

Réalisation d'une EDD de système d'endiguement

Propositions pour un cahier des clauses techniques particulières

Avril 2019

Crédit photo : © Yann Deniaud/Cerema



Partenaire(s) de l'étude



Réalisation d'une EDD de système d'endiguement

Propositions pour un cahier des clauses techniques particulières

Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
V0	06/02/19	Création
V1	12/03/19	Prise en compte de relectures internes Cerema
V2	04/04/19	Prise en compte de relectures externes
V3	26/04/19	Prise en compte des observations du comité de relecture

Affaire suivie par

Yann DENIAUD Cerema Eau, mer et fleuves Département Environnement et Risques Division Risques Hydrauliques et Aménagements	Patrick LEDOUX Cerema Méditerranée Service Risques Inondations Littoraux et Hydrauliques
<i>Tél. : 02 98 05 76 23</i>	<i>Tél : +33 (0)4 42 24 76 98</i>
<i>Courriel : yann.deniaud@cerema.fr</i>	<i>Courriel : patrick.ledoux@cerema.fr</i>
Site de Plouzané : Cerema Eau, mer et fleuves 155 rue Pierre Bouguer – BP 5 – 29 280 PLOUZANE	Site d'Aix-en-Provence Pôle d'activités Les Milles - 30 avenue Albert Einstein CS 70499 13593 Aix en Provence CEDEX 03

Références

n° d'affaire : C19BR0011
maître d'ouvrage : DGPR/SRNH (Katy NARCY)

Rapport	Nom	Date	Visa
Établi par	Yann DENIAUD Patrick LEDOUX	26/04/19	
Avec la participation de	Céline TRMAL Benoît COLIN Edouard DURAND		
Contrôlé par	Joël L'HER	29/04/19	
Comité de relecture	Katy NARCY Gilles RAT Laëtitia RIVOLLET Bruno BEULLAC Rémy TOURMENT Sébastien PATOUILLARD	24/04/19	

Résumé de l'étude :

Ce document traite du contenu et de l'élaboration d'un cahier des clauses techniques pour la réalisation des études de dangers (EDD) appliquées aux systèmes d'endiguement ayant une vocation de défense contre les inondations fluviales ou maritimes. Il propose un cadre pour le déroulement et l'organisation des études nécessaires à la production d'une étude de dangers d'un système d'endiguement. Il présente, explique et détaille les attendus de différentes rubriques d'un cahier des clauses techniques particulières (CCTP) en vue de l'élaboration d'une telle étude de dangers de système d'endiguement. Enfin il illustre, lorsque cela est possible, le contenu de ces différentes rubriques par des éléments de rédaction génériques qui restent à adapter et compléter suivant la configuration du système d'endiguement et l'organisation choisie pour le déroulement de l'étude.

SOMMAIRE

1 INTRODUCTION.....	7
1.1 Le contexte.....	7
1.2 Les objectifs du document.....	8
1.3 Avertissements.....	8
2 CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES, ORGANISATION DES MARCHÉS ET DÉROULEMENT DES ÉTUDES DE DANGERS.....	9
2.1 Contenu et objectifs d'un cahier des clauses techniques particulières (CCTP).....	9
2.2 Le déroulement de l'étude de dangers et les stratégies de dévolution des marchés.....	9
3 PRINCIPALES RUBRIQUES D'UN CCTP POUR LA RÉALISATION D'UNE ÉTUDE DE DANGERS DE SYSTÈME D'ENDIGUEMENT.....	12
3.1 Contexte.....	12
3.1.1 Objet du CCTP.....	12
3.1.2 Contexte réglementaire et technique de réalisation de l'EDD.....	13
3.1.3 Site des études à mener.....	14
3.2 Contenu des études.....	15
3.2.1 Attendus et principes généraux d'élaboration de l'étude de dangers.....	15
3.2.2 Recueil et analyse des données d'entrées.....	16
1 / Recueil des données d'entrée.....	16
2 / Analyse des données d'entrée.....	17
3.2.3 Investigations complémentaires.....	18
3.2.4 Études spécifiques à mener.....	21
1 / Étude et caractérisation de l'environnement naturel du système de protection.....	21
A) Caractérisation des évolutions morphodynamiques.....	22
B) Détermination des sollicitations hydrauliques.....	23
C) La caractérisation des aléas géologiques et géotechniques.....	29
D) Autres aléas.....	30
2 / Caractérisation des ouvrages et de la performance structurelle du système d'endiguement.....	31
A) Description du système d'endiguement et des ouvrages qui le composent.....	31
B) Diagnostic structurel approfondi du système d'endiguement.....	33
3 / Retours d'expérience sur le comportement du système d'endiguement et les inondations historiques survenues dans la zone potentiellement protégée.....	36
4 / Études hydrauliques des scénarios d'inondation.....	37
A) Les caractéristiques des différents scénarios à étudier.....	37
B) Méthode de cartographie.....	39
C) Paramètres et seuils de dangerosité.....	40
5 / Analyse de l'organisation du gestionnaire.....	42
6 / Rédaction et mise en forme finale des documents réglementaires.....	43
3.2.5 Déroulement des études et exécution du marché.....	44
1 / Modalités de pilotage.....	44
2 / Contraintes particulières.....	45

3 / Description des moyens du prestataire.....	45
4 / Phasage et délais.....	46
5 / Réunions de suivi.....	46
6 / Rendus ou livrables attendus.....	47
A) Rapports.....	47
B) Rendu des cartographies sous SIG.....	49
7 / Conditions de réception des études.....	49
8 / Propriétés des résultats.....	49
9 / Données fournies au démarrage des études.....	50
4 ANNEXES.....	51
4.1 Glossaire.....	51
4.1.1 Abréviations.....	51
4.1.2 Définitions.....	51
4.2 Références bibliographiques.....	52
4.2.1 Références spécifiques aux systèmes et ouvrages hydrauliques de protection contre les inondations.....	52
4.2.2 Références bibliographiques complémentaires.....	53

1 Introduction

1.1 Le contexte

Pour mettre en place, définir les performances et gérer au quotidien un système d'endiguement ayant une vocation de défense contre les inondations et les submersions, la réglementation impose la réalisation d'une **étude de dangers (décret n° 2015-526 du 12 mai 2015)**. Cette étude se place au **centre de la connaissance du système d'endiguement et de son environnement**. Elle doit **présenter et justifier le fonctionnement et les performances attendues du système d'endiguement en toutes circonstances, à partir d'une démarche d'analyse de risque s'appuyant sur la collecte, l'organisation, l'étude et la confrontation de toutes les informations et données pertinentes pour cet objectif**. Les contenus détaillés attendus de cette étude ont été fixés par l'arrêté du 7 avril 2017 précisant le plan de l'étude de dangers des digues organisées en système d'endiguement et des autres ouvrages conçus ou aménagés en vue de prévenir les inondations et les submersions.

La réglementation confie la responsabilité de la réalisation de l'étude de dangers au gestionnaire du système d'endiguement ayant une vocation de défense contre les inondations fluviales et maritimes.

La mission de défense contre les inondations et contre la mer relève aujourd'hui de la compétence obligatoire de gestion des milieux aquatiques et de prévention des inondations (GEMAPI) instaurée par la loi n° 2014-58 du 27 janvier 2014 de modernisation de l'action publique territoriale et d'affirmation des métropoles (loi MAPTAM). Elle est confiée exclusivement à la commune, avec transfert à un établissement public de coopération intercommunale à fiscalité propre (EPCI) depuis le 1er janvier 2018.

Les modalités pratiques d'exercice de la compétence GEMAPI sont potentiellement assez diverses et pour les besoins de la gestion des digues, réorganisées en systèmes d'endiguement conformément aux règles issues du décret n° 2015-526 du 12 mai 2015, le gestionnaire pourra être, selon les cas :

- la commune îlienne isolée qui ne serait rattachée à aucun EPCI à fiscalité propre ;
- l'EPCI à fiscalité propre ayant conservé la compétence GEMAPI ou ayant conservé au moins son élément de mission 5° (défense contre les inondations et contre la mer) dans le cas où il aurait transféré les autres missions ;
- un syndicat mixte fermé regroupant plusieurs EPCI à fiscalité propre tels que visés au point précédent ;
- le département ou la région historiquement impliqué, la date du 1er janvier 2018 servant de référence, effectuant cette gestion des digues en régie pendant la période de transition prenant fin le 1er janvier 2020. Au-delà de cette date, l'article 59 de la loi MAPTAM prévoit que la gestion peut se poursuivre par dérogation sous réserve de la conclusion d'une convention avec les EPCI à fiscalité propre concernés ;
- un syndicat mixte ouvert regroupant les EPCI à fiscalité propre compétents pour la GEMAPI (au moins au titre de la mission 5°) le cas échéant aux côtés du département ou de la région historiquement impliquée. Le maintien ou l'adhésion au-delà du 1er janvier 2020 du département ou de la région historiquement impliquée signifierait le recours à la dérogation mentionnée au point précédent ;
- à titre transitoire jusqu'au 28 janvier 2024, l'État ou un de ses établissements publics, pour le compte de l'EPCI à fiscalité propre concerné, si la convention qui le lie à ce dernier le prévoit, conformément au IV de l'article 59 de la loi MAPTAM.

Les syndicats mixtes visés aux troisième et cinquième points peuvent être de type EPAGE (Établissement Public d'Aménagement et de Gestion de l'Eau) ou EPTB (Établissement Public Territorial de Bassin). Dans cette éventualité, en matière de GEMAPI :

- un EPAGE peut agir pour ses EPCI à fiscalité propre membres par le mécanisme du transfert ou de la délégation de compétence conformément aux dispositions du V de l'article L. 213-12 du

code de l'environnement ;

- un EPTB peut également agir par ce même mécanisme de la délégation de compétence pour les EPCI à fiscalité propre membres mais aussi pour les EPCI à fiscalité propre non membres mais inclus dans le périmètre d'intervention de l'EPTB.

Pour la suite du document, conformément à l'article R. 562-12 du code de l'environnement et sans détailler tous les cas de gouvernance possibles, nous appellerons « **gestionnaire du système d'endiguement** » au sens de l'article L. 562-8-1 du code de l'environnement, l'autorité compétente pour la prévention des inondations, qui assure la gestion d'au moins un système d'endiguement dans le cadre de l'exercice de sa compétence GEMAPI.

Ce gestionnaire d'ouvrages hydrauliques de protection contre les inondations a un intérêt majeur à comprendre, connaître et maîtriser le contenu, le déroulement et les outils nécessaires à l'élaboration de l'étude de dangers (EDD) de son système d'endiguement. Au-delà de son caractère réglementaire, celle-ci constitue en effet une source de connaissance indispensable à une gestion pérenne et optimisée de ces ouvrages intéressant la sécurité publique.

L'étude de dangers (EDD) d'un système d'endiguement est à réaliser par un bureau d'étude agréé au titre des organismes intervenant pour la sécurité des ouvrages hydrauliques (décret n°2017-1532 du 3 novembre 2017). Le gestionnaire du système d'endiguement, qu'il soit lui-même agréé ou pas, en est le maître d'ouvrage. In fine, il en assume la responsabilité du contenu auprès des services de l'État et de ses services de contrôle. Il a ainsi un intérêt majeur dans le bon déroulement et l'optimisation de la conduite de ces études. Cet objectif d'efficacité sera d'autant plus facilement atteint que le gestionnaire du système d'endiguement s'impliquera fortement et techniquement tout au long du processus de réalisation : de la définition de la commande, au suivi de la production et à la validation des rendus proposés par le bureau d'étude.

La phase préalable de définition d'une stratégie d'étude et de ses objectifs, adaptés au contexte du système d'endiguement étudié, est une étape essentielle dont l'impact est majeur sur le processus de production des études. **Elle se traduit par l'élaboration d'une commande et d'un cahier des clauses techniques particulières précis dans ses différents objectifs et attendus.** L'implication forte du gestionnaire de système d'endiguement dans ce processus de clarification du contexte, des besoins et de la démarche d'étude est un élément indispensable pour un dialogue fructueux avec le bureau d'étude qui sera chargé de sa mise en œuvre.

1.2 Les objectifs du document

Ce document traite du contenu et de l'élaboration d'un cahier des clauses techniques pour la réalisation des études de dangers (EDD) appliquées aux systèmes d'endiguement ayant une vocation de défense contre les inondations fluviales ou maritimes. Il a pour objectifs de :

- proposer un cadre pour le déroulement et l'organisation des études nécessaires à la production de l'étude de dangers d'un système d'endiguement ;
- présenter, expliquer et détailler les attendus de différentes rubriques d'un cahier des clauses techniques particulières (CCTP) en vue de l'élaboration d'une étude de dangers de système d'endiguement ;
- illustrer ces différentes rubriques, lorsque cela est possible, par des éléments de rédaction génériques qui restent à adapter et compléter suivant la configuration du système d'endiguement et l'organisation choisie pour le déroulement de l'étude.

1.3 Avertissements

Le présent document traite uniquement des EDD des systèmes d'endiguement (cas de figure du Chapitre II de l'arrêté ministériel du 7 avril 2017), et ne concerne pas la réalisation des EDD des aménagements hydrauliques.

2 Cahier des clauses techniques particulières, organisation des marchés et déroulement des études de dangers

2.1 Contenu et objectifs d'un cahier des clauses techniques particulières (CCTP)

Les CCTP (cahiers des clauses techniques particulières) fixent les dispositions techniques nécessaires à l'exécution des prestations d'un marché public déterminé (Art. 13 du Code des Marchés Publics). Ce sont les stipulations qui donnent une description précise des prestations à réaliser et permettent à la personne responsable de suivre le déroulement du marché et la bonne exécution de ces prestations.

Les CCTP doivent être rédigés de façon claire et impartiale. Les exigences techniques doivent être définies en liaison directe avec le besoin défini par l'acheteur public et l'objet du marché et doivent leur être proportionnées, de façon à ne pas constituer une restriction déguisée à l'accès à la commande publique. Si des exigences techniques spécifiques peuvent être posées, elles ne doivent en effet pas aboutir à exclure arbitrairement certains candidats, ni à en favoriser d'autres.

Dans le cas où, par son importance ou par sa nature, le marché ne justifie pas l'établissement de deux documents particuliers distincts, le Cahier des Clauses Administratives Particulières (CCAP) et le Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) peuvent être réunis en un seul document : le cahier des clauses particulières (CCP).

2.2 Le déroulement de l'étude de dangers et les stratégies de dévolution des marchés

La réalisation d'une étude de dangers (EDD) d'un système d'endiguement se résume à quatre étapes schématiques :

1. Le recueil, l'analyse et la validation de données d'entrée techniques.
2. L'acquisition éventuelle, si besoin, de données complémentaires ou manquantes.
3. L'analyse des éléments de connaissances (données d'entrée techniques et organisationnelles) dans une démarche d'analyse de risques.
4. La rédaction du rapport réglementaire de l'EDD pour présenter les informations sous une forme organisée, apportant la justification du fonctionnement et des conditions de sûreté du système d'endiguement étudié, et les conditions de sécurité des populations concernées.

L'articulation de ces quatre étapes s'organise selon différentes stratégies de dévolution de marché, dont le choix sera orienté notamment par :

- l'implication souhaitée du maître d'ouvrage dans les études,
- l'évaluation du niveau initial des connaissances existantes sur le système d'endiguement et son environnement,
- la complexité technique des investigations complémentaires rendues nécessaires par les caractéristiques du système d'endiguement et de son environnement.

Les principes généraux des stratégies envisageables sont ainsi :

- **1 : réalisation de l'étude de dangers en une seule tranche avec un ou plusieurs lots**

Cette stratégie est applicable lorsque le maître d'ouvrage dispose de compétences techniques internes ou se fait assister pour en disposer. Celles-ci lui permettront de critiquer les études existantes mobilisables pour la réalisation de l'EDD, et de prévoir, commander et suivre le déroulement d'éventuelles études ou investigations complémentaires.

- **1 a « marché à lot unique »**

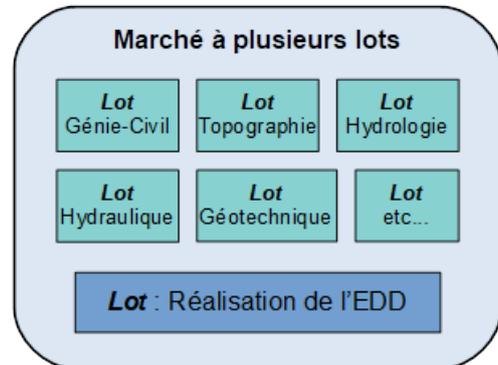
Ce cas sera notamment utilisé si le maître d'ouvrage considère que les éléments de connaissance du système d'endiguement, de son état et de son environnement sont suffisants et qu'aucune investigation complémentaire n'est nécessaire.



- **1 b « marché à plusieurs lots »**

Si le maître d'ouvrage estime que les données d'entrées existantes sont insuffisantes, il peut alors décider d'allotir son marché :

- Dans un premier temps les investigations complémentaires nécessaires sont réalisées par les prestataires choisis par lot.
- Puis, le lot final correspondant à la réalisation de l'étude de dangers est activé.



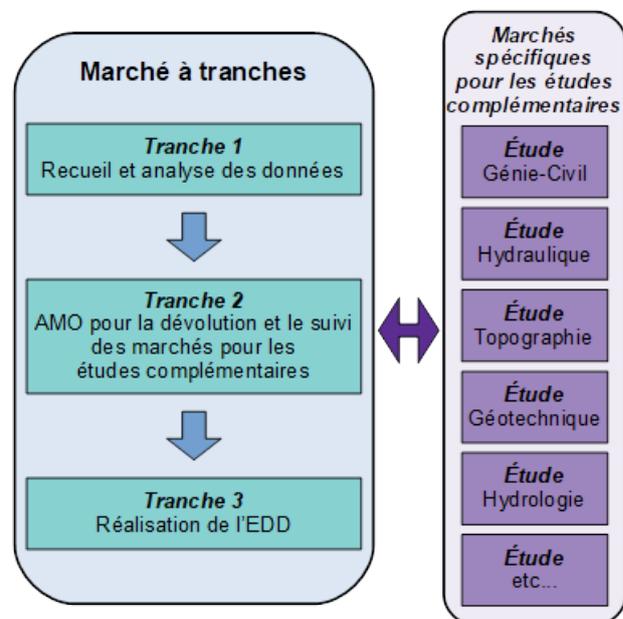
- **2 : réalisation de l'étude de dangers en trois tranches et éventuellement plusieurs marchés ou lots complémentaires**

Cette stratégie s'appliquera notamment lorsque le maître d'ouvrage souhaite que l'attributaire de la réalisation de l'étude réalise :

- l'analyse et le recueil des éléments de connaissance existants sur le système d'endiguement et son environnement,
- une proposition et une définition, sur cette base, des éventuels besoins en investigations complémentaires qu'il juge indispensables à la réalisation de l'étude de dangers, conformément au degré de précision et d'évaluation des incertitudes que souhaite le maître d'ouvrage.

Le marché peut alors être divisé en trois tranches principales :

- Une première tranche est dévolue au recueil et à l'analyse des éléments de connaissance du système d'endiguement, de son état et de son environnement. Elle permet de statuer sur l'état de la connaissance et de proposer au maître d'ouvrage les éventuels besoins en investigations et études complémentaires.
- Une deuxième tranche conditionnelle porte sur l'assistance au maître d'ouvrage pour la définition, la dévolution et le suivi des marchés correspondants aux études et aux investigations complémentaires retenues à l'issue de l'analyse des données existantes.
- La troisième tranche concerne la réalisation de l'étude de dangers proprement dite.



Quelle que soit la stratégie retenue, le critère de clôture de la prestation de réalisation de l'étude de dangers est habituellement la remise d'un dossier conforme au contexte administratif (régularisation d'un système existant, autorisation de travaux, révision suite à modification substantielle, mise à jour...). Dans tous les cas, il est cependant opportun de prévoir une tranche optionnelle visant à la mise à jour du document. Celle-ci permettra en effet de disposer d'une étude de dangers du système d'endiguement prenant en compte :

- les éventuelles observations émises par les services instructeurs de l'administration ;
- les investigations menées lors des études de détail de conception et durant la réalisation des travaux, dans le cadre d'un dossier d'autorisation ou de modification de système d'endiguement incluant des travaux.

Afin d'éclairer les maîtres d'ouvrage dans le choix de l'une ou l'autre des stratégies, le tableau ci-dessous expose de manière synthétique ces différentes stratégies possibles, certains éléments de contexte favorables à leur mise en œuvre, ainsi que les principales forces et faiblesses qui leur sont associées.

Stratégie	Contexte favorable pour la stratégie	Forces	Faiblesses – risques de dysfonctionnement
1 tranche avec un ou plusieurs lots	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Bon niveau d'expertise technique du maître d'ouvrage éventuellement assisté d'un prestataire conseil</i> • <i>Données d'entrée récentes, jugées suffisantes et pertinentes par le maître d'ouvrage</i> • <i>Simplicité du système d'endiguement et de son environnement</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Coût potentiellement plus faible • Marché unique de réalisation de l'EDD • Délai administratif réduit par l'absence de tranches 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Données d'entrées qui s'avèrent in fine manquantes, insuffisantes ou de qualité critiquable, pouvant entraîner des incertitudes accrues pour l'évaluation des performances du système d'endiguement, impliquant une diminution des performances affichées</i> • <i>Investigations et études complémentaires définies en amont et non nécessairement adaptées aux besoins du bureau d'étude en charge de la rédaction de l'EDD</i> • <i>Délais complémentaires en cas de réalisation nécessaire d'investigations et d'études complémentaires (lots)</i>
Plusieurs tranches – dont une tranche AMO et suivi des marchés de réalisation des investigations et études nécessaires	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Données d'entrées méconnues ou incertaines quant à leur pertinence pour la réalisation de l'EDD</i> • <i>Volonté du maître d'ouvrage de réaliser une étude la plus complète possible</i> • <i>Volonté du maître d'ouvrage de s'appuyer sur un prestataire unique et compétent pour assurer un pilotage global de l'ensemble des études nécessaires</i> • <i>Complexité du système d'endiguement et de son environnement</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Qualité et exhaustivité des données d'entrée • Appropriation et optimisation des investigations et études complémentaires par le bureau d'études en charge de l'EDD qui en assume la responsabilité technique • Montée en compétence technique progressive de la maîtrise d'ouvrage 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Coûts dépendants des analyses du bureau d'étude sur les besoins en investigations et études spécifiques complémentaires à mener.</i> • <i>Durée des études allongée par l'incorporation de l'analyse préalable des connaissances et la définition des besoins éventuels en investigations et études techniques spécifiques</i>

Tableau 1: Analyse des forces et faiblesses des principales stratégies de dévolution de marché

3 Principales rubriques d'un CCTP pour la réalisation d'une étude de dangers de système d'endiguement

Les paragraphes suivants ont pour objet de guider la démarche de rédaction d'un CCTP pour la réalisation d'une étude de dangers de système d'endiguement conforme à la réglementation en vigueur à la date du document. Ils se présentent sous la forme des principaux titres et rubriques sur lesquels un rédacteur peut s'appuyer pour la construction de son CCTP. Les attendus de chaque rubrique sont rappelés et illustrés par de premiers éléments de rédaction génériques présentés en encart. Ces éléments sont bien sûr à adapter et à compléter suivant la configuration du système d'endiguement et l'organisation choisie pour le déroulement de l'étude. En effet la réalisation de chaque étude de dangers et donc la rédaction du CCTP s'inscrit dans une démarche de connaissance et d'analyse des risques d'un système d'endiguement particulier et doit donc nécessairement s'adapter au contexte et aux contraintes locales des études, notamment : la configuration du système d'endiguement à analyser, l'organisation choisie par le maître d'ouvrage pour le déroulement et le suivi des études, les données déjà disponibles, connues et leur degré d'accessibilité ou de réemploi.

3.1 Contexte

Ce titre du CCTP présente l'objet de l'étude à conduire et le contexte réglementaire et géographique dans lequel celle-ci doit s'inscrire.

Un préambule ou une introduction peut être inclus pour présenter de manière simple et directe le maître d'ouvrage de l'étude et préciser son organisation et ses compétences en lien avec la réalisation du marché, c'est-à-dire en lien avec la gouvernance de la gestion du système d'endiguement.

3.1.1 Objet du CCTP

L'objet du CCTP doit être particulièrement simple, clair et compréhensible. Il doit préciser les objectifs de la protection, les sources d'inondations contre lesquelles une protection est recherchée, la dénomination des ouvrages susceptibles d'être organisés en système d'endiguement, leur localisation communale et le contexte réglementaire de la réalisation de l'EDD.

L'objet du présent marché est la réalisation d'une étude de dangers d'un système d'endiguement dont l'objectif est la protection contre les crues [submersion] des enjeux situés sur les secteurs géographiques (ou lieu-dit) de ... vis-à-vis du cours d'eau « ... »

Le système de protection est composé de digues organisées en un système d'endiguement, au sens de l'article R.562-13 du code de l'environnement, portant le nom de... et situé sur les communes de ..., en bord du ou des cours d'eau « A » et « B ». Il s'appuie également sur les éléments naturels « X » et « Y ».

Cette étude de dangers sera conforme à l'arrêté ministériel du 7 avril 2017 précisant le plan de l'étude de dangers des digues organisées en systèmes d'endiguement et des autres ouvrages conçus ou aménagés en vue de prévenir les inondations et les submersions.

Elle devra être réalisée par un bureau agréé conformément aux articles R.214-129 à R.214-132 du code de l'environnement.

L'étude de dangers à réaliser s'inscrit dans le cadre ... [préciser là s'il s'agit d'une demande initiale d'autorisation sans travaux, avec travaux, d'une demande d'autorisation de modification avec travaux, d'une mise à jour à la demande du préfet, d'une actualisation]

3.1.2 Contexte réglementaire et technique de réalisation de l'EDD

Cette rubrique rappelle les principaux textes réglementaires en vigueur relatifs à la réalisation des études de dangers des ouvrages hydrauliques ou au système d'endiguement considéré. Elle peut être complétée par un rappel de documents techniques ou études de référence sur lesquels peut s'appuyer le bureau d'étude pour la réalisation des prestations du marché.

Les conventions entre le maître d'ouvrage et les gestionnaires des ouvrages contribuant au ou interférant avec le système d'endiguement sont également présentées.

La réglementation française en vigueur impose au gestionnaire de digues organisées en systèmes d'endiguement de réaliser une étude de dangers dans les conditions définies par les textes réglementaires suivants :

- *décret du 12 mai 2015 relatif aux règles applicables aux ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et aux règles de sûreté des ouvrages hydrauliques ;*
- *arrêté du 7 avril 2017 précisant le plan de l'étude de dangers des digues organisées en systèmes d'endiguement et des autres ouvrages conçus ou aménagés en vue de prévenir les inondations et les submersions.*

Le système d'endiguement de [A compléter] fait l'objet des arrêtés préfectoraux suivants :

- *arrêté préfectoral du XX portant sur [A compléter]*

Les principaux documents techniques de référence relatifs à la réalisation des études de dangers des digues organisées en système d'endiguement sont (liste non exhaustive) :

- *le référentiel technique des digues maritimes et fluviales publié par le MEEM*
- *le guide « Étude de dangers de système d'endiguement – Concepts et principes de réalisation des études » publié par le Cerema à destination des gestionnaires*
- *le guide « Inondation – Analyse de risque des systèmes de protection - application aux études de dangers » élaboré par Irstea et publié aux éditions Lavoisier ;*
- *les recommandations pour la justification de la stabilité des barrages et des digues en remblais publié par le Comité Français des Barrages et Réservoirs... [A compléter éventuellement]*

Les principaux documents ou études relatifs au système d'endiguement, à sa gestion ou à son environnement, potentiellement utiles à l'élaboration de l'étude de dangers dans l'état actuel des connaissances, sont :

- *les documents relatifs aux ouvrages et susceptibles d'alimenter le dossier technique du système d'endiguement : configuration exacte, fondation, organes constitutifs et ouvrages annexes, ouvrages englobés et traversants, environnement hydrologique, géomorphologique et géologique ;*
- *le document de l'organisation mise en place pour assurer l'exploitation du système d'endiguement, son entretien, sa surveillance en toutes circonstances : visites techniques approfondies, moyens d'information et d'alerte de la survenance de crues [des tempêtes] ;*
- *le registre relatif aux travaux, à l'exploitation, à la surveillance, à l'entretien des ouvrages ;*
- *les rapports de surveillances périodiques ;*
- *le diagnostic initial de sûreté du tronçon ... ;*
- *les études hydrauliques de ...[A compléter] ;*
- *le levé topographique ...[A compléter]*

Les conventions signées ou en voie de l'être avec les propriétaires :

- *des ouvrages dit contributifs et susceptibles d'être intégrés comme éléments du système d'endiguement... [A compléter]*
- *des ouvrages inclus ou susceptibles de générer des interférences néfastes pour la sûreté de fonctionnement du système d'endiguement...[A compléter]*

3.1.3 Site des études à mener

Cette rubrique présente à titre indicatif et principalement sous la forme d'une ou plusieurs cartographies synthétiques, la zone naturellement inondable concernée dans laquelle s'inscrit la zone à protéger, une délimitation provisoire, et supposée selon le niveau de connaissance du maître d'ouvrage de celle-ci, les principales limites du système d'endiguement à étudier, les limites connues ou approchées de l'environnement en interaction avec ce système, tant du côté du milieu eau que du côté de la zone protégée, et tous les éléments connus susceptibles d'interagir avec le système d'endiguement ou influencer les écoulements à proximité de celui-ci.

Cette rubrique peut être complétée par des photographies présentant les principaux tronçons composant le système de protection. Le détail devra être fourni dans le cadre de l'analyse et des travaux propres à la réalisation de l'EDD.

Elle signale, le cas échéant, les cours d'eau ou autres étendues d'eau contre les effets desquels le système de protection n'est a priori pas conçu pour apporter une protection et les cours d'eau ou autres étendues d'eau pour lesquels le maître d'ouvrage s'interroge sur l'opportunité de déclarer une éventuelle protection.

Le cahier des charges doit présenter les principales limites connues ou supposées de l'étude afin de guider les candidats prestataires dans la rédaction de leur offre. Le périmètre physique comporte :

- le système de protection tel qu'il est pressenti par le maître d'ouvrage, c'est-à-dire l'ensemble des ouvrages, des zones (aménagées ou non) de stockage ou de gestion des écoulements, des organes de manœuvre et des éléments du relief ;

Cette analyse est essentielle lorsque le tracé du système d'endiguement présente plusieurs alternatives. Il s'agit alors de définir les lignes de défense principales possibles, les éléments de protection secondaires envisageables, d'intégrer éventuellement dans le périmètre d'études des ouvrages dit « contributifs » qui n'ont pas été a priori conçus comme des ouvrages hydrauliques mais dont l'utilisation comme ouvrage de protection est éventuellement à envisager ;

- le « milieu eau » (cours d'eau, mer...) qui est à l'origine des sollicitations sur les ouvrages du système de protection, ainsi que les aménagements hydrauliques susceptibles d'influencer les conditions hydrauliques dans l'environnement du système de protection ;
- Le milieu « zone potentiellement protégée » qui est le lieu récepteur en cas de défaillance du système de protection. Il importe ici de présenter la stratégie de protection envisagée par le maître d'ouvrage, laquelle peut être graduée entre la protection complète de la zone inondable située en arrière des digues existantes, ou une protection partielle limitée à certains enjeux en présence.

Dans le cadre de la réalisation de l'étude de dangers, le bureau d'études aura la charge de justifier, par une analyse experte, la cohérence du fonctionnement hydraulique : vérification que le système de protection est en capacité de maintenir hors d'eau la zone protégée, jusqu'à un certain niveau d'eau du « milieu eau ». Cette vérification se fera dans un premier temps par une analyse des données topographiques et hydrauliques disponibles puis sera affinée à l'issue de l'analyse de risques en prenant en compte les capacités structurelles des ouvrages.

Le périmètre de l'étude correspond à l'enveloppe contenant le système de protection, sa zone potentiellement protégée et le(s) milieu(s) eau(x) qui les bordent.

Les cartes suivantes précisent, en l'état actuel des connaissances, les cours d'eau, la zone naturellement inondable, les enjeux concernés par les ouvrages de protection, la localisation des digues organisées en système d'endiguement, les infrastructures complétant le système d'endiguement, les limites du bassin versant et celles de la cellule hydro-sédimentaire influençant ou influencée par ledit système. Sont également indiqués les principaux ouvrages et aménagements hydrauliques présents et potentiellement susceptibles d'interagir avec le système.

Les cours d'eau contre les effets desquels le système de protection n'est pas conçu pour apporter une protection sont les suivants :

- [A compléter]

À l'issue des études, le prestataire devra être en mesure d'identifier et de justifier le détail des éléments constitutifs du système d'endiguement, en distinguant notamment :

- la ligne de défense (protection) principale ;
- les éléments de protection secondaire : linéaires d'ouvrages, zones et autres éléments naturels, situés côté zone protégée, assurant une protection contre les inondations en complément de l'action de la ligne de défense principale, ou influençant la propagation des inondations dans la zone protégée ;
- les éléments de protection indirecte : ouvrages et autres éléments naturels, situés côté eau, ayant pour effet de diminuer les actions sur les linéaires de protection.

3.2 Contenu des études

Ce titre du CCTP présente la démarche qui prévaut à l'établissement de l'étude de dangers et les attendus de celle-ci.

3.2.1 Attendus et principes généraux d'élaboration de l'étude de dangers

Cette rubrique vise à rappeler :

- les objectifs généraux et les attendus fixés à une EDD de système d'endiguement ;
- la démarche générale d'étude retenue par le maître d'ouvrage et sur laquelle le réalisateur de l'étude devra s'appuyer pour mener à bien ses missions (réalisation en une tranche unique, en plusieurs tranches, en plusieurs lots – cf paragraphe 2.2 supra). Le choix de cette démarche générale d'étude s'appuiera sur l'estimation par le maître d'ouvrage de l'exhaustivité et de la qualité des données d'entrée disponibles.

Si les objectifs généraux et les attendus ne sont pas susceptibles de modifications, la possibilité de variantes dans le déroulement des études à l'initiative du soumissionnaire est envisageable. Cependant la solution de base proposée par le maître d'ouvrage devra nécessairement être chiffrée afin de permettre la comparaison des offres.

L'EDD est une analyse des risques qui repose sur une démarche structurée d'organisation et d'approfondissement des connaissances. Elle vise à identifier et justifier par des considérations techniques sur les milieux, sur la nature et la composition des ouvrages constitutifs du système d'endiguement, sur leur comportement, et sur leurs conditions de gestion :

- la (ou les) zone(s) protégée(s) par le système d'endiguement à concurrence d'un niveau de protection, lequel doit être défini (pour chacune des zones protégées) au regard de phénomènes naturels caractérisés par des débits ou niveaux d'eau, mesurés au minimum en un point de référence pertinent au regard de la zone exposée au risque d'inondation ou de submersion marine ;
- le comportement attendu du système d'endiguement et les conditions de sa gestion en toutes circonstances ;
- les venues d'eau dans la zone endiguée potentiellement dangereuses pour les populations.

[Les principales étapes (tranches ou lots) de la stratégie d'étude du maître d'ouvrage et leurs enchaînements sont à présenter succinctement ici, tel que l'exemple ci-dessous pour une démarche en 3 tranches]

La démarche d'étude à mettre en œuvre s'appuie sur les principales étapes suivantes :

- *Tranche (ou lot) 1 : le recueil, l'analyse et la qualification des données techniques disponibles ;*
- *Tranche (ou lot) 2 : la définition, la réalisation ou la réception éventuelle :*
 - *des données nécessaires aux études spécifiques à conduire,*
 - *des investigations et des études complémentaires lorsqu'elles seront jugées indispensables compte tenu des enjeux et de la qualité des diagnostics existants ;*
 - *des diagnostics et étude des risques spécifiques indispensables à l'obtention des attendus fixés par l'arrêté ministériel du 7 avril 2017 et ses annexes ;*
- *Tranche (ou lot) 3 : la rédaction et la production du rapport final de l'étude de dangers conformément aux attendus de l'arrêté ministériel du 7 avril 2017 et de ses annexes.*

3.2.2 Recueil et analyse des données d'entrées

1 / Recueil des données d'entrée

Cette rubrique vise à préciser la demande de recueil et de référencement des données pour les besoins de l'EDD et pour l'éventuel usage ultérieur du commanditaire de l'étude.

Les données d'entrée concernant le système d'endiguement sont en principe en possession du maître de l'ouvrage, au moins pour la partie dont il est le propriétaire. Pour le reste du système d'endiguement, pour les milieux « eau » et « zone potentiellement protégée », le maître d'ouvrage peut être amené à demander au prestataire d'effectuer une recherche documentaire complémentaire au recensement des études qu'il a identifiées.

Le prestataire devra rechercher, rassembler et référencer le maximum d'informations et d'éléments de connaissance existants concernant :

- *le système d'endiguement :*
 - *documents de conception (AVP, PRO) des ouvrages constitutifs,*
 - *documents de réalisation (DOE, dossier de conformité, plans) des ouvrages et de leurs confortements ultérieurs,*
 - *topographie des ouvrages constitutifs,*
 - *nature, caractéristiques et dénomination des responsables des ouvrages traversants ou englobés,*
 - *reconnaitances et les études géotechniques,*
 - *comptes-rendus de visites techniques approfondies et de tous examens complémentaires ;*
- *la caractérisation de l'environnement de l'endiguement et des interactions endiguement – environnement, parmi lesquels :*
 - *géologie / géotechnique*
 - *hydrologie / hydraulique,*
 - *morphologie et occupation du lit entre digues,*
 - *étude de sensibilité de l'ouvrage aux sollicitations sismiques,*
 - *état sanitaire de la végétation ligneuse sur l'ouvrage,*

- étude du risque d'embâcles,
- données historiques détaillant le déroulement et les caractéristiques des événements passés (crues, tempêtes...)
- ...
- la caractérisation de la (ou des) zone(s) exposée(s) au risque d'inondation (PPRI, PCS, étude et données sur le recensement des enjeux) ;
- les documents d'organisation (consignes du système d'endiguement, conventions entre le maître d'ouvrage et les propriétaires des ouvrages intégrables au système d'endiguement, consignes d'exploitation en situation de crues des aménagements hydrauliques susceptibles de modifier la sollicitation au droit de l'endiguement).

Le référencement et la gestion documentaire devront permettre la traçabilité des données et informations exploitées pour la réalisation des études spécifiques conduites dans le cadre de l'EDD.

2 / Analyse des données d'entrée

Cette rubrique vise à préciser les objectifs et attendus de l'analyse des données et des éléments documentaires, mis à disposition ou recueillis pour les besoins de l'étude, et servant de données d'entrée pour la réalisation de l'EDD.

Chacune des pièces mises à disposition ou recueillies est soumise à l'analyse critique du prestataire en vue de son appropriation et de l'évaluation de sa pertinence au regard des besoins et attendus de la réalisation de l'EDD. Ainsi, chaque type de données ou d'éléments d'information utile à l'EDD est à analyser par le prestataire selon une démarche le conduisant à :

- examiner les conditions dans lesquelles la donnée ou l'information a été produite, (par exemple l'ouvrage a pu évoluer ou l'environnement dans lequel s'inscrit l'ouvrage a pu être modifié depuis la production de la donnée) ;
- vérifier le domaine de validité des méthodes utilisées pour leur établissement ;
- identifier un niveau d'incertitude de la connaissance.

Pour la traçabilité des choix de l'étude et la pleine justification des résultats de l'EDD au regard des incertitudes des données d'entrée, il apparaît indispensable que cette analyse fasse l'objet d'une transcription formelle par exemple sous forme de fiches et d'un mémoire de synthèse.

L'importance de cette phase d'analyse dépendra de la stratégie dans le déroulement de la mise en œuvre de l'EDD :

- Si le maître d'ouvrage a considéré que les données d'entrée étaient suffisantes, et n'a pas prévu d'investigations et études complémentaires, la phase d'appropriation et d'analyse des données d'entrée par le bureau d'études en charge de l'EDD est une première étape primordiale d'appropriation des connaissances en vue de leur utilisation à bon escient.
- Si le bureau d'études en charge de l'EDD pilote et supervise les investigations et les études complémentaires, il doit s'assurer que celles-ci sont correctement réalisées pour les besoins de l'étude à mener. La formalisation de la réception des données récoltées lui permet alors de tracer leur conformité et leurs domaines d'emploi.

Le prestataire réalisera une analyse critique des données et des éléments documentaires, mis à sa disposition ou recueillis pour les besoins de l'étude. Il en extraira les données d'entrées disponibles et nécessaires à la réalisation de l'EDD, qu'il qualifiera au regard des objectifs et attendus de cette dernière.

Pour chaque source de donnée d'entrée, le prestataire établira une fiche de lecture répondant aux interrogations suivantes :

- *La donnée concerne-t-elle tout le système d'endiguement ou seulement une partie ?*
- *La donnée est-elle exploitable pour la réalisation de l'étude de dangers au vu de :*
 - *sa précision*
 - *son origine et de sa finalité*
 - *ses conditions de production*
 - *l'évolution de l'ouvrage, de son environnement, de l'aléa concerné...*

La fiche de lecture se conclura par l'avis du prestataire sur la pertinence des résultats susceptibles d'être apportés par la donnée d'entrée issue de la source analysée et le niveau d'incertitude estimé de ces résultats.

Au terme de cette analyse, le prestataire établira un mémoire lui permettant de se prononcer sur :

- *l'intérêt d'utiliser les données d'entrées provenant de chacune des sources recensées et étudiées ;*
Il classera à cette fin les données d'entrée provenant des différentes sources dans l'une des trois catégories suivantes :
 - *les éléments jugés pertinents et directement exploitables ;*
 - *les éléments partiellement pertinents et exploitables sous conditions ;*
 - *les éléments devenus obsolètes et inexploitable.*
- *l'identification des données d'entrées manquantes pour parfaire la connaissance du système endigué (système d'endiguement et environnements associés) ;*
- *le détail des investigations complémentaires nécessaires pour pallier les insuffisances constatées des données d'entrées (incomplétude, inadaptation ou absence) et les bénéfices attendus sur les résultats de l'EDD (recevabilité, qualité et précision des justifications...) au regard de leur coût de mise en œuvre.*

3.2.3 Investigations complémentaires

L'importance des enjeux de sécurité au regard des incidences d'une qualité imparfaite des données d'entrée mises à disposition du rédacteur de l'étude de dangers, pourra inciter le maître d'ouvrage à la réalisation de compléments de diagnostic. Ce choix sera facilité par l'adoption de certaines stratégies d'étude et de dévolution du marché, telles qu'évoquées au paragraphe 2 et dont les impacts sont directs sur le déroulement de l'étude.

Ces investigations complémentaires peuvent concerner les thématiques suivantes :

- la topographie (des ouvrages composant le système d'endiguement, du milieu eau, de la zone exposée au risque d'inondation) ;
- l'examen de la totalité ou d'une partie des ouvrages composant le système d'endiguement ;
- l'examen d'ouvrages traversants ou englobés, au regard de leurs impacts potentiellement néfastes pour la sûreté de fonctionnement des ouvrages composant le système d'endiguement ;
- les données historiques sur les phénomènes naturels, les ouvrages et leurs comportements ;
- la géomorphologie ;
- l'hydrologie du bassin versant ou l'étude du niveau marin et des états de mer ;
- la connaissance hydraulique à l'échelle du système endigué (milieu « eau », système

d'endiguement, milieu « zone potentiellement protégée » ;

- la connaissance géotechnique et structurale des ouvrages du système d'endiguement, de leurs organes, de leurs fondations et de leurs sols d'assises ;
- la connaissance hydraulique des parties d'ouvrages ayant une fonction hydraulique (déversoir,...)
- la connaissance des enjeux dans la zone potentiellement protégée.

Selon les caractéristiques de l'endiguement et son environnement, d'autres thématiques peuvent apporter des données ou compléments de données d'entrée à l'étude de dangers qu'il conviendra d'approfondir :

- état sanitaire de la végétation implantée sur l'endiguement et plan de gestion à mettre en œuvre pour cette végétation ;
- recensement d'animaux fouisseurs et dispositions à prendre ;
- caractérisation de la survenance d'embâcles et dispositions à prendre ;
- sensibilité de l'endiguement et de ses fondations aux séismes ;
- évaluation de l'intensité et des effets des franchissements par les vagues, notamment pour les ouvrages de protection contre les submersions marines ;
- ...

Le détail des investigations complémentaires éventuellement à conduire ne peut être complètement connu qu'à l'issue de la phase de recueil et d'analyse des données d'entrées précédemment décrite. Certaines investigations peuvent cependant être identifiées à l'amont du marché de réalisation de l'EDD. Cette rubrique vise donc à préciser les conditions dans lesquelles les investigations complémentaires peuvent être définies, réalisées, contrôlées et réceptionnées en vue d'une appropriation complète par le réalisateur et rédacteur de l'EDD. Son contenu dépendra de la stratégie du maître d'ouvrage et des conditions de dévolution du marché de réalisation de l'EDD :

1. Dans le cas d'un marché à plusieurs lots, le titulaire du lot de réalisation de l'EDD devra s'approprier les résultats des lots consacrés aux investigations complémentaires.

Dans cette configuration, la rubrique devra donc préciser :

- (a) le contenu des autres lots correspondants aux investigations identifiées en amont du marché de réalisation de l'EDD ;
- (b) les conditions d'articulation entre les différents lots et particulièrement les dates prévisionnelles de livraison des données au titulaire du lot de réalisation de l'EDD ;
- (c) les modalités de qualification et d'appropriation des données par le titulaire du lot de réalisation de l'EDD. Celles-ci pouvant s'effectuer d'une manière similaire à l'analyse des données existantes, par la rédaction d'une fiche de lecture telle qu'évoquée au point 3.2.2 2.

Dans le cadre de la réalisation de l'étude de dangers, il est prévu l'allotissement des investigations complémentaires suivantes, dont la réalisation est jugée nécessaire par le maître d'ouvrage :

- *Lot 1 : Étude topographique des endiguements et du secteur d'étude*
- *Lot 2 : Étude bathymétrique du cours d'eau [ou étude topo-bathymétrique de la plage en domaine maritime]*
- *Lot 3 : Examens techniques des ouvrages susceptibles d'entrer dans la composition du système d'endiguement et de leurs ouvrages englobés ou traversants*
- *Lot 4 : Étude géotechnique et structurale des ouvrages du système d'endiguement, de leurs fondations et de leurs sols d'assises*
- *Lot 5 : Étude hydrologique du bassin versant*
- ...

Les descriptions détaillées des contenus et livrables de ces lots complémentaires sont fournies en paragraphes XXX.

La livraison des résultats des différents lots est attendue dans les X mois suivant la dévolution du marché selon le planning prévisionnel présenté au paragraphe YYYY.

A la livraison de chaque lot, le prestataire retenu pour la réalisation de l'étude de dangers (EDD) établira une fiche de lecture détaillant :

- la nature et la précision des données récoltées ;*
- les résultats d'analyses, les incertitudes résiduelles et les conditions d'exploitation pour la réalisation de l'étude de dangers.*

La fiche de lecture se conclura par l'avis du prestataire sur la pertinence des résultats apportés par la donnée d'entrée issue de la source analysée et le niveau d'incertitude estimé de ces résultats.

2. Dans le cas d'un marché à plusieurs tranches, le maître d'ouvrage peut confier au titulaire du marché une tranche conditionnelle relative à l'assistance au maître d'ouvrage pour la définition, la dévolution et le suivi des marchés d'études complémentaires jugées indispensables à la bonne réalisation de l'EDD.

Dans cette configuration, cette rubrique devra préciser :

- (a) les modalités de validation des investigations complémentaires à mener ;
- (b) les modalités de déclenchement et de mise en œuvre de la tranche conditionnelle relative à l'assistance au maître d'ouvrage pour la définition, la dévolution et le suivi des marchés d'études complémentaires ;
- (c) les modalités de qualification et d'appropriation des données issues des marchés d'études complémentaires par le titulaire du marché de réalisation de l'EDD. Celles-ci peuvent s'effectuer d'une manière similaire à l'analyse des données existantes, par la rédaction d'une fiche de lecture telle qu'évoquée au point 3.2.2 2.

A l'issue de la phase d'analyse critique des données et des éléments documentaires, mis à sa disposition ou recueillis pour les besoins de l'étude, le prestataire argumentera et proposera à la validation du maître d'ouvrage un programme détaillé d'investigations complémentaires à mener. Ce programme détaillera :

- la nature des investigations à mener*
- leurs objectifs et leurs bénéfices attendus dans le cadre de la réalisation de l'EDD*
- leur coût et délais estimatifs de réalisation*

Après accord du maître d'ouvrage sur la consistance des investigations complémentaires, la tranche conditionnelle relative à l'assistance au maître d'ouvrage pour la définition, la dévolution et le suivi des marchés d'études spécifiques complémentaires sera notifiée au prestataire en charge de la réalisation de l'EDD. Cette assistance comprendra les missions suivantes :

- l'établissement des cahiers des charges techniques des prestations complémentaires*
- l'aide à l'analyse des offres et aux choix des prestataires des différents lots ou marchés d'investigations complémentaires*
- le suivi et le contrôle de la conformité des prestations réalisées*
- la rédaction d'une note de bilan et de qualification des investigations précisant*
 - la nature et la précision des données récoltées ;*
 - les résultats d'analyses, les incertitudes résiduelles et les conditions d'exploitation des données pour la réalisation de l'étude de dangers.*

3.2.4 Études spécifiques à mener

Ce titre du CCTP s'intéresse aux 5 grandes études thématiques et à leur assemblage final dans le document réglementaire constituant le dossier rédigé de l'étude de dangers :

1. étude de l'environnement naturel (géomorphologie, hydrologie et hydraulique, sismicité et géotechnique) permettant de caractériser les aléas naturels et sollicitations externes sur le système de protection et d'endiguement ;
2. étude des ouvrages du système d'endiguement (diagnostic, caractérisation structurelle et géotechnique, analyse fonctionnelle interne structurelle, analyse des modes de défaillance et justification de la résistance mécanique des ouvrages) ;
3. retours d'expérience concernant le comportement du système de protection et les inondations de la zone protégée ;
4. études hydrauliques (analyse fonctionnelle externe ou globale et analyse fonctionnelle interne, étude des scénarios d'inondation demandée par l'arrêté) ;
5. analyse de l'organisation du gestionnaire ;
6. mise en forme rédactionnelle des documents réglementaires comportant la justification finale du système d'endiguement et de ses performances (probabilité de défaillance par secteur homogène, définition de la zone ou des zones protégées retenues) et accompagnées des éventuelles recommandations du bureau d'études.

Ces études seront menées à partir de l'ensemble des informations collectées lors de la phase d'analyse documentaire, complétées, en tant que de besoin, par les investigations complémentaires jugées indispensables aux éléments de justifications techniques à apporter. Ceux-ci devront être proportionnés à la nature et au contexte du système d'endiguement objet de l'étude. Ils devront garantir un niveau suffisant de connaissance pour apprécier la sécurité des populations et limiter les incertitudes d'évaluation préjudiciables à cette dernière. En effet un défaut de connaissance conduisant à surestimer le niveau de protection peut exposer des populations non alertées ni évacuées à un scénario d'inondation se produisant à l'occasion d'une crue plus fréquente ayant des caractéristiques inférieures à celles du niveau de protection.

Ainsi, le raffinement et les exigences sur la précision des études traitant de la topographie et de l'hydraulique seront nécessairement croissants avec l'incidence des incertitudes sur la sécurité des personnes exposées, et donc avec la complexité du milieu et l'importance des enjeux menacés.

1 / Étude et caractérisation de l'environnement naturel du système de protection

Ce chapitre vise à caractériser les conséquences physiques de la survenue d'événements liés à des phénomènes naturels susceptibles d'impacter la zone protégée ou le comportement du système d'endiguement. Cette caractérisation recourt habituellement à une méthode d'analyse fonctionnelle externe pour mieux structurer l'analyse des phénomènes naturels en interaction avec le système.

Les phénomènes naturels étudiés dépendront des conditions environnementales propres au système d'endiguement étudié. Le choix de ne pas étudier certains phénomènes est à justifier.

Dans tous les cas, la caractérisation des aléas est à mener à une échelle pertinente pour le système d'endiguement, avec un zoom en tant que de besoin sur :

- chaque digue voire tronçon de digue qui le constitue,
- ses éventuels dispositifs de régulation des venues d'eau,
- les éléments naturels concourant à la protection (exemple : cordon dunaire, niveau de plage...) ou au contraire autorisant des venues d'eau par contournement (exemple : topographie de fermeture de système d'endiguement ouvert, présence d'un ancien chenal à proximité des digues...).

A) Caractérisation des évolutions morphodynamiques

Cette rubrique précise les attendus de l'étude de la géomorphologie de l'aire d'étude dans laquelle s'inscrit le système d'endiguement. La connaissance des évolutions morphologiques du cours d'eau ou de l'unité hydrosédimentaire est en effet un élément essentiel à la compréhension du contexte naturel et de ses interactions avec le système d'endiguement. Son étude doit s'appuyer sur une analyse des informations et des données topographiques et historiques disponibles (levés topographiques et bathymétriques ponctuels ou globaux, rapports de visites post-événementielles).

Deux échelles d'analyse sont à considérer :

(i) une échelle globale des tendances de l'environnement sur une grande période de temps

L'étude morphodynamique à l'échelle globale a ainsi pour objet de définir le fonctionnement d'ensemble du milieu « eau » à partir de :

- la définition et l'identification des unités hydrosédimentaires ayant un même fonctionnement morphodynamique ;
- la présentation et la description synthétique des évolutions passées ayant conduit à la situation actuelle, en y intégrant les éléments de connaissance sur les perturbations liées aux activités anthropiques ;
- l'analyse et l'évaluation des évolutions futures prévisibles.

En domaine fluvial les attendus en seront les suivants :

Le prestataire présentera le fonctionnement global du milieu « eau » à partir d'une description de la morphologie locale du cours d'eau et de ses évolutions comportant :

- *les caractéristiques géologiques du bassin versant et des principaux aspects de la sédimentologie actuelle : nature et caractéristiques des matériaux mobilisés en fonction des conditions de crues du cours d'eau intéressant le système endigué*
- *les évolutions morphologiques connues et attendues du cours d'eau intéressant le système endigué aux différentes échelles d'espace (global, local) et de temps : évolutions géologiques ou géomorphologiques récentes (long terme), séculaires (moyen terme) ou événementielle (court terme)...*

La restitution des analyses s'effectuera notamment au moyen de cartes de synthèse illustrant à l'échelle du système d'endiguement les grands ensembles morphodynamiques et leurs évolutions constatées ou prévisibles.

En domaine maritime, les attendus en seront les suivants :

Le prestataire présentera le fonctionnement de la cellule hydro-sédimentaire en s'appuyant sur :

- *la description et la discussion des limites géographiques considérées,*
- *la description des principales caractéristiques du fonctionnement du littoral ainsi que de ses évolutions connues et attendues :*
 - *bathymétrie à la côte : données disponibles, caractéristiques*
 - *caractéristiques géologiques de la cellule hydro-sédimentaire et des principaux aspects de la sédimentologie : sources, natures et caractéristiques des matériaux sédimentaires des petits fonds et du rivage*
 - *caractéristiques (orientations, sens, vitesses...) des courants côtiers, de marée et de dérive littorale au droit du système endigué*
 - *évolutions morphologiques connues des fonds et du rivage susceptibles d'intéresser le système endigué aux différentes échelles de temps : évolutions géologiques ou géomorphologiques récentes (long terme), séculaires (moyen terme) ou événementielle (court terme)...*

- *caractéristiques et effets attendus des ouvrages ou dispositifs de maintien du trait de côte lorsqu'ils existent (épis, brises-lames, techniques souples...)*

La restitution des analyses s'effectuera notamment au moyen de cartes de synthèse illustrant à l'échelle du système d'endiguement les grands ensembles morphodynamiques et leurs évolutions constatées ou prévisibles.

(ii) une échelle locale d'analyse ciblée sur les érosions ou les dépôts à proximité des digues et des berges ou des rivages.

Cette analyse vise à renseigner sur les évolutions constatées au plus près des ouvrages composant le système d'endiguement et sur les pathologies associées ayant pu être observées. Ses attendus peuvent être décrits de la manière suivante :

Au sein de l'ensemble hydrosédimentaire dans lequel se situe le système d'endiguement, le prestataire :

- *établira le bilan des évolutions morphologiques passées à proximité des digues :*
 - *dynamique sédimentaire : zone en accrétion / zone en incision,*
 - *érosion des ouvrages, des berges et du rivage,*
 - *instabilités par affouillement ;*
- *croisera ces informations avec les pathologies relevées dans les visites techniques approfondies ou des visites post-événementielles ;*
- *évaluera les évolutions morphologiques au contact des ouvrages prévisibles dans la période de validité de l'étude de dangers en considérant deux scénarios :*
 - *absence d'événement (crue/tempête) morphogène dans le but de projeter la tendance actuelle,*
 - *événement morphogène de fréquence d'apparition de l'ordre des premières surverses, afin d'évaluer les conséquences d'un événement morphogène majeur pour le système d'endiguement.*

B) Détermination des sollicitations hydrauliques

Cette rubrique vise à préciser les études à mener pour la définition des sollicitations hydrauliques s'exerçant sur le système d'endiguement du fait des phénomènes et événements naturels susceptibles de se produire dans l'environnement naturel.

La mise en œuvre d'une modélisation hydraulique à une échelle pertinente sera le plus souvent nécessaire à la caractérisation des différents scénarios de sollicitations puis de leurs effets. Toutefois, dans certaines configurations simples ou avec peu d'enjeux, la modélisation pourra être remplacée par une analyse experte permettant de localiser les zones de dangers.

Suivant l'environnement du système d'endiguement et la destination de sa protection, les phénomènes à analyser pour la caractérisation des sollicitations porteront sur des aspects fluviaux ou maritimes. Le cas des estuaires sera le plus complexe à traiter et nécessitera au besoin une analyse de l'influence combinée des phénomènes. Elle pourra ainsi s'appuyer sur les démarches suivantes :

(i) la présentation et l'analyse hydrologique des débits de crues en contexte fluvial

L'analyse hydrologique des débits s'appuiera préférentiellement sur l'exploitation directe des données d'une station hydrométrique dont la position est jugée pertinente au regard de la zone exposée au risque d'inondation. La pertinence de la station présente sur le cours d'eau considéré et analysé, devra donc être justifiée par le prestataire. À défaut, il devra proposer et justifier une méthode dérivée, telle que :

- la correction par des fonctions de transfert des données de la ou des stations hydrométriques

disponibles, lorsqu'elle(s) existe(nt),

- la correction par des données statistiques de pluies des données de la ou des stations hydrométriques disponibles, lorsqu'elle(s) existe(nt),
- l'utilisation de stations hydrométriques de bassins voisins,
- l'utilisation de formules empirico-statistiques.

Le prestataire présentera l'hydrologie du cours d'eau à une échelle pertinente pour le système d'endiguement :

- *bassin versant : limites, forme, caractéristiques physiques...*
- *pluviométrie : principales statistiques pluviométriques et régime pluviométrique*
- *hydrométrie : principales statistiques de débits des cours d'eau, régime et caractéristiques des écoulements à l'échelle du bassin versant, localisation et descriptions des stations de mesures existantes et des événements hydrologiques remarquables (crues) et de leurs effets...*

Il présentera les conditions hydrauliques du cours d'eau au droit du système d'endiguement et des éléments naturels concourant à la protection ou autorisant le contournement :

- *topographie du cours d'eau et du système endigué :*
 - *données disponibles, caractéristiques (précisions, emprises, dates des levés...) et critiques : Modèle Numérique de Terrain, données ponctuelles, ancienneté...*
 - *principaux profils en long et en travers du cours d'eau intéressant le système endigué et au droit des éléments du système d'endiguement ;*
- *caractéristiques hydrauliques des biefs intéressants le système, effets attendus sur les écoulements des ouvrages en travers existants (barrages, seuils...), effets attendus des morphologies naturelles et de leurs évolutions (tendances du lit à l'exhaussement ou à l'incision, divagation du cours d'eau, anciens lits...), pour les différents niveaux de crues caractéristiques ;*
- *caractéristiques des stations de mesures hydrologiques pouvant servir de référence pour la caractérisation du comportement du système d'endiguement en toutes circonstances et justifications du ou des choix à retenir ;*
- *niveaux d'eau et vitesses d'écoulement atteints au droit du système d'endiguement pour différentes configurations de crues caractéristiques, évaluées en termes de niveau, de débit et de fréquence annuelle de dépassement en un lieu de référence au droit de systèmes de mesure hydrologiques référencés, et notamment :*
 - *le ou les niveaux de première mise en eau du système d'endiguement ;*
 - *le ou les niveaux des points bas de la crête des ouvrages composant le système d'endiguement ;*
 - *le ou les niveaux maximums de crête des ouvrages composant le système d'endiguement ;*
 - *les vitesses d'écoulement maximales au droit de chaque tronçon particulier du système d'endiguement ;*
 - *avec et sans présence d'embâcles, dont le risque sera précisé (localisations préférentielles, conditions d'apparition, etc.) ;*
 - *les limnigrammes des crues caractéristiques ci-dessus .*

En présence d'une ou plusieurs stations hydrométriques sur le cours d'eau, le prestataire justifiera la pertinence de la (ou des) station(s) choisie(s) au regard de la zone exposée au risque d'inondation. Cette justification s'appuiera sur l'état des connaissances :

- *les études hydrologiques existantes,*
- *une critique des courbes de tarage,*
- *une analyse des crues historiques en intégrant notamment le comportement de l'endiguement étudié et*

d'autres endiguements qui ont pu avoir une influence sur les relevés des stations étudiées, des évolutions morphologiques, des conditions limites, tel que le niveau marin pour les endiguements qui y sont sensibles,

Le prestataire réalisera un ajustement statistique sur un échantillon de débits et/ou hauteur d'eau au droit de la station dont la pertinence au regard de la zone exposée au risque inondation aura été validée :

- *Le choix de la méthode pour l'évaluation des valeurs extrêmes sera présenté et justifié.*
- *Le prestataire choisira un panel de débits ou de hauteurs d'eau caractérisant les crues. La densité du panel dépendra de la sensibilité de la ligne d'eau au débit. Les bornes inférieures et supérieures du panel doivent pouvoir couvrir différentes sollicitations au droit de l'endiguement allant de sa mise en eau, de son contournement éventuel, à son déversement et à son risque de rupture.*
- *Les bornes inférieures et supérieures de l'intervalle de confiance à ... % des débits et/ou hauteurs d'eau seront précisées.*
- *Un [ou plusieurs] limnigrammes⁽¹⁾ sera proposé et justifié.*
- *Lorsqu'une [ou des retenues] est aménagée ou projetée dans le bassin versant, l'effet sur les débits [ou hauteurs d'eau] à la [ou les] stations hydrométriques sera étudié. Le cas échéant, l'incidence de l'exploitation des retenues sera évaluée.*

⁽¹⁾L'intérêt de présenter plusieurs limnigrammes se justifie lorsque la genèse des crues comporte plusieurs conditions météorologiques jouant sur leur intensité et leur durée. On pourra ainsi caractériser d'une part des crues intenses mais courtes ou des crues moins fortes mais longues qui peuvent être plus dommageables au regard du risque d'érosion interne ou de stabilité d'ensemble.

(ii) La présentation et l'analyse statistique des niveaux marins et des états de mer en contexte maritime

L'analyse des données marines commence par l'analyse des hauteurs d'eau (profondeur d'eau et niveaux marins) devant l'endiguement.

L'analyse des niveaux marins est conduite à partir de données de mesures de niveaux marins souvent réalisés dans des ports adjacents à l'aide de marégraphes. De nombreuses études ont conduit à l'estimation statistique des niveaux marins extrêmes, avec des extrapolations sur tout le linéaire dans le cas de la côte Manche-Atlantique. Le prestataire pourra s'appuyer sur ces études. S'il choisit de réaliser ses propres analyses statistiques, la pertinence du point de mesures (position et durée d'enregistrement) ainsi que les méthodes d'évaluation des extrêmes devront être justifiées.

La profondeur d'eau devra aussi faire l'objet d'une estimation de sa potentielle évolution en cas de tempête (affouillement, évolution bathymétrique de l'ensemble du site...).

L'analyse des états de mer réalisée dans un deuxième temps s'effectue de manière différente si :

- la houle au large est supérieure à la hauteur d'eau devant l'endiguement
Dans ce cas, les vagues du large sont écrêtées par la bathymétrie. La houle au droit de l'endiguement sera dépendante de la hauteur d'eau disponible. Une analyse statistique des houles au large n'est pas nécessaire.
- la houle au large est inférieure à la hauteur d'eau devant l'endiguement
Dans ce cas une analyse des probabilités conjointes des houles et des hauteurs d'eau devant l'endiguement doit être conduite, le cas échéant à l'aide d'une propagation des houles du large jusqu'au pied de l'endiguement par une modélisation numérique.

La caractérisation des niveaux d'eau et des conditions d'agitation au droit des ouvrages, en lien avec leurs caractéristiques particulières, a pour finalité l'évaluation de la résistance des ouvrages aux différents modes de submersion (franchissement, déversement, brèches) et la quantification des volumes ou débits susceptibles d'entrer dans le système d'endiguement, pour les différents scénarios d'inondations à étudier (cf paragraphe 4 ci-dessous).

Le prestataire présentera les conditions de marées et de niveaux marins à l'origine des sollicitations hydrauliques maritimes susceptibles de s'exercer sur le système d'endiguement en caractérisant :

- Le régime des marées,
 - localisation et caractéristiques du marégraphe servant de référence pour le système d'endiguement,
 - courants de marée,
 - les statistiques des niveaux marins extrêmes
- Les états de mer, au droit du système d'endiguement, qui sont susceptibles d'être associés aux niveaux marins
 - les régimes des houles au large et leurs statistiques
 - les régimes des vents et leurs statistiques
 - la localisation des points de mesures de référence
- Les tempêtes caractéristiques ayant conduit ou pouvant conduire à des inondations (tempêtes historiques ou modélisées), leurs paramètres hydro-météorologiques au large et les conditions de mesures de leurs caractéristiques majeures (vent, niveau marin, état de mer, onde infra-gravitaire, seiches...)

Le prestataire s'attachera à caractériser les niveaux d'eau à la côte en analysant et définissant :

- les conditions de propagation de l'agitation du large à la côte et les grandeurs caractéristiques des phénomènes de surcotes atmosphériques (surcote barométrique, et surcote anémométrique liée à l'afflux d'eau à la côte sous l'effet du vent), de surcote liée au déferlement des vagues (wave setup) et aux jets de rive (swatch) ;
- le contrôle de la bathymétrie sur la propagation des vagues en petits fonds (effet de filtre sur le spectre des vagues), la définition d'une bathymétrie de référence (profils topobathymétrique pour les études de propagation et l'analyse de l'effet des vagues incidentes à terre) et de ses conditions de surveillance adaptées (suivis topo-bathymétrique, entretiens préventifs et curatifs pour garantir l'absence d'évolution des fonds en dessous de la bathymétrie de référence...);
- les niveaux d'eau maximums susceptibles d'être atteints au droit des différents secteurs caractéristiques du système d'endiguement (géométrie, nature) et des éléments naturels participant à la protection (cordons dunaires...) et les relations (empirique, déterministe ou statistique) avec les caractéristiques de différentes configurations de tempêtes significatives déterminées au moins en un point de mesure de référence ;
- les formules ou méthodes de détermination (modèles physique ou numérique) des débits franchissant applicables à la géométrie des différents tronçons du système d'endiguement et établissement des débits résultant pour différentes configurations de tempêtes caractéristiques.

L'analyse conduite devra permettre d'argumenter et de définir les composantes suivantes au droit du système d'endiguement :

- un niveau marin hydrostatique potentiellement variable en plan ;
- un ou plusieurs hydrogrammes de niveau d'eau à la côte incluant les phénomènes de marée, de surcotes atmosphériques (surcote barométrique et surcote liée à l'afflux d'eau à la côte sous l'effet du vent) et de surcotes liées aux vagues ;
- une composante dynamique des phénomènes d'agitation (hauteur des vagues, volume de franchissement, vitesse de propagation, longueur d'onde) ;
- une estimation des périodes de retour des caractéristiques considérées.

Des attentions particulières seront portées :

- à la recherche et l'identification des points de mesures de référence des principales caractéristiques des phénomènes maritimes pour le site étudié ;
- à la caractérisation des conditions topo-bathymétrique de référence pour les calculs des différentes composantes hydrauliques.

(iii) Recours à l'analyse hydraulique par modélisation numérique

Le plus souvent le cours d'eau ou le littoral considéré a déjà fait l'objet d'études concernant respectivement l'hydrologie ou les statistiques de niveau marin. Après analyse critique et validation de leurs résultats, celles-ci peuvent servir de base à une étude hydraulique locale permettant d'affiner la connaissance des niveaux d'eau et de leur période de retour au droit du système d'endiguement. Dans certaines configurations simples ou avec peu d'enjeux, la modélisation numérique pourra être remplacée par une analyse experte permettant de localiser les zones de dangers. Dans d'autres cas, une modélisation numérique plus globale sera à envisager et il est alors souhaitable que :

- la modélisation soit portée par une entité dont la compétence est en adéquation avec l'aire de l'étude hydraulique ;
- le cahier des charges prévoit explicitement et librement la possibilité de réutilisation ultérieure du modèle et des données par le maître d'ouvrage des études.

La modélisation numérique hydraulique a pour but de transformer les débits issus de l'analyse hydrologique en hauteurs d'eau, en vitesses d'écoulement et en diagrammes de charge hydraulique sur l'endiguement. Cette modélisation s'appuie sur les équations de Barré-de-Saint-Venant qui permettent la conservation de la masse d'eau et la conservation de la quantité de mouvement.

Le calcul des lignes d'eau est effectué sur des profils en travers (modélisation 1D) ou sur des nœuds d'un maillage (modélisation 2D ou 3D). Il est préférable que le maître d'ouvrage impose le type de modélisation en fonction de la précision de ses besoins, car la représentation numérique du terrain et le coût de ces types de modélisation ne sont pas comparables.

La méthode de calage des crues doit être argumentée par le prestataire, notamment pour ce qui concerne le choix des crues historiques prises en référence. Il est également utile de demander une étude de sensibilité du calage portant sur les paramètres tels que :

- le débit,
- la rugosité,
- la bathymétrie si des évolutions morphologiques sont constatées entre la crue de calage et le dernier levé,
- le gradient de crue en cas de grande variabilité en termes de cinétique de crue,
- le niveau marin et les états de mer pour les sites qui y sont sensibles.

Un panel des crues ou tempêtes suffisamment dense ou étendu est à étudier pour répondre aux objectifs de l'analyse de risque. Outre, la crue maximale pouvant être contenue, la caractérisation de la période de retour de la crue ou du niveau d'eau de début de mise en charge de l'endiguement sera recherchée. Pour des ouvrages de grande hauteur (supérieure à 2 m), plusieurs crues ou niveau d'eau seront à modéliser pour cerner au mieux leur niveau de sûreté. Le panel des crues étudiées peut également être complété par des crues historiques, ainsi que la crue de référence du PPRI.

Lorsque la ligne d'eau est conditionnée par un (ou plusieurs) affluent, les conditions dans lesquelles le calcul de la ligne d'eau a été effectué sont à préciser. Un calcul de ligne d'eau combinant les différents débits des cours d'eau est à effectuer. Lorsque les cours d'eau ont des régimes indépendants, une étude de probabilité de concomitance de crue peut être demandée.

Au besoin des calculs de ligne d'eau pourront également être menés selon plusieurs hypothèses morphologiques.

Comme dans tout cahier des charges incluant des travaux de modélisation numérique, il est utile que le maître d'ouvrage envisage la possibilité que le prestataire réalise des simulations complémentaires, non prévues initialement, mais rendues nécessaires par le développement de l'étude. Il est ainsi préférable d'inclure au bordereau des prix, un prix forfaitaire pour simulation complémentaire.

Le modèle développé pourra par ailleurs utilement être ré-exploité ou complété pour être utilisé lors de l'étude hydraulique des venues d'eau dangereuses développée à la rubrique 4 ci-dessous.

Le prestataire effectuera une modélisation hydraulique numérique adaptée à la complexité du site [analyse experte, modélisation numérique 1D ou 2D]. A l'issue de la prestation le modèle et toutes ses données seront fournies au maître d'ouvrage de l'étude et librement exploitables et réutilisables par ce dernier.

Le prestataire justifiera l'emprise géométrique et le calage du modèle en se référant aux crues historiques et/ou aux études hydrauliques existantes dont la validité a été démontrée.

Le prestataire effectuera une étude de sensibilité du calage aux paramètres suivants [A adapter aux conditions de site] :

- *le débit,*
- *la rugosité,*
- *la bathymétrie si des évolutions morphologiques sont constatées entre la crue de calage et le dernier levé,*
- *le gradient de crue en cas de grande variabilité en termes de cinétique de crue,*
- *le niveau marin et les états de mers pour les sites qui y sont sensibles.*
- *...*

Le panel des crues [ou des phénomènes maritimes] à modéliser au droit du système d'endiguement devra comprendre ou permettre de caractériser :

- *la crue [les événements météo-marins] de première mise en charge du système d'endiguement*
- *la crue maximale [les événements météo-marins] pouvant être contenue par le système d'endiguement*
- *la crue [l'événement météo-marin de référence] du PPRI(L) lorsqu'elle a été définie*
- *plusieurs crues [événements météo-marins] susceptibles de mettre en cause la sûreté de fonctionnement globale du système d'endiguement*

Le panel des crues modélisées s'appuiera le cas échéant sur les crues historiques documentées. L'influence éventuelle du comportement des affluents majeurs dans le calcul de la ligne d'eau au droit du système d'endiguement devra être précisé.[les conditions particulières de crues des affluents identifiés préalablement à la rédaction du marché peuvent être précisées ici]

Les résultats présenteront les sollicitations hydrauliques s'exerçant sur le système d'endiguement composées :

- *d'un niveau hydrostatique se traduisant par :*
 - *une ligne d'eau au droit de l'endiguement cartographiée sur un profil en long représentant : la crête de l'endiguement de la rive considérée⁽¹⁾, le terrain en pied d'endiguement côté zone protégée⁽²⁾, les équipements annexes, tels que les batardeaux ;*
 - *un plan d'eau de niveau marin extrême potentiellement variable géométriquement et cartographié sur un profil en long caractérisant la crête du système d'endiguement, le terrain en pied d'endiguement côté zone protégée, les équipements annexes, tels que les vannages, les batardeaux, les cales, et autres accès ou dispositifs de ressuyages aménagés dans le système d'endiguement ;*
- *des variations temporelles de ce niveau hydrostatique au droit de points caractéristiques du système d'endiguement :*
 - *hydrogramme(s) de crue en domaine fluvial,*
 - *hydrogramme de niveau d'eau à la côte incluant les phénomènes de marée, de surcotes atmosphériques (surcote barométrique et surcote liées à l'afflux d'eau à la côte sous l'effet du vent) et de surcotes liées aux vagues en domaine maritime ;*
- *d'une composante dynamique :*
 - *vitesse tangentielle à l'ouvrage au droit de points caractéristiques du système d'endiguement, en domaine fluvial,*

- *hauteur des vagues, volume de franchissement, vitesse de propagation, longueur d'onde... en domaine maritime.*

Les résultats des calculs de ligne d'eau pourront être présentés au besoin selon plusieurs hypothèses morphologiques :

- *situation morphologique actuelle ;*
- *situation morphologique prévisible au terme de la validité de l'étude de dangers, en l'absence d'événements significativement morphogènes (projection de la tendance actuelle) ;*
- *situation morphologique consécutive à un événement morphogène de période de retour du même ordre que les premières surverses.*

(1) Il peut être intéressant d'ajouter la crête de l'endiguement de la rive opposée, notamment si celle-ci diffère notablement de la rive considérée.

(2) Cette information permet d'évaluer l'occurrence de la mise en charge de l'ouvrage. A cette information, peut être ajoutée le pied de digue côté cours d'eau.

C) La caractérisation des aléas géologiques et géotechniques

Les conditions et environnements naturels dans lesquels les ouvrages de protection sont implantés peuvent être sensibles à des aléas géologiques et géotechniques nuisibles à leur stabilité et leur pérennité. La caractérisation des aléas géologiques et géotechniques présents s'appuie ainsi sur :

- l'établissement du modèle géologique et géotechnique global du site et l'identification des risques géotechniques majeurs et importants : l'évaluation de la présence de sols compressibles et de l'ampleur des tassements attendus, l'identification de variations lithologiques majeures et la caractérisation des conditions hydrogéologiques et hydrauliques des sols sont ainsi à réaliser ;
- l'évaluation particulière de la problématique des séismes : sauf en région de sismicité très élevée, la probabilité de concomitance entre un événement sismique et une crue étant très faible, l'évaluation de l'aléa lié au séisme vise donc principalement à évaluer la sensibilité des sols de fondation au risque de liquéfaction sous séisme et à son impact sur les ouvrages. Cette analyse est à conduire pour les situations et ouvrages qui le nécessitent, déterminés en fonction du zonage sismique et de la classe du système d'endiguement.
- l'évaluation particulière de la problématique des karsts : la définition des conditions géologiques du site doit permettre d'identifier les secteurs sensibles aux phénomènes karstiques et les caractéristiques principales des fontis susceptibles de se produire, notamment par l'analyse des phénomènes survenus dans l'ère géologique concernée.

Les recommandations du CFBR offrent désormais un cadre partagé par la profession pour l'analyse et la justification de la stabilité des digues en remblai (CFBR, 2015). La caractérisation des sols, l'analyse, l'évaluation et la modélisation des aléas géologique et géotechnique nécessitent de disposer d'un minimum de résultats d'investigations réalisées au moyen de sondages et d'essais ou reconnaissance in situ, de prélèvements et d'analyses en laboratoire, dans le cadre d'un programme de reconnaissances géotechniques adaptées aux contextes des ouvrages. L'ampleur et la nature de ces investigations seront directement dépendantes de la complexité des sites et des ouvrages, ainsi que des données déjà disponibles et exploitables. La réflexion sur les données géotechniques et l'acquisition de nouvelles données constituent ainsi un élément important de la phase des investigations complémentaires évoquées au paragraphe 3.2.3. Dans certains cas, la mise en place d'une instrumentation pérenne pour le suivi ultérieur du comportement de l'ouvrage (piézomètres, sondes thermiques...) peut également s'avérer utile.

Le prestataire présentera le contexte géologique et géotechnique du système d'endiguement et évaluera les aléas correspondants susceptibles d'altérer la sûreté de fonctionnement des ouvrages qui le composent. Il s'appuiera sur l'ensemble des informations collectées lors de l'analyse documentaire, complétées par les informations issues des investigations complémentaires géotechniques définies en tant que de besoin.

La description du contexte s'appuiera et détaillera :

- l'identification de la nature, des caractéristiques et de la structure de l'ouvrage dans le cas de digues n'étant pas des ouvrages en remblai ;*
- l'identification de la nature, de l'état et des caractéristiques mécaniques et hydrauliques des sols (constitutifs du remblai dans le cas de digues en terre, et des terrains de fondations) ;*
- le regroupement des sols en unités géotechniques de géométrie et de caractéristiques définies ;*
- la définition des sollicitations mécaniques externes qui s'appliquent sur l'ouvrage ;*
- la définition des conditions hydrauliques dans les sols ;*
- le choix et l'utilisation de modèles de comportements adaptés à la nature et aux caractéristiques des matériaux présents.*

Les principaux aléas géologiques et géotechniques présents seront identifiés et caractérisés. Suivant les conditions géologiques de la zone d'étude, ils pourront comprendre notamment :

- la présence de sols compressibles et l'ampleur des tassements attendus ou susceptibles de se produire ;*
- les variations lithologiques susceptibles d'influencer la stabilité des ouvrages ;*
- les conditions hydrogéologique et hydrauliques souterraines et leur influence sur les ouvrages ;*
- la sensibilité des sols de fondation au risque de liquéfaction sous séisme et à son impact sur les ouvrages ;*
- les secteurs sensibles aux phénomènes karstiques et les caractéristiques principales des fontis susceptibles de se produire ;*
- ...*

D) Autres aléas

D'autres aléas sont à caractériser en fonction des spécificités de l'environnement du système d'endiguement. Les fiches de lecture établies lors de la phase de recueil et d'analyse des données d'entrées sont à exploiter.

Le prestataire au vu de la connaissance du contexte local dégagée par l'analyse des études existantes et de ses compétences dans le domaine des ouvrages hydrauliques, caractérisera les aléas qui lui semblent pertinents en raison de leurs effets potentiels sur les sollicitations hydrauliques ou mécaniques s'appliquant sur le système d'endiguement. A titre d'exemple ces aléas pourront concerner :

- l'étude de la hauteur des vagues due au vent, pour un système d'endiguement de protection contre les inondations fluviales,*
- l'évaluation des embâcles (y.c. les embâcles de glace),*
- l'étude de la végétalisation du lit endigué,*
- l'étude du charriage torrentiel,*
- voire l'étude des phénomènes de gel et d'englaçage du cours d'eau*

2 / Caractérisation des ouvrages et de la performance structurelle du système d'endiguement

Ce chapitre vise à préciser les éléments attendus concernant la caractérisation des ouvrages qui composent le système d'endiguement et la justification de la performance structurelle de ce dernier dans le cadre de l'étude de dangers à réaliser. Cette caractérisation et cette justification reposent sur les éléments de diagnostic approfondi des ouvrages s'appuyant sur la documentation technique rassemblée lors du recueil des données d'entrée, complétée par les éventuelles investigations complémentaires jugées indispensables pour disposer d'un niveau de connaissance adapté et suffisant de la structure des ouvrages et de leurs comportements sous sollicitations.

Trois éléments de prestation interdépendants sont ainsi à compléter :

1. la description du système d'endiguement et des ouvrages qui le composent ;
2. le diagnostic structurel approfondi du système d'endiguement ;
3. la justification de la résistance mécanique du système d'endiguement au niveau de protection.

A) Description du système d'endiguement et des ouvrages qui le composent

La description des ouvrages devra être établie dans les configurations obligatoires retenues par l'arrêté du 7 avril 2017. Dans certains cas le rappel facultatif de certaines configurations peut améliorer sensiblement la lisibilité de l'étude. Les différents cas de figure et descriptions à mener sont synthétisés dans le tableau suivant :

Portée de l'étude		Configuration du système d'endiguement			
		Actuelle au dépôt du dossier	En cours de travaux	Après travaux	Après modification
Dossier d'autorisation	Autorisation initiale sans travaux (art. 2)	Obligatoire	Sans objet	Sans objet	Sans objet
	Autorisation de modification avec travaux (art. 3)	Obligatoire	Obligatoire	Obligatoire	Sans objet
	Autorisation initiale avec travaux (art. 4)	Facultatif	Obligatoire	Obligatoire	Sans objet
Autres cas	Mise à jour demandée par le préfet (art. 5)	Facultatif	Sans objet	Sans objet	Obligatoire
	Actualisation périodique* (art. 6)	Obligatoire	Sans objet	Sans objet	Sans objet

Tableau 2: Configurations du système d'endiguement à étudier dans l'EDD

(*) pour mémoire : l'actualisation n'interviendra que 10 ans / 15 ans / 20 ans après l'autorisation initiale, selon la classe du système d'endiguement

Pour les études de dangers réalisées dans le cadre d'une autorisation (de modification ou initiale) avec travaux, il est conseillé de prévoir également une révision de l'étude de dangers à l'issue de la réalisation des travaux sur la base du Dossier des Ouvrages Exécutés. En effet, les hypothèses considérées en matière de dimensionnement lors des phases de conception ont pu être amendées au cours de la phase de réalisation, au gré des modifications apportées au projet et des investigations de chantier, notamment géotechniques. Il importe donc que l'étude de dangers accompagnant la demande d'autorisation soit mise à jour explicitement des hypothèses finales mises en œuvre pour la conception et le dimensionnement des ouvrages, ainsi que de leurs incertitudes résiduelles.

La description effectuée doit s'attacher à présenter l'ensemble des éléments concourant à la protection de la zone protégée. À ce titre elle doit comprendre l'ensemble des éléments du système de protection contre les inondations et doit donc inclure les éléments naturels qui concourent à la

protection des secteurs à enjeux, conjointement avec les ouvrages composant le système d'endiguement et les ouvrages qui lui sont annexés. Même si ces éléments naturels ne peuvent pas être inclus dans la définition réglementaire du système d'endiguement, la compréhension et l'évaluation de leur fonctionnement et de leur performance par le gestionnaire est indispensable à la juste évaluation de la sûreté de fonctionnement de l'ensemble et donc du niveau de protection de la zone protégée. En effet, la zone protégée par le système d'endiguement s'appuyant sur des éléments naturels moins performants sera compromise non pas par la défaillance des ouvrages qui composent le système d'endiguement mais par celle des éléments naturels d'appui.

Conformément à l'arrêté du 7 avril 2017, les configurations suivantes du système d'endiguement seront étudiées :

- situation actuelle au moment du dépôt de la demande d'autorisation [ou de mise à jour de l'EDD]
- autre situation [à préciser, cf élément du tableau 2].

La description des ouvrages et des éléments naturels concourant à la protection sera faite en distinguant trois entités géographiques, définies en accord avec le maître d'ouvrage de l'étude :

- le système d'endiguement ;
- le milieu eau contre lequel l'endiguement est censé apporter une protection ;
- la zone protégée.

La protection sera découpée en :

- nécessairement une ligne de défense principale ;
- éventuellement des éléments secondaires situés côté zone protégée qui assurent une protection contre les inondations en complément de l'action de la ligne de défense principale ou en influençant la propagation dans la zone protégée ;
- éventuellement des éléments de protection indirecte situés côté eau ayant pour effet de diminuer les sollicitations sur la ligne de défense principale.

Pour les ouvrages à construire, la description s'appuiera sur l'avant-projet de travaux. Les principes de conception seront présentés en explicitant les incertitudes sur les données d'entrée et les hypothèses prises en matière de dimensionnement.

Le fonctionnement du système d'endiguement sera caractérisé aux deux échelles suivantes :

- à l'échelle des ouvrages fonctionnellement homogènes qui devront être identifiés et dont le rôle dans le fonctionnement global du système devra être décrit :
 - les digues,
 - les remblais linéaires ayant d'autres fonctions que la protection contre les inondations ou les submersions,
 - les tronçons particuliers, tels que les déversoirs, les bâtiments se substituant localement aux ouvrages de protection ...
 - les équipements tels que les batardeaux, les vannes,
 - les servitudes utiles pour le fonctionnement du système d'endiguement, telles que les pistes d'entretien et leurs voies d'accès ;
- à l'échelle des composants structurels de chaque ouvrage fonctionnellement homogène, dont la nature et la fonction propre au regard de l'ouvrage devront être explicitées : corps de digues, organe de protection contre l'érosion, filtre, drain, ...

La description s'appuiera sur la présentation des éléments suivants :

- l'identification du cours d'eau [ou de la cellule hydro-sédimentaire maritime] concerné
- un plan général présentant les ouvrages fonctionnellement homogènes (digues et ouvrages assimilés, dispositifs de régulation hydrauliques, ouvrages annexes) et leur voie d'accès ;
- une carte et un profil en long coté de la ligne de défense principale et des lignes secondaires comportant :
 - la cote de la crête, y compris des déversoirs,
 - les batardeaux (base et crête),
 - le pied de digue côté zone protégée,
 - les ouvrages ou dispositifs de transparence ou de ressuyage,
 - les lignes d'eau provenant de l'étude évoquée au § 3.2.4.1. B ;
- la géométrie de chaque élément homogène du système d'endiguement (digue et ouvrages assimilés, dispositifs de régulation hydraulique) sous forme de sections et profils en travers type, à défaut les profils critiques représentatifs d'une section considérée comme homogène.
- le relevé des éléments qui n'ont pas un rôle de protection mais qui peuvent être source de désordres ou de contraintes pour l'exploitation de l'endiguement, tels que : les réseaux, les traversées hydrauliques, les équipements inclus, les voiries situées sur la digue ou à sa proximité, les fossés ou canaux ...
Pour les réseaux hydrauliques, les éventuelles actions opérationnelles nécessaires au fonctionnement du système d'endiguement seront présentées : manœuvres, télécommande ...
- Enfin, les facteurs aggravants seront localisés (type particulier de végétation, présence d'animaux fouisseurs, conditions particulières de berge, éventuels endiguements situés sur la rive opposée...) et les actions de gestion réalisées exposées.

B) Diagnostic structurel approfondi du système d'endiguement

Cette rubrique vise à préciser les attendus du diagnostic structurel approfondi du système d'endiguement.

La performance structurelle du système d'endiguement est évaluée à partir de celle des ouvrages qui le composent. Elle s'appuie ainsi sur une estimation de la probabilité de défaillance structurelle de chacun d'entre eux pour les différents modes de rupture auxquels ils peuvent être confrontés.

Le diagnostic structurel approfondi s'appuie ainsi sur l'exploitation de l'ensemble des éléments disponibles sur la connaissance des ouvrages pour aboutir à la détermination de deux niveaux particuliers caractérisant la performance structurelle du système d'endiguement :

- Le niveau de sûreté est le niveau d'eau jusqu'auquel l'ouvrage est sûr, c'est-à-dire que sa probabilité de rupture est négligeable pour les différents modes de rupture auxquels il est potentiellement exposé. Cette notion se rapproche du « risque résiduel de rupture » maximal admis pour le niveau de protection, qui est introduit et fixé à 5 % de probabilité de rupture, dans l'arrêté du 7 avril 2017 (chapitre 8 de l'EDD, scénario 1).
- Le niveau de danger est le niveau d'eau à partir duquel la probabilité de rupture d'un ouvrage est très élevée à certaine pour les différents modes de rupture auxquels il est potentiellement exposé. Cette notion se rapproche du « risque de rupture d'au moins un ouvrage supérieur à 50 % », qui est introduit dans l'arrêté du 7 avril 2017 (chapitre 8 de l'EDD, scénario 3).

La détermination du niveau de sûreté permet au maître d'ouvrage de disposer d'une première borne supérieure du niveau de protection au sens de l'article R.214-119-1 du Code de l'Environnement qui stipule que : « le niveau de protection d'une zone exposée au risque d'inondation ou de submersion (...) est déterminé par la hauteur d'eau maximale que peut atteindre l'eau sans que cette zone soit inondée en raison du débordement, du contournement ou de la rupture des ouvrages de protection quand l'inondation provient directement du cours d'eau ou de la mer ».

Le diagnostic approfondi s'intéresse :

- à l'ensemble des ouvrages qui entrent dans la composition du système d'endiguement,
- aux interfaces et transitions qui existent entre ouvrages, et entre ouvrages et éléments naturels,
- à l'environnement proche, de part et d'autre des ouvrages (berges, estran, milieu eau, zone protégée, ouvrages anthropiques...),
- aux éléments naturels dont, le cas échéant, dépend la cohérence hydraulique du système d'endiguement et donc la protection qu'il apporte (dunes, éperons rocheux, etc.),

Le diagnostic structurel approfondi doit être mené en cohérence avec la description et le fonctionnement hydraulique des éléments du système, la caractérisation des aléas naturels (solllicitations), les scénarios de défaillance issus du retour d'expérience sur le fonctionnement du système (inondations passées) ou de systèmes équivalents, et l'organisation de la gestion des ouvrages en toutes circonstances (mesures et moyens de surveillance/entretien/réparation des ouvrages). Il est ainsi conseillé d'appuyer ce diagnostic sur la mise en œuvre d'une analyse fonctionnelle interne et d'une analyse des modes de défaillance pour bien identifier les scénarios de défaillances structurelles possibles.

Les résultats du diagnostic structurel approfondi constituent, avec les résultats des études hydrauliques caractérisant le fonctionnement hydraulique du système d'endiguement, les données d'entrée sur la base desquelles peut être fixé le niveau de protection du système. Ce dernier ne peut être choisi supérieur au niveau de sûreté du système.

Les résultats de ce diagnostic structurel approfondi conditionnent par ailleurs le choix des scénarios de défaillance du système d'endiguement et de caractérisation des venues d'eau dangereuses devant être étudiés et présentés dans le cadre des études hydrauliques (cf § 4 ci-dessous).

Le prestataire établira et présentera le diagnostic technique approfondi des ouvrages du système d'endiguement et des autres éléments qui concourent à la ligne de défense contre les inondations.

Il s'appuiera sur la démarche suivante :

1. *Le recueil et l'analyse critique de la pertinence des données d'entrée existantes, comprenant les éventuelles reconnaissances spécifiques réalisées pour combler les éventuelles lacunes dans les données, qui seront nécessaires au diagnostic et à la justification du niveau de protection.*

Les données à recueillir et analyser comprendront notamment :

(a) Pour les ouvrages existants :

- i. les informations issues des visites techniques approfondies ;*
- ii. les sollicitations hydrauliques au droit du système d'endiguement ;*
- iii. les évolutions morphodynamiques à proximité du système d'endiguement ;*
- iv. le bilan des connaissances relatives aux caractéristiques « mécaniques » ([selon les situations : géotechniques, structures, génie civil, etc] ;*
- v. le diagnostic des ouvrages inclus dans le système d'endiguement ;*
- vi. les facteurs aggravants non pris en compte dans les visites techniques approfondies : sismicité ¹, karst, embâcles ...*
- vii. les retours d'expérience concernant le comportement du système d'endiguement ;*

(b) Pour les ouvrages neufs

- i. les interactions prévisibles entre le système d'endiguement et le milieu eau ;*
- ii. les éléments de conception et de dimensionnement de chaque tronçon d'ouvrage de composition homogène ;*

iii. les hypothèses de dimensionnement des composants de chaque tronçon homogène, notamment les sollicitations maximales en deçà desquelles le composant est censé remplir sa fonction.

2. L'analyse des données pour l'évaluation de la performance structurelle :

- (a) Le prestataire proposera un découpage du système de protection en ouvrages ou tronçons homogènes en termes de composition structurelle et de sollicitations (caractérisation et justification de la nature et disposition des différents composants, y compris de la fondation) ;
- (b) Il déterminera et exposera les scénarios de rupture² à considérer pour chaque ouvrage ou tronçon structurellement homogène, du fait de ses caractéristiques structurelles et des sollicitations auxquelles il est exposé (en cohérence avec les résultats exposés au chapitre 4 de l'EDD)² ;
- (c) Il présentera et justifiera le choix et les hypothèses des modèles utilisés pour l'évaluation de la performance vis-à-vis des différents scénarios défaillance et/ou mécanismes de détérioration :
 - i. modèles mathématiques physiques ou empiriques ;
 - ii. méthodes à base d'indicateurs ;
 - iii. analyses expertes.

Quelle que soit la méthode utilisée, la justification des choix, des hypothèses et des résultats est essentielle. Ainsi, une analyse experte bien étayée aura plus de valeur qu'un modèle mathématique dont les hypothèses ne seront pas connues et justifiées.

- (d) Il présentera les résultats des méthodes choisies pour chaque ouvrage ou tronçon structurellement homogène quant à l'évaluation de sa performance :
 - i. en tenant compte des points singuliers : ouvrages inclus potentiellement nuisibles (canalisations traversantes, bâtis encastrés, etc.), zones de transition,...
 - ii. en tenant compte des divers désordres identifiés,
 - iii. en tenant compte de la planification des mesures de surveillance / entretien / réparation des ouvrages visant à assurer la pérennité des ouvrages,
 - iv. en fournissant et justifiant une évaluation de la précision des résultats ;
 - v. en exposant les résultats obtenus en termes de probabilités de rupture avec une estimation de l'intervalle de confiance.

3. En conclusions, le prestataire présentera le niveau de performance structurelle du système d'endiguement et la localisation des éventuels points faibles.

Les niveaux de performance seront justifiés et affichés en termes de niveaux de sûreté³ et de niveaux de danger⁴ pour chaque ouvrage ou tronçon du système d'endiguement. Une représentation cartographique des niveaux obtenus sera produite à l'échelle du système d'endiguement.

La caractérisation de ces différents niveaux devra permettre de satisfaire les exigences de l'arrêté du 7 avril 2017, concernant :

- (a) la vérification en tout point de la probabilité de rupture maximale de 5 % pour le ou les niveaux de protection en lien avec le système d'endiguement ;
- (b) la probabilité de réalisation d'au moins 50 % pour les défaillances structurelles devant être considérées pour l'étude du ou des scénarios 3 du chapitre 8 de l'étude de dangers.

¹ Le rapport du MEDDE (octobre 2014) « risque sismique et sécurité des ouvrages hydrauliques » préconise de faire les vérifications suivantes :

- sécurité structurelle, quelle que soit la classe du système d'endiguement ;
- risque de liquéfaction, si le système d'endiguement est dans les conditions suivantes :
 - classe A et zone de sismicité ≥ 2 ,

- classe B et zone de sismicité ≥ 3 ,
- classe C et zone de sismicité ≥ 4 .

² Les scénarios de rupture sont les enchaînements de mécanismes qui conduisent à la brèche. Ils ne doivent pas être confondus avec les scénarios d'inondations

³ Le niveau de sûreté est le niveau d'eau jusqu'auquel l'ouvrage est sûr, c'est-à-dire que sa probabilité de rupture est négligeable pour les différents modes de rupture auxquels il est potentiellement exposé. Cette notion se rapproche du "risque résiduel de rupture" maximal admis pour le niveau de protection, qui est introduit et fixé à 5 % de probabilité de rupture, dans l'arrêté du 7 avril 2017 (chapitre 8 de l'EDD, scénario 1).

⁴ Le niveau de danger est le niveau d'eau à partir duquel la probabilité de rupture d'un ouvrage est très élevée à certaine pour les différents modes de rupture auxquels il est potentiellement exposé. Cette notion se rapproche du "risque de rupture d'au moins un ouvrage supérieur à 50 %", qui est introduit dans l'arrêté du 7 avril 2017 (chapitre 8 de l'EDD, scénario 3).

3 / Retours d'expérience sur le comportement du système d'endiguement et les inondations historiques survenues dans la zone potentiellement protégée

Cette rubrique vise à préciser les attendus du retour d'expérience à mener sur le comportement du système d'endiguement et des inondations historiques associées survenues dans la zone potentiellement protégée par le système d'endiguement.

Ce retour d'expérience vise à documenter et analyser les événements passés ayant eu un effet sur la performance des ouvrages ou ayant conduit à une inondation du secteur d'étude. Il peut être complété par des retours d'expérience relatifs à des ouvrages de structure voisine et situés dans un environnement comparable. Il a notamment pour finalité de fournir des éléments historiques et factuels permettant d'accompagner la réflexion sur :

- la définition des conditions ou mécanismes pouvant conduire à des défaillances potentielles du système d'endiguement et plus largement du système de protection englobant ce dernier, lesquels devront être considérés et analysés dans la caractérisation de la performance du système d'endiguement menée dans le cadre du diagnostic structurel approfondi (cf paragraphe précédent) ou dans les conditions retenues pour l'étude hydraulique des scénarios d'inondation (cf paragraphe suivant) ;
- l'organisation à mettre en place pour assurer ou optimiser l'entretien et la surveillance des ouvrages en toute circonstance.

Le prestataire réalisera et présentera un retour d'expérience sur les événements passés ayant affecté le système d'endiguement et la zone potentiellement protégée par ce dernier.

Ce retour d'expérience s'attachera à :

1. *lister, décrire et caractériser les événements historiques ayant conduit à la mise en charge du système d'endiguement et à l'inondation de la zone protégée ;*
2. *décrire et caractériser les conditions, facteurs aggravants et mécanismes ayant conduit à une défaillance éventuelle de tout ou partie des éléments du système d'endiguement ou du système de protection dans lequel il s'intègre ;*
3. *décrire les incidents ou accidents connus survenus sur des ouvrages de même type ;*
4. *décrire et caractériser les conditions de développement de l'inondation dans la zone potentiellement protégée par le système d'endiguement ou le système de protection dans lequel il s'intègre.*

Les éléments collectés devront servir à alimenter et appuyer la caractérisation des mécanismes de défaillance propre au système d'endiguement (accidentologie). Ils permettront de guider et d'argumenter les scénarios et mécanismes de défaillance à considérer pour l'évaluation de la performance du système d'endiguement, l'étude des scénarios d'inondation et les modalités d'entretien et de surveillance des ouvrages en toutes circonstances.

4 / Études hydrauliques des scénarios d'inondation

Cette rubrique vise à détailler le contenu et les attendus des études hydrauliques de cartographie des venues d'eau dans le cadre des différents scénarios réglementaires prévus par l'arrêté du 7 avril 2017.

Les venues d'eau étudiées ne proviennent que de la (ou les) source(s) d'inondation contre la ou lesquelles le système d'endiguement est censé protéger la zone protégée.

La cartographie réglementaire des venues d'eau dangereuses a notamment pour objet de :

- permettre au maître d'ouvrage de disposer d'éléments de connaissance de base sur la performance et le comportement de son système d'endiguement en toutes circonstances ;
- appuyer les nécessaires réflexions et actions à mener par le gestionnaire en préparation ou lors des périodes d'événements extrêmes ;
- mettre à disposition des autorités compétentes pour la gestion de crise un socle minimal d'information sur le comportement et les conséquences potentielles des défaillances du système d'endiguement.

A) Les caractéristiques des différents scénarios à étudier

Le tableau suivant rappelle les caractéristiques à considérer, pour les différents scénarios à analyser et cartographier, en termes de niveau d'eau au lieu de référence, de type de défaillance et de risque résiduel de rupture de l'ouvrage.

Scénarios imposés par la réglementation	Niveau de l'eau au lieu de référence	Type de défaillance	Risque résiduel de rupture
S1 : Fonctionnement nominal	Niveau de protection	Sans objet	À déterminer mais < 5 %
S2 : Défaillance fonctionnelle	Niveau de protection	Dispositif de régulation des écoulements sans défaillance structurelle	À déterminer mais < 5 %
S3 : Défaillance structurelle	Niveau de danger	Brèche	> 50 %
S4 : Aléa de référence du PPRI(L)	Aléa de référence du PPRI(L)	Brèche	À déterminer
S5 : Nouveau système d'endiguement (Annexe 1 art. 10.3)	Défini par la classe du système d'endiguement	Sans objet	Sans objet

Tableau 3: Caractéristiques des scénarios réglementaires de venues d'eau à cartographier

La probabilité d'occurrence des scénarios étudiés est à afficher et le cas échéant à justifier :

- par définition, le choix du niveau de protection implique la probabilité d'occurrence du scénario 1 ;
- l'appréciation de la probabilité de survenue d'une défaillance fonctionnelle et donc la probabilité d'occurrence du scénario 2 s'appuie sur les éléments exposés relatifs à l'organisation du gestionnaire ;
- l'appréciation de la probabilité d'occurrence du scénario 3 s'appuie sur les résultats du diagnostic structurel approfondi permettant l'estimation de la probabilité de rupture du système d'endiguement en fonction de l'aléa considéré ;
- la probabilité d'occurrence du scénario 4 est dépendante du niveau de référence retenu pour le PPRI(L) ;
- la probabilité d'occurrence à considérer pour le scénario 5 est fonction de la classe du système d'endiguement en référence à l'article R219-119-3 du code de l'environnement.

(i) Les scénarios de type S1

Ce type de scénarios illustre l'efficacité et les limites géographiques de la protection pour un fonctionnement sans défaillance du système d'endiguement et pour un aléa égal au niveau de protection retenu. L'absence de défaillance est justifiée (au risque résiduel de rupture près, d'un maximum de 5 %) lorsque le niveau d'eau est inférieur à un certain seuil, généralement appelé niveau de sûreté, évalué au chapitre 7 de l'EDD.

Par principe, le système d'endiguement est censé empêcher toute entrée d'eau dans la zone protégée venant de la source d'inondation contre laquelle le système d'endiguement protège.

En maritime, il est admis que des entrées d'eau puissent survenir (franchissements), à condition que ces entrées d'eau ne déstabilisent pas les ouvrages, et que les volumes entrants soient gérés sans créer de problème pour les enjeux. L'EDD doit démontrer que ces volumes sont effectivement bien gérés et sans danger.

Plusieurs scénarios sont nécessaires pour une zone protégée partitionnée en plusieurs niveaux de protection : un scénario pour chacun des niveaux de protection retenus. D'autres scénarios peuvent être ajoutés par le gestionnaire, pour caractériser des venues d'eau particulières en dehors de la zone protégée :

- s'il existe des ouvrages non retenus dans le système d'endiguement dont la tenue ou inversement la rupture ont des conséquences significativement différentes en termes d'inondation (conséquences nécessairement en dehors de la zone protégée) ;
- Si le système d'endiguement comporte un déversoir, le gestionnaire se devrait d'étudier les conséquences en termes d'inondation du fonctionnement à plein régime de ce dernier, c'est-à-dire pour une hauteur d'eau correspondant au niveau de protection apparent ou de première surverse des ouvrages qui le supportent.
- si le système d'endiguement est ouvert par l'aval et qu'il peut être contourné à partir d'un certain niveau de crue, le gestionnaire peut évaluer et présenter, pour une gamme d'aléas, le remous causé par le système d'endiguement (remous nécessairement en dehors de la zone protégée).

Dans le cas où les scénarios de type 1 montrent des venues d'eau dangereuses (nécessairement en dehors de la zone protégée) dans le territoire de compétence du gestionnaire, et pour des niveaux d'aléa sensiblement inférieurs au niveau de protection, l'étude doit :

- indiquer l'aléa à partir duquel ces venues d'eau dangereuses se produisent ;
- indiquer un seuil d'alerte, de telle sorte que les services en charge de la sécurité des personnes aient le temps d'intervenir avant l'arrivée des venues d'eau dangereuses.

(ii) Les scénarios de type S2

La famille de scénarios S2 illustre les défaillances possibles des dispositifs de régulation (telles que la fermeture incomplète d'un clapet ou d'une vanne, le vol d'un batardeau, ...) dont la survenue doit être estimée dans le présent chapitre. L'aléa considéré est celui du niveau de protection. Par hypothèse, ces défaillances n'entraînent pas de défaillance structurelle. Le choix des sous-scénarios est justifié en regroupant les défaillances potentielles en fonction des conséquences pressenties des venues d'eau, notamment aux environs des principaux enjeux.

En l'absence de dispositif de régulation, il n'y a pas de scénario S2.

(iii) Les scénarios de type S3

La famille de scénarios S3 illustre les défaillances structurelles qui ont été identifiées et dont la probabilité de survenue a été estimée lors du diagnostic structurel approfondi. L'aléa retenu devra ainsi être au moins égal au niveau de danger du maillon du système d'endiguement considéré comme le plus faible.

Des aléas plus intenses peuvent être imposés si leurs conséquences sont significativement plus graves en termes de dangerosité des venues d'eau dans la zone protégée. Ce sera notamment le cas pour les systèmes d'endiguement estimés fragiles pour de faibles charges supposées, mais dont on ne peut pas, malgré tout, exclure la tenue au-delà de leur niveau de danger théorique (risque de rupture de 50 %). Une rupture se produisant alors que la digue est à pleine charge (niveau de la crête) pourra provoquer des

venues d'eau dans la zone protégée significativement plus étendues et dangereuses que celles correspondant au niveau de danger théorique.

De même l'étude des venues d'eau par une brèche causée par un aléa moins intense que le niveau de danger peut être porteuse d'enseignements. A titre d'exemple, l'étude des conséquences d'une brèche pour un aléa égal au niveau de protection peut être utile dans la mesure où ce risque ne peut pas être totalement écarté.

Par ailleurs, plusieurs localisations de la défaillance peuvent être envisagées, notamment si :

- les conséquences pressenties sont dépendantes du lieu de la brèche ;
- le niveau de danger des différents maillons du système d'endiguement n'est pas uniforme ;
- la capacité d'intervention du gestionnaire pour retarder, voire empêcher la brèche dépend de sa localisation.

Le nombre de scénarios étudiés dépend aussi de la classe du système d'endiguement. En effet généralement, plus la population séjournant dans la zone protégée est nombreuse plus sa mise en sécurité est complexe et incertaine. Il peut donc être utile de disposer d'un panel de scénarios représentatifs des situations envisageables afin que les services de secours soient en mesure de prioriser leurs actions.

Dans le cas maritime, si le système d'endiguement s'appuie sur des cordons dunaires et que la pertinence d'un effacement du cordon est mise en évidence lors du diagnostic structurel approfondi du système de protection, le scénario d'inondation résultant de l'effacement sera à étudier.

(iv) Les scénarios de type S4

Outre l'existence d'un PPRI(L), le scénario S4 ne fera l'objet d'une modélisation que s'il diffère sensiblement des scénarios S1 ou S3.

(v) Le scénario S5 correspondant à l'article 10.3 de l'annexe 1 de l'arrêté du 7 avril 2017

Lorsque l'étude concerne un système d'endiguement nouveau au profit de territoires précédemment dépourvus de toute protection, un scénario de venue d'eau correspondant à la classe de l'ouvrage est à produire. Les caractéristiques à considérer sont données par l'article R219-119-3 du code de l'environnement.

B) Méthode de cartographie

La caractérisation des écoulements est habituellement faite à l'aide d'un modèle hydraulique qui demande généralement des moyens importants et donc présente des coûts amortis sur l'ensemble des modélisations effectuées. Pour des configurations simples ou des systèmes d'endiguement avec peu d'enjeux, une analyse experte basée sur une topographie de qualité peut quelquefois s'avérer suffisante pour donner une approximation des conséquences d'une défaillance du système d'endiguement et permettre d'identifier les zones de dangers dans la zone protégée. L'analyse donnera un ordre de grandeur des hauteurs de submersion et signalera de façon qualitative les parties de territoires qui sont susceptibles de connaître des vitesses d'écoulement dangereuses et celles pour lesquelles la vitesse de montée des eaux pourrait être rapide.

Il est évidemment souhaitable d'effectuer un calage et une validation du modèle par la simulation d'événements historiques bien documentés et la comparaison des résultats du modèle aux observations de terrain. Cependant, en matière de rupture de digue, ce cas se présente rarement. Le bureau d'étude doit alors justifier ses hypothèses par analogie : cours d'eau ou mer et endiguement de même type et de même nature.

Il convient d'être particulièrement attentif aux conditions de la modélisation, notamment concernant :

- la topographie utilisée ;
- les coefficients de calage du modèle ;
- les obstacles à l'écoulement, notamment les infrastructures et le bâti ;

- les conditions de drainage et de ressuyage ;
- les hypothèses prises pour la définition des brèches et des éventuels autres types d'entrées d'eau considérées (vannes, batardeaux, déversoirs...). Les données d'entrée caractérisant l'ouverture d'une brèche sont :
 - a) le limnigramme ou l'hydrogramme en amont de la brèche, issu de la caractérisation de la sollicitation hydraulique. Pour les digues marines, il est recommandé de prendre plusieurs cycles de marée ;
 - b) la forme de la brèche (digue et fosse) et plus particulièrement sa largeur finale ;
 - c) la cinétique d'ouverture ;
 - d) le moment choisi pour l'amorce de l'ouverture ;
 - e) la localisation de la brèche en lien avec le diagnostic des ouvrages qui a permis de localiser les secteurs structurellement faibles, la proximité des enjeux et la topographie de la zone protégée qui conditionne la propagation des écoulements.

Les choix de ces données et hypothèses ont généralement une forte influence sur les résultats et doivent donc être soigneusement justifiés.

Aussi fine soit-elle, la modélisation reste une représentation schématique de la réalité entachée d'incertitudes. Il est donc important qu'un regard critique soit porté explicitement par le rédacteur de l'étude de dangers sur les résultats obtenus, lesquels sont généralement très sensibles aux données d'entrée et aux méthodes utilisées. Une étude de sensibilité peut ainsi être conduite afin d'évaluer la précision des résultats en identifiant :

- les paramètres ayant une grande influence sur les résultats et pour lesquels l'incertitude doit être nécessairement connue, voire réduite, afin de consolider les conclusions de l'étude ;
- les paramètres ayant inversement une faible influence sur les résultats et dont les incertitudes ont peu d'influence sur les résultats de l'étude.

C) Paramètres et seuils de dangerosité

En plus du nombre de personnes exposées, les venues d'eau en un lieu donné peuvent se caractériser de différentes manières :

- la hauteur d'eau atteinte ;
- la vitesse des écoulements ;
- le temps, après la brèche, avant que l'eau n'atteigne le lieu ;
- la vitesse de montée des eaux.

L'arrêté du 7 avril 2017 impose que les venues d'eau soient représentées a minima par la hauteur d'eau atteinte et la vitesse d'écoulement. Il fixe le seuil au-delà duquel les venues d'eau sont à considérer comme dangereuses (hauteur d'eau atteinte > 1 m ou vitesse > 0,5 m/s).

Pour les venues d'eau particulièrement dangereuses, aucun seuil quantitatif n'est fixé. L'arrêté donne cependant une définition des conditions des venues d'eau particulièrement dangereuses, qui concernent :

- des points bas du territoire inondable, ou autres lieux où la vitesse d'écoulement sera nettement plus importante qu'ailleurs ;
- ou bien des cuvettes, où la hauteur d'eau accumulée sera plus élevée qu'ailleurs, sans possibilité de ressuyage rapide ;
- ou encore des zones de dissipation d'énergie importante, ce qui traditionnellement fait référence aux zones immédiatement à l'arrière des digues, au moins celles susceptibles de connaître une brèche, dans la limite généralement admise de 100 fois la hauteur de la digue considérée.

Ces critères sont à préciser en fonction des caractéristiques du système d'endiguement.

Au-delà des traditionnels critères de hauteur d'eau et de vitesse des courants qui seront réputés plus élevés en ces lieux qu'ailleurs, les dangers supplémentaires avérés ou probables sont également à signaler :

- la vitesse très élevée de montée du niveau de l'eau ou d'atteinte d'un courant dangereux ;
- le risque de chocs ;
- le risque lié aux matériaux solides charriés par l'inondation ;
- un possible accident supplémentaire par rupture en cascade de tout « objet » (au sens large) dont il a connaissance de la présence dans la zone protégée ;
- le risque de pollution créée spécifiquement par l'inondation en fonction des informations qu'il dispose ;
- ...

A partir des caractéristiques des aléas naturels, du diagnostic des performances des ouvrages constituant le système d'endiguement et des éléments naturels inclus dans le système de protection, le prestataire analysera les conditions de survenue des différents scénarios de venues d'eau susceptibles de se produire dans et en dehors de la zone protégée. Leur probabilité d'occurrence sera évaluée et justifiée.

Le prestataire définira et justifiera les conditions des scénarios de venues d'eau à étudier dans et en dehors de la zone protégée, en conformité avec la classification des scénarios obligatoires prévus dans les dispositions de l'arrêté du 7 avril 2017 :

- Scénarios S1 : fonctionnement nominal du système d'endiguement pour chaque zone protégée et niveau de protection retenus ;
- Scénarios S2 : défaillances fonctionnelles de dispositifs du système d'endiguement ;
- Scénarios S3 : défaillances structurelles d'ouvrages constitutifs du système d'endiguement ;
- Scénario S4 : Aléa de référence du PPRI(L).

Pour chaque scénario étudié, la cartographie des venues d'eau sera établie et la dangerosité de ces dernières sera caractérisée en s'appuyant notamment sur les critères suivants :

- Hauteur de submersion maximale
- vitesse d'écoulement instantanée maximale ;
- [à compléter]

Les zones particulièrement dangereuses seront également définies, en fonction des critères suivants [à préciser par le gestionnaire] :

- submersion atteignant l'étage ;
- courant tel que les secours sont possibles uniquement à l'aide de bateaux motorisés ;
- courant susceptible d'entraîner des érosions ;
- présence probable de matériaux solides à forte cinétique ;
- ...

Les méthodes de cartographie employées seront précisées et le détail de leurs conditions de mise en œuvre (conditions initiales, hypothèses et paramètres utilisés, calages et validations réalisés,...) seront présentées et argumentées.

5 / Analyse de l'organisation du gestionnaire

Cette rubrique vise à préciser les objectifs et attendus de la présentation et de l'analyse de l'organisation du gestionnaire au regard de l'appréciation de la sûreté de fonctionnement du système d'endiguement.

L'étude de dangers est l'occasion pour le maître d'ouvrage d'avoir une analyse par un bureau d'étude agréé de son organisation et des moyens mis en place pour l'exercice de ses missions. Cette analyse résulte naturellement d'un dialogue entre le maître d'ouvrage et le bureau d'étude pouvant conduire à des modifications d'ordre organisationnel et à la mise en place de moyens supplémentaires afin que l'adéquation des moyens mis en place puisse être garantie.

L'organisation humaine et matérielle mise en place par le gestionnaire du système d'endiguement en période normale, en situation de crue et en post-crue est à présenter. Les moyens en propre mobilisés pour la gestion des ouvrages ainsi que les interactions avec les partenaires tiers (propriétaires d'ouvrages inclus dans le système, personnels communaux agissant en sous-traitance du gestionnaire de système d'endiguement pour des actions de surveillance, d'entretien ou de manœuvres...) et les autorités compétentes pour la gestion de crise (communes, État...) sont particulièrement à détailler.

Le document d'organisation (R214-122-I du Code de l'Environnement), de surveillance et d'entretien du responsable du système d'endiguement est à analyser au regard de l'adéquation entre, d'une part, la complexité du système d'endiguement et l'importance des enjeux protégés et, d'autre part, les moyens mis en œuvre par le gestionnaire pour répondre à ses obligations réglementaires.

L'organisation du gestionnaire est à présenter et analyser pour chaque situation particulière nécessitant des interventions, en tenant compte des conditions dans lesquelles celles-ci sont à réaliser sur le terrain, notamment en période de crue ou d'urgence (difficultés d'accès, difficultés de compte-rendu au PC de crise, coupure éventuelle d'électricité...) :

- Mise en place de batardeaux
- Manipulation de vannes
- Obturation de conduites
- Fermeture d'ouvrages mobiles
- ...

Les dispositions prévues pour des conditions opérationnelles particulières comme les week-ends, la nuit... (périodes avec moins de personnel disponible) sont à préciser.

La cohérence de la description de l'organisation du gestionnaire est à assurer avec les éléments présentés et pris en compte dans les autres analyses de l'étude de dangers :

- Conditions de maintien des performances des « barrières de sécurité » organisationnelles retenues pour diminuer la probabilité de certains phénomènes ;
- Adéquation entre les seuils d'alerte et les scénarios retenus. Permettent-ils de prévenir les autorités suffisamment avant la survenue de l'événement ?
- Adéquation entre les moyens (humains, matériels, communications...) et l'ampleur et la complexité du système d'endiguement décrit ;
- Prise en compte et traitement, dans les procédures d'urgence du document d'organisation, des principales défaillances identifiées, étudiées et caractérisées dans les scénarios de venues d'eau.

La rédaction du chapitre 9 de l'annexe 1 de l'arrêté ministériel du 7 avril 2017, relatif à l'organisation du gestionnaire et à l'adéquation de ses moyens pour la surveillance et l'entretien en toutes circonstances pour garantir l'objectif de protection, est suffisamment explicite pour être repris in extenso dans le cahier des charges. Le maître d'ouvrage veillera cependant à adapter la rédaction à la nature du milieu eau.

Le prestataire présentera et argumentera de la pertinence de l'adéquation des moyens humains et de l'organisation du gestionnaire en vue de garantir dans le temps le niveau de la protection apportée par les ouvrages, en détaillant particulièrement les points suivants :

- 1. L'organisation du gestionnaire pour ce qui concerne les aspects liés aux performances du système et à la sécurité (y compris la coordination que le gestionnaire est amené à mettre en œuvre avec d'autres responsables d'ouvrages) ;*
- 2. Les consignes écrites qui traduisent les modalités opérationnelles de mise en œuvre de cette organisation ;*
- 3. La définition des principales procédures qui encadrent l'identification et l'évaluation des principaux risques, la surveillance de l'ouvrage en toutes circonstances, la gestion des situations d'urgence et la gestion du retour d'expérience ;*
- 4. Les moyens d'information sur les crues ou les tempêtes, y compris lorsque des aménagements hydrauliques sont mis en œuvre en association avec le système d'endiguement ;*
- 5. Les procédures d'information et de communication avec les autorités compétentes pour la mise en sécurité des populations en période de crue ou de tempête ;*
- 6. Les dispositions prises par le responsable pour s'assurer en permanence du respect des procédures, auditer et réviser son organisation de gestion du système d'endiguement dans le cadre de son amélioration continue ;*
- 7. Le(s) rôle(s) de barrière de sécurité pouvant être assuré(s) par certains éléments de son organisation et de sa démarche de prévention des accidents.*

Le prestataire justifiera l'adéquation des moyens humains et de l'organisation qui sont mis en place par le gestionnaire du système d'endiguement pour garantir dans le temps le niveau de la protection qui est apportée à la zone protégée, en prenant en compte l'état réel des ouvrages, par :

- l'exécution de toutes les manœuvres d'exploitation appropriées, notamment pendant les périodes d'alertes ;*
- l'entretien des ouvrages, la détection précoce des désordres éventuels qui peuvent les affecter et leurs réparations courantes ;*
- les réparations et renforcements plus conséquents effectués à titre provisoire dans le respect des règles de l'art.*

6 / Rédaction et mise en forme finale des documents réglementaires

Cette rubrique vise la production du document final de l'étude de dangers à partir de l'articulation des résultats des différentes études thématiques tout en s'assurant de leur cohérence. L'étude de dangers doit présenter et justifier le fonctionnement et les performances attendues du système d'endiguement en toutes circonstances, à partir d'une démarche d'analyse de risque s'appuyant sur la collecte, l'organisation, l'étude et la confrontation de toutes les informations et données pertinentes pour cet objectif.

La phase de rédaction est particulièrement importante et à soigner, car elle conditionne la lisibilité du document produit et de ses résultats, que le maître d'ouvrage assumera et dont il devra assurer la communication auprès des différents publics intéressés : l'administration de l'État (le préfet et les services intéressés à la gestion des inondations, à la gestion de crise et la sécurité publique), les collectivités territoriales (maires, élus et agents des EPCI, communes... dont les compétences portent également sur la gestion des inondations et la sécurité publique) et la population.

Le prestataire établira le rapport final de l'étude de dangers conformément au plan en trois parties définies par l'arrêté du 7 avril 2017, accompagné de l'ensemble des documents cartographiques au format électronique :

- le résumé non technique, dont la fonction est de présenter simplement les conclusions de l'étude de dangers en termes de niveau de protection, de délimitation du territoire protégé et de scénarios de risques de venues*

d'eau en fonctionnement normal et lorsque se produit un évènement (crue, tempête) provoquant une montée des eaux excédant le niveau de protection.

- *le document A, dont la fonction est de présenter, en synthèse des éléments techniques détaillés et des justifications techniques fournies dans le document B, le niveau de protection, la zone protégée et le système d'endiguement qui lui est associé. Il présente également l'organisation mise en œuvre par le gestionnaire du système d'endiguement pour surveiller, entretenir le système d'endiguement et le surveiller lors des épisodes de crue ou de tempête et informer les autorités chargées de l'organisation des secours en cas de risque de dépassement des performances du système d'endiguement ;*
- *le document B détaille les analyses techniques et scientifiques qui permettent d'établir les performances du système d'endiguement, associé le cas échéant à un ou plusieurs aménagements hydrauliques, et de les justifier.*

Le prestataire s'attachera à produire des documents dans un style le plus simple, direct et explicite possibles, en apportant tous les éléments de justifications et d'explications utiles à la parfaite compréhension de chaque étape, hypothèses ou paramètres considérées dans l'analyse de la performance du système d'endiguement.

Les termes techniques récurrents feront l'objet d'un glossaire explicatif.

3.2.5 Déroulement des études et exécution du marché

Ce titre vise à préciser les conditions de pilotage et d'exécution des études liées au marché.

La qualité du déroulement de l'étude et l'adéquation des rendus avec les objectifs du maître d'ouvrage imposent l'implication forte du maître d'ouvrage dans le pilotage et une vigilance particulière sur les conditions d'exécution du marché. Celles-ci doivent permettre notamment :

- **l'expression par le maître d'ouvrage de ses choix stratégiques aux différentes étapes de la réalisation, et notamment en termes de définition du système d'endiguement, de niveau de protection et de zone protégée, sur la base des éléments d'appréciation et des alternatives possibles présentées par le prestataire ;**
- **l'identification par le prestataire des livrables attendus et des conditions de leur validation par le maître d'ouvrage.**

1 / Modalités de pilotage

Le maître d'ouvrage indique la personne chargée de suivre le déroulement de l'étude, ainsi que les éventuels organismes associés pour l'assister, notamment si une assistance à maître d'ouvrage est missionnée ou si un comité de pilotage de l'étude est constitué.

Pour le suivi des études, le maître d'ouvrage sera représenté par [indiquer la personne ou le service]. Il sera accompagné d'un assistant à maître d'ouvrage dédié [indiquer le nom ou la personne si elle est déjà connue]

Un comité de pilotage de l'étude est constitué à l'initiative du maître d'ouvrage pour assurer le suivi du déroulement de l'étude de dangers. Il comprendra les représentants des organismes suivants :

- *[lister les organismes membres du COPIL si celui-ci est constitué]*

2 / Contraintes particulières

Les éventuelles contraintes connues liées à l'accessibilité aux ouvrages, situés dans le périmètre d'étude et susceptibles d'être intégrés au système d'endiguement, ou à son environnement sont à communiquer. Au besoin les conditions d'interventions in situ du prestataire sont à définir, notamment les conditions d'informations et d'autorisation en lien avec le maître d'ouvrage.

Le prestataire informera le maître d'ouvrage préalablement à toute intervention sur site dans le cadre de l'exécution des prestations du marché.

Par ailleurs, le prestataire est informé des contraintes d'accès particulières concernant les ouvrages suivants :

- [Lister les ouvrages et leurs contraintes spécifiques connues]

3 / Description des moyens du prestataire

En application de l'article R214-116 du code de l'environnement, la réalisation de l'étude de dangers d'un système d'endiguement est à mener par un bureau d'étude disposant d'un agrément défini par l'arrêté du 15 novembre 2017. Cependant le maître d'ouvrage a tout intérêt à s'assurer de la qualification des moyens humains et matériels qui seront mis à disposition par le bureau d'étude durant toute la durée de la mission.

Cette rubrique a ainsi pour objectif de faire préciser par le prestataire les moyens humains et techniques qu'il s'engage à mettre en œuvre pendant la durée de l'étude :

1. la personne en charge du pilotage
2. l'équipe qui assistera celui-ci
3. les moyens d'exécution comprenant :
 - (a) les matériels : dispositifs de mesures, outils informatiques (y compris modèles et logiciels),...
 - (b) les personnels: chef de projet, experts, chargés d'études, entrepreneurs, opérateurs,...

L'ensemble des moyens affectés au marché est à décrire, phase par phase, dans l'offre produite par le soumissionnaire, que ceux-ci relèvent du soumissionnaire ou d'éventuels sous-traitants.

En cours d'étude des demandes préalables d'acceptation de modifications de moyens sont à établir par le prestataire.

Les qualités et références des personnels du soumissionnaire, ainsi que celles de toutes les sociétés (cabinet de géomètres, entreprises spécialisées, laboratoire de mécanique des sols, etc.) et de leurs personnels, qui seront amenés à intervenir, sous sa responsabilité, dans le cadre de l'exécution du marché sont en effet à connaître par le maître d'ouvrage.

Le prestataire établira un mémoire présentant les moyens humains et matériels spécifiques dédiés à la réalisation de la mission. Il détaillera en particulier :

- *le nom et les qualifications du responsable de la mission désigné comme interlocuteur auprès du maître d'ouvrage et en charge de l'harmonisation et de la présentation finale des résultats des études ;*
- *les noms et qualifications des personnels techniques responsables et impliqués dans la réalisation des différentes études thématiques, y compris ceux des éventuels sous-traitants ;*
- *l'organisation mise en place pour assurer le suivi et la qualité du projet.*

4 / Phasage et délais

Le délai est déterminé en fonction des échéances réglementaires ou imposées par arrêté préfectoral et des missions à réaliser. Un délai de 6 mois peut être considéré comme un minimum pour la réalisation de l'étude de dangers dans le cas favorable où l'ouvrage dispose déjà d'un diagnostic approfondi. Ce délai dépendra également de la complexité du système et de l'ambition du gestionnaire sur la précision du niveau de protection recherché, et donc de l'ampleur des investigations qui en découleront afin de déterminer les données d'entrée indispensables aux justifications requises.

Le déroulement du marché sera rythmé par les réunions de suivi. Le prestataire présentera un phasage précis du déroulement de l'étude et, le cas échéant, des autres missions, respectant l'exigence de délai. Ce phasage pourra être révisé à l'issue de la phase d'analyse des données d'entrée : réunion B (cf ; chapitre 3.3).

5 / Réunions de suivi

Le maître d'ouvrage indique le nombre, le lieu et les participants des réunions de suivi de l'étude.

Il est recommandé d'organiser des réunions à chaque étape définie pour la réalisation de l'étude de dangers, afin de valider le contenu et les livrables des phases successives :

- une réunion de démarrage pour rappeler le déroulement prévu de l'étude et où les dispositions prises pour le pilotage sont présentées ;
- des réunions d'avancement à des étapes-clés afin de :
 - valider la pertinence des données d'entrées, y compris celles provenant de prestations intégrées au cahier des charges enrichissant le diagnostic du système d'endiguement et acter, le cas échéant, la nécessité d'investigations complémentaires ;
 - valider le rendu des études et investigations complémentaires ;
 - présenter le diagnostic approfondi des éléments constitutifs du système d'endiguement ;
 - présenter et valider la justification de l'adéquation de l'organisation et des moyens du gestionnaire du système d'endiguement pour :
 - s'informer auprès des services compétents en matière de prévision et d'annonce de crues/tempêtes,
 - alerter sans délai les autorités qui sont compétentes pour la mise en sécurité préventive des personnes ;
 - valider les probabilités de défaillance du système d'endiguement et arrêter les scénarios de venues d'eau dans et en dehors de la zone protégée à étudier ;
 - valider l'étude des scénarios et fixer définitivement :
 - la composition du système d'endiguement ;
 - le territoire à protéger ;
 - le niveau de protection.

L'encart suivant illustre une rédaction possible pour la réalisation d'une unique étude de dangers.

Des réunions de suivis seront organisées selon les modalités suivantes :

- *le maître d'ouvrage met à disposition la salle et invite les participants,*
- *le prestataire réalise les supports de réunion et rédige les compte-rendus dans un délai de : [1 semaine].*

Les réunions suivantes seront organisées par le maître d'ouvrage :

1. démarrage de l'étude, rappel des objectifs de l'étude et présentation des moyens humains et techniques que le prestataire met en œuvre pour la réalisation de l'étude
2. présentation de l'évaluation des données d'entrée et la détermination des éventuelles investigations complémentaires pour lesquelles le prestataire assure le pilotage,
3. présentation et validation du rendu des investigations complémentaires, le cas échéant et validation du diagnostic approfondi des éléments constitutifs du système d'endiguement, ;
4. évaluation de l'organisation et des moyens du gestionnaire du système d'endiguement ;
5. présentation par le prestataire des probabilités de défaillance du système d'endiguement et choix par le maître d'ouvrage ;
 - (a) de la valeur maximale ¹ du risque résiduel de rupture d'ouvrage quand celui-ci est soumis à une crue [tempête] correspondant au niveau de protection,
 - (b) des scénarios de défaillance nécessitant une modélisation : sollicitations hydrauliques et localisation des brèches,
6. présentation de l'étude des venues d'eau dans et en dehors de la zone protégée et validation du choix définitif du niveau de protection, de la zone protégée et de la composition du système d'endiguement.

¹ Cette valeur ne pourra pas dépasser 5 %, conformément à l'annexe 1 de l'arrêté du 7 avril 2017

6 / Rendus ou livrables attendus

Ce titre vise à préciser le détail des livrables et de leur format, attendus en règlement de l'exécution du marché de prestation intellectuelle relatif à la réalisation de l'étude de dangers.

A) Rapports

Cette rubrique vise à présenter le détail des rapports attendus dans le cadre de la réalisation de l'étude de dangers et leurs conditions de transmission au maître d'ouvrage. Le nombre et la nature des rapports à produire sont à adapter à l'organisation et au phasage prévus pour l'étude, et notamment aux différentes tranches ou lots envisagés dans le cadre du marché (cf paragraphe 2.2 et paragraphe 3.2.1).

Ils devraient comprendre :

- des rapports relatifs aux données d'entrée mobilisées
 - rapport sur l'évaluation des données d'entrée ;
 - note sur la validation des investigations complémentaires et le diagnostic structurel approfondi des éléments constitutifs du système d'endiguement ;
- des rapports thématiques des études contributrices de l'étude de dangers réalisés dans le cadre du marché :
 - rapport sur la caractérisation de l'environnement ;
 - rapport de caractérisation et de diagnostic structurel approfondi des ouvrages ;
 - rapport sur le retour d'expérience sur le comportement des ouvrages ;
 - rapport des études hydrauliques (incluant la description, le calage et la validation des modèles utilisés) ;
- le rapport final de l'étude de dangers composé :
 - d'un premier volume constitué par le corps de l'étude et suivant le plan défini par l'arrêté du 7

avril 2017 ;

- d'un second volume d'annexes regroupant l'ensemble des documents techniques définitifs produits ou utilisés :
 - liste des intervenants dans la production de l'EdD ;
 - documents réglementaires attachés aux ouvrages intégrés dans le système d'endiguement (rapports de construction, rapports de visite technique approfondie, consignes de surveillance, etc.) ;
 - rapports des éventuelles investigations géotechniques et géophysiques ;
 - rapports relatifs aux données d'entrée mobilisées ;
 - rapports de chacune des études contributrices de l'étude de dangers réalisées dans le cadre du marché.

Chaque livrable produit doit être daté et faire l'objet d'une indexation permettant de suivre ses différentes versions et d'assurer ainsi la traçabilité des modifications apportées lors du processus de correction et de validation par le maître d'ouvrage.

Les rendus finaux s'effectuent habituellement au format imprimé et au format numérique, éventuellement stockés sur un CD-ROM ou un DVD. Il est indispensable que le maître d'ouvrage précise :

- le nombre d'exemplaires imprimés souhaité ;
- les formats numériques de restitution.

Conformément à l'organisation et aux phasages des études nécessaires à la réalisation de l'étude de dangers, le prestataire produira les documents suivants [A Adapter] :

- *des rapports relatifs aux données d'entrées mobilisées*
 - *rapport sur l'évaluation des données d'entrée ;*
 - *note sur la validation des investigations complémentaires et le diagnostic structurel approfondi des éléments constitutifs du système d'endiguement ;*
- *des rapports thématiques des études contributrices de l'étude de dangers réalisés dans le cadre du marché :*
 - *rapport sur la caractérisation de l'environnement ;*
 - *rapport de caractérisation et de diagnostic structurel approfondi des ouvrages ;*
 - *rapport sur le retour d'expérience sur le comportement des ouvrages ;*
 - *rapport des études hydrauliques ;*
- *le rapport final de l'étude de dangers.*

Chaque rapport fera l'objet d'une indexation permettant de déterminer sa situation au regard du processus de validation et d'assurer la traçabilité des différentes versions. Il sera remis au maître d'ouvrage :

- *en X exemplaires imprimés*
- *en version numérique aux formats compatibles Adobe (.pdf), Libreoffice (.odt) et Word (.docx) [A adapter].*

B) Rendu des cartographies sous SIG

Cette rubrique permet de préciser le format et les caractéristiques des données et informations restituées sous formes cartographiques dans le document final de l'EDD. Une attention particulière doit être portée aux rendus des différentes cartographies réglementaires.

L'ensemble des cartographies présentées à l'appui de l'EDD seront fournies dans un format au moins à l'échelle 1/25 000 ainsi que sous un format vectoriel réutilisable par le maître d'ouvrage ou les autorités compétentes pour la mise en sécurité préventive des personnes.

[Le maître d'ouvrage précisera ici le format souhaité des couches SIG et la structure de leurs tables de données ayant permis de construire la cartographie.]

7 / Conditions de réception des études

Cette rubrique vise à préciser dans quelles conditions les études seront approuvées par le maître d'ouvrage et sous quelles conditions la prestation de réalisation de l'étude de dangers sera considérée comme définitivement achevée. Cet achèvement pourra être sanctionné par l'acceptation de l'étude par le maître d'ouvrage ou le comité de pilotage défini pour le suivi de l'étude, ou par l'obtention auprès des services de l'administration de l'autorisation du système d'endiguement (initiale ou après travaux et modifications).

Dans tous les cas, il apparaît judicieux de prévoir sous une forme ou une autre un accompagnement du prestataire rédacteur de l'étude de dangers pour répondre aux observations éventuelles de l'administration sur le document réglementaire produit.

Chaque rapport d'études spécifique accompagné d'un support de présentation en réunion sera transmis au maître d'ouvrage et à ses assistants dans un délai [à préciser] préalable à sa présentation au maître d'ouvrage (ou au COPIL en charge du suivi de l'étude) lors d'une réunion particulière. En cas de manquement à ce délai la réunion pourra être ajournée sine die par le maître d'ouvrage.

À l'issue de la réunion de présentation de l'étude le maître d'ouvrage (ou le COPIL) se prononcera sur la recevabilité de l'étude ou accordera un délai de correction, défini en accord avec le titulaire du marché, et établi en fonction de l'ampleur des modifications et compléments à apporter au document. À l'issue de ce délai, le document corrigé sera adressé au maître d'ouvrage qui se prononcera définitivement sur sa validité dans un délai de [à préciser] après réception ou demandera la tenue d'une nouvelle réunion dédiée à cette étude particulière.

Le rapport définitif de l'Étude de dangers sera soumis au maître d'ouvrage dans un délai [à préciser] avant la tenue d'une réunion particulière de présentation. L'acceptation de l'étude par le maître d'ouvrage (ou le COPIL de suivi de l'étude), après éventuelles corrections, définira l'achèvement de la prestation.

Le prestataire se tiendra à la disposition du maître d'ouvrage pour répondre aux observations éventuelles de l'administration sur le document réglementaire produit.

8 / Propriétés des résultats

Cette rubrique vise à préciser les conditions de propriété des résultats des études souhaitées par le maître d'ouvrage, si celles-ci ne sont pas suffisamment précisées dans le cahier des clauses administratives et générales.

L'intégralité des données et des résultats produits dans le cadre de la réalisation des études, reconnaissances et levés spécifiques du présent marché seront la propriété du maître d'ouvrage.

Les modèles produits seront fournis au maître d'ouvrage qui se réserve le droit d'une exploitation future pour ses propres fins, sans préjudice des droits du bureau d'étude.

Les résultats issus des études réalisées dans le cadre du marché pourront faire l'objet de publications par les contractants, après accord du maître d'ouvrage.

9 / Données fournies au démarrage des études

Cette rubrique permet de lister l'ensemble des données fournies par le maître d'ouvrage au démarrage de l'étude. Elle peut être organisée en fonction de la nature des données fournies (rapports papier, documents électroniques, données SIG, base de données...) et par thématiques.

Les éléments de connaissances de l'ouvrage, du milieu eau et de la zone exposée au risque d'inondation mis à disposition du prestataire sont les suivants :

- *les éléments concernant le système d'endiguement :*
 - *les documents de conception (AVP, PRO) des ouvrages constituant le système d'endiguement ;*
 - *les documents de réalisation (DOE, dossier de conformité, plans) ;*
 - *la topographie de l'ouvrage la plus récente de l'ouvrage ;*
 - *les reconnaissances, les études géotechniques, les études justificatives de la stabilité et de résistance de l'ouvrage vis-à-vis des phénomènes destructeurs pertinents ;*
 - *les visites techniques approfondies et tous examens complémentaires ;*
 - *les diagnostics des ouvrages englobés ou traversants ;*
- *les éléments de caractérisation de l'environnement de l'endiguement et les interactions endiguement – environnement :*
 - *hydrologie / hydraulique ;*
 - *morphologie et occupation du lit ;*
 - *sensibilité de l'ouvrage vis-à-vis du phénomène d'embâcles ;*
 - *sensibilité de l'ouvrage aux sollicitations sismiques ;*
 - *état sanitaire de la végétation ligneuse sur l'ouvrage ;*
 - *autres thématiques ;*
 - ...
- *des éléments d'information potentiellement utile pour caractériser la zone exposée au risque d'inondation :*
 - *PPRI ;*
 - *PCS ;*
 - *étude de recensement ou de caractérisation des enjeux ;*
 - ...
- *les documents décrivant l'organisation du gestionnaire et ses liens avec d'éventuels partenaires tiers :*
 - *organisation du gestionnaire et consignes d'exploitations des ouvrages ;*
 - *conventions de prestation de services entre le gestionnaire des digues et les propriétaires d'ouvrages intégrés au système d'endiguement ;*
 - *conventions entre l'EPCI à fiscalité propre gestionnaire du système d'endiguement et la commune pour des prestations d'exploitation dans certaines situations particulières (exemple : pose de batardeaux en période de crue)*
 - *consignes d'exploitation en situation de crues des aménagements hydrauliques susceptibles de modifier la sollicitation au droit de l'endiguement.*

4 Annexes

4.1 Glossaire

4.1.1 Abréviations

EPCI	Établissement Public de Coopération Intercommunal
GEMAPI	Gestion des Milieux Aquatiques et Prévention des Inondations
PCS	Plan communal de sauvegarde
PPRN	Plan de prévention des risques naturels
PPRI	Plan de prévention des risques inondations
PPRL	Plan de prévention des risques littoraux
EDD	Étude de dangers

4.1.2 Définitions

Gestionnaire du système d'endiguement : entité en charge de la « défense contre les inondations et les submersions d'un territoire qui gère au moins un système d'endiguement. À ce titre, il a pour mission :

- la réalisation d'études de dangers ;
- l'entretien et la surveillance des ouvrages composant le système d'endiguement ;
- la déclaration et le maintien des performances du système d'endiguement sur un territoire que le gestionnaire détermine ;
- la réalisation de tous travaux nécessaires au maintien de ces performances.

Niveau de danger : Le niveau de danger correspond au niveau d'eau, mesuré au lieu de référence, à partir duquel la probabilité de défaillance du système d'endiguement est très élevée à certaine pour les différents modes de rupture auxquels il est potentiellement exposé. C'est par exemple le moment où la hauteur d'eau et/ou les vagues crée(nt) une surverse ou des franchissements sur un tronçon de digue non prévu pour résister à cet effet.

Niveau de protection¹ : Pour un système d'endiguement, le niveau de protection d'une zone exposée au risque d'inondation ou de submersion marine correspond à la hauteur maximale que peut atteindre le niveau d'eau mesurée au lieu de référence, tel que :

- la probabilité de rupture des ouvrages qui constituent le système d'endiguement soit inférieure à une valeur jugée acceptable par le gestionnaire, mais qui ne peut dépasser réglementairement 5 %;
- la zone protégée soit préservée de l'inondation provenant du cours d'eau ou de la mer par débordement ou contournement des ouvrages de protection.

Niveau de protection apparent : le niveau de protection apparent d'une zone exposée au risque d'inondation ou de submersion marine assuré par un système d'endiguement correspond à la hauteur maximale que peut atteindre l'eau sans que cette zone soit inondée en raison du débordement ou du contournement des ouvrages de protection quand l'inondation provient directement du cours d'eau ou de la mer.

Niveau de sécurité : le niveau de sécurité d'une zone exposée au risque d'inondation ou de submersion marine assuré par un système d'endiguement correspond à la hauteur maximale, mesurée au lieu de référence, déterminant l'apparition des premières venues d'eau dangereuses et déterminant les conditions d'alerte des autorités compétentes pour la gestion de crise.

¹ Définition donnée par l'article R.214-119-1

Niveau de sûreté : le niveau de sûreté correspond à la hauteur maximale, mesurée au lieu de référence, que peut atteindre l'eau pour laquelle le système d'endiguement est considéré comme sûr.

Système d'endiguement : Ensemble des digues et des remblais ou murs qui isole un territoire des inondations venant d'un cours d'eau, d'une mer ou d'un lac et ce jusqu'à un certain niveau d'événement, ainsi que tous les ouvrages nécessaires au bon fonctionnement de la protection du territoire (vannes, stations de pompage...). Les ouvrages composant le système d'endiguement sont définis par le gestionnaire en fonction de ses objectifs de protection : la zone protégée et le niveau de protection.

Système de protection contre les inondations : Un système de protection contre les inondations peut être défini comme l'ensemble d'ouvrages et parfois d'autres éléments de l'environnement ayant pour but ou pour effet de protéger un territoire naturellement inondable, contre les crues ou submersions issues d'une ou plusieurs « étendues » d'eau (mer, fleuves, rivières, torrents, lacs, ...).

Zone inondable : secteur topographique inondé en l'absence d'ouvrage pour un événement ou phénomène naturel d'occurrence donnée.

Zone potentiellement protégée : secteur topographique mis hors d'eau du fait de la présence et du fonctionnement normal de l'ouvrage, pour un événement ou phénomène naturel d'occurrence donnée.

Zone protégée : secteur géographique que souhaite protéger le gestionnaire et pour lequel est fixé l'objectif de protection du système d'endiguement. Pour le niveau de protection défini, cette zone doit être hors d'eau, à l'exception de franchissements non dangereux et pouvant faire l'objet d'un ressuyage rapide. Son extension maximale possible correspond ainsi à l'enveloppe des zones soustraites à l'inondation par un fonctionnement nominal du système d'endiguement et pour un phénomène naturel correspondant à son objectif de protection. Le gestionnaire est libre de ne considérer qu'une zone plus restreinte à l'intérieur de cette enveloppe.

4.2 Références bibliographiques

4.2.1 Références spécifiques aux systèmes et ouvrages hydrauliques de protection contre les inondations

Cerema, 2018. Etude de dangers de systèmes d'endiguement – Concepts et principes de réalisation des études. Cerema, Bron, Collection référence, 62 p.

Cerema, 2017. Interventions d'urgence sur les dispositifs de protection contre les submersions marines. Cerema, Bron, Collection Références, 97 p.

Cerema, 2016. Étude des systèmes de protection contre les submersions marines. Cerema, Bron, Collection Références, 446 p.

CIRIA. 2013. The International Levee Handbook. CIRIA. C731. London.

Ledoux, Patrick, Yann Deniaud, David Salmon, Daniel Loudière, et Rémy Tourment. 2016. Contribution des études de dangers à la sûreté des systèmes d'endiguement. Colloque Sûreté des barrages et enjeux, Comité Français des Barrages et Réservoirs (CFBR), 23 & 24 novembre 2016, Chambéry, France. https://doi.org/10.24346/cfbr_colloque2016_b02.

MEDDE. 2015. Référentiel technique digues maritimes et fluviales. Direction Générale de la Prévention des Risques, MEDDE. 191 p.

Mériaux P., Royet P., Folton C., 2004. Guide pratique à l'usage des propriétaires et des gestionnaires – Surveillance, Entretien et diagnostic des Digues de protection contre les inondations. Cemagref Editions.

Tourment R., Beullac B. 2019. Inondations – Analyse de risque des systèmes de protection – Application aux études de dangers. Éditions Lavoisier, collection Tec & Doc, 356 p.

4.2.2 Références bibliographiques complémentaires

- Cerema, 2018. Études hydrauliques maritimes. Cerema, Bron, Collection Références, 156 p.
- Cerema, 2015. Étude des aléas littoraux dans le cadre d'une analyse coûts-bénéfices (ACB). Cerema, Bron, Collection Références, 52 p.
- Cerema, 2015. Analyse du fonctionnement hydro-sédimentaire du littoral – Cahier technique. Cerema, Bron, Collection Connaissances, 76 p.
- CETMEF, 2013. Analyse des surcotes extrêmes le long des côtes métropolitaines. Outils, Côtier, Rapport méthodologique C13-02, Compiègne, 131 p.
- CETMEF (X. Kergadallan), 2013. Analyse statistique des niveaux d'eau extrêmes – environnements maritime et estuarien. Collection Etat de l'art, Aménagement Côtiers, Rapport méthodologique C13-01, Compiègne, 182 p..
- CETMEF, 2011. Préconisation pour le recensement des ouvrages et structures de défense contre les aléas côtiers – Notice méthodologique. Collection Outils, Côtier. CETMEF, 60 p.
- CETMEF, 1998. Recommandations pour la conception et la réalisation des aménagements de défense du littoral contre l'action de la mer. Collection État de l'art, Aménagement Côtiers, référence ER PM 98.01, Compiègne, 541 p.
- CIRIA, CUR, CETMEF, 2009. Guide Enrochement – L'utilisation des enrochements dans les ouvrages hydrauliques – Version française du Rock Manual (2e édition). Cetmef, Compiègne.
- CIRIA, CUR, CETMEF, 2007. The Rock Manual: The Use of Rock in Hydraulic Engineering. CIRIA, London, 2nd ed.
- IRSN, 2013. L'aléa inondation - État de l'art préalable à l'élaboration du guide inondation pour les installations nucléaires. 291 p.
- MEDDE/DGPR/SRNH, 2015. Guide méthodologique : Plan de prévention des risques littoraux. MEDDE, Paris, 169 p.
- SHOM, CETMEF, 2012. Statistiques des niveaux marins extrêmes des côtes de France (Manche et Atlantique). Document X005HYI, SHOM, 160 p.
- USACE, 2002. Engineer Manual 1110-2-1100 – Coastal Engineering Manual, version 2002.
- Van der Meer et al., 2016. Manual on wave overtopping of sea defences and related structures. An overtopping manual largely based on European research, but for worldwide application. Second Edition (2016), (available at www.overtopping-manual.com).

Pour mettre en place, définir les performances et gérer au quotidien un système d'endiguement ayant une vocation de défense contre les inondations et les submersions, la réglementation impose la réalisation d'une étude de dangers (décret n° 2015-526 du 12 mai 2015). Cette étude est au centre de la connaissance du système d'endiguement et de son environnement. Elle doit présenter et justifier le fonctionnement et les performances attendues du système d'endiguement en toutes circonstances, à partir d'une démarche d'analyse de risque s'appuyant sur la collecte, l'organisation, l'étude et la confrontation de toutes les informations et données pertinentes.

Ce document propose un cadre de réflexion pour le déroulement et l'organisation des études nécessaires à la production d'une étude de dangers de système d'endiguement. Il présente, explique et détaille les attendus de différentes rubriques entrant dans la constitution d'un cahier des clauses techniques particulières (CCTP) en vue de son élaboration. Enfin il illustre, lorsque cela est possible, le contenu de ces différentes rubriques par des éléments de rédaction génériques qui restent à adapter et compléter suivant la configuration du système d'endiguement et l'organisation choisie par le maître d'ouvrage pour le déroulement des études.



Cerema Eau, mer et fleuves

155 rue Pierre Bouguer – BP 5 – 29 280 PLOUZANE

Tel : 03 44 92 60 00 – Fax : 03 44 92 60 70 – mel : DTecEMF@cerema.fr

www.cerema.fr