par ailleurs, deux analyses supplémentaires ont été engagées au second semestre. Il s'agit : d'une part, de la prise en considération des besoins et des opportunités d'intégration environnementale du PAIC, confiée à ISL Ingénierie ; d'autre part, de l'anticipation des modalités et des outils d'information, de consultation, de concertation et de médiation en lien avec ce projet, confié au groupement Lisode/Gil-Fourrier & Cros.

De plus, a été poursuivie la réflexion visant à avancer dans la voie d'une gestion « patrimoniale » d'infrastructures interrégionales de protection contre les inondations. C'est dans cette optique qu'a été organisé le 21 novembre dernier un atelier de travail sur cette thématique, visant à mettre en évidence les principales composantes du « patrimoine » que constitue une infrastructure de protection contre les inondations du type de celle existant sur le bassin de la Loire et ses affluents, et par voie de conséquence la valeur qui s'y attache. Les échanges qui ont eu lieu avec des spécialistes de l'IRSTEA, de l'IFSTTAR, de la FNCCR, ... ont également permis de contribuer à la définition d'une feuille de route pour un post-doctorant/ingénieur (présentations en ligne sur <https://www.eptb-loire.fr/semainederev2018>).



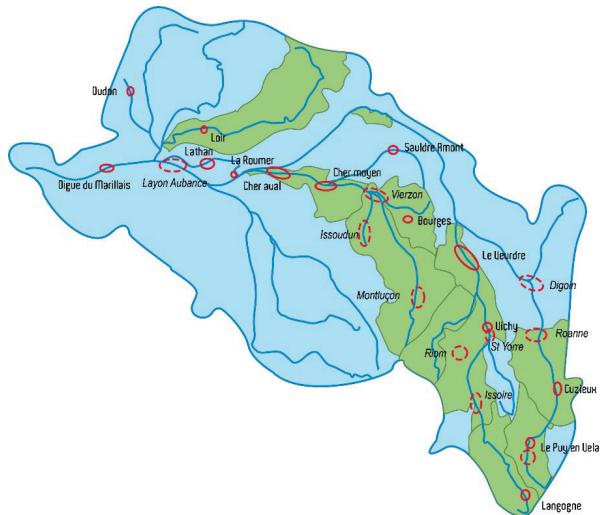
Dans le cadre du partenariat avec le CEREMA, les résultats consolidés des premières études de cas réalisées sur dix secteurs endigués du bassin ont été diffusés début novembre dernier aux élus des collectivités concernées (Conseil départemental de Loir-et-Cher, Roannais Agglomération, Saumur val de Loire, Vichy Communauté, CC Chabris-Pays de Bazelle, CC Forez Est, CC Loire Layon Aubance, CC du Romorantinais et du Monestois, CC Saint-Pourçain Sioule Limagne, CC Val de Cher Controis, CC Vierzon Sologne Berry). L'objectif était de préciser les caractéristiques des ouvrages recensés ainsi que leur rôle en matière de protection contre les inondations, afin de fournir aux EPCI les premiers éléments d'aide à la décision en matière d'intégration de ces ouvrages en tant que systèmes d'endiguement. Des nouvelles études de cas ont été lancées cette année sur une dizaine d'ouvrages supplémentaires.



Dans ce même registre, l'étude hydraulique de caractérisation du rôle de la voie ferrée Angers-Nantes dans la protection contre les crues de Loire – portée par l'Etablissement et en partenariat avec SNCF Réseau et les services de l'Etat – a été finalisée et les résultats livrés aux collectivités concernées en juillet dernier, la réflexion devant maintenant être poursuivie pour certains secteurs particuliers.

Pour ce qui est du volet « zones d'expansion de crues » (ZEC), dans la continuité de l'analyse exploratoire à l'échelle du bassin des potentialités en termes d'exploitation de champs d'expansion de crues, réalisée de septembre 2016 à mars 2018 et dont les résultats sont accessibles à l'adresse internet : www.eptb-loire.fr/zec, l'Etablissement a lancé deux nouvelles réalisations.

La première concerne **10 zooms supplémentaires** proposant la mise en œuvre de ZEC. Ils viennent s'ajouter aux 14 déjà réalisés et proposent, notamment, des comparaisons de transferts de volumes entre une ZEC potentielle et sa zone d'influence située en aval. Ce travail devrait être livré dans les prochaines semaines. La carte ci-dessous présente la localisation des zooms réalisés et ceux en cours.



La seconde, dont le démarrage est prévu en janvier 2019, concerne 3 territoires : ceux des SAGE Loir et Yèvre-Auron ainsi que celui du contrat territorial Val d'Allier alluvial. Sur ceux-ci vont être réalisées des **déclinaisons opérationnelles** pour lesquelles il s'agira notamment d'évaluer la fonctionnalité des ZEC potentielles les plus intéressantes à l'aide de modélisations hydrauliques, de définir des scénarios d'actions différenciées et d'en évaluer les coûts et bénéfices attendus. Au terme de ce travail, pour chaque site, les acteurs locaux devront pouvoir disposer d'éléments au stade d'avant-projet détaillé, leur permettant de décider de préserver, restaurer voire créer des ZEC.

A toute fin utile, il est indiqué qu'un courrier a été adressé en octobre dernier au Président du Comité de bassin Loire-Bretagne, pour l'informer de l'avancement du travail de co-construction du PAIC et des dernières décisions prises par l'Etablissement en la matière. Il lui a notamment été précisé à cette occasion que l'Etablissement devrait solliciter – en temps utile, *a priori* l'an prochain – l'avis du Comité de bassin sur ce projet, en application des dispositions de l'article L. 213-12 VI du code de l'environnement.

Il est signalé enfin que l'Etablissement a été auditionné à plusieurs reprises par les représentants de la mission conjointe IGA-CGEDD chargée d'élaborer le rapport du Gouvernement au Parlement d'évaluation des conséquences, pour la gestion des fleuves, des zones côtières et des digues domaniales, du transfert de la GEMAPI aux EPCI-FP (prévu par la loi du 30 décembre 2017). Fin novembre, les conclusions de ce travail, n'avaient pas encore été rendues publiques.

CE QU'ILS EN PENSENT



Jean-Louis DEMOIS
Angers Loire Métropole

La prise de compétence GEMAPI est lourde de sens pour nos collectivités et spécifiquement pour Angers Loire Métropole dont le périmètre couvre une zone de confluence présentant des enjeux importants tant en matière de risque inondation que de restauration des milieux aquatiques et de biodiversité (Basses Vallées Angevines, Loire). Les ouvrages de lutte contre les inondations de notre territoire se situent tous face à la Loire, c'est donc à l'échelle de ce fleuve que nous avons souhaité réfléchir la mise en œuvre de cette compétence nécessitant une mutualisation des moyens techniques et financiers. L'Etablissement, à travers la co-construction du PAIC mais aussi l'accompagnement technique en local sur diverses études, a mobilisé les compétences techniques, administratives et financières pour identifier les points cruciaux à la réussite de la mise en œuvre de la gestion des ouvrages de lutte contre les inondations et y apporter des solutions viables. L'enjeu de la pérennisation des financements est important, il nous apparaît que la défense de cet aspect à l'échelle nationale doit se faire en commun, *a minima* sur l'ensemble des valls interdépendants. Le PAIC peut être le moyen pour y arriver.



Jacques CHEVTCHENKO
Tours Métropole Val de Loire

Tours Métropole Val de Loire a été associée au travail de réalisation du PAIC en tant que gestionnaire de digues dès 2017. Le travail mené par l'Etablissement s'est attaché à faire un état des lieux complets du métier et des compétences associées mais aussi des moyens humains et budgets nécessaires. Au fur et à mesure il s'est adapté aux besoins des collectivités en proposant une approche combinant infrastructure dites dures (renforcement des digues) et plus douces (zone expansion des crues et entretien des digues). Dans ce domaine d'ailleurs, l'Etablissement nous a récemment communiqué les résultats d'une analyse menée sur la mise en œuvre de digues amovibles sur 11 territoires du bassin de la Loire, ce qui est de nature à renforcer les connaissances et les programmes d'actions.



Joseph KUCHNA
Vichy Communauté

Vichy Communauté s'est impliquée dans les réflexions sur le projet d'aménagement d'intérêt commun car nous sommes convaincus que la gestion du risque inondation nécessite de combiner différentes solutions techniques (infrastructures dites dures [digues] et celles dites douces [ZEC]), et de mobiliser des acteurs différents pour agir à toutes les échelles territoriales. Sur ce sujet, la nécessité d'une stratégie d'ensemble pour le bassin, échelle hydrographique pertinente, de modalités de gestion cohérentes laissant aux territoires locaux une capacité d'agir est importante. La co-construction du dispositif du PAIC constitue également un point fort dans la démarche proposée par l'Etablissement. Cette approche garantit enfin de rationaliser les coûts et de disposer d'une meilleure capacité à mobiliser les moyens financiers indispensables sur un tel sujet.

ANALYSE ÉCONOMIQUE ET FINANCIÈRE



Le travail mené répondait à un double objectif: d'une part, estimer les investissements déjà consentis sur les digues ; d'autre part, réunir des éléments de référence permettant de construire des prévisionnels pluriannuels de dépenses. L'historique des coûts engagés sur la période 1970-2020 fait apparaître un montant total de travaux de 437 M€ (actualisés en valeur 2017).

Pour ce qui concerne l'estimation des dépenses d'investissement pour la fiabilisation-confortement des 900 km de digues du bassin, l'analyse débouche en première approche sur un montant global des travaux oscillant entre 400 et 600 M€, selon les méthodologies retenues. Ceci, en

concordance avec les chiffres présentés par les services de l'Etat, à savoir un montant d'investissement évalué à près de 260 M€ pour les travaux à réaliser sur les digues domaniales, représentant un peu plus de la moitié de celles du bassin.

Compte tenu des montants déjà intégrés dans le cadre de l'actuel plan Loire 2014-2020, l'**effort supplémentaire à consentir à partir de 2021** par les potentiels cofinanceurs (Etat, Europe et collectivités, au premier rang desquelles les EPCI), **pour le « Territoire à risque important national de la Loire », à l'échelle de 1/5^{ème} du territoire français métropolitain, serait de l'ordre de 350 M€.**



APPROCHE DU TYPE «DESIGN» DES POLITIQUES PUBLIQUES

Elle a été retenue pour avancer dans la préfiguration, dès 2018, de ce que pourrait être un scénario d'organisation au niveau du bassin fluvial, en lien plus particulièrement avec l'hypothèse d'un déploiement de plateformes d'appui de proximité pour la gestion déléguée à l'Etablissement de systèmes d'endiguement.

À cet égard, la satisfaction des besoins et des attentes légitimes des EPCI plus particulièrement concernés constitue un important facteur d'adhésion au projet. En même temps, l'objectif demeure de la fiabilité et de l'efficacité de la gestion des infrastructures de protection contre les inondations à l'échelle du bassin fluvial (du fait de

l'indispensable cohérence d'intervention, de l'intérêt des économies d'échelle comme de la mutualisation et de l'optimisation des moyens).

À l'issue d'un processus créatif et collaboratif, s'apparentant à un jeu de rôles permettant à chacun de se mettre en situation, l'atelier de co-construction a permis de faire émerger **3 scenarii présentant une forte complémentarité dans leur échelonnement et dans le caractère progressif de leur déploiement, avec une montée en charge permettant de passer d'ici à 2024 de « référents » à des « antennes » puis aux « plateformes » de proximité.**



CONSEILS BUDGÉTAIRES ET COMPTABLES

Préalablement, une prestation s'était concentrée sur les modalités de mise en place d'une délégation ou d'un transfert de la gestion de systèmes d'endiguement, le suivi budgétaire et comptable associé ainsi que la gestion pluriannuelle des recettes et des dépenses. Il en ressortait notamment l'intérêt de la délégation, permettant plus de souplesse pour le financement des investissements par les collectivités, ainsi que la possibilité de **création d'un budget annexe spécifique** à la gestion de systèmes d'endiguement

Etablissement public Loire • 2, quai du Fort Alluaud • 45155 ORLEANS CEDEX 2 • 02 46 47 03 21 • 08 70 65 01 06 • direction@eptb-loire.fr

■ Régions • Auvergne-Rhône-Alpes • Bourgogne-Franche-Comté • Centre-Val de Loire • Nouvelle-Aquitaine • Occitanie • Pays de la Loire ■ Départements • Allier • Ardèche • Cher • Creuse • Indre-et-Loire • Loir-et-Cher • Loire • Haute-Loire • Loire-Atlantique • Loiret • Lozère • Maine-et-Loire • Nièvre • Puy-de-Dôme • Saône-et-Loire • Haute-Vienne ■ Villes et Intercommunalités • Agglomération de Nevers • Agglomération du Puy en Velay • Angers Loire Métropole • Blois • Bourges • CARENE • Châteauroux • Clermont Auvergne Métropole • Forez • Limoges • Loire Layon Aubance • Montluçon • Moulins Communauté • Nantes Métropole • Orléans • Riom Limagne et Volcans • Roannais Agglomération • Romorantin et Monestois • Saint-Etienne-Métropole • Saumur Val de Loire • Touraine-Est Vallées • Tours Métropole Val de Loire • Vichy Communauté • Vierzon ■ SICALA • Allier • Cher • Haute-Loire • Nièvre • Saône-et-Loire

ETABLISSEMENT PUBLIC
PUBLIC
Loire

Bourges • CARENE • Châteauroux • Clermont Auvergne Métropole • Forez • Limoges • Loire Layon Aubance • Montluçon • Moulins Communauté • Nantes Métropole • Orléans • Riom Limagne et Volcans • Roannais Agglomération • Romorantin et Monestois • Saint-Etienne-Métropole • Saumur Val de Loire • Touraine-Est Vallées • Tours Métropole Val de Loire • Vichy Communauté • Vierzon ■ SICALA • Allier • Cher • Haute-Loire • Nièvre • Saône-et-Loire

ACTU' DIGUES

SEPTEMBRE 2018

conception • réalisation • rédaction • crédits photographiques : EPTB Loire • septembre 2018

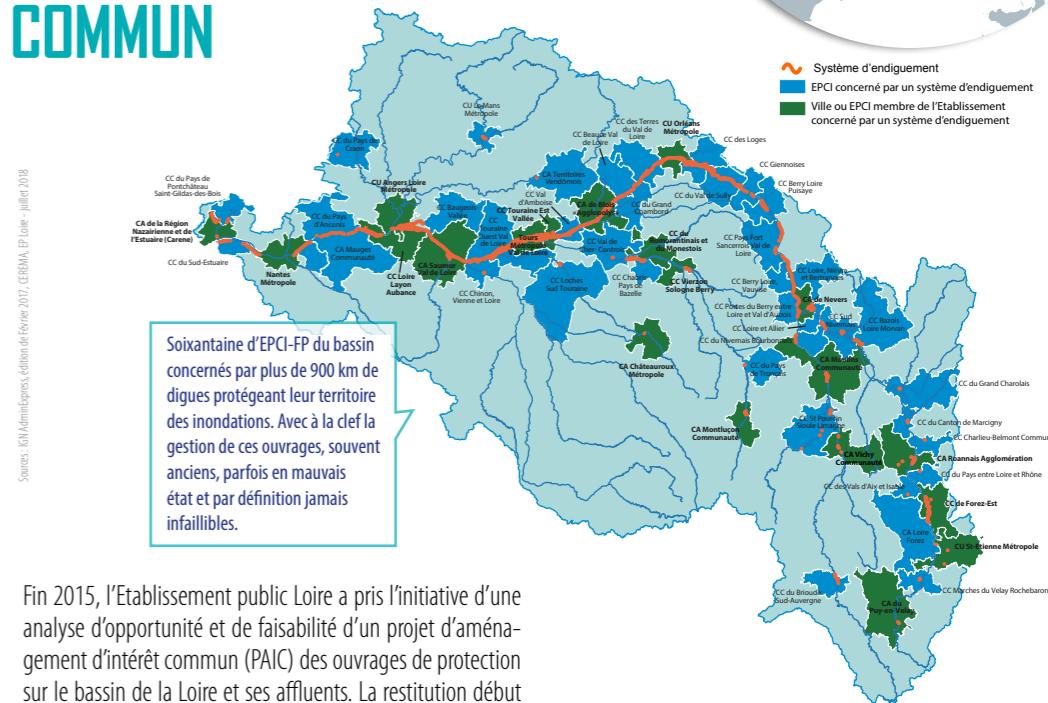
DANIEL FRECHET,
Président
de l'Etablissement
public Loire

Comme c'est le cas à l'échelon national, les Etablissements Publics de Coopération Intercommunale du bassin se sont vus attribuer depuis le 1^{er} janvier 2018 la compétence GEMAPI. C'est dans ce cadre qu'une soixantaine d'entre eux sont plus particulièrement concernés par la gestion des ouvrages de protection contre les inondations. Ce sont en effet près de 900 km de digues protégeant leur territoire, que ces derniers vont maintenant devoir gérer.

Pour ce qui concerne les digues domaniales, l'Etat continue d'assurer leur gestion pour le compte des EPCI-FP compétents, jusqu'à leur transfert effectif en janvier 2024.

Outil des collectivités, créé en 1983, l'Etablissement public Loire est fortement impliqué dans la gestion intégrée de l'eau et des risques naturels associés de sécheresse et d'inondation. C'est dans ce contexte que s'inscrit la perspective d'une délégation progressive de la gestion de systèmes d'endiguement. S'appuyant sur ce syndicat mixte garant d'un dialogue structuré entre collectivités, elle vise à assurer, sur le périmètre cohérent du bassin fluvial, une homogénéité de traitement ainsi que la mutualisation et l'optimisation des moyens techniques comme financiers.

VERS UN PROJET D'AMÉNAGEMENT D'INTÉRÊT COMMUN



Fin 2015, l'Etablissement public Loire a pris l'initiative d'une analyse d'opportunité et de faisabilité d'un projet d'aménagement d'intérêt commun (PAIC) des ouvrages de protection sur le bassin de la Loire et ses affluents. La restitution début 2017 des résultats de ce travail, conduit en partenariat avec la DREAL Centre-Val de Loire, l'IRSTEA et le CEREMA, souligne l'importance des interdépendances hydrauliques, pour ce qui concerne en particulier le continuum Loire : du bec d'Allier, à l'aval de Nevers, jusqu'à Nantes en Loire-Atlantique.

L'opportunité et la faisabilité apparaissent clairement, en termes stratégiques comme économiques ou de gestion, au-delà de l'acte refondateur de solidarité de bassin fluvial. En effet, un tel projet permettrait notamment de :

- investir « stratégiquement », dans des infrastructures inter-régionales clés pour la préservation de la compétitivité de territoires fluviaux particulièrement attractifs
- configurer un modèle de financement renouvelé, avec de nouveaux dispositifs d'ingénierie financière à imaginer

• dégager des moyens suffisants à l'entretien de façon pérenne, misant sur l'innovation technologique pour optimiser celui-ci, ainsi que sur des évolutions organisationnelles

• créer un environnement favorable à une gestion transparente, efficiente s'agissant des réalisations et efficaces pour ce qui est de leurs résultats

• favoriser la co-construction d'une base d'intervention partagée, alimentant la synergie entre actions pour une protection locale renforcée et opérations contribuant à consolider les dispositifs de protection « supra ».

La co-construction du PAIC en tant que tel, s'est organisée principalement autour de réunions techniques dès 2017, en proximité sur les territoires, avec la soixantaine d'EPCI concernés, associant notamment les Départements et les services de l'Etat.

Rendez-vous sur
www.eptb-loire.fr/paic



Cette action dépassé est cofinancée par l'Union européenne. L'Europe investit dans le bassin de la Loire avec le Fonds européen de développement régional.

ETABLISSEMENT PUBLIC
PUBLIC
Loire



Dès 2017, l'Etablissement a assuré la mise à disposition d'éléments techniques fondamentaux, à savoir notamment la **caractérisation et la cartographie des ouvrages**, des **études de cas sur des situations particulières** telles que réseaux routiers, remblais ferroviaires ou canaux, des descriptifs de **missions et métiers du gestionnaire**, etc. En complément, il a lancé plusieurs analyses de nature à permettre une meilleure appréhension d'importantes problématiques rencontrées.

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET GESTION DES OUVRAGES

Dans le prolongement des travaux menés sur l'adaptation de la gestion des barrages de Naussac et Villerest dont l'Etablissement est propriétaire, il est apparu opportun d'investir la question des **impacts du changement climatique sur la gestion des ouvrages de protection du bassin de la Loire et ses affluents**. L'analyse montre que les impacts attendus ne remettent pas en cause le rôle des digues, mais qu'ils doivent être intégrés dans la gestion de ces dernières, les changements prévus pouvant avoir une incidence sur certaines pathologies des digues et accentuer le risque de dégradation. Il est également proposé une feuille de route recensant et hiérarchisant des recommandations et des actions à mettre en œuvre par anticipation, dans un contexte évolutif et de fortes incertitudes, afin d'adapter les décisions relatives aux systèmes d'endiguement, pour lesquels les investissements s'inscrivent dans la durée. Les pistes d'actions concernent les obligations de surveillance, d'entretien et d'études des propriétaires et gestionnaires actuels ou futurs des ouvrages.



INTÉGRATION DES ZONES D'EXPANSION DE CRUES



Fin 2016, l'Etablissement a lancé une analyse exploratoire, sur l'ensemble du bassin fluvial, des potentialités en termes de zones d'expansion de crues (ZEC). L'objectif était d'appréhender, pour la première fois à cette échelle, le potentiel de stockage des crues pour réduire le risque inondation. C'est ainsi que plus de 6 000 ZEC ont pu être identifiées, dont 175 avec des capacités de stockage très importantes. Dans ce cadre, des zooms territoriaux, présentant différentes configurations de ZEC potentielles, ont été effectués sur 14 sites. Ils ont permis de mettre en avant les avantages et les contraintes, dans un contexte local, de cette opportunité pour réduire les conséquences des inondations. Au-

jourd'hui, se poursuit l'analyse de la mise en œuvre de cette solution via la réalisation de 10 nouveaux zooms territoriaux, ainsi que des déclinaisons opérationnelles sur 3 territoires, afin d'apporter aux acteurs locaux les éléments nécessaires à la préservation, la création et/ou l'aménagement de ZEC.

Plus généralement, il a été pris le parti d'exploiter les synergies de fonctionnement entre infrastructures dites « dures » du type barrages ou digues, et celles dites « souples » comme les ZEC, permettant une gestion intégrée des risques d'inondation.



ÉTAPES DU PAIC



REGARD EXTÉRIEUR

« La recherche de cohérence hydraulique peut s'exercer à différentes échelles, du plus local (quelques systèmes endigués proches) au plus global (l'ensemble des systèmes endigués d'un bassin versant). Plus l'échelle d'application de cette gestion est large et plus les bénéfices en termes de maîtrise du risque inondation sont significatifs (planification et surveillance, à une échelle plus pertinente par exemple). En effet, une gestion locale et morcelée par système endigués, bien que possible, peut au contraire conduire à des difficultés par manque de coordination et d'intégration à une échelle plus large (absence de cohérence d'axe notamment). L'amont influence toujours (plus ou moins) l'aval. Des aménagements décidés et réalisés en amont pourront donc modifier en termes de probabilité les aléas en aval, et donc le risque. »

Rémi TOURNEMENT, IRSTEA,
Terminologie et typologies des systèmes d'endiguement, 2017

COMPLÉMENTS D'ANALYSES 2018

Ils visent à permettre l'approfondissement de certains volets, tels que :

- la **prise en considération des besoins et des opportunités d'intégration environnementale** du PAIC
- l'**anticipation des modalités et des outils d'information, de consultation, de concertation et de médiation** en lien avec ce projet.

Par analogie avec les infrastructures de transport ou les réseaux de distributions ou de collecte, il est également prévu d'avancer dans la voie d'une **gestion patrimoniale d'infrastructures interrégionales** de protection contre les inondations.

