

Annexes

Annexe 1 : Descriptions des interactions et flux de données entre études élémentaires de réalisation d'une analyse de risque de système de protection contre les inondations

Annexe 2 : Principaux textes réglementaires relatifs aux digues

Annexe 3 : Proposition de cahier des charges pour la réalisation d'une étude de dangers de système d'endiguement

Annexe 4 : Études hydrauliques pour l'analyse de risque des systèmes de protection contre les inondations en contexte fluvial

Annexe 5 : Retour d'expérience de la DREAL Centre – Val-de-Loire sur la rédaction des EdD au format « réglementation 2007 »

ANNEXE 1

Réalisation de l'analyse de risque de système de protection contre les inondations

Descriptions des interactions et flux de données entre études élémentaires

Voir Figure 5-3. pour une décomposition de l'analyse de risque en études élémentaires

Étude 0 – Étude accidentologique du système endigué

Liens avec les autres études élémentaires : voir Figure 5-5

Flux de données : voir Figure 5-6

Données d'entrée pouvant être utiles	Résultats d'études élémentaires (dans le cas d'une étude accidentologique sous forme de synthèse finale)	2. Analyse de la gestion de la sécurité Description des conséquences positives ou négatives, du point de vue du risque, des différentes mesures de gestion de la sécurité appliquées jusqu'à aujourd'hui.
		4. Hydraulique globale (niveaux/événements) Description des différents événements hydrauliques ayant impacté le système de protection ou des systèmes de protection similaires.
		6. Comportement morphodynamique local du milieu eau Description des différents phénomènes morphodynamiques ayant impacté le système de protection ou des systèmes de protection similaires
		9. Autres actions et facteurs aggravants Description des différents phénomènes physiques ayant impacté le système de protection ou des systèmes de protection similaires.
		C. Analyse de la défaillance du système de protection Description des différents mécanismes de détérioration observés sur le système de protection ou des systèmes de protection similaires ; description des défaillances non structurelles observées dans le passé.
		13. Caractérisation des brèches Caractérisation en termes de géométrie, dynamique et hydraulique.

Données d'entrée pouvant être utiles	Résultats d'études élémentaires (dans le cas d'une étude accidentologique sous forme de synthèse finale)	<p>E. Intensité et cinétique des scénarios d'inondation Description des phénomènes d'inondation passés.</p> <p>F. Vulnérabilité des enjeux Description des accidents ayant touché les enjeux, du fait de la propagation d'inondations dans les zones protégées considérées.</p>
	Données disponibles auprès du gestionnaire de digues	Retours d'expériences d'événements passés sur le système de protection étudié.
	Données externes	Retours d'expériences d'événements passés sur d'autres systèmes de protection similaires.
	Données issues de reconnaissances ou recherches spécifiques	Recherches d'archives : retours d'expériences d'événements passés sur le système de protection étudié ou sur d'autres systèmes de protection similaires.
Alimentation d'autres études élémentaires (dans le cas d'une étude accidentologique préliminaire)		<p>A. Définition du périmètre de l'étude et identification du risque Lorsqu'elle est menée au début de l'analyse de risque, l'étude accidentologique constitue une première source d'information pour l'identification des risques.</p> <p>2. Analyse de la gestion de la sécurité Description des conséquences positives ou négatives, du point de vue du risque, des différentes mesures de gestion de la sécurité appliquées jusqu'à aujourd'hui.</p> <p>4. Hydraulique globale (niveaux/événements) Description des différents événements hydrauliques ayant impacté le système de protection ou des systèmes de protection similaires.</p> <p>6. Comportement morphodynamique local du milieu eau Description des différents phénomènes morphodynamiques ayant impacté le système de protection ou des systèmes de protection similaires</p> <p>9. Autres actions et facteurs aggravants Description des différents phénomènes physiques ayant impacté le système de protection ou des systèmes de protection similaires.</p> <p>C. Analyse de la défaillance du système de protection Description des différents mécanismes de détérioration observés sur le système de protection ou des systèmes de protection similaires. Description des défaillances non structurelles observées dans le passé.</p> <p>13. Caractérisation des brèches Caractérisation en termes de géométrie, dynamique et hydraulique.</p> <p>E. Intensité et cinétique des scénarios d'inondation Description des phénomènes d'inondation passés.</p> <p>F. Vulnérabilité des enjeux Description des accidents ayant touché les enjeux, du fait de la propagation d'inondations dans les zones protégées considérées.</p>

1. Topographie

Liens avec les autres études élémentaires : voir Figure 5-8

Flux de données : voir Figure 5-9

Données d'entrée pouvant être utiles	Résultats d'études élémentaires	<p>A. Définition du système</p> <p>Détermination des éléments du périmètre de l'étude qui requièrent une caractérisation topographique spécifique :</p> <ul style="list-style-type: none"> - le système de protection, - les facteurs aggravants pour le système de protection (végétation ligneuse, terriers d'animaux, ouvrages inclus, etc.), etc.
	Données disponibles auprès du gestionnaire de digues	<p>Données topographiques existantes relatives à l'ouvrage ou son environnement</p> <p>Plans cotés de travaux et aménagements, fichiers de points (x, y, z) (attention au système de projection et au référentiel altimétrique).</p>
	Données externes	<p>Cartes IGN</p> <p>Différents types de données topographiques sont distribués par l'IGN (Scan 25°, Scan 100°). Le 1 : 25 000 avec des courbes de niveau tous les 10 m correspond au format le plus précis disponible.</p>
		<p>BD ALTI® IGN</p> <p>Gamme complète de modèles numériques de terrain (MNT) qui décrivent la forme du terrain à différentes échelles.</p> <p>La BD ALTI® est disponible à différents pas : 25, 50, 75, 100, 250, 500, 1 000 m. Produit livré sous forme de MNT ou de courbes de niveau.</p> <p>Sa précision altimétrique est métrique (de généralement 2 m, elle peut aller jusqu'à 6 m dans certaines zones du territoire).</p>
Données issues de reconnaissances ou recherches spécifiques	<p>Résultat de levés Lidar</p> <p>Méthode de levé topographique par laser aéroporté ou terrestre.</p> <p>Permet une acquisition à très grand rendement de la topographie sur de grandes surfaces et avec une grande densité de points. La précision et la résolution des résultats peuvent être relativement élevées (précision jusqu'à 3 cm en altitude et 5 cm en planimétrie, résolution entre 80 et 120 points/m²).</p> <p>Peut permettre de réaliser des levés bathymétriques, mais uniquement pour des faibles profondeurs et des faibles turbidités de l'eau.</p> <p>Avantage</p> <p>Permet un très haut rendement d'acquisition d'une forte densité de points cotés sur des zones géographiques étendues.</p> <p>Rentable pour le levé de systèmes de protection étendus.</p> <p>Permet l'acquisition des couleurs, de vidéos et de photographies de grande résolution.</p> <p>Limites</p> <p>Pour le levé d'un système de protection, le coût de l'opération ne devient intéressant qu'à partir d'environ 60 km de linéaire.</p> <p>La résolution planimétrique et la précision altimétrique des levés Lidar doivent être connues pour l'analyse.</p> <p>La précision et la résolution du levé sont directement inversement proportionnelles à l'altitude du vol qui réalise le levé. Elles conditionnent donc l'emprise du levé (la largeur de la bande de levée lors d'un passage).</p> <p>Forte influence des conditions climatiques sur la qualité des mesures.</p> <p>La présence de végétation peut fortement diminuer la résolution des mesures au sol.</p> <p>Peu adaptée aux levés bathymétriques (limites dues à la profondeur, la turbidité de l'eau, etc.)</p>	

Données d'entrée pouvant être utiles	Données issues de reconnaissances ou recherches spécifiques	<p>Bibliographie</p> <p>Clément A., Mériaux P. (2007). La télédétection LiDAR : projet « FliMap-Digues » et derniers développements de l'utilisation de méthodes à haut rendement pour la reconnaissance des digues fluviales françaises. <i>Revue Française de Photogrammétrie et Télédétection</i>, 186, pp. 87-91.</p> <p>Mériaux P., Auriou L., Maurin J., Boulay A., Lacombe S., Marmu S. (2013). La télédétection LiDAR hélicoptérée haute résolution, un outil efficace pour étudier la topographie et contribuer au diagnostic des digues de protection. 2^e colloque national – Digues, MEDDTL/CFBR/Irstea, Digues maritimes et fluviales de protection contre les submersions, Aix-en-Provence, pp. 335-344.</p> <p>Panissod F., Bailly J.S., Durrieu S., Jacome A., Mathys N., Cavalli M., Puech C. (2010). Qualification de modèles numériques de terrain LiDAR pour l'étude de l'érosion : application aux badlands de Draix. <i>Revue Française de Photogrammétrie et Télédétection</i>, 192, pp. 50-57.</p> <p>Royet P., Palma-Lopes S., Fauchard C., Mériaux P., Auriou L., (2013). Rapid and cost-effective dike condition assessment methods : geophysics and remote sensing. FloodProBE Report Number WP3-01-12-20, 136 p.CETE Méditerranée, 2001. Catalogue de techniques d'acquisition de données topométriques pour les études hydrauliques.</p> <p>Vennetier M., Mériaux P., Busset F., Felix H., Lacombe S. (2010). Utilisation de la télédétection LiDAR aéroportée haute définition pour la caractérisation de la végétation des digues. <i>Revue Française de Photogrammétrie et Télédétection</i>, n° 191.</p>
		<p>Résultat de levés bathymétrique par sondeur acoustique</p> <p>Un sondeur acoustique est un appareil servant à mesurer la profondeur et donc la topographie des fonds subaquatiques (bathymétrie). La profondeur est déduite de la mesure du temps de trajet d'un signal acoustique réfléchi par le fond.</p> <p>Grande précision altimétrique et résolution planimétrique possible.</p> <p>Avantages</p> <p>Permet l'acquisition de points subaquatiques.</p> <p>Permet un haut rendement d'acquisition de points cotés sur des zones géographiques relativement étendues.</p> <p>Limites</p> <p>Spécifique à la bathymétrie.</p> <p>Doit être recalé par rapport à la topographie terrestre (berges notamment).</p> <p>Peu adapté aux fonds très vaseux, aux fonds très accidentés, aux fonds de très faible profondeur, aux cours d'eau non navigable.</p>
		<p>Résultat de levés topographiques de géomètre</p> <p>Levé par GPS différentiel (DGPS), théodolite ou tachéomètre laser.</p> <p>Avantages</p> <p>Grande précision altimétrique.</p> <p>Grande précision planimétrique (levé ponctuel).</p> <p>Limites</p> <p>Une précision fine en altimétrie n'est pas valorisée si la précision en planimétrie n'est pas suffisante.</p> <p>Méthode d'acquisition lente et contraignante (point par point), peu adaptée pour créer des maillages de forte résolution sur de grandes surfaces.</p> <p>Contraintes liées à la météo, à l'accès au terrain étudié, à la réception des signaux des satellites pour le DGPS.</p>

A. Définition du périmètre de l'étude et identification du risque

La topographie du terrain naturel et des ouvrages permet de définir les périmètres de l'étude. En effet, elle conditionne en grande partie le fonctionnement hydraulique du territoire et donc les limites des périmètres du système de protection, du milieu eau et de la zone protégée.

Une représentation cartographique de précision altimétrique moyenne mais avec une assez forte résolution spatiale (un levé type Lidar semble le plus adapté), sur l'ensemble de la zone d'étude, peut suffire pour satisfaire les besoins en données topographiques de cette étude élémentaire.

5. Caractérisation géotechnique et structurelle du système de protection

Permettre la définition de la géométrie des sections en travers types des différents tronçons du système de protection : production de profils en travers du système de protection.

Une forte précision altimétrique est requise et notamment concernant la cote des points hauts (crête). Le levé à grand rendement de type Lidar présente des avantages pour les linéaires importants (temps, densité de points). Le levé topographique de géomètre classique est toutefois bien adapté aux linéaires de moindre importance.

Permet la localisation des composants de digues au sein des sections en travers types du système de protection : cotation des points caractéristiques utiles à leur localisation en altitude.

Une forte précision altimétrique est requise (le levé topographique de géomètre est le plus adapté).

6. Comportement morphodynamique local du milieu eau

La connaissance de la topographie terrestre et subaquatique (bathymétrie) du milieu eau est une donnée indispensable pour la caractérisation du comportement morphodynamique local (au niveau du système de protection) du milieu eau.

En effet, elle donne une lecture de la morphologie locale du milieu eau à l'instant du levé topographique, permet de comprendre la dynamique sédimentaire au niveau du système de protection, et donc de prévoir les évolutions futures et les zones sensibles.

Une topographie de précision moyenne mais avec une assez forte résolution spatiale sur l'ensemble du milieu eau suffit à cet exercice (un couplage de levés type Lidar et bathymétrie par sondeur acoustique semble le plus adapté).

7. Comportement hydraulique local du milieu eau

La topographie terrestre et subaquatique (bathymétrie) du milieu eau est indispensable pour la caractérisation du comportement hydraulique local (au niveau du système de protection) de ce dernier.

En effet, un écoulement d'eau sur une surface étant directement conditionné par la forme de cette dernière, il est nécessaire de connaître le relief du milieu eau avec suffisamment de précision altimétrique et planimétrique pour être capable d'en prévoir (modéliser) le comportement hydraulique (niveaux d'eau, débits, volumes).

Une topographie de précision moyenne mais avec une assez forte résolution spatiale sur l'ensemble du milieu eau suffit à cet exercice (un couplage de levés type Lidar et bathymétrie par sondeur acoustique semble le plus adapté).

8. Ouvrages inclus dans le système de protection

La topographie permet la localisation en altitude des ouvrages inclus : cotation des points caractéristiques utiles à leur localisation en altitude.

Une forte précision altimétrique est requise (le levé topographique de géomètre est le plus adapté).

Alimentation d'autres études élémentaires	<p>9. Autres actions et facteurs aggravants</p> <p>La topographie peut être utile à la caractérisation de certaines actions ou facteurs aggravants. Par exemple :</p> <ul style="list-style-type: none"> - localisation en altitude et en plan (cotation de points caractéristiques) de la végétation ligneuse présente sur les digues, - localisation en altitude et en plan (cotation de points caractéristiques) des terriers d'animaux, etc. <p>Une forte précision altimétrique est requise (le levé topographique de géomètre est le plus adapté).</p>
	<p>B. Analyse fonctionnelle du système de protection</p> <p>La donnée topographique permet la définition de la géométrie du système de protection (profils en travers et profils en long).</p> <p>Une forte précision altimétrique est requise et notamment concernant la cote des points hauts (crête). Le levé à grand rendement de type Lidar présente des avantages pour les linéaires importants (temps, densité de points). Le levé topographique de géomètre classique est toutefois bien adapté aux linéaires de moindre importance.</p>
	<p>E. Intensité et cinétique des inondations</p> <p>La topographie de la zone protégée est une donnée indispensable à la caractérisation de son fonctionnement hydraulique en cas d'inondation.</p> <p>En effet, l'écoulement de l'eau sur une surface étant directement conditionné par la forme de cette dernière, il est nécessaire de connaître le relief de la zone protégée avec suffisamment de précision altimétrique et planimétrique pour être capable d'en prévoir (modéliser) le comportement hydraulique (hauteurs d'eau, vitesses horizontales, vitesses verticales, temps de propagation) en cas d'inondation.</p>

A. Définition du périmètre de l'étude et identification du risque

Liens avec les autres études élémentaires : voir [Figure 5-11](#)

Flux de données : voir [Figure 5-12](#)

Données d'entrée pouvant être utiles	Résultats d'études élémentaires	<p>0. Étude accidentologique du système endigué</p> <p>Lorsqu'elle est menée au début de l'analyse de risque, l'étude accidentologique constitue une première source d'information pour l'identification des risques.</p>
		<p>1. Topographie</p> <p>La topographie du terrain naturel et des ouvrages permet de définir les périmètres de l'étude. En effet, elle conditionne en grande partie le fonctionnement hydraulique du territoire et donc les limites des périmètres du système de protection, du milieu eau et de la zone protégée.</p> <p>Une représentation cartographique de précision altimétrique moyenne mais avec une assez forte résolution spatiale (un levé type Lidar semble le plus adapté), sur l'ensemble de la zone d'étude, peut suffire pour satisfaire les besoins en données topographiques de cette étude élémentaire.</p>
		<p>4. Hydraulique globale (niveaux/événement)</p> <p>La connaissance du comportement hydraulique du milieu extérieur eau permet de valider le périmètre du milieu eau.</p>
		<p>7. Comportement hydraulique local du milieu eau</p> <p>La connaissance du comportement hydraulique du milieu extérieur eau permet de valider le périmètre du système de protection.</p>

Données d'entrée pouvant être utiles	Résultats d'études élémentaires	E. Intensité et cinétique des inondations La connaissance du comportement hydraulique de la zone protégée permet de valider le périmètre de ce dernier ainsi que du système de protection.
	Données disponibles auprès du gestionnaire de digues	Historiques des crues et inondations Donne un point de vue hydraulique qui alimente d'un côté l'identification du risque (dommages sur les enjeux, etc.) et de l'autre la définition du périmètre de l'étude (localisation des écoulements).
		Historique des brèches et désordres Donne un point de vue structurel qui alimente l'identification des risques (conditions ayant entraîné la rupture du système de protection).
		Historique des ouvrages Indications sur la construction et la modification des ouvrages.
	Données externes	Cartes IGN : Permet l'identification de certains éléments du périmètre de l'étude : – enjeux, – ouvrages, – ouvrages inclus, etc.
Documents administratifs Définissent les responsabilités et l'organisation des acteurs du territoire (gestion des ouvrages, gestion de crise, etc.). Alimentent l'identification du risque et plus particulièrement les aspects liés à la gestion de la sécurité.		
Documents réglementaires sur le risque PCS, PPR, etc. Alimentent l'identification du risque et plus particulièrement les aspects liés à la gestion de la sécurité.		
Données issues de reconnaissances ou recherches spécifiques	Recherches d'archives Historique des brèches et désordres, historiques des crues et inondations, historique des ouvrages, etc.	
Alimentation d'autres études élémentaires	1. Topographie Détermination des éléments du périmètre de l'étude qui requièrent une caractérisation topographique spécifique : – le système de protection, – les facteurs aggravants pour le système de protection (végétation ligneuse, terriers d'animaux, ouvrages inclus, etc.), etc.	
	2. Analyse de la gestion de la sécurité (eau, endiguement, zone protégée) Définit le périmètre de l'étude et identifie les acteurs ou objets dont doivent être étudiées les mesures de contrôle de la sécurité.	
	3. Morphodynamique globale Définit le périmètre de l'étude.	
	4. Hydraulique globale (niveaux/événement) Définit le périmètre de l'étude.	
	5. Caractérisation géotechnique et structurelle du système de protection Définit les ouvrages pour lesquels une étude de caractérisation géotechnique et structurelle doit être menée.	
	6. Comportement morphodynamique local du milieu eau Définit le périmètre de l'étude.	

Alimentation d'autres études élémentaires	7. Comportement hydraulique local du milieu eau Définit le périmètre de l'étude.
	8. Ouvrages inclus dans le système de protection Définit le périmètre de l'étude élémentaire et liste les types d'ouvrages inclus à étudier.
	9. Autres actions et facteurs aggravants Identifie les éventuels facteurs aggravants et actions à caractériser de manière approfondie et le périmètre de leur étude.
	10. Recensement des enjeux Définit le périmètre de l'étude d'enjeux et les types d'enjeux à caractériser
	B. Analyse fonctionnelle du système de protection Définit l'objet de l'analyse fonctionnelle (le système de protection) et les milieux extérieurs en interaction à caractériser en termes fonctionnels.
	E. Intensité et cinétique des inondations Définit la zone (périmètre de la zone protégée) sur laquelle doit être menée l'étude élémentaire, et les phénomènes hydrauliques à caractériser

2. Analyse de la gestion de la sécurité (eau, endiguement, zone protégée)

Liens avec les autres études élémentaires : voir [Figure 5-14](#)

Flux de données : voir [Figure 5-15](#)

Données d'entrée pouvant être utiles	Résultats d'études élémentaires	0. Étude accidentologique du système endigué Description des conséquences positives ou négatives, du point de vue du risque, des différentes mesures de gestion de la sécurité appliquées jusqu'à aujourd'hui.
	Données disponibles auprès du gestionnaire de digues	A. Définition du périmètre de l'étude et identification du risque Définit le périmètre de l'étude et identifie les acteurs ou objets dont doivent être étudiées les mesures de contrôle de la sécurité.
		Documents traitant de la planification de la gestion de la sécurité : consignes de surveillance et d'entretien, existantes ou identifiables. Retours d'expériences.
	Données externes	Documents traitant de la planification de la gestion de la sécurité : PCS, autres plans de gestion de crise, etc. Retours d'expériences.
		Retours d'expériences.
Alimentation d'autres études élémentaires		0. Étude accidentologique du système endigué Description des conséquences positives ou négatives, du point de vue du risque, des différentes mesures de gestion de la sécurité appliquées jusqu'à aujourd'hui.
		B. Analyse fonctionnelle du système de protection La gestion de la sécurité du système de protection est traitée dans l'analyse fonctionnelle externe de ce dernier. Elle se caractérise par la mise en évidence de barrières de sécurité participant à la sûreté de l'ouvrage.

Alimentation d'autres études élémentaires	<p>4. Hydraulique globale (niveaux/événement)</p> <p>La gestion de la sécurité dans le milieu eau consiste notamment en des mesures ou installations qui contrôlent le comportement hydraulique du système hydrographique (barrages écrêteurs de crues, etc.). Ces dernières ont un impact direct sur la nature de l'aléa hydraulique (probabilité, cinétique et intensité des événements hydrauliques) et doivent être prises en compte dans sa caractérisation.</p>
	<p>11. Probabilités conditionnelles de défaillance</p> <p>La politique de gestion du système de protection a un impact direct sur la sûreté de ce dernier. En effet, les caractéristiques et l'efficacité des mesures d'entretien et de gestion de l'ouvrage en crise conditionnent en partie la sûreté de ce dernier et doivent ainsi être intégrées à la démarche d'estimation des probabilités conditionnelles de défaillance du système de protection.</p>
	<p>F. Vulnérabilité des enjeux</p> <p>La gestion de la sécurité dans la zone protégée conditionne en partie la vulnérabilité des enjeux. En effet, les mesures de gestion de la prévention et de la protection des enjeux présents dans la zone protégée, telles que par exemple celles de la mise en sécurité des populations, ont un impact direct sur la gravité des conséquences des inondations potentielles.</p>

2.a. Analyse de la gestion de la sécurité dans le milieu eau

Figure A1-1 : Liens avec les autres études élémentaires (Source : B. Beullac).

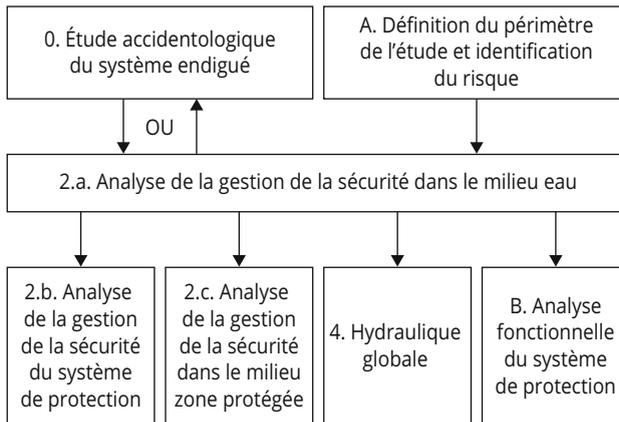
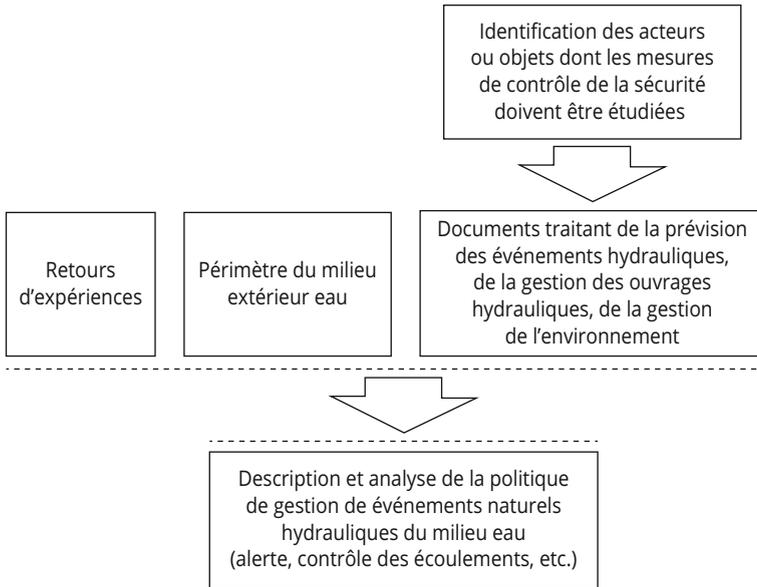


Figure A1-2 : Flux de données (Source : B. Beullac).



Données d'entrée pouvant être utiles	Résultats d'études élémentaires	<p>0. Étude accidentologique du système endigué Description des conséquences positives ou négatives, du point de vue du risque, des différentes mesures de gestion de la sécurité appliquées jusqu'à aujourd'hui.</p> <p>A. Définition du périmètre de l'étude et identification du risque Définit le périmètre de l'étude et identifie les acteurs ou objets dont doivent être étudiées les mesures de contrôle de la sécurité.</p>
	Données disponibles auprès du gestionnaire de digues	<p>Consignes existantes ou identifiables Consignes écrites relatives à l'entretien du milieu eau.</p> <p>Retours d'expériences.</p>
	Données externes	<p>Documents traitant de la planification de la gestion du milieu eau et de ses composantes (gestion des ouvrages hydrauliques, prévision des événements hydraulique : crues, tempêtes, etc., gestion de l'environnement du milieu eau : géomorphologie, etc.).</p> <p>Retours d'expériences.</p>
	Données issues de reconnaissances ou recherches spécifiques	Retours d'expériences.
	Alimentation d'autres études élémentaires	<p>0. Étude accidentologique du système endigué Description des conséquences positives ou négatives, du point de vue du risque, des différentes mesures de gestion de la sécurité appliquées jusqu'à aujourd'hui.</p> <p>2.b. Analyse de la gestion de la sécurité du système de protection Des interdépendances sont possibles. Par exemple, l'alerte liée au niveau d'eau dans le milieu eau, et donc issue de la gestion de la sécurité dans le milieu eau, peut être prévue comme le déclencheur d'actions de gestion de la sécurité du système de protection (surveillance, confortement d'urgence, etc.).</p>

Alimentation d'autres études élémentaires	<p>2.c. Analyse de la gestion de la sécurité dans le milieu zone protégée</p> <p>Des interdépendances sont possibles. Par exemple, l'alerte liée au niveau d'eau dans le milieu eau, et donc issue de la gestion de la sécurité dans le milieu eau, peut être prévue comme le déclencheur d'actions de gestion de la sécurité dans le milieu zone protégée (mise en sécurité des populations, etc.).</p>
	<p>4. Hydraulique globale (niveaux/événement)</p> <p>La gestion de la sécurité dans le milieu eau consiste notamment en des mesures ou installations qui contrôlent le comportement hydraulique du système hydrographique (barrages écrêteurs de crues, etc.). Ces dernières ont un impact direct sur la nature de l'aléa hydraulique (probabilité, cinétique et intensité des événements hydrauliques) et doivent être prises en compte dans sa caractérisation.</p>
	<p>B. Analyse fonctionnelle du système de protection</p> <p>La gestion de la sécurité du milieu eau est traitée dans l'analyse fonctionnelle externe du système de protection.</p> <p>Elle se caractérise par la mise en évidence de barrières de sécurité participant au contrôle et à l'identification des événements extrêmes.</p>

2.b. Analyse de la gestion de la sécurité du système de protection

Figure A1-3 : Liens avec les autres études élémentaires (Source : B. Beullac).

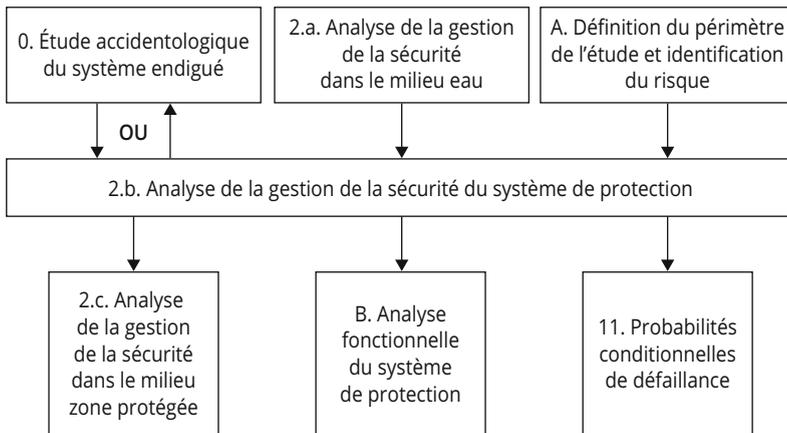
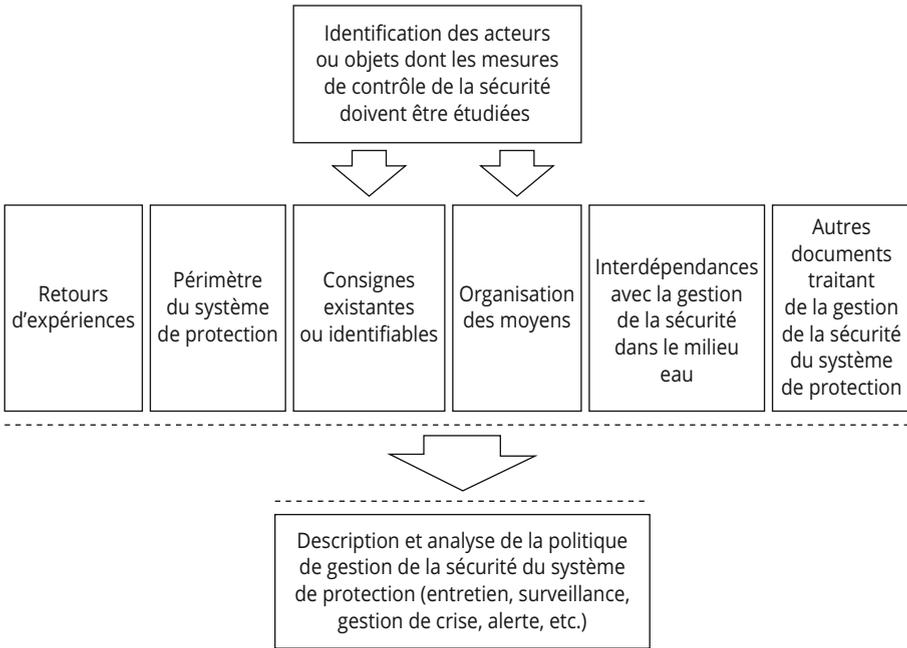


Figure A1-4 : Flux de données (Source : B. Beullac).



Données d'entrée pouvant être utiles	Résultats d'études élémentaires	0. Étude accidentologique du système endigué Description des conséquences positives ou négatives, du point de vue du risque, des différentes mesures de gestion de la sécurité appliquées jusqu'à aujourd'hui.
		A. Définition du périmètre de l'étude et identification du risque Définit le périmètre de l'étude et identifie les acteurs ou objets dont doivent être étudiées les mesures de contrôle de la sécurité
		2.a. Analyse de la gestion de la sécurité dans le milieu eau Des interdépendances sont possibles. Par exemple, l'alerte liée au niveau d'eau dans le milieu eau, et donc issue de la gestion de la sécurité dans le milieu eau, peut être prévue comme le déclencheur d'actions de gestion de la sécurité du système de protection (surveillance, confortement d'urgence, etc.)
	Données disponibles auprès du gestionnaire de digues	Consignes existantes ou identifiables Définissent en partie la politique de gestion de la sécurité du système de protection.
		Organisation des moyens Définit en partie la politique de gestion de la sécurité du système. Retours d'expériences.
	Données externes	Autres documents traitant de la gestion de la sécurité du système de protection : PCS, etc. Dans certains cas, des acteurs autres que le gestionnaire de digues peuvent intervenir sur le système de protection (par exemple, ouverture/fermeture des vannes en crise gérée par la commune, etc.).
		Retours d'expériences.

Alimentation d'autres études élémentaires	0. Étude accidentologique du système endigué Description des conséquences positives ou négatives, du point de vue du risque, des différentes mesures de gestion de la sécurité appliquées jusqu'à aujourd'hui.
	B. Analyse fonctionnelle du système de protection La gestion de la sécurité du système de protection est traitée dans l'analyse fonctionnelle externe de ce dernier. Elle se caractérise par la mise en évidence de barrières de sécurité participant à la sûreté de l'ouvrage.
	2.c. Analyse de la gestion de la sécurité dans le milieu zone protégée Des interdépendances sont possibles. Par exemple, l'alerte liée à la potentielle défaillance du système de protection, et donc issue de la gestion de la sécurité du système de protection, peut être prévue comme le déclencheur d'actions de gestion de la sécurité dans le milieu zone protégée (mise en sécurité des populations, etc.).
	11. Probabilités conditionnelles de défaillance La politique de gestion du système de protection a un impact direct sur la sûreté de ce dernier. En effet, les caractéristiques et l'efficacité des mesures d'entretien et de gestion de l'ouvrage en crise conditionnent en partie la sûreté de ce dernier et doivent ainsi être intégrées à la démarche d'estimation des probabilités conditionnelles de défaillance du système de protection.

2.c. Analyse de la gestion de la sécurité dans la zone protégée

Figure A1-5 : Liens avec les autres études élémentaires (Source : B. Beullac).

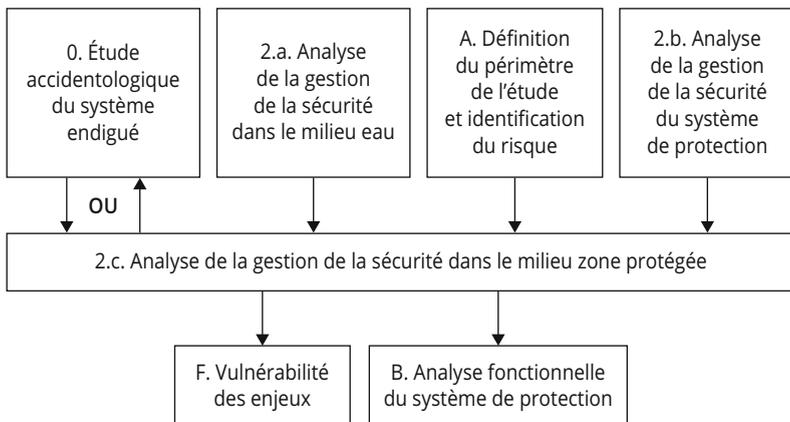
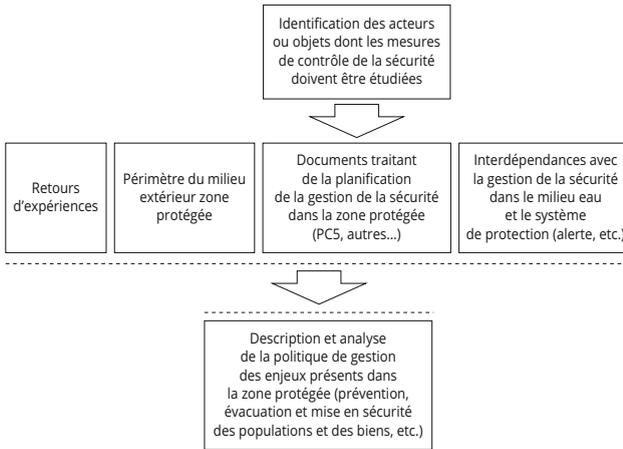


Figure A1-6 : Flux de données (Source : B. Beullac).



Données d'entrée pouvant être utiles	Résultats d'études élémentaires	0. Étude accidentologique du système endigué Description des conséquences positives ou négatives, du point de vue du risque, des différentes mesures de gestion de la sécurité appliquées jusqu'à aujourd'hui.
		A. Définition du périmètre de l'étude et identification du risque Définit le périmètre de l'étude et identifie les acteurs ou objets dont doivent être étudiées les mesures de contrôle de la sécurité.
		2.a. Analyse de la gestion de la sécurité dans le milieu eau Des interdépendances sont possibles. Par exemple, l'alerte liée au niveau d'eau dans le milieu eau, et donc issue de la gestion de la sécurité dans le milieu eau, peut être prévue comme le déclencheur d'actions de gestion de la sécurité dans le milieu zone protégée (mise en sécurité des populations, etc.).
		2.b. Analyse de la gestion de la sécurité du système de protection Des interdépendances sont possibles. Par exemple, l'alerte liée à la potentielle défaillance du système de protection, et donc issue de la gestion de la sécurité du système de protection, peut être prévue comme le déclencheur d'actions de gestion de la sécurité dans le milieu zone protégée (mise en sécurité des populations, etc.).
	Données disponibles auprès du gestionnaire de digues	Retours d'expériences.
Données externes	PCS, autres plans de gestion de crise, etc.	
	Retours d'expériences.	
Données issues de reconnaissances ou recherches spécifiques	Retours d'expériences.	
Alimentation d'autres études élémentaires		0. Étude accidentologique du système endigué Description des conséquences positives ou négatives, du point de vue du risque, des différentes mesures de gestion de la sécurité appliquées jusqu'à aujourd'hui.

Alimentation d'autres études élémentaires

F. Vulnérabilité des enjeux

La gestion de la sécurité dans la zone protégée conditionne en partie la vulnérabilité des enjeux. En effet, les mesures de gestion de la prévention et de la protection des enjeux présents dans la zone protégée, telles que par exemple celles de la mise en sécurité des populations, ont un impact direct sur la gravité des conséquences des inondations potentielles.

3. Morphodynamique globale

Liens avec les autres études élémentaires : voir Figure 5-17

Flux de données : voir Figure 5-18

Données d'entrée pouvant être utiles	Résultats d'études élémentaires	A. Définition du périmètre de l'étude et identification du risque Définit le périmètre de l'étude morphodynamique globale. Il correspond au périmètre des milieux eau.
		4. Hydraulique globale (niveaux/événement) La morphodynamique globale et l'hydraulique globale sont interdépendantes. En effet, les écoulements d'eau dans le milieu eau ont un impact direct sur la morphologie de ce dernier qu'ils viennent modifier et en particulier lors d'événements hydrauliques d'intensité exceptionnelle. En retour, la modification de la morphologie du milieu eau modifie les écoulements qui s'y déroulent.
	Données disponibles auprès du gestionnaire de digues	Études morphodynamiques passées CR visites de terrain passées
	Données externes	Photos aériennes Google Earth, géoportail, etc.
		Cartes géologiques Cartes géologiques BRGM.
		Topographie Cartes IGN, BD Alti IGN, etc.
	Données issues de reconnaissances ou recherches spécifiques	Végétation dans le système hydrographique (forêt alluviale, etc.) Elle a un impact direct sur la dynamique sédimentaire. Activités humaines dans le système hydrographique (extraction de matériaux, etc.) Peuvent influencer la dynamique sédimentaire.
Alimentation d'autres études élémentaires	6. Comportement morphodynamique local du milieu eau La connaissance du comportement morphodynamique global (dynamique sédimentaire, etc.) permet de mieux appréhender les tendances morphodynamiques locales susceptibles de se dérouler au contact du système de protection (localisation et intensité des érosions de berges/pieds de digues et dépôts de sédiments). 4. Hydraulique globale (niveaux/événement) La morphodynamique globale et l'hydraulique globale sont interdépendantes. En effet, les écoulements d'eau dans le milieu eau ont un impact direct sur la morphologie de ce dernier qu'ils viennent modifier et en particulier lors d'événements hydrauliques d'intensité exceptionnelle. En retour, la modification de la morphologie du milieu eau modifie les écoulements qui s'y déroulent.	

4. Hydraulique globale (niveaux/événement)

Liens avec les autres études élémentaires : voir [Figure 5-23](#)

Flux de données : voir [Figure 5-24](#)

Données d'entrée pouvant être utiles	Résultats d'études élémentaires	0. Étude accidentologique du système endigué Description des différents événements hydrauliques ayant impacté le système de protection ou des systèmes de protection similaires.
		A. Définition du périmètre de l'étude et identification du risque Définit le périmètre de l'étude, c'est-à-dire celui des milieux eau.
		2a. Analyse de la gestion de la sécurité dans le milieu eau La gestion de la sécurité dans le système hydrographique consiste notamment en des mesures ou installations qui contrôlent le comportement hydraulique du système hydrographique (barrages écrêteurs de crues, etc.). Ces dernières ont un impact direct sur la nature de l'aléa hydraulique (probabilité, cinétique et intensité des événements hydrauliques) et doivent être prises en compte dans sa caractérisation.
		3. Morphodynamique globale La morphodynamique globale et l'hydraulique globale sont interdépendantes. En effet, les écoulements d'eau dans le milieu eau ont un impact direct sur la morphologie de ce dernier qu'ils viennent modifier et en particulier lors d'événements hydrauliques d'intensité exceptionnelle. En retour, la modification de la morphologie du milieu eau modifie les écoulements qui s'y déroulent.
	Données disponibles auprès du gestionnaire de digues	Études existantes sur les niveaux marins Probabilité des niveaux, en conditions « normales », lors d'événements rares et exceptionnels (tempêtes, tsunamis, etc.).
		Études hydrauliques d'ensemble existantes Éventuelles modélisations hydrauliques dont les résultats permettent de disposer d'hydrogrammes pour différentes simulations et en tout point du cours d'eau considéré.
		Études hydrologiques d'ensemble existantes Études qui déterminent au droit des stations hydrométriques des débits historiques, des analyses statistiques ou des hydrogrammes.
	Données externes	Relevés de stations de mesures Données limnimétriques et débitmétriques au droit de stations de mesures pour caractériser les hydrogrammes de crue. Données sur les niveaux marins.
		Topographie Cartes IGN, BD Alti IGN, etc.
	Données issues de reconnaissances ou recherches spécifiques	
Alimentation d'autres études élémentaires	0. Étude accidentologique du système endigué Description des différents événements hydrauliques ayant impacté le système de protection ou des systèmes de protection similaires.	
	A. Définition du périmètre de l'étude et identification du risque La connaissance du comportement hydraulique du système hydrographique permet de valider le périmètre du milieu eau.	

Alimentation d'autres études élémentaires	3. Morphodynamique globale La morphodynamique globale et l'hydraulique globale sont interdépendantes. En effet, les écoulements d'eau dans le milieu eau ont un impact direct sur la morphologie de ce dernier qu'ils viennent modifier et en particulier lors d'événements hydrauliques d'intensité exceptionnelle. En retour, la modification de la morphologie du milieu eau modifie les écoulements qui s'y déroulent.
	7. Comportement hydraulique local du milieu eau La connaissance (probabilités, intensité, cinétique) des phénomènes hydrauliques, sources de sollicitations sur le système de protection, envisageables dans le milieu eau constitue la donnée permettant de définir la nature et l'intensité des sollicitations hydrauliques correspondantes sur le système de protection (ligne d'eau de sollicitation, cinétique, vitesses, etc.)

5. Caractérisation géotechnique et structurelle du système de protection

Liens avec les autres études élémentaires : voir Figure 5-26

Flux de données : voir Figure 5-27

Données d'entrée pouvant être utiles	Résultats d'études élémentaires	A. Définition du périmètre de l'étude et identification du risque Définit les ouvrages pour lesquels une étude de caractérisation géotechnique et structurelle doit être menée.
		1. Topographie Permettre la définition de la géométrie des sections en travers types des différents tronçons du système de protection : production de profils en travers du système de protection. Une forte précision altimétrique est requise et notamment concernant la cote des points hauts (crête). Le levé à grand rendement de type Lidar présente des avantages pour les linéaires importants (temps, densité de points). Le levé topographique de géomètre classique est toutefois bien adapté aux linéaires de moindre importance. Permet la localisation des composants de digues au sein des sections en travers types du système de protection : cotation des points caractéristiques utiles à leur localisation en altitude. Une forte précision altimétrique est requise (le levé topographique de géomètre est le plus adapté).
		Études de conception existantes Plans et informations existants relatifs à la conception ou aux travaux sur les ouvrages.
		Études géophysiques existantes Résultats de reconnaissances géophysiques passées.
		Études géotechniques existantes Résultats de reconnaissances géotechniques passées.
		Diagnostics antérieurs CR visites de terrain passées. Identification et caractérisation de composants (VTA).
		Données issues de bases de données Base de données du sous-sol (BSS) développée par le BRGM.
		Cartes géologiques (BRGM) Pour caractériser les fondations.
		Recherches historiques Pour acquérir une connaissance des conditions et matériaux de construction de l'ouvrage.
		Données externes
	Données disponibles auprès du gestionnaire de digues	
	Données issues de reconnaissances ou recherches spécifiques	

Données d'entrée pouvant être utiles	Données issues de reconnaissances ou recherches spécifiques	Reconnaisances géotechniques Pour définir les caractéristiques physiques (granulométrie, pourcentage d'argile, teneur en eau, perméabilité, etc.) et mécaniques (résistance au cisaillement, compressibilité, sensibilité à la dessiccation, etc.) des matériaux constitutifs de l'ouvrage.
		Reconnaisances géophysiques Pour identifier et cartographier la nature et la distribution des matériaux au sein de l'ouvrage étudié. Le choix quant à la méthode à appliquer et à l'interprétation des résultats est étroitement dépendant de la géométrie de l'ouvrage et de la nature supposée des matériaux. L'interprétation des résultats n'est vraiment pertinente que lorsqu'elle est croisée avec des données géotechniques. Sur cette base, les résultats peuvent ou non être extrapolés sur d'autres parties de l'ouvrage.
Alimentation d'autres études élémentaires		B. Analyse fonctionnelle du système de protection La définition des sections en travers types de tronçons de digues (nature et localisation des composants de digues) est la base sur laquelle est menée l'analyse fonctionnelle structurelle des tronçons de digues.
		6. Comportement morphodynamique local du milieu eau Les caractéristiques géotechniques et structurelles du système de protection sont à prendre en compte dans l'analyse du comportement morphodynamique local du milieu eau car elles conditionnent en partie la morphodynamique locale (érosion externe, etc.).
		11. Probabilités conditionnelles de défaillance du système de protection Les caractéristiques géotechniques et structurelles du système de protection constituent une donnée de base pour l'estimation de la performance des composants de digues et donc de la probabilité de réalisation des différents scénarios de défaillance structurelle des tronçons de digues.
		13. Caractérisation des brèches Les caractéristiques géotechniques et structurelles d'une digue et de sa fondation ont un impact direct sur leur résistance mécanique à l'érosion et leur comportement lors de l'élargissement d'une brèche. Pour cette raison, ces informations doivent être prises en compte dans la démarche de détermination de la géométrie et de la dynamique des brèches envisageables sur un système de protection.

6. Comportement morphodynamique local du milieu eau

Liens avec les autres études élémentaires : voir [Figure 5-29](#)

Flux de données : voir [Figure 5-30](#)

Données d'entrée pouvant être utiles	Résultats d'études élémentaires	0. Étude accidentologique du système endigué Description des différents phénomènes morphodynamiques ayant impacté le système de protection ou des systèmes de protection similaires.
		1. Topographie La connaissance de la topographie terrestre et subaquatique (bathymétrie) du milieu eau est une donnée indispensable pour la caractérisation du comportement morphodynamique local (au niveau du système de protection) du milieu eau. En effet, elle donne une lecture de la morphologie locale du milieu eau à l'instant du levé topographique, permet de comprendre la dynamique sédimentaire au niveau du système de protection et donc de prévoir les évolutions futures et les zones sensibles. Une topographie de précision moyenne mais avec une assez forte résolution spatiale sur l'ensemble du milieu eau suffit à cet exercice (un couplage de levés type Lidar et bathymétrique par sondeur acoustique semble le plus adapté).

Données d'entrée pouvant être utiles	Résultats d'études élémentaires	A. Définition du périmètre de l'étude et identification du risque Définit le périmètre de l'étude.
		3. Morphodynamique globale La connaissance du comportement morphodynamique global (dynamique sédimentaire, etc.) permet de mieux appréhender les tendances morphodynamiques locales susceptibles de se dérouler au contact du système de protection (localisation et intensité des érosions de berges/pieds de digues et dépôts de sédiments).
		5. Géotechnique du système de protection Les caractéristiques géotechniques et structurelles du système de protection sont à prendre en compte dans l'analyse du comportement morphodynamique local du milieu eau car elles conditionnent en partie la morphodynamique locale (érosion externe, etc.).
		7. Comportement hydraulique local du milieu eau L'hydraulique locale et la morphodynamique locale sont interdépendantes. En effet, les sollicitations hydrauliques sont la cause principale des modifications morphologiques du milieu eau et dans le même temps, les modifications morphologiques modifient le comportement hydraulique du milieu eau. L'hydraulique locale (niveau d'eau, vitesses et cinétique des écoulements au contact ou à proximité immédiate du système de protection) est donc une information indispensable pour l'étude de la morphodynamique locale.
	Données disponibles auprès du gestionnaire de digues	Études morphodynamiques locales passées
		CR visites de terrain passées
		Retours d'expériences Observation de modifications morphologiques passées.
	Données externes	Photos aériennes Google Earth, géoportail, IGN, issues de vols Lidar, etc.
		Cartes géologiques BRGM.
		Cartes hydrogéologiques BRGM.
	Données issues de reconnaissances ou recherches spécifiques	Visites de terrain
		Recherches d'archives
Alimentation d'autres études élémentaires	0. Étude accidentologique du système endigué Description des différents phénomènes morphodynamiques ayant impacté le système de protection ou des systèmes de protection similaires.	
	7. Comportement hydraulique local du milieu eau L'hydraulique locale et la morphodynamique locale sont interdépendantes. En effet, les sollicitations hydrauliques sont la cause principale des modifications morphologiques du milieu eau et dans le même temps, les modifications morphologiques modifient le comportement hydraulique du milieu eau. La morphodynamique locale (bilan et prévision des évolutions morphologiques verticales et latérales du milieu eau en interaction directe avec le système de protection) est donc une information indispensable pour l'étude de l'hydraulique locale.	
	B. Analyse fonctionnelle du système de protection La morphodynamique locale consiste en des phénomènes externes pouvant menacer la pérennité du système de protection ou en modifier le fonctionnement, elle conditionne donc les fonctions portées par ce dernier (exemples de fonctions liées à la morphodynamique : protection contre l'érosion, maîtrise de la divagation du cours d'eau, fixation du trait de côte, etc.). La morphodynamique locale doit donc être prise en considération dans l'analyse fonctionnelle externe du système de protection.	

<p>Alimentation d'autres études élémentaires</p>	<p>11. Probabilités conditionnelles de défaillance</p> <p>Les phénomènes morphodynamiques au contact ou à proximité immédiate du système de protection sont source de sollicitations sur ce dernier. Ils constituent ainsi un facteur aggravant pour la sûreté du système de protection et doivent être pris en compte pour estimer la potentialité de défaillance des composants et sous-systèmes qui composent le système de protection.</p> <p>Les paramètres caractérisant ce type de sollicitations sont principalement ceux qui définissent la dynamique sédimentaire :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la quantification de l'action érosive locale envisageable - la quantification du dépôt de sédiments (colmatage) local envisageable, etc.
--	--

7. Comportement hydraulique local du milieu eau

Liens avec les autres études élémentaires : voir [Figure 5-36](#)

Flux de données : voir [Figure 5-37](#)

<p>Données d'entrée pouvant être utiles</p>	<p>Résultats d'études élémentaires</p>	<p>A. Définition du périmètre de l'étude et identification du risque Définit périmètre de l'étude.</p>
		<p>1. Topographie</p> <p>La topographie terrestre et subaquatique (bathymétrie) du milieu eau est indispensable pour la caractérisation du comportement hydraulique local (au niveau du système de protection) de ce dernier.</p> <p>En effet, un écoulement d'eau sur une surface étant directement conditionné par la forme de cette dernière, il est nécessaire de connaître le relief du milieu eau avec suffisamment de précision altimétrique et planimétrique pour être capable d'en prévoir (modéliser) le comportement hydraulique (niveaux d'eau, débits, volumes).</p> <p>Une topographie de précision moyenne mais avec une assez forte résolution spatiale sur l'ensemble du milieu eau suffit à cet exercice (un couplage de levés type Lidar et bathymétrie par sondeur acoustique semble le plus adapté).</p>
		<p>4. Hydraulique globale (niveaux/événement)</p> <p>La connaissance (probabilités, intensité, cinétique) des phénomènes hydrauliques, sources d'actions sur le système de protection, envisageables dans le milieu eau, constitue la donnée permettant de définir la nature et l'intensité des actions hydrauliques correspondantes sur le système de protection (ligne d'eau, cinétique, vitesses, etc.).</p>
		<p>6. Comportement morphodynamique local du milieu eau</p> <p>L'hydraulique locale et la morphodynamique locale sont interdépendantes. En effet, les actions hydrauliques sont la cause principale des modifications morphologiques du milieu eau et dans le même temps, les modifications morphologiques modifient le comportement hydraulique du milieu eau. La morphodynamique locale (bilan et prévision des évolutions morphologiques verticales et latérales du milieu eau en interaction directe avec le système de protection) est donc une information indispensable pour l'étude de l'hydraulique locale.</p>
		<p>9. Autres actions et facteurs aggravants</p> <p>Certains facteurs aggravants peuvent influencer les hauteurs d'eau (vent, houle, embâcle de glace, embâcle, végétation, etc.). Ils doivent donc être pris en compte dans l'estimation des caractéristiques hydrauliques des écoulements au contact du système de protection.</p>

Données d'entrée pouvant être utiles	Résultats d'études élémentaires	13. Caractérisation des brèches La nature des actions hydrauliques (niveaux, vitesse, cinétique, charge sédimentaire, etc.) sur un tronçon de digue conditionne directement les détériorations correspondant à l'élargissement d'une brèche.
	Données disponibles auprès du gestionnaire de digues	Études hydrauliques locales existantes
	Données externes	
	Données issues de reconnaissances ou recherches spécifiques	
Alimentation d'autres études élémentaires		A. Définition du périmètre de l'étude et identification du risque La connaissance du comportement hydraulique du milieu extérieur eau permet de valider le périmètre du système de protection.
		B. Analyse fonctionnelle du système de protection Les résultats de l'étude de l'hydraulique locale permettent la caractérisation des fonctions hydrauliques (en termes de niveaux d'eau) des ouvrages de protection directement connectés au milieu extérieur eau. Ils permettent in fine la détermination du niveau de protection du système de protection. De plus, l'hydraulique locale étant une action pouvant menacer la pérennité du système de protection, elle conditionne les fonctions portées par ce dernier et doit être prise en compte dans l'analyse fonctionnelle externe du système de protection.
		6. Comportement morphodynamique local du milieu eau L'hydraulique locale et la morphodynamique locale sont interdépendantes. En effet, les actions hydrauliques sont la cause principale des modifications morphologiques du milieu eau et dans le même temps, les modifications morphologiques modifient le comportement hydraulique du milieu eau. L'hydraulique locale (niveau d'eau, vitesses et cinétique des écoulements au contact ou à proximité immédiate du système de protection) est donc une information indispensable pour l'étude de la morphodynamique locale.
		11. Probabilités conditionnelles de défaillance Les conditions hydrauliques envisageables au contact du système de protection (probabilité, intensité et cinétique des scénarios d'actions hydrauliques) sont des paramètres indispensables pour le calcul des probabilités de défaillance du système de protection. En effet, la charge hydraulique, la vitesse d'écoulement au contact ou encore le temps de mise en charge sont des phénomènes pouvant produire des détériorations sur le système de protection.
		13. Caractérisation des brèches Les caractéristiques hydrauliques des entrées d'eau dans la zone protégée ont un impact direct sur l'intensité (niveaux notamment) des actions sur le système de protection.
	D. Probabilités des inondations Les probabilités d'occurrence des inondations sont en partie conditionnées pas la probabilité des phénomènes hydrauliques rares et exceptionnels au contact du système de protection.	

8. Ouvrages inclus dans le système de protection

Liens avec les autres études élémentaires : voir Figure 5-43

Flux de données : voir Figure 5-44

Données d'entrée pouvant être utiles	Résultats d'études élémentaires	<p>A. Définition du périmètre de l'étude et identification du risque</p> <p>Définit le périmètre de l'étude élémentaire et liste les types d'ouvrages inclus à étudier.</p> <p>1. Topographie</p> <p>La topographie permet la localisation en altitude des ouvrages inclus : cotation des points caractéristiques utiles à leur localisation en altitude.</p> <p>Une forte précision altimétrique est requise (le levé topographique de géomètre est le plus adapté).</p>
	Données disponibles auprès du gestionnaire de digues	Bilans passés
		Résultats d'études géophysiques existantes
		Plans divers
	Données externes	Comptes rendus de visites de terrain passées (VTA, etc.)
Cartes IGN		
Données issues de reconnaissances ou recherches spécifiques	Photos aériennes	
Alimentation d'autres études élémentaires		<p>Google Earth, géoportail, IGN, issues de vols Lidar, etc.</p> <p>Reconnaisances spécifiques :</p> <p>Géotechnique, visites de terrain, etc.</p>
		<p>B. Analyse fonctionnelle du système de protection</p> <p>L'identification, la localisation et la description des ouvrages inclus jouant un rôle hydraulique dans la protection contre les inondations (vannes, clapets, ouvrages de vidange, etc.) permettent de prendre en compte et d'analyser ces ouvrages dans l'analyse fonctionnelle en tant que sous-systèmes participant au fonctionnement du système de protection.</p> <p>Les ouvrages constituant des facteurs aggravant pour la sûreté du système de protection (canalisations, bâti encastré, etc.) correspondent à des éléments externes pouvant favoriser l'initiation de détériorations du système de protection. Ils doivent être pris en compte dans l'analyse fonctionnelle externe du système de protection.</p>
		<p>11. Probabilités conditionnelles de défaillance</p> <p>Les ouvrages constituant des facteurs aggravant pour la sûreté du système de protection (canalisations, bâti encastré, etc.) correspondent à des éléments externes pouvant favoriser l'initiation de détériorations du système de protection. Ils ont donc un impact sur la sûreté des composants de digues dans lesquels ils sont inclus et dont ils diminuent généralement la performance. Pour cette raison, ils doivent être pris en compte dans l'estimation de la probabilité de défaillance du système de protection.</p>

9. Autres actions et facteurs aggravants

Liens avec les autres études élémentaires : voir Figure 5-51

Flux de données : voir Figure 5-52

Données d'entrée pouvant être utiles	Résultats d'études élémentaires	0. Étude accidentologique du système endigué Description des différents phénomènes physiques ayant impacté le système de protection ou des systèmes de protection similaires.
		A. Définition du périmètre de l'étude et identification du risque Identifie les éventuels facteurs aggravants et actions à caractériser de manière approfondie et le périmètre de leur étude.
		1. Topographie La topographie peut être utile à la caractérisation de certaines actions ou facteurs aggravants. Par exemple : – localisation en altitude et en plan (cotation de points caractéristiques) de la végétation ligneuse présente sur les digues, – localisation en altitude et en plan (cotation de points caractéristiques) des terriers d'animaux ; etc.). Une forte précision altimétrique est requise (le levé topographique de géomètre est le plus adapté).
	Données disponibles auprès du gestionnaire de digues	Dépend des facteurs aggravants identifiés.
	Données externes	Dépend des facteurs aggravants identifiés.
Alimentation d'autres études élémentaires	Données issues de reconnaissances ou recherches spécifiques	Visites de terrain (selon le sujet d'étude). Recherches d'archives (selon le sujet d'étude).
		0. Étude accidentologique du système endigué Description des différents phénomènes physiques ayant impacté le système de protection ou des systèmes de protection similaires.
		7. Comportement hydraulique local du milieu eau Certains facteurs aggravants peuvent influencer les hauteurs d'eau (vent, houle, embâcle de glace, embâcle, végétation, etc.). Ils doivent donc être pris en compte dans l'estimation des caractéristiques hydrauliques des écoulements au contact du système de protection.
		B. Analyse fonctionnelle du système de protection Les diverses actions et facteurs aggravants envisageables sur un système de protection peuvent menacer la pérennité du système de protection. Elles conditionnent donc les fonctions que doit porter le système de protection pour leur résister afin d'assurer son rôle de protection. Ces phénomènes doivent donc être pris en considération dans l'analyse fonctionnelle externe du système de protection.
	11. Probabilités conditionnelles de défaillance Les facteurs aggravants et actions identifiés peuvent favoriser ou causer la détérioration du système de protection. Ils ont donc un impact sur la sûreté des composants de digues dont ils diminuent généralement la performance. Pour cette raison, ils doivent être pris en compte dans l'estimation de la probabilité de défaillance du système de protection.	

9.a. Végétation sur et à proximité des digues

Figure A1-7 : Liens avec les autres études élémentaires (Source : B. Beullac).

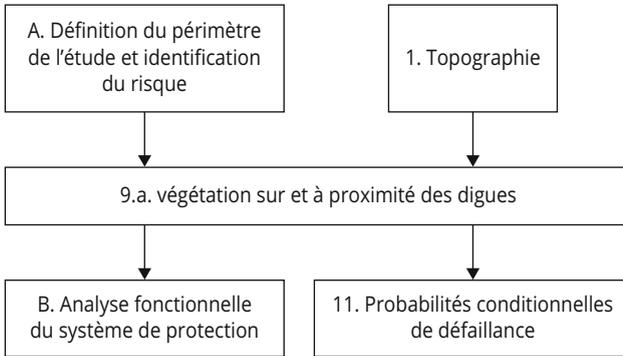
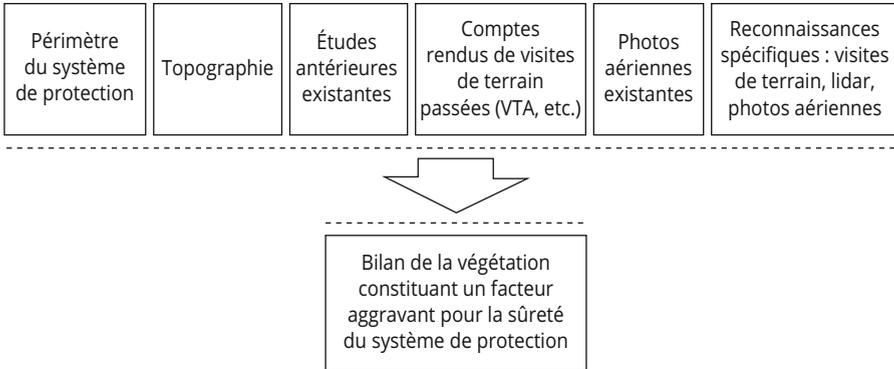


Figure A1-8 : Flux de données (Source : B. Beullac).



Données d'entrée pouvant être utiles	Résultats d'études élémentaires	A. Définition du périmètre de l'étude et identification du risque Identifie les éventuels facteurs aggravants et sollicitations externes à caractériser de manière approfondie et le périmètre de leur étude.
	Données disponibles auprès du gestionnaire de digues	1. Topographie Un levé topographique spécifique peut permettre de localiser en altitude et en plan la végétation ligneuse présente sur les digues. Une forte précision altimétrique est requise (le levé topographique de géomètre est le plus adapté).
		CR visites de terrain (VTA) Études antérieures éventuelles
	Données externes	Photographies aériennes Google Earth, Géoportail, IGN, issues de vols Lidar, etc.
Données issues de reconnaissances ou recherches spécifiques	Reconnaitances spécifiques Visites de terrain, lidar, photos aériennes, etc.	

Alimentation d'autres études élémentaires	<p>B. Analyse fonctionnelle du système de protection</p> <p>La végétation ligneuse sur un système de protection peut menacer la pérennité du système de protection. Elle conditionne ainsi les fonctions que doit porter le système de protection pour assurer son rôle de protection.</p> <p>Ce facteur aggravant doit donc être pris en considération dans l'analyse fonctionnelle du système de protection.</p>
	<p>11. Probabilités conditionnelles de défaillance</p> <p>La végétation ligneuse sur et à proximité des digues peut favoriser ou causer la détérioration du système de protection. Elle a donc un impact sur la sûreté de certains composants de digues dont elle diminue généralement la performance. Pour cette raison, elle doit être prise en compte dans l'estimation de la probabilité de défaillance du système de protection.</p>

9.b. Sismicité

Figure A1-9 : Liens avec les autres études élémentaires (Source : B. Beullac).

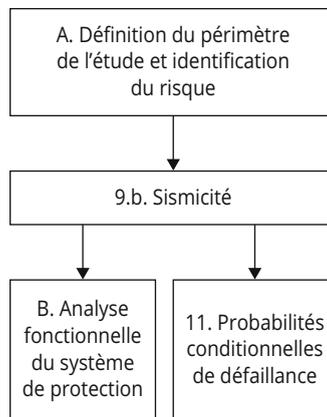
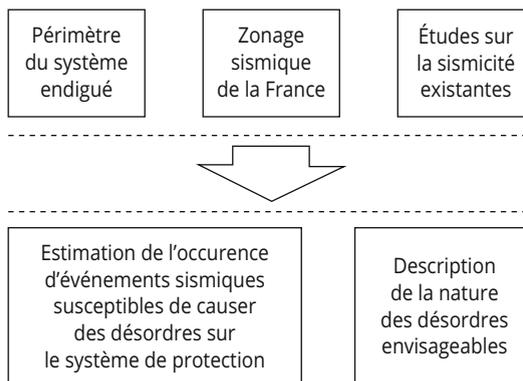


Figure A1-10 : Flux de données (Source : B. Beullac).



Données d'entrée pouvant être utiles	Résultats d'études élémentaires	A. Définition du périmètre de l'étude et identification du risque Identifie les éventuels facteurs aggravants et sollicitations externes à caractériser de manière approfondie et le périmètre de leur étude.
	Données disponibles auprès du gestionnaire de digues	Études sur la sismicité existantes sur le système de protection
	Données externes	Zonage sismique de la France (http://www.planseisme.fr)
		Études sur la sismicité existantes Sur d'autres systèmes de protection similaires/issues de la recherche.
Données issues de reconnaissances ou recherches spécifiques	Recherches historiques	
Alimentation d'autres études élémentaires		<p>B. Analyse fonctionnelle du système de protection Les événements sismiques peuvent menacer la pérennité du système de protection. Ils conditionnent ainsi les fonctions que doit porter le système de protection pour assurer son rôle de protection. Cette sollicitation externe doit donc être prise en considération dans l'analyse fonctionnelle externe du système de protection.</p> <p>11. Probabilités conditionnelles de défaillance Les événements sismiques peuvent causer la détérioration du système de protection. Ils ont donc un impact sur la sûreté du système de protection dont elle peut diminuer généralement la performance. Pour cette raison, ils doivent être pris en compte dans l'estimation de la probabilité de défaillance du système de protection.</p>

9.c. Activité des animaux fousseurs

Figure A1-11 : Liens avec les autres études élémentaires (Source : B. Beullac).

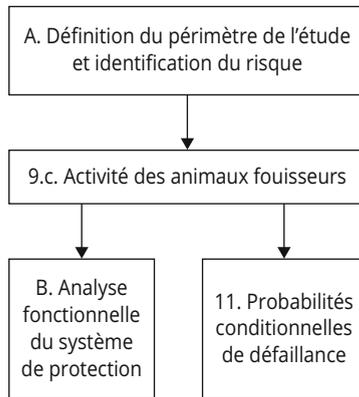
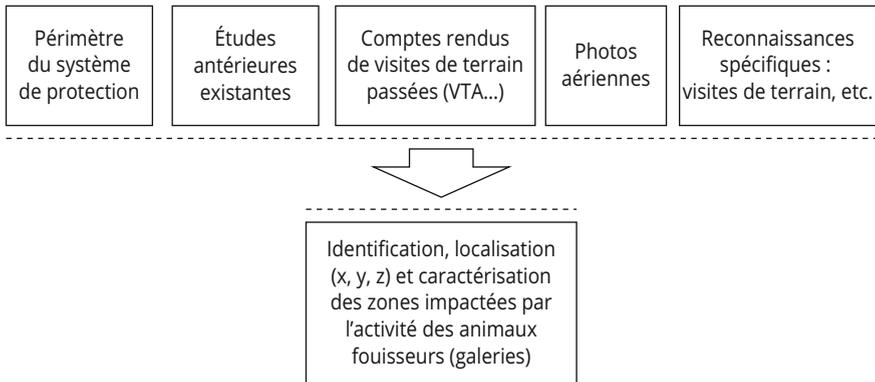


Figure A1-12 : Flux de données (Source : B. Beullac).



Données d'entrée pouvant être utiles	Résultats d'études élémentaires	<p>A. Définition du périmètre de l'étude et identification du risque</p> <p>Identifie les éventuels facteurs aggravants et sollicitations externes à caractériser de manière approfondie et le périmètre de leur étude.</p> <p>1. Topographie</p> <p>Un levé topographique spécifique peut permettre de localiser en altitude et en plan les galeries d'animaux présentes dans les digues.</p> <p>Une forte précision altimétrique est requise (le levé topographique de géomètre est le plus adapté).</p>
	Données disponibles auprès du gestionnaire de digues	<p>CR visites de terrain passées (VTA)</p> <p>Études antérieures éventuelles</p>
	Données externes	<p>Photographies aériennes</p> <p>Google Earth, Géoportail, IGN, issues de vols Lidar, etc.</p>
	Données issues de reconnaissances ou recherches spécifiques	<p>Reconnaitances spécifiques</p> <p>Visites de terrain, etc.</p>
Alimentation d'autres études élémentaires		<p>B. Analyse fonctionnelle du système de protection</p> <p>L'activité des animaux fouisseurs sur un système de protection peut menacer la pérennité du système de protection. Elle conditionne ainsi les fonctions que doit porter le système de protection pour assurer son rôle de protection.</p> <p>Ce facteur aggravant doit donc être pris en considération dans l'analyse fonctionnelle du système de protection.</p> <p>11. Probabilités conditionnelles de défaillance</p> <p>L'activité des animaux fouisseurs sur et à proximité des digues peut favoriser ou causer la détérioration du système de protection. Elle a donc un impact sur la sûreté de certains composants de digues dont elle diminue généralement la performance. Pour cette raison, elle doit être prise en compte dans l'estimation de la probabilité de défaillance du système de protection.</p>

10. Recensement des enjeux

Liens avec les autres études élémentaires : voir Figure 5-53

Flux de données : voir Figure 5-54

Données d'entrée pouvant être utiles	Résultats d'études élémentaires	A. Définition du périmètre de l'étude et identification du risque Définit le périmètre de l'étude d'enjeu et les types d'enjeu à caractériser.
	Données disponibles auprès du gestionnaire de digues	Études d'enjeu existantes
		Retour d'expérience d'événements passés
	Données externes	Bases de données Insee, SIRENE, fichiers fonciers de la DGFIP, BD TOPO, etc.
		Google Street View, photos aériennes, etc.
Documents d'urbanisme, d'aménagement du territoire, etc.		
Données issues de reconnaissances ou recherches spécifiques	Cartes IGN Scan 25®, Corine Land Cover, etc.	
Lien avec les autres études élémentaires		B. Analyse fonctionnelle du système de protection Les enjeux de la zone protégée sont des éléments externes qui conditionnent la nature de la fonction principale de protection du système de protection. Leur identification et leur caractérisation doivent donc être prises en compte dans la phase d'analyse fonctionnelle externe du système de protection.
		F. Vulnérabilité des enjeux Le recensement et la caractérisation des enjeux déterminent les orientations méthodologiques pour l'évaluation de la vulnérabilité des enjeux aux inondations

B. Analyse fonctionnelle du système de protection

Liens avec les autres études élémentaires : voir Figure 5-55

Flux de données : voir Figure 5-56

Données d'entrée pouvant être utiles	Résultats d'études élémentaires	A. Définition du périmètre de l'étude et identification du risque Définit l'objet de l'analyse fonctionnelle (le système de protection) et les milieux extérieurs en interactions à caractériser en termes fonctionnels.
		1. Topographie La donnée topographique permet la définition de la géométrie du système de protection (profils en travers et profils en long). Une forte précision altimétrique est requise et notamment concernant la cote des points hauts (crête). Le levé à grand rendement de type Lidar présente des avantages pour les linéaires importants (temps, densité de points). Le levé topographique de géométrie classique est toutefois bien adapté aux linéaires de moindre importance.

Données d'entrée pouvant être utiles	Résultats d'études élémentaires	<p>2. Analyse de la gestion de la sécurité (milieu eau, système de protection, zone protégée)</p> <p>La gestion de la sécurité du système de protection est traitée dans l'analyse fonctionnelle externe de ce dernier.</p> <p>Elle se caractérise par la mise en évidence de barrières de sécurité participant à la sûreté de l'ouvrage.</p> <p>5. Caractérisation géotechnique et structurelle du système de protection</p> <p>La définition des sections en travers types de tronçons de digues (nature et localisation des composants de digues) est la base sur laquelle est menée l'analyse fonctionnelle structurelle des tronçons de digues.</p> <p>6. Comportement morphodynamique local du milieu eau</p> <p>La morphodynamique locale consiste en des phénomènes externes pouvant menacer la pérennité du système de protection ou en modifier le fonctionnement, elle conditionne donc les fonctions portées par ce dernier (exemples de fonctions liées à la morphodynamique : protection contre l'érosion, maîtrise de la divagation du cours d'eau, fixation du trait de côte, etc.).</p> <p>La morphodynamique locale doit donc être prise en considération dans l'analyse fonctionnelle externe du système de protection.</p> <p>7. Comportement hydraulique local du milieu eau</p> <p>Les résultats de l'étude de l'hydraulique locale permettent la caractérisation des fonctions hydrauliques (en termes de niveaux d'eau) des ouvrages de protection directement connectés au milieu extérieur eau. Ils permettent in fine la détermination du niveau de protection du système de protection.</p> <p>De plus, l'hydraulique locale étant une action pouvant menacer la pérennité du système de protection, elle conditionne les fonctions portées par ce dernier et doit être prise en compte dans l'analyse fonctionnelle externe du système de protection.</p> <p>8. Ouvrages inclus dans le système de protection</p> <p>L'identification, la localisation et la description des ouvrages inclus jouant un rôle hydraulique dans la protection contre les inondations (vannes, clapets, ouvrages de vidange, etc.) permettent de prendre en compte et d'analyser ces ouvrages dans l'analyse fonctionnelle en tant que sous-systèmes participant au fonctionnement du système de protection.</p> <p>Les ouvrages constituant des facteurs aggravant pour la sûreté du système de protection (canalisations, bâti encastré, etc.) correspondent à des éléments externes pouvant favoriser l'initiation de détériorations du système de protection. Ils doivent être pris en compte dans l'analyse fonctionnelle externe du système de protection.</p> <p>9. Autres actions et facteurs aggravants</p> <p>Les diverses actions et facteurs aggravants envisageables sur un système de protection peuvent menacer la pérennité du système de protection. Elles conditionnent donc les fonctions que doit porter le système de protection pour leur résister afin d'assurer son rôle de protection.</p> <p>Ces phénomènes doivent donc être pris en considération dans l'analyse fonctionnelle externe du système de protection.</p> <p>10. Recensement des enjeux</p> <p>Les enjeux de la zone protégée sont des éléments externes qui conditionnent la nature de la fonction principale de protection du système de protection. Leur identification et leur caractérisation doivent donc être prises en compte dans la phase d'analyse fonctionnelle externe du système de protection.</p>
	Données disponibles auprès du gestionnaire de digues	

Données d'entrée pouvant être utiles	Données externes	
	Données issues de reconnaissances ou recherches spécifiques	
Alimentation d'autres études élémentaires		<p>C. Analyse de la défaillance du système de protection</p> <p>L'analyse fonctionnelle est la base sur laquelle repose l'analyse de la défaillance du système de protection. En effet, la décomposition fonctionnelle du système de protection permet d'en comprendre le fonctionnement et donc d'en identifier les dysfonctionnements possibles, ceux-ci correspondant à des défaillances de fonctions.</p>

C. Analyse de la défaillance du système de protection

Liens avec les autres études élémentaires : voir [Figure 5-57](#)

Flux de données : voir [Figure 5-58](#)

Données d'entrée pouvant être utiles	Résultats d'études élémentaires	<p>0. Étude accidentologique du système endigué</p> <p>Description des différents mécanismes de détérioration observés sur le système de protection ou des systèmes de protection similaires.</p> <p>Description des défaillances non structurelles observées dans le passé.</p> <p>B. Analyse fonctionnelle du système de protection</p> <p>L'analyse fonctionnelle est la base sur laquelle repose l'analyse de la défaillance du système de protection. En effet, la décomposition fonctionnelle du système de protection permet d'en comprendre le fonctionnement et donc d'en identifier les dysfonctionnements possibles, ceux-ci correspondant à des défaillances de fonctions.</p>
	Données disponibles auprès du gestionnaire de digues	
	Données externes	
	Données issues de reconnaissances ou recherches spécifiques	
Alimentation d'autres études élémentaires		<p>0. Étude accidentologique du système endigué</p> <p>Description des différents mécanismes de détérioration observés sur le système de protection ou des systèmes de protection similaires.</p> <p>Description des défaillances non structurelles observées dans le passé.</p> <p>11. Probabilités conditionnelles de défaillance</p> <p>Les scénarios de défaillances identifiés lors de l'analyse de la défaillance du système de protection constituent la base sur laquelle sont ensuite calculées les probabilités conditionnelles de défaillance du système de protection.</p> <p>En effet, les probabilités de réalisation de chacune des étapes des scénarios de défaillance peuvent alors être estimées afin d'aboutir à la probabilité de réalisation de chacun des scénarios de défaillance retenus pour l'analyse.</p>

11. Probabilités conditionnelles de défaillance

Liens avec les autres études élémentaires : voir Figure 5-59

Flux de données : voir Figure 5-60

Données d'entrée pouvant être utiles	Résultats d'études élémentaires	<p>C. Analyse de la défaillance du système de protection</p> <p>Les scénarios de défaillances identifiés lors de l'analyse de la défaillance du système de protection constituent la base sur laquelle sont ensuite calculées les probabilités conditionnelles de défaillance du système de protection.</p> <p>En effet, les probabilités de réalisation de chacune des étapes des scénarios de défaillance peuvent alors être estimées afin d'aboutir à la probabilité de réalisation de chacun des scénarios de défaillance retenus pour l'analyse.</p>
		<p>2. Analyse de la gestion de la sécurité du système de protection</p> <p>La politique de gestion du système de protection a un impact direct sur la sûreté de ce dernier. En effet, les caractéristiques et l'efficacité des mesures d'entretien et de gestion de l'ouvrage en crise conditionnent en partie la sûreté de ce dernier et doivent ainsi être intégrées à la démarche d'estimation des probabilités conditionnelles de défaillance du système de protection.</p>
		<p>5. Caractérisation géotechnique et structurelle du système de protection</p> <p>Les caractéristiques géotechniques et structurelles du système de protection constituent une donnée de base pour l'estimation de la performance des composants de digues et donc de la probabilité de réalisation des différents scénarios de défaillance structurelle des tronçons de digues.</p>
		<p>6. Comportement morphodynamique local du milieu eau</p> <p>Les phénomènes morphodynamiques au contact ou à proximité immédiate du système de protection ont un impact sur ce dernier. Ils constituent ainsi un facteur aggravant pour la sûreté du système de protection et doivent être pris en compte pour estimer la potentialité de défaillance des composants et sous-systèmes qui composent le système de protection.</p> <p>Les paramètres caractérisant ce type de phénomènes sont principalement ceux qui définissent la dynamique sédimentaire :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la quantification de l'action érosive locale envisageable, - la quantification du dépôt de sédiments (colmatage) local envisageable, etc.
		<p>7. Comportement hydraulique local du milieu eau</p> <p>Les conditions hydrauliques envisageables au contact du système de protection (probabilité, intensité et cinétique des scénarios d'actions hydrauliques) sont des paramètres indispensables pour le calcul des probabilités de défaillance du système de protection. En effet, la charge hydraulique, la vitesse d'écoulement au contact ou encore le temps de mise en charge sont des phénomènes pouvant produire des détériorations sur le système de protection.</p>
		<p>8. Ouvrages inclus dans le système de protection</p> <p>Les ouvrages constituant des facteurs aggravant pour la sûreté du système de protection (canalisations, bâti encastré, etc.) correspondent à des éléments externes pouvant favoriser l'initiation de détériorations du système de protection. Ils ont donc un impact sur la sûreté des composants de digues dans lesquels ils sont inclus et dont ils diminuent généralement la performance. Pour cette raison, ils doivent être pris en compte dans l'estimation de la probabilité de défaillance du système de protection.</p>

Données d'entrée pouvant être utiles	Résultats d'études élémentaires	9. Autres actions et facteurs aggravants Les facteurs aggravants et actions identifiés peuvent favoriser ou causer la détérioration du système de protection. Ils ont donc un impact sur la sûreté des composants de digues dont ils diminuent généralement la performance. Pour cette raison, ils doivent être pris en compte dans l'estimation de la probabilité de défaillance du système de protection.
	Données disponibles auprès du gestionnaire de digues	Diagnostics de digues existants
	Données externes	
	Données issues de reconnaissances ou recherches spécifiques	
Alimentation d'autres études élémentaires		12. Choix des scénarios d'inondation L'estimation des probabilités conditionnelles (pour différents niveaux d'eau, durée, etc.) de défaillance du système de protection (brèche ou non) est une donnée importante pour le choix des scénarios d'inondation les plus probables.

12. Choix des scénarios d'inondation à caractériser

Liens avec les autres études élémentaires : voir [Figure 5-63](#)

Flux de données : voir [Figure 5-64](#)

Données d'entrée pouvant être utiles	Résultats d'études élémentaires	10. Recensement des enjeux La nature et la localisation des enjeux permettent d'identifier les scénarios susceptibles de causer des accidents.
		C. Analyse de la défaillance du système de protection Les résultats de l'analyse de la défaillance du système de protection, et plus particulièrement l'ensemble des scénarios d'inondation envisageables, constituent la base sur laquelle est fait le choix des scénarios d'inondation à caractériser.
		11. Probabilités conditionnelles de défaillance du système de protection L'estimation des probabilités conditionnelles (pour différents niveaux d'eau, durée, etc.) de défaillance du système de protection (brèche ou non) est une donnée importante pour le choix des scénarios d'inondation les plus probables.
	Données disponibles auprès du gestionnaire de digues	
	Données externes	
	Données issues de reconnaissances ou recherches spécifiques	
Alimentation d'autres études élémentaires		13. Caractérisation des brèches Le choix des scénarios d'inondation définit les brèches qui seront à caractériser dans la suite de l'étude.
		D. Probabilité des scénarios d'inondations Le choix des scénarios d'inondation à caractériser décrit les spécificités des scénarios d'inondation qui sont à considérer.
		E. Intensité et cinétique des inondations Le choix des scénarios d'inondation à caractériser définit les scénarios d'inondation qui sont à considérer et leurs spécificités.

13. Caractérisation des brèches (géométrie, dynamique, hydraulique)

Liens avec les autres études élémentaires : voir Figure 5-67

Flux de données : voir Figure 5-68

Données d'entrée pouvant être utiles	Résultats d'études élémentaires	0. Étude accidentologique du système endigué Description des brèches du passé.
		5. Caractérisation géotechnique et structurelle du système de protection Les caractéristiques géotechniques et structurelles d'une digue et de sa fondation ont un impact direct sur leur résistance mécanique à l'érosion et leur comportement lors de l'élargissement d'une brèche. Pour cette raison, ces informations doivent être prises en compte dans la démarche de détermination de la géométrie et de la dynamique des brèches envisageables sur un système de protection.
		7. Comportement hydraulique local du milieu eau La nature des actions hydrauliques (niveaux, vitesse, cinétique, charge sédimentaire, etc.) sur un tronçon de digue conditionne directement les détériorations correspondant à l'élargissement d'une brèche.
		12. Choix des scénarios d'inondation à caractériser Le choix des scénarios d'inondation définit les brèches qui seront à caractériser dans cette étude élémentaire.
	Données disponibles auprès du gestionnaire de digues	Retours d'expériences d'événements passés sur le système de protection étudié.
	Données externes	Recherche : publications scientifiques.
	Données issues de reconnaissances ou recherches spécifiques	Recherches d'archives : retours d'expériences d'événements passés sur d'autres systèmes de protection similaires.
Alimentation d'autres études élémentaires		E. Intensité et cinétique des scénarios d'inondation La géométrie et la cinétique d'élargissement des brèches définissent en partie les caractéristiques hydrauliques des écoulements d'eau dans les brèches et donc de certaines des entrées d'eau dans la zone protégée

D. Probabilités des inondations

Liens avec les autres études élémentaires : voir Figure 5-74

Flux de données : voir Figure 5-75

Données d'entrée pouvant être utiles	Résultats d'études élémentaires	7. Comportement hydraulique local du milieu eau Les probabilités d'occurrence des inondations sont en partie conditionnées pas la probabilité des phénomènes hydrauliques rares et exceptionnels au contact du système de protection.
		11. Probabilité conditionnelle de défaillance Estimation des probabilités conditionnelles (pour différents niveaux d'eau, durée, etc.) de défaillance du système de protection (brèche ou non).
		12. Choix des scénarios d'inondation à caractériser Le choix des scénarios d'inondation à caractériser décrit les spécificités des scénarios d'inondation qui sont à considérer.
	Données disponibles auprès du gestionnaire de digues	
	Données externes	

Données d'entrée pouvant être utiles	Données issues de reconnaissances ou recherches spécifiques	
Alimentation d'autres études élémentaires		H. Estimation du risque d'inondation La probabilité de l'inondation est l'une des deux composantes du risque (risque = probabilité × gravité des conséquences). Elle est donc indispensable à son estimation.

E. Intensité et cinétique des inondations

Liens avec les autres études élémentaires : voir Figure 5-76

Flux de données : voir Figure 5-77

Données d'entrée pouvant être utiles	Résultats d'études élémentaires	0. Étude accidentologique du système endigué Description des inondations du passé.
		A. Définition du périmètre de l'étude et identification du risque Définit la zone (périmètre de la zone protégée) sur laquelle doit être menée l'étude élémentaire et les phénomènes hydrauliques à caractériser.
		1. Topographie La topographie de la zone protégée est une donnée indispensable à la caractérisation de son fonctionnement hydraulique en cas d'inondation. En effet, l'écoulement de l'eau sur une surface étant directement conditionné par la forme de cette dernière, il est nécessaire de connaître le relief de la zone protégée avec suffisamment de précision altimétrique et planimétrique pour être capable d'en prévoir (modéliser) le comportement hydraulique (hauteurs d'eau, vitesses horizontales, vitesses verticales, temps de propagation) en cas d'inondation.
		13. Caractérisation des brèches La connaissance des caractéristiques hydrauliques des brèches est une information indispensable pour l'estimation de l'intensité et de la cinétique des inondations qui se déroulent dans la zone protégée.
		12. Choix des scénarios d'inondation à caractériser Le choix des scénarios d'inondation à caractériser décrit les spécificités des scénarios d'inondation qui sont à considérer.
		F. Vulnérabilité des enjeux Pour faciliter l'estimation de la gravité des conséquences des inondations, il est indispensable que les classes d'intensité de l'aléa d'inondation et les classes de vulnérabilité des enjeux présents dans la zone protégée soient compatibles. En effet, la gravité des scénarios d'inondation correspond au croisement entre intensité de l'aléa d'inondation et vulnérabilité des enjeux.
	Données disponibles auprès du gestionnaire de digues	
Données externes		
Données issues de reconnaissances ou recherches spécifiques		
Alimentation d'autres études élémentaires		A. Définition du périmètre de l'étude et identification du risque La connaissance du comportement hydraulique de la zone protégée permet de valider le périmètre de ce dernier ainsi que du système de protection.

Alimentation d'autres études élémentaires	<p>F. Vulnérabilité des enjeux</p> <p>Pour faciliter l'estimation de la gravité des conséquences des inondations, il est indispensable que les classes d'intensité de l'aléa d'inondation et les classes de vulnérabilité des enjeux présents dans la zone protégée soient compatibles.</p> <p>En effet, la gravité des scénarios d'inondation correspond au croisement entre intensité de l'aléa d'inondation et vulnérabilité des enjeux.</p>
	<p>G. Gravité des conséquences</p> <p>La gravité des conséquences d'un scénario d'inondation correspond au croisement entre l'intensité de l'aléa d'inondation propre à ce scénario d'inondation et la vulnérabilité des enjeux présents dans la zone protégée.</p>

F. Vulnérabilité des enjeux aux inondations

Liens avec les autres études élémentaires : voir Figure 5-78

Flux de données : voir Figure 5-79

Données d'entrée pouvant être utiles	Résultats d'études élémentaires	<p>0. Étude accidentologique du système endigué</p> <p>Description des accidents ayant touché les enjeux, du fait de la propagation d'inondations dans les zones protégées considérées.</p>
		<p>2. Analyse de la gestion de la sécurité</p> <p>La gestion de la sécurité dans la zone protégée conditionne en partie la vulnérabilité des enjeux. En effet, les mesures de gestion de la prévention et de la protection des enjeux présents dans la zone protégée, telles que par exemple celles de la mise en sécurité des populations, ont un impact direct sur la gravité des conséquences des inondations potentielles.</p>
		<p>10. Recensement des enjeux</p> <p>Le recensement et la nature des enjeux définissent les types d'enjeux devant être caractérisés en termes de vulnérabilité aux inondations.</p>
		<p>E. Intensité et cinétique des inondations</p> <p>Pour faciliter l'estimation de la gravité des conséquences des inondations, il est indispensable que les classes d'intensité de l'aléa d'inondation et les classes de vulnérabilité des enjeux présents dans la zone protégée soient cohérentes.</p> <p>En effet, la gravité des scénarios d'inondation, qui est l'étape suivante, correspond au croisement entre intensité de l'aléa d'inondation et vulnérabilité des enjeux.</p>
	Données disponibles auprès du gestionnaire de digues	Éventuelles études de vulnérabilité antérieures, étude d'enjeux PPRI ou TRI, REX d'accidents.
	Données externes	Publications scientifiques, méthodes.
	Données issues de reconnaissances ou recherches spécifiques	Visites de terrain (hauteur premier plancher habitable, etc.).
Alimentation d'autres études élémentaires		<p>G. Gravité des conséquences</p> <p>La gravité des conséquences d'un scénario d'inondation correspond au croisement entre l'intensité de l'aléa d'inondation propre à ce scénario d'inondation et la vulnérabilité des enjeux présents dans la zone protégée.</p>

Alimentation d'autres études élémentaires	<p>E. Intensité et cinétique des inondations</p> <p>Pour faciliter l'estimation de la gravité des conséquences des inondations, il est indispensable que les classes d'intensité de l'aléa d'inondation et les classes de vulnérabilité des enjeux présents dans la zone protégée soient compatibles.</p> <p>En effet, la gravité des scénarios d'inondation correspond au croisement entre intensité de l'aléa d'inondation et vulnérabilité des enjeux.</p>
---	--

G. Gravité des conséquences

Liens avec les autres études élémentaires : voir [Figure 5-80](#)

Flux de données : voir [Figure 5-81](#)

Données d'entrée pouvant être utiles	Résultats d'études élémentaires	<p>E. Intensité et cinétique des inondations</p> <p>La gravité des conséquences d'un scénario d'inondation correspond au croisement entre l'intensité de l'aléa d'inondation propre à ce scénario d'inondation et la vulnérabilité des enjeux présents dans la zone protégée.</p>
	Données disponibles auprès du gestionnaire de digues	<p>F. Vulnérabilité des enjeux</p> <p>La gravité des conséquences d'un scénario d'inondation correspond au croisement entre l'intensité de l'aléa d'inondation propre à ce scénario d'inondation et la vulnérabilité des enjeux présents dans la zone protégée.</p>
	Données externes	
	Données issues de reconnaissances ou recherches spécifiques	
Alimentation d'autres études élémentaires		<p>H. Estimation du risque d'inondation</p> <p>La gravité des conséquences est l'une des deux composantes du risque (risque = probabilité × gravité des conséquences). Elle est donc indispensable à son estimation.</p>

H. Estimation du risque d'inondation

Liens avec les autres études élémentaires : voir [Figure 5-82](#)

Flux de données : voir [Figure 5-83](#)

Données d'entrée pouvant être utiles	Résultats d'études élémentaires	<p>D. Probabilités des inondations</p> <p>La probabilité de l'inondation est l'une des deux composantes du risque (risque = probabilité × gravité des conséquences). Elle est donc indispensable à son estimation.</p>
	Données disponibles auprès du gestionnaire de digues	<p>G. Gravité des conséquences</p> <p>La gravité des conséquences est l'une des deux composantes du risque (risque = probabilité × gravité des conséquences). Elle est donc indispensable à son estimation.</p>
	Données externes	

Données d'entrée pouvant être utiles	Données issues de reconnaissances ou recherches spécifiques	
Alimentation d'autres études élémentaires		I. Évaluation du risque d'inondation L'évaluation du risque consiste à attribuer un niveau d'acceptabilité au risque précédemment estimé. L'estimation du risque en est donc une étape préliminaire.

14. Acceptabilité du risque d'inondation

Figure A1-13 : Liens avec les autres études élémentaires (Source : B. Beullac).

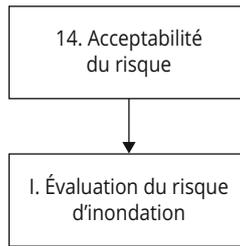
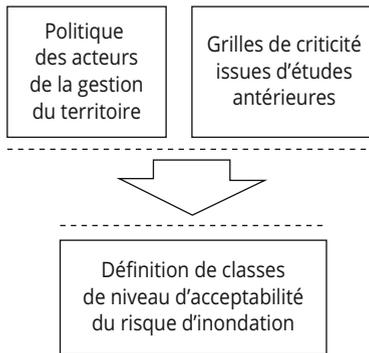


Figure A1-14 : Flux de données (Source : B. Beullac).



Données d'entrée pouvant être utiles	Résultats d'études élémentaires	
	Données disponibles auprès du gestionnaire de digues	Grilles de criticité issues d'études antérieures.
	Données externes	Politique des acteurs responsables de la gestion du territoire.
		Grilles de criticité issues d'études antérieures.
Données issues de reconnaissances ou recherches spécifiques		
Alimentation d'autres études élémentaires		I. Évaluation du risque d'inondation La définition des niveaux d'acceptabilité permet l'évaluation du risque précédemment estimé.

I. Évaluation du risque d'inondation

Figure A1-15 : Liens avec les autres études élémentaires (Source : B. Beullac).

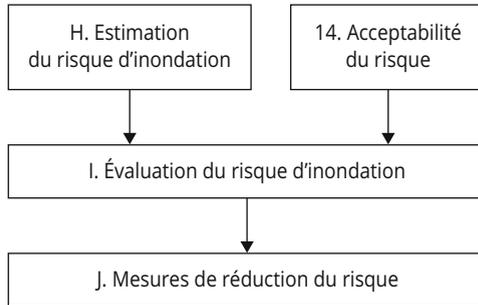
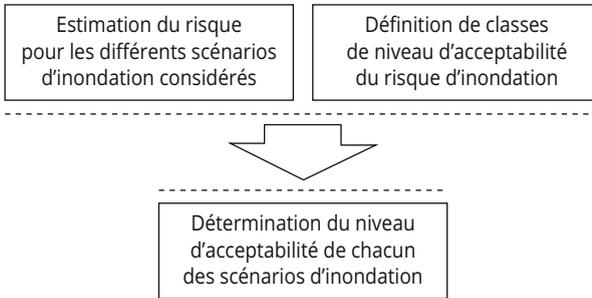


Figure A1-16 : Flux de données (Source : B. Beullac).



Données d'entrée pouvant être utiles	Résultats d'études élémentaires	14. Acceptabilité du risque La définition des niveaux d'acceptabilité permet l'évaluation du risque précédemment estimé. H. Estimation du risque d'inondation L'évaluation du risque consiste à attribuer un niveau d'acceptabilité au risque précédemment estimé. L'estimation du risque en est donc une étape préliminaire.
	Données disponibles auprès du gestionnaire de digues	
	Données externes	
	Données issues de reconnaissances ou recherches spécifiques	
Alimentation d'autres études élémentaires		J. Mesures de réduction du risque La priorisation des mesures de réduction du risque dépend directement des résultats de l'évaluation du risque.

J. Mesures de réduction du risque d'inondation

Figure A1-17 : Liens avec les autres études élémentaires (Source : B. Beullac).

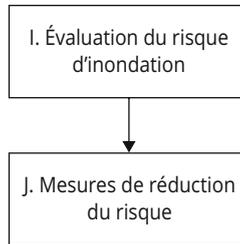
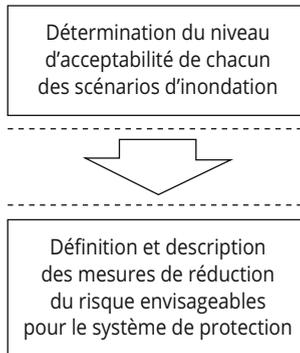


Figure A1-18 : Flux de données (Source : B. Beullac).



Données d'entrée pouvant être utiles	Résultats d'études élémentaires	I. Évaluation du risque d'inondation La priorisation des mesures de réduction du risque dépend directement des résultats de l'évaluation du risque.
	Données disponibles auprès du gestionnaire de digues	
	Données externes	
	Données issues de reconnaissances ou recherches spécifiques	
Alimentation d'autres études élémentaires		

ANNEXE 2

Principaux textes réglementaires relatifs aux digues



Recueil et historique des principaux textes réglementaires relatifs aux digues de protection contre les inondations (version actualisée de juin 2017)

(1) Circulaire interministérielle du 24 janvier 1994 relative à la prévention des inondations et à la gestion des zones inondables

Volonté de durcissement de la politique de l'État en matière de gestion des zones inondables, autour de trois principes : interdiction de toute construction nouvelle dans les zones inondables, contrôle strict de l'extension de l'urbanisation en zones d'expansion des crues, limitation des endiguements et remblaiements nouveaux. La cartographie des zones inondables (atlas, PER, PSS, carte R111-3, etc.) constitue le moyen à privilégier pour la mise en œuvre de cette politique.

(2) Circulaire Interministérielle du 17 août 1994 relative aux modalités de gestion des travaux contre les risques d'inondation

Consécutives aux inondations « médiatiques » de la Camargue au cours de l'hiver 1993-1994. Il s'agit du premier texte demandant aux préfets de dresser un inventaire des structures gestionnaires des digues et, si possible, des ouvrages eux-mêmes.

(3) Circulaire DE/SDGE/BPIDPF-MPN/n° 629 du 28 mai 1999 du ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, relative au recensement des digues de protection des lieux habités contre les inondations fluviales et maritimes

Lancement de l'inventaire national des digues, de leurs gestionnaires et des zones protégées, à l'appui du logiciel « DIGUES ». Lettre MEDD-DE du 7 août 2002 de « relance » auprès des DIREN.

(4) [Pour mémoire, le décret 93-743 ayant été abrogé] Décret n° 2002-202 du 13 février 2002 modifiant le décret n° 93-743 du 29 mars 1993 relatif à la nomenclature des opérations soumises à autorisation ou déclaration en application de l'article 10 de la loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau

Insertion, dans la nomenclature, de la rubrique « 2.5.4. Installations, ouvrages, digues ou remblais, d'une hauteur maximale supérieure à 0,50 m au-dessus du niveau du terrain naturel dans le lit majeur du cours d'eau ». Par ce décret, ces installations (dont les digues) devenaient désormais **soumises à autorisation ou à déclaration** en fonction de la surface et/ou de la largeur occupée dans le lit majeur.

(5) Arrêté du 13 février 2002 [modifié par l'arrêté du 27 juillet 2006] fixant les prescriptions générales applicables aux installations ou ouvrages soumis à déclaration en application des articles L. 214-1 à L. 214-6 du code de l'environnement et relevant de la rubrique 2.5.4 (2° et 3°) de la nomenclature annexée au décret n° 93-743 du 29 mars 1993 modifié

Ainsi que le stipule la [circulaire \(7\)](#) ci-dessous, ces prescriptions générales applicables aux remblais soumis à **déclaration** doivent constituer des bases minimums de prescriptions pour les arrêtés spécifiques à faire prendre pour les remblais soumis à **autorisation**.

[La modification de juillet 2006 réduit le champ d'application de l'arrêté de février 2002 aux remblais en lit majeur (rubrique 3220). Elle comprend des précisions sur la distinction digues/remblais, ne fait plus mention du caractère obligatoire de déversoirs, et ne fixe plus de valeur minimale pour la crue de surverse (aujourd'hui crue de danger)].

(6) Circulaire interministérielle MATE/SDPGE/BPIDPF/CCG et METL n° 234 du 30 avril 2002 relative à la politique de l'État en matière de risques naturels prévisibles et de gestion des espaces situés derrière les digues de protection contre les inondations et les submersions marines

Rappel des principes de la politique de l'État en matière du risque de submersion marine ou d'inondation, et formulation de sa position en ce qui concerne l'urbanisation dans les zones endiguées, notamment dans le cadre de l'élaboration des plans de prévention des risques d'inondation (PPRI). Elle traite en particulier des conditions à respecter pour autoriser des constructions en arrière des digues (à titre indicatif, interdiction à moins de 50 m ou si plus d'un mètre d'eau en cas de brèche).

(7) Circulaire DE/SDGE/BPIDPF-CCG/n° 426 du 24 juillet 2002 du ministère de l'Écologie et du Développement durable relative à la mise en œuvre du décret n° 2002-202 du 13 février 2002

Détaille les conditions d'application de la rubrique 2.5.4 (introduite par le décret de février 2002) de la nomenclature, notamment la transparence hydraulique.

(8) [Pour mémoire, abrogée] Circulaire interministérielle DE/SDGE/BPIDPF-CCG/n° 8 du 6 août 2003 du ministère chargé de l'Intérieur et du ministère de l'Écologie et du Développement durable, relative à l'organisation du contrôle des digues de protection contre les inondations fluviales intéressant la sécurité publique

Instaure un dispositif de contrôle visant les digues « intéressant – ou susceptibles d'intéresser – la sécurité publique » (à l'instar de celui qui existait pour les barrages), avec définition des obligations qui incombent aux gestionnaires et/ou aux propriétaires, d'une part, aux services de contrôle (en l'occurrence, services chargés de la police de l'eau), d'autre part. Les ouvrages concernés sont : les digues de protection contre les débordements de cours d'eau, y compris torrentiels, ainsi que les digues construites dans le cadre d'aménagements de « ralentissement dynamique ».

(9) Lettre-circulaire interministérielle du 21 janvier 2004 du ministère chargé de l'Équipement et du ministère de l'Écologie et du Développement durable, relative à la maîtrise de l'urbanisme et à l'adaptation des constructions en zone inondable et à destination des préfets des départements 07, 11, 13, 26, 30, 34, 48, 66 et 84.

À la suite des retours d'expériences apportés par les crues de la dernière décennie, mise en œuvre d'un plan d'actions concernant la gestion de l'urbanisme en zone inondable et fondé sur 4 axes :

- la maîtrise du développement urbain ;
- l'adaptation des constructions ;
- la gestion des ouvrages de protection ;
- l'organisation des actions et des moyens.

Relativement à l'axe « gestion des ouvrages de protection », rappel de la nécessité de ne pas augmenter la vulnérabilité derrière les digues et de prendre en compte l'hypothèse de la rupture des ouvrages de protection.

(10) [Circulaire notablement modifiée par celle du 8 juillet 2010] Circulaire interministérielle du 26 novembre 2004 des ministères chargés de l'Intérieur, de la Santé, de l'Équipement, de l'Agriculture et du ministère de l'Écologie et du Développement durable, relative à la déclinaison de la politique de l'État en département dans le domaine de l'eau et à l'organisation de la police de l'eau et des milieux aquatiques

Définition d'une nouvelle organisation de la police de l'eau devant aboutir, à l'échéance du 1^{er} janvier 2007, à la désignation par le préfet d'un service départemental **unique** chargé de la police de l'eau, dont le personnel devra être regroupé. Cette réforme vise à une meilleure lisibilité et efficacité du dispositif. Les moyens affectés aux missions de police devront être, a minima, maintenus, avec obligation de mobiliser des agents à temps plein. Les DIREN assurent l'animation et la coordination des services de police de l'eau. La police de l'eau des grands axes hydrauliques du DPF (fleuves et canaux) relève d'une organisation particulière. La circulaire comporte trois annexes :

- l'annexe I concerne la mise en place du service unique de l'eau ;
- l'annexe II a trait aux missions interservices de l'eau (MISE) ;
- l'annexe III précise le rôle des DIREN et de l'échelon régional.

L'importance des missions de contrôle de sécurité des digues et des barrages y est explicitement rappelée.

(11) [Pour mémoire, abrogés] Décrets n° 2006-881 et 2006-880 du 17 juillet 2006 modifiant les décrets n° 93-743 et 93-742 du 29 mars 1993 relatifs à la nomenclature et aux procédures applicables aux opérations soumises à autorisation ou déclaration en application de l'article 10 de la loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau

En application de ces décrets, **toutes les digues** « de protection contre les inondations et submersions » relèvent désormais du régime de l'**autorisation**.

[Ces décrets ont été abrogés par le décret de codification de la partie réglementaire du code de l'environnement. La nomenclature figure désormais au tableau de l'article R. 214-1 du code de l'environnement, la procédure est définie aux articles R. 214-2 à R. 214-56 du Code de l'environnement.]

(12) Décret n° 2007-1735 du 11 décembre 2007 relatif à la sécurité des ouvrages hydrauliques et au comité technique permanent des barrages et des ouvrages hydrauliques et modifiant le code de l'environnement (JO du 13 décembre 2007)

Concerne les barrages et les digues, et introduit les nouvelles notions de visite technique approfondie, revue de sûreté, étude de dangers, agrément des organismes intervenant pour le compte du maître d'ouvrage (maître d'œuvre, bureau d'études, etc.),

diagnostic sur les garanties de sûreté, incidents et événements devant être déclarés, etc.
Pour les digues :

- introduction de 4 classes de digues (D, C, B, A) – selon les enjeux croissants de vulnérabilité concernés (nombre d’habitants dans le val protégé) – avec définition de contraintes croissantes pour les obligations des gestionnaires ;
- fourniture d’un diagnostic initial de sûreté pour toute digue A, B ou C ;
- consultation du CTPB(OH) pour les projets portant sur les digues de classe A.

(13) Lettre-circulaire aux préfets de département du 6 février 2008 du ministère de l’Écologie, du Développement et de l’aménagement durables (MEDAD), fournissant les premières instructions relatives à l’application du décret n° 2007-1735 du 11 décembre 2007

Précise aux préfets certains points du décret et rappelle les principales échéances (barrages et digues).

(14) Arrêté du 29 février 2008 fixant des prescriptions relatives à la sécurité et à la sûreté des ouvrages hydrauliques – **modifié** par l’arrêté du 16 juin 2009

Précise certaines dispositions du décret du 11 décembre 2007 pour ce qui est des obligations des gestionnaires des ouvrages hydrauliques (barrages et digues), et notamment pour les digues : le contenu du « diagnostic initial de sûreté » que tout gestionnaire de digue de classe A, B ou C doit produire avant le 31 décembre 2009 (article 16 du décret).

L’**arrêté modificatif du 16 juin 2009** allège principalement le contenu minimum du « diagnostic initial de sûreté » des digues (art. 16 du décret et art. 9 de l’arrêté).

(15) Arrêté du 12 juin 2008 définissant le plan de l’étude de dangers des barrages et des digues et en précisant le contenu

Rappel : la notion d’étude de dangers (à effectuer par un organisme agréé sous la responsabilité du gestionnaire) a été introduite par l’article 1^{er} du décret du 11 décembre 2007 (art. R. 214-115 à R. 214-117 du Code de l’Environnement). Pour les digues, le gestionnaire doit la réaliser si son ouvrage est de classe A, B ou C, avec les échéances maximales suivantes : 31 décembre 2012 si la digue est de classe A, 31 décembre 2014 si elle est de classe B ou C.

(16) [Circulaire notablement modifiée par celle du 8 juillet 2010] Circulaire ministérielle du 8 juillet 2008 du ministère de l’Écologie, de l’Énergie, du Développement durable et de l’Aménagement du territoire (MEEDDAT), relative au contrôle de sécurité des ouvrages hydrauliques au titre des dispositions mises en place par le décret n° 2007-1735 du 11 décembre 2007 (art. R. 214-112 à R. 214-147 du Code de l’environnement)

Annule et remplace les circulaires interministérielles du 14 août 1970 et du 6 août 2003 qui portaient sur le même objet, respectivement pour les barrages et les digues. Rappelle et précise le rôle des préfets et des services déconcentrés de l’État en matière de contrôle de la sécurité des digues et barrages.

(17) Circulaire interministérielle du 31 juillet 2009 du ministère de l’Écologie, de l’Énergie, du Développement durable et de la Mer (MEEDDM), du ministère de l’Intérieur, de l’Outre-Mer et des Collectivités territoriales et du ministère de l’Agriculture, de l’Agriculture et de la Pêche, relative à l’organisation du contrôle de la sécurité des ouvrages hydrauliques

Fixe le cadre général d’une réorganisation du service de contrôle de la sécurité des ouvrages hydrauliques, indique les principales voies qui paraissent devoir être explorées

afin de définir l'organisation la plus pertinente pour chaque région, dans le but d'en assurer la cohérence et l'efficacité.

(18) Arrêté du 18 février 2010 précisant les critères et catégories des agréments des organismes intervenant pour la sécurité des ouvrages hydrauliques ainsi que l'organisation administrative de leur délivrance.

Définit les justificatifs à fournir par les organismes pour postuler à 5 catégories d'agrément :

- agrément Dignes et barrages – études et diagnostics ;
 - agrément Dignes et barrages – études, diagnostics et suivi des travaux ;
 - agrément Auscultation ;
 - agrément Dignes et petits barrages – études et diagnostics ;
 - agrément Dignes et petits barrages – études, diagnostics et suivi des travaux ;
- Agréments délivrés pour une durée de 5 ans. Possibilité d'obtenir un agrément provisoire de 18 mois.

(19) Circulaire du 16 avril 2010 relative aux études de dangers des digues de protection contre les inondations fluviales

Précise les obligations de réalisation d'une étude de dangers par les responsables des digues et introduit le guide de lecture des études de dangers à l'intention des services de contrôle, annexé à la circulaire.

(20) Arrêté du 21 mai 2010 définissant l'échelle de gravité des événements ou évolutions concernant un barrage ou une digue ou leur exploitation et mettant en cause ou étant susceptibles de mettre en cause la sécurité des personnes ou des biens et précisant les modalités de leur déclaration

Définit les notions d'événements importants pour la sûreté hydraulique (EISH) et précurseurs pour la sûreté hydraulique (PSH : pour barrages A et B uniquement), et leurs modalités de déclaration au préfet et, pour les EISH (barrage ou digue), de classification selon trois niveaux de gravité : accidents, incidents graves et incidents.

(21) Circulaire du 8 juillet 2010 relative à la mise en œuvre de la nouvelle organisation du contrôle de la sécurité des ouvrages hydrauliques en France métropolitaine.

Confie la mission technique de « contrôle de la sécurité des ouvrages hydrauliques » aux DREAL et, faisant suite à la consultation des préfets par la lettre-circulaire du 31 juillet 2009 suscitée, en précise l'organisation :

- 10 DREAL aux effectifs spécialement renforcés apportent leur appui à 12 DREAL adjacentes ;
 - la mission de contrôle reste exercée sous l'autorité fonctionnelle des préfets de département concernés ;
 - les services en charge de police de l'eau sont associés à la mission de contrôle, notamment pour le recensement des ouvrages et l'identification de leur propriétaire.
- Date de mise en application de la circulaire : 1^{er} janvier 2011.

(22) Décret n° 2011-27 du 2 mars 2011 relatif à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation

Avec la loi du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement (LENE), transpose la directive européenne inondation du 23 octobre 2007. Détermine les actions à mener et leurs responsables : évaluation préliminaire des risques inondations dans chaque district hydrographique, sélection des territoires à risque d'inondation important, cartographie des surfaces d'inondation, plans d'action locaux de gestion des risques inondation. Vise explicitement la sécurité des infrastructures existantes de

protection contre les inondations, partie intégrante de l'évaluation préliminaire du risque inondation.

(23) Arrêté du 7 avril 2011 portant agrément d'organismes intervenant pour la sécurité des ouvrages hydrauliques

Première liste des entreprises et organismes agréés « ouvrages hydrauliques », parue en application de l'article R. 214-148 du Code de l'environnement. Les organismes y sont classés selon les cinq catégories d'agrément « Digués et barrages. – Études et diagnostics », « Digués et barrages. – Études, diagnostics et suivi des travaux », « Auscultation », « Digués et petits barrages. – Études et diagnostics » et « Digués et petits barrages. – Études, diagnostics et suivi des travaux », avec les durées de validité correspondantes (5 ans ou 18 mois).

(24) Circulaire du 12 mai 2011 relative à la labellisation et au suivi des projets PAPI 2011 et opérations de restauration des endiguements PSR

Précise les modalités de suivi des projets relatifs aux programmes d'actions de prévention des inondations (PAPI) et l'instruction des projets éligibles au plan submersions rapides (projets PSR). Définit le rôle des acteurs de l'État dans le cadre de ces deux démarches et précise l'articulation entre celles-ci, notamment pour ce qui concerne leur labellisation.

(25) Circulaire du 5 juillet 2011 relative à la mise en œuvre de la politique de gestion des risques d'inondation

Précise les modalités de mise en place d'une gouvernance de bassin pour la conduite de la politique de gestion des risques d'inondation à cette échelle. Propose des modalités d'animation et d'association des parties prenantes, qui concernent notamment la mise en œuvre de la directive européenne relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation (dite directive « inondation »). Concernant la directive « inondation », la présente circulaire rappelle son calendrier de mise en œuvre et son pilotage à l'échelle du bassin. Elle précise également ce qu'est un territoire à risque particulier d'inondation, ce que sa sélection implique et, enfin, le processus d'identification de ces territoires avec les parties prenantes.

(26) Instruction du gouvernement du 20 octobre 2011 relative aux ouvrages de protection contre les inondations et les submersions, à leurs enjeux de protection et à leur efficacité

Résumé : dans le cadre du plan submersions rapides initié après la tempête Xynthia, les services de l'État ont mené un important travail de recensement des systèmes d'endiguement (maritimes et fluviaux), en bonne voie d'achèvement. La présente instruction demande aux préfets d'établir un programme de travail pour parfaire d'ici à la fin 2012 ce recensement et identifier les gestionnaires des digues les plus importantes en termes d'enjeux. De plus, un effort particulier sera consacré aux zones protégées à forts enjeux de sécurité, dans le cas où le gestionnaire de la digue ne sera pas identifié, sera défaillant ou ne disposera pas de la capacité d'assumer ses responsabilités. Des concertations seront alors engagées, en particulier avec les collectivités locales, pour faire émerger un gestionnaire solide.

(27) Arrêté du 15 novembre 2011 portant agrément d'organismes intervenant pour la sécurité des ouvrages hydrauliques

Deuxième liste des entreprises et organismes agréés « ouvrages hydrauliques », parue en application de l'article R. 214-148 du Code de l'environnement. Annexe I : rappel

des organismes précédemment agréés avec date d'échéance de leur agrément. Annexe II : liste de nouveaux organismes agréés avec les durées de validité correspondantes (5 ans ou 18 mois).

(28) Décret n° 2011-2019 du 29 décembre 2011 portant réforme des études d'impact des projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements

Réforme le contenu et le champ d'application des études d'impact sur l'environnement des projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements. Désormais, seuls sont soumis à étude d'impact les projets mentionnés en annexe à l'article R. 122-2 du Code de l'environnement. En fonction de seuils qu'il définit, le décret impose soit une étude d'impact obligatoire en toutes circonstances, soit une étude d'impact au cas par cas, après examen du projet par l'autorité de l'État compétente en matière d'environnement.

Les barrages de retenue et digues de canaux soumis à autorisation (classe A, B et C), au titre de l'article R. 214-1 du Code de l'environnement, et les aménagements côtiers dont les digues maritimes d'une emprise totale égale ou supérieure à 2 000 m² sont soumis à étude d'impact (analyse « au cas par cas » lorsque la surface est inférieure au seuil de 2 000 m²).

(29) Arrêté du 30 mai 2012 portant agrément d'organismes intervenant pour la sécurité des ouvrages hydrauliques

Troisième liste des entreprises et organismes agréés « ouvrages hydrauliques », parue en application de l'article R. 214-148 du Code de l'environnement. Annexe I : rappel des organismes précédemment agréés avec date d'échéance de leur agrément. Annexe II : liste de nouveaux organismes agréés avec les durées de validité correspondantes (5 ans ou 18 mois).

(30) Arrêté du 15 novembre 2012 portant agrément d'organismes intervenant pour la sécurité des ouvrages hydrauliques

Quatrième liste des entreprises et organismes agréés « ouvrages hydrauliques », parue en application de l'article R. 214-148 du Code de l'environnement. Annexe I : rappel des organismes précédemment agréés avec date d'échéance de leur agrément. Annexe II : liste de nouveaux organismes agréés avec les durées de validité correspondantes (5 ans ou 18 mois).

(31) Arrêté du 29 mai 2013 portant agrément d'organismes intervenant pour la sécurité des ouvrages hydrauliques

Cinquième liste des entreprises et organismes agréés « ouvrages hydrauliques », parue en application de l'article R. 214-148 du Code de l'environnement. Annexe I : rappel des organismes précédemment agréés avec date d'échéance de leur agrément. Annexe II : liste de nouveaux organismes agréés avec les durées de validité correspondantes (5 ans ou 18 mois).

(32) Arrêté du 13 décembre 2013 portant agrément d'organismes intervenant pour la sécurité des ouvrages hydrauliques

Sixième liste des entreprises et organismes agréés « ouvrages hydrauliques », parue en application de l'article R. 214-148 du Code de l'environnement. Annexe I : rappel des organismes précédemment agréés avec date d'échéance de leur agrément. Annexe II : liste de nouveaux organismes agréés avec les durées de validité correspondantes (5 ans ou 18 mois).

(33) Loi n° 2014-58 du 27 janvier 2014 de modernisation de l'action publique territoriale et d'affirmation des métropoles (dite loi MAPTAM)

Crée aux articles 56 à 59 la compétence « Gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations » (GEMAPI). Attribue cette compétence de plein droit au bloc communal (communes, EPCI à fiscalité propre – EPCI-FP) à compter du 1^{er} janvier 2016. Cette compétence comprend les missions définies aux 1^o, 2^o, 5^o et 8^o de l'article L. 211-7 du Code de l'environnement :

- 1^o L'aménagement d'un bassin ou d'une fraction de bassin hydrographique ;
- 2^o L'entretien et l'aménagement d'un cours d'eau, canal, lac ou plan d'eau, y compris les accès à ce cours d'eau, à ce canal, à ce lac ou à ce plan d'eau ;
- 5^o La défense contre les inondations et contre la mer ;
- 8^o La protection et la restauration des sites, des écosystèmes aquatiques et des zones humides ainsi que des formations boisées riveraines.

(34) Arrêté du 13 juin 2014 portant agrément d'organismes intervenant pour la sécurité des ouvrages hydrauliques

Septième liste des entreprises et organismes agréés « ouvrages hydrauliques », parue en application de l'article R. 214-148 du Code de l'environnement. Annexe I : rappel des organismes précédemment agréés avec date d'échéance de leur agrément. Annexe II : liste de nouveaux organismes agréés avec les durées de validité correspondantes (5 ans ou 18 mois).

(35) Décret n° 2014-751 du 1^{er} juillet 2014 d'application de l'ordonnance n° 2014-619 du 12 juin 2014 relative à l'expérimentation d'une autorisation unique pour les installations, ouvrages, travaux et activités soumis à autorisation au titre de l'article L. 214-3 du Code de l'environnement

S'applique aux entreprises, porteurs de projet et services de l'État, vise l'expérimentation d'une autorisation unique pour les projets relevant de la législation sur l'eau et les milieux aquatiques dans les régions Rhône-Alpes et Languedoc-Roussillon.

L'autorisation unique rassemble ainsi, outre l'autorisation délivrée au titre de la loi sur l'eau, l'autorisation de modification de l'état d'une réserve naturelle nationale, l'autorisation de modification de l'état des lieux ou de l'aspect d'un site classé (sauf, dans ces deux derniers cas, lorsqu'une autorisation d'urbanisme est requise), l'autorisation de défrichement et la dérogation à l'interdiction de porter atteinte aux espèces et habitats protégés. Le porteur de projet peut ainsi obtenir, après une seule demande, à l'issue d'une procédure d'instruction unique et d'une enquête publique, une autorisation unique délivrée par le préfet, couvrant l'ensemble des aspects du projet.

(36) Arrêté du 18 décembre 2014 portant agrément d'organismes intervenant pour la sécurité des ouvrages hydrauliques

Huitième liste des entreprises et organismes agréés « ouvrages hydrauliques », parue en application de l'article R. 214-148 du Code de l'environnement. Annexe I : rappel des organismes précédemment agréés avec date d'échéance de leur agrément. Annexe II : liste de nouveaux organismes agréés avec les durées de validité correspondantes (5 ans ou 18 mois).

(37) Décret n° 2015-526 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

Modifie et complète le décret du 11 décembre 2007. Il mentionne deux catégories d'ouvrages : les systèmes d'endiguement et les aménagements hydrauliques. Il revoit toutes les classes de digues (C : de 30 à 3 000 personnes ; B : de 3 000 à 30 000 personnes ; A : au-delà de 30 000 personnes), et supprime la classe D. Tous les ouvrages dont la hauteur est inférieure à 1,5 m ne sont plus considérés comme des

digues au sens du décret. Il est toutefois possible pour les collectivités de demander un surclassement en C.

Le décret indique que le gestionnaire devra définir la zone protégée ainsi que le niveau de protection de son ouvrage. Cela n'implique pas la réalisation de travaux pour le gestionnaire. Si le niveau de protection correspond par exemple à une crue/submersion vicennale pour une digue classée C, le gestionnaire n'a pas l'obligation de faire des travaux pour augmenter ce niveau de protection (digue existante). En revanche, pour les digues nouvelles, des niveaux de protection standards ont été inscrits dans le décret : 1/200 pour les digues de classe A, 1/100 pour les digues de classe B, 1/50 pour les digues de classe C.

(38) Loi n° 2015-991 du 7 août 2015 portant nouvelle organisation territoriale de la République (dite loi NOTRe)

- Implique plusieurs nouveautés relatives à la compétence GEMAPI :
- la date butoir d'entrée en vigueur de la compétence est reportée au 1^{er} janvier 2018 ;
- la compétence GEMAPI fait l'objet d'un transfert en totalité et de façon automatique des communes vers l'échelon intercommunal. La loi MAPTAM avait déjà acté ce transfert automatique et complet en faveur des communautés d'agglomérations, les communautés urbaines et les métropoles, mais ne l'avait pas prévu pour les communautés de communes. Ces dernières devaient au préalable distinguer les travaux qui méritaient d'être traités à l'échelon intercommunal de ceux qui devaient rester du ressort des communes. La loi NOTRe rend ce transfert également automatique et complet pour les communautés de communes ;
- la loi introduit une procédure simplifiée de création des établissements publics territoriaux de bassin (EPTB) et des établissements publics d'aménagement et de gestion des eaux (EPAGE) ;
- la clause de compétence générale des départements est supprimée, mais ceux-ci conservent des capacités d'action en termes de solidarité territoriale.

(39) Arrêté du 13 août 2015 portant agrément d'organismes intervenant pour la sécurité des ouvrages hydrauliques

- Neuvième liste des entreprises et organismes agréés « ouvrages hydrauliques », parue en application de l'article R. 214-130 du Code de l'environnement. Annexe I : rappel des organismes précédemment agréés avec date d'échéance de leur agrément. Annexe II : liste de nouveaux organismes agréés avec les durées de validité correspondantes (5 ans ou 18 mois).

(40) 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

Rappel : cet arrêté s'applique à l'étude de dangers (à effectuer par un organisme agréé sous la responsabilité du gestionnaire) telle que décrite par l'article 18 du décret du 12 mai 2015 (art. R. 214-115 à R. 214-117 du Code de l'environnement). Une étude de dangers doit être réalisée pour les systèmes d'endiguement de classes A, B et C.

Voir aussi les notes techniques PATOUH

- Détermination de la hauteur et de la zone protégée d'une digue en vue de son classement pour l'application du décret du 11 décembre 2007. P. Ledoux, R. Tourment, G. Degoutte, 10 avril 2009.

- Application du décret du 11 décembre 2007 aux digues de protection contre les submersions marines (détermination de la hauteur et de la zone protégée). P. Ledoux, R. Tourment, 28 juillet 2010.

Auteurs et contributeurs des différentes versions

Bruno Beullac (Irstea)

Gérard Degoutte (Irstea-CGAAER)

Patrice Mériaux (Irstea) – Entre autres, auteur de la version initiale et des premières mises à jour

Nicolas Monié (Ministère en charge de l'environnement – DGPR)

Yann Queffélec (ONF-DFRN/Département risques naturels – Pôle RTM)

Rémy Tourment (Irstea)

ANNEXE 3

Modèle de cahier des charges pour la réalisation d'une étude de dangers de système d'endiguement

Ce modèle de cahier des charges s'inscrit dans le cadre méthodologique d'analyse de risque présenté en [Partie II](#). Il repose également sur le retour d'expérience de la DREAL Centre – Val-de-Loire dans la réalisation des études de dangers des digues domaniales de la Loire et de ses principaux affluents.

En tant qu'organisme public soumis au code des marchés publics et compte tenu du nombre important d'études à réaliser (plus de 40 systèmes de protection représentant près de 500 km de digue), la DREAL Centre – Val-de-Loire a opté en 2012 pour le lancement d'un accord-cadre visant à retenir un nombre limité de bureaux d'études privés agréés pour réaliser les EdD. Cinq lots ont été constitués, liés à un découpage géographique des systèmes de protection du bassin de la Loire.

Un cahier des charges unique a été rédigé à cette occasion. Le cahier des charges proposé dans cette annexe s'inspire en grande partie de cette expérience.

Ce cahier des charges intègre également la réalisation de la visite technique approfondie (VTA) du système de protection, celle-ci constituant une donnée d'entrée intéressante pour l'EdD ; une VTA est impérative pour la réalisation d'un diagnostic approfondi, ce dernier constituant lui-même une donnée d'entrée d'une EdD format « 2007 » et obligatoire pour une EdD format « 2015 ».

Remarque

Dans le présent modèle de cahier des charges, les inscriptions en « *caractères gras italiques* » correspondent à des informations à l'attention du rédacteur d'un cahier des charges. Les inscriptions en « caractères normaux » constituent des propositions de rédaction du cahier des charges.

Chapitre I. Contexte

Article I-01 : Contexte réglementaire

La réglementation française impose aux gestionnaires de digues de réaliser des études de dangers (EdD) et des visites techniques approfondies (VTA) pour les digues de classes A, B et C.

Rappel des textes en vigueur : Code de l'environnement, arrêté ministériel, arrêtés préfectoraux, ces derniers pouvant imposer des échéances pour la remise de l'EdD.

Article I-02 : Objet du marché

Le présent marché vise à faire réaliser par un bureau d'études, agréé au titre des articles R. 214-129 à R. 214-132 du Code de l'environnement.

- Préciser le type d'EdD attendu (tel que défini au Chapitre 5).
- Déterminer les objectifs de l'étude (tels qu'évoqués au paragraphe 2. du Chapitre 4).

Article I-03 : Site d'étude

- Présentation d'une carte synthétisant les connaissances actuelles du système à étudier : limite du système de protection, approche des limites de la zone protégée, milieu eau, système de protection proche pouvant influencer sur le système étudié, remblais pouvant influencer les écoulements en cas d'entrée d'eau dans la zone protégée, etc. Cette carte est indicative, l'organisme agréé qui sera retenu devra préciser ces éléments.
- Présentation de la liste de communes concernées par l'ensemble de ces objets.

Les limites du système d'endiguement, de sa zone protégée et des ouvrages secondaires et de protection indirecte qui le composent sont données à titre indicatif. Ces limites seront à repréciser et justifier sur la base d'une analyse topographique et hydraulique dans le cadre de l'étude de dangers (voir II-03.5).

Chapitre II. Contenu des études

Article II-01 : Visite technique approfondie

Nous conseillons de faire réaliser la visite technique approfondie (VTA) par le titulaire du marché. Elle permet d'acquérir une bonne connaissance du système de protection, de s'approprier le contenu des rapports des VTA antérieures et d'avoir un œil critique sur les désordres déjà recensés et leur évolution.

- La VTA de l'ensemble du système d'endiguement, englobera les points suivants :
 - examen visuel de la digue et des ouvrages englobés : structure et géométrie de la digue (inspection à pied de l'ensemble de l'ouvrage : talus et pied de talus côté zone protégée, crête, talus et pied de talus côté eau afin d'évaluer l'état de l'ouvrage en première approche) ;
 - identification des éventuels points singuliers et désordres observés (végétation, traces d'animaux fouisseurs, détérioration des voiries supportées par l'ouvrage, présence d'ouvrages implantés dans la digue ou la traversant, dégradations de l'ouvrage, etc.) et détermination de leurs origines possibles ;
 - description des suites à donner en matière de surveillance, d'exploitation, d'entretien, d'auscultation, de diagnostic ou de confortement (définition au cas par cas des actions permettant de corriger les désordres et d'assurer la sécurité de l'ouvrage).
- La phase terrain consiste en une reconnaissance visuelle approfondie des ouvrages et l'alimentation de fiches d'inspection, ainsi qu'en d'éventuels levés spécifiques que le titulaire devra définir dans son offre.

II-01.1 - Analyse du dossier d'ouvrage

Dans le but de préparer le travail de terrain et les analyses qui en découleront (pour apporter des conclusions vis-à-vis des observations faites dans le cadre de la VTA), le titulaire du marché devra en premier lieu analyser l'ensemble des données disponibles sur l'ouvrage (rapports de visites de l'ouvrage, dossiers de travaux, plans, etc.) pour établir un historique de la vie de l'ouvrage (conception initiale, modifications ultérieures, entretien et réparations) et faire le bilan de son état connu avant de réaliser la VTA incluse dans le présent marché. Ce travail s'appliquera à la digue ainsi qu'aux ouvrages de protection indirects de son environnement proche (épis, enrochements, etc.). Ce point devra faire l'objet d'un chapitre spécifique du rapport de la VTA.

II-01.2 - Reconnaissance physique des ouvrages

- La reconnaissance s'effectuera à pied et à un moment où l'état de la végétation et la saison permettront une visibilité maximale des talus (absence de neige, développement minimal de la végétation, faible couverture foliaire au sol, etc.). Par ailleurs, le gestionnaire de l'ouvrage veillera à ce que l'entretien de la végétation sur la digue soit réalisé peu de temps avant la visite.
- La reconnaissance portera sur les talus de digues côté zone protégée et côté eau (fondations comprises) ainsi que sur la crête des ouvrages. L'observation devra porter sur la morphologie apparente des ouvrages et sur les anomalies ou désordres constatés. Une attention particulière sera portée aux ouvrages inclus : bâtiments, ouvrages vannés, barbacanes et clapets associés, éventuelles canalisations, etc.
- Pour des raisons de sécurité, cette visite sera impérativement menée par deux personnes (au minimum). Elles présenteront l'une et/ou l'autre des compétences en hydraulique, morphodynamique, géotechnique et génie civil (*voir III-03.3*).
- L'inspection du talus côté eau pourra être complétée si nécessaire par une reconnaissance en bateau, dont l'organisation sera à la charge du prestataire qui devra faire parvenir une demande motivée au maître d'ouvrage pour acceptation.
- Le bureau d'études devra se munir d'un appareil photo indexé GPS de façon à repérer les clichés avec précision. La direction de chacune des prises de vues devra également être renseignée.
- Le titulaire de l'étude préviendra le gestionnaire d'ouvrage du démarrage de l'opération d'inspection suffisamment en avance, afin que ce dernier puisse s'organiser pour son ou ses technicien(s) y participe, et pour que l'entretien de la végétation sur l'ouvrage puisse être réalisé à temps.
- Les objectifs de la VTA, sur la base de la topographie fournie et de l'analyse du dossier d'ouvrage (*voir II-01.1*), sont :
 - repérer, décrire et localiser précisément les indices de désordres sur les ouvrages ;
 - décrire l'état des protections de talus et de pied des parements côtés eau et zone protégée ;
 - décrire la nature et l'état des ouvrages singuliers ;
 - repérer et caractériser les ouvrages inclus dans les digues ;
 - repérer et caractériser la végétation ligneuse sur les ouvrages ;
 - repérer les caractéristiques morphologiques et morphodynamiques de l'environnement immédiat de l'ouvrage (estran/franc-bord, zone protégée).
- Le relevé de l'ensemble de ces informations sur le terrain s'effectuera par l'alimentation de fiches papier spécifiques. Pour cela, le titulaire devra proposer un ou plusieurs modèles de fiche. Ces modèles seront construits par le titulaire sur la base des différents modèles qui lui seront mis à disposition par le gestionnaire du système de protection.

Le Comité de pilotage de l'étude de dangers validera avant la visite le(s) modèle(s) de fiche proposé(s) par le titulaire.

- L'ensemble des éléments qui seront décrits par le bureau d'études devra être géolocalisé en utilisant un système de repérage qu'il aura proposé et qui aura été validé par le gestionnaire d'ouvrage. Les relevés seront effectués par tout moyen permettant de localiser précisément les observations dans ce système de repérage.

II-01.3 – Rapport de visite technique approfondie

- La visite technique approfondie donnera lieu à un rapport spécifique dont le contenu sera repris par la suite dans le cadre de la réalisation de l'EdD.
- Ce rapport devra tout d'abord retranscrire l'analyse du dossier d'ouvrage qui devra avoir été réalisée préalablement à la visite (*voir* II-01.1).
- Il devra ensuite récapituler, sous la forme de fiches de visite et de cartographies, tous les points particuliers relevés et les éléments significatifs de la VTA.
- L'ensemble des relevés de terrain, les plans, descriptions géométriques des ouvrages, photos, et références bibliographiques utiles devront également être renseignés.
- Ce rapport devra conclure sur les besoins en termes de diagnostic des ouvrages et proposer des mesures à mettre en œuvre ou éventuellement des investigations complémentaires à entreprendre pour combler les possibles lacunes dans la connaissance des ouvrages et de leur environnement immédiat.
- Ce rapport devra également proposer une analyse et une mise à jour des consignes de surveillance pour ce qui concerne la question de la réalisation des futures VTA, des visites « simples » de surveillance et des visites spécifiques des ouvrages en cas d'événement rare ou exceptionnel.

II-01.4 – Contenu minimum de la VTA

Outre les instruments de repérage que le prestataire définira dans le programme d'exécution des études, les opérateurs seront munis d'un tirage du plan topographique, d'un appareil photographique numérique ainsi que d'un jeu de fiches de relevé des désordres qu'il aura pris soin d'élaborer et de faire valider par le gestionnaire d'ouvrage.

- a) Pour ce qui concerne les caractéristiques géométriques de la digue, il s'agira de vérifier et compléter les principales informations topographiques disponibles (notamment sur la vue en plan) : cela nécessitera de se repérer sur le plan existant au fur et à mesure de la progression. Des croquis seront dessinés aux sections où il apparaît des singularités non visibles ou mal répertoriées sur le plan. On s'attachera également à indiquer les conditions météo et les niveaux d'eau constatés le jour de la visite.
- b) Pour ce qui concerne les indices de désordres, les points à observer plus particulièrement sont les suivants :
 - talus côté zone protégée :
 - végétation (nature et développement, racines et souches),
 - raideur et régularité du talus,
 - indices d'érosion ou de mouvements, amorces de glissement, ravinements (fissures, arrachements, bourrelets, arbres inclinés, etc.),
 - terriers (taille et densité),
 - débouchés de canalisation et ouvrages singuliers,
 - indices de fuite, zones humides et points d'eau, éventuels dispositifs de drainage,
 - existence, nature et état d'un éventuel confortement et/ou revêtement de protection,
 - singularités topographiques au-delà du pied de talus (indice d'ancienne brèche, dépression, fontis, fossé, canal) ;

- crête de la digue :
 - végétation (nature et développement, racines et souches),
 - voies de circulation (route, chemin) : largeurs, régularité du profil, indices de mouvements de terrain (fissurations longitudinales, fissures transversales, tassements, fontis),
 - fissures longitudinales, fissures transversales,
 - tassements, fontis,
 - terriers (taille et densité),
 - existence, nature et état du revêtement,
 - ouvrages singuliers ;
- talus côté eau :
 - raideur et régularité du talus,
 - végétation (nature et développement, racines et souches),
 - présence de vides (pierres manquantes),
 - état des éventuels joints,
 - fissures (existence relevée sur plans et fiches),
 - indices d'érosion ou de mouvements, amorces de glissement, ravinements (fissures, arrachements, arbres inclinés, etc.),
 - débouchés de canalisation et ouvrages singuliers (clapets notamment),
 - existence, nature et état de l'éventuelle protection de pied d'ouvrage,
 - singularités topographiques au-delà du pied de talus (érosions de berge/estran, dépôts de sédiments, fontis, etc.),
 - hétérogénéité des matériaux mis en œuvre (enrochements, gabions, mur de soutènement, etc.),
 - vulnérabilité des points de raccordements entre ouvrages ;
- sur l'ensemble de l'ouvrage :
 - végétation (type, densité, système racinaire fonction de la nature du sol par le biais de sondages rustiques, etc.),
 - présence de terriers (nature du sol),
 - présence d'ouvrages annexes et ouvrages singuliers (canalisations, vannes, etc.).

De façon générale, les dégradations traduisant le vieillissement des ouvrages devront être mises en évidence et notamment par l'identification et la description des indices suivants :

- pour les parties en béton : fissures, éclatements, faïençage, corrosion des armatures, dégradation de joints, etc. ;
- pour les ouvrages géotechniques (talus arrière de la digue) : érosion, affaissements, tassements, glissement, etc. ;
- pour les organes mobiles ou traversants : corrosion, fuites, déformation, etc. ;
- pour les parties en enrochement : glissement, érosion des blocs, dégradations du géotextile, etc. ;
- pour les palplanches : corrosion, déformation, défaut d'étanchéité, etc.

Parmi les ouvrages singuliers, une attention particulière mérite d'être portée aux éventuelles maisons ou constructions situées à proximité de, ou incorporées dans, le corps de digue et qui constituent des zones de faiblesse potentielle de la digue : il conviendra de les cartographier avec précision (repérage en plan et en profil), si le plan topographique disponible ne les a pas – ou incomplètement – caractérisés.

II-01.5 - Modalités de report et de restitution des informations

- Les désordres inventoriés seront repérés et numérotés, partie par partie d'ouvrage, directement sur un tirage du plan topographique au 1/500^e, en respectant un symbolisme agréé par le gestionnaire d'ouvrage. Les numéros renvoient à des lignes successives de

la fiche de relevé des désordres où seront portées les annotations de détail et où l'on codera les principales informations.

- Il sera, en outre, établi un dossier photographique complet, parfaitement légendé (position GPS des photos, repérage sur plan des photos avec direction de prise de vue) :
 - photos de désordre, référencées par le numéro de désordre, avec éléments permettant d'avoir l'échelle de la prise de vue ;
 - photos d'ensemble de la digue aux points représentatifs.
- Enfin, au terme de l'inspection, le prestataire procédera à la mise au propre de toutes les informations récoltées ainsi qu'à leur saisie informatique sur un logiciel compatible avec le logiciel Microsoft Excel.

Remarque

Le format de fichier de restitution est laissé à l'appréciation du gestionnaire du système d'endiguement ; ce peut être un fichier de tableur (comme suggéré ci-dessous), et/ou de traitement de texte, ou encore une saisie directe dans le système d'information du gestionnaire (comme dans le SIRS Dignes).

Article II-02 : Étude de dangers

Les principaux objectifs de l'étude de dangers à mener sont les suivants :

- définir le système de protection, ses limites, ses composants, son environnement spécifique constitué de la zone protégée et du (ou des) milieu(s) extérieur(s) eau et son (leur) fonctionnement ;
- identifier et estimer le risque d'inondation associé aux enjeux présents dans la zone protégée en fonction des limites du système de protection considéré et de sa possible défaillance ;
- identifier les recherches, études et reconnaissances complémentaires à mener pour améliorer la qualité et la résolution des données ou encore la performance des méthodes employées pour réaliser l'étude de dangers ;
- évaluer l'acceptabilité du risque d'inondation étant donné le système de protection ;
- proposer des mesures de gestion et d'amélioration du système de protection destinées à réduire les risques : prévention de l'érosion interne, de l'érosion externe, fréquence et nature des opérations de surveillance et d'entretien, modification du système, etc.

Remarque

Les deux derniers points sont parmi les finalités de la démarche de gestion des risques et donc une justification de la réalisation de l'analyse des risques. Néanmoins, dans l'arrêté du 7 avril 2017 précisant le plan de l'étude de dangers en application du décret de 2015, ils ne sont pas rendus obligatoires par la réglementation. On imagine mal la finalité d'une étude de dangers ne donnant pas lieu à d'éventuelles mesures complémentaires de gestion des risques (voir Chapitres 7 et 14) ; le présent modèle de CCTP est rédigé en ce sens.

Définitions des notions de niveaux

- **Niveau de protection (NP)** : niveau d'eau jusqu'auquel on n'a pas d'entrée d'eau dans la zone protégée (issuée de la ou les étendues d'eau contre lesquelles le système de protection protège : mer, fleuves, rivières, torrents, lacs, etc.), ou dans une quantité limitée et acceptable par le système d'assainissement et de drainage de la zone protégée (par exemple, par des embruns ou faibles franchissements en milieu marin).
- **Niveau de sûreté (NS)** : 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.
- **Niveau de danger (ND)** : Niveau d'eau à partir duquel la probabilité de rupture de l'ouvrage est très élevée à certaine pour les différents modes de rupture auxquels il est potentiellement exposé. C'est notamment 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 à cet effet.

Remarques

Ces définitions sont à considérer en termes fonctionnels, vis-à-vis de l'intégrité de la digue et de sa fonction de protection. La traduction de ces niveaux fonctionnels en termes d'événements hydrauliques constitue un objectif auquel devra répondre le titulaire.

Par ailleurs, il est à noter que l'adoption du décret du 12 mai 2015 impose un engagement de l'EPCI GEMAPI quant au niveau de protection des systèmes d'endiguement dont il a la responsabilité. Si cette évolution de la réglementation introduit une nouvelle responsabilité des gestionnaires de systèmes d'endiguement vis-à-vis de la protection des populations présentes dans la zone protégée, celle-ci ne remet pas en question le fait que le MO est responsable des accidents pouvant être causés dans la zone protégée, du fait de la présence de l'ouvrage, lorsque l'événement de sollicitation atteint une cote supérieure au niveau de protection affiché : le gestionnaire de l'ouvrage doit donc veiller à ce que l'ouvrage n'aggrave pas l'inondation de la zone protégée pour les événements de sollicitation dont la cote est supérieure au niveau de protection.

- Le titulaire devra particulièrement veiller à produire une étude de dangers à caractère opérationnel, permettant d'apporter au gestionnaire du système de protection les données les plus fiables possible quant au niveau de protection apporté et au risque d'inondation par dépassement ou par défaillance du système d'endiguement. Ces données pourront notamment être utiles à la gestion de la mise en sécurité des populations protégées. Il sera également important que l'étude produite puisse constituer une aide à la définition d'une stratégie pour la gestion, la surveillance, l'entretien et la réalisation de travaux de confortement et d'amélioration du système d'endiguement.
- Le plan de l'EdD devra suivre scrupuleusement le plan réglementaire de l'étude de dangers. Celui-ci permet de répondre aux attentes des services de contrôle de la sécurité des ouvrages hydrauliques en matière d'informations et de résultats à produire.

Rappeler ici le plan réglementaire de l'EdD, pour la réglementation appliquée dans le cadre de l'EdD (voir Chapitre 11 : paragraphe 1.).

- Ce plan devra être strictement appliqué au rendu définitif de l'étude de dangers du présent marché.

Article II-03 : Démarche à mettre en œuvre pour l'étude de dangers de digues (ou DE système d'endiguement)

II-03.1 – Description générale de la démarche

La réalisation d'une étude de dangers correspond essentiellement à la mise en œuvre d'une démarche d'analyse de risque, suivie d'une évaluation du risque et conduisant à la définition de mesures de réduction du risque.

Les objectifs de l'EdD sont donc respectivement :

- d'estimer le risque d'inondation impliqué par le système d'endiguement étudié ;
- d'évaluer l'acceptabilité de ce risque compte tenu du contexte local ;
- de définir les mesures de gestion, d'entretien ou de modification des ouvrages qui s'avèrent pertinentes du point de vue de la réduction du risque d'inondation.

L'Irstea a développé une méthode d'analyse de risque des systèmes de protection contre les inondations spécifiquement adaptée au contexte des EdD. Cette démarche devra être appliquée pour la réalisation de l'EdD faisant l'objet du présent marché.

Cette méthode d'analyse de risque repose sur la mise en œuvre successive des actions suivantes :

- l'analyse fonctionnelle du système d'endiguement ;
- l'analyse de la défaillance du système d'endiguement :
 - application d'une méthodologie reposant sur les principes de la méthode AMDE (analyse des modes de défaillance et de leurs effets),
 - modélisation des scénarios de défaillance du système d'endiguement en appliquant une méthodologie reposant sur la méthode des arbres d'événements ;
- l'analyse quantitative des scénarios de défaillance : évaluation en termes de probabilité d'occurrence et de conséquences pour la zone protégée.

Une analyse de risque doit consister en une démarche analytique, cohérente et rigoureuse, intégrant l'ensemble des aspects liés aux ouvrages et à leur environnement. Pour répondre à cette nécessité, la méthodologie développée par l'Irstea décompose le travail à effectuer en différentes études élémentaires dont les interrelations sont structurées afin de garantir la cohérence de l'ensemble de l'étude de dangers.

Ces études élémentaires, qui constituent des objectifs intermédiaires ou des étapes de la démarche globale, correspondent aux différents besoins en termes de données à prendre en compte, ainsi qu'aux différentes analyses et modélisations à mener pour répondre pleinement aux objectifs de l'étude de dangers.

La démarche d'analyse de risque et la nature des études élémentaires qui la composent sont détaillées dans la suite du [II.03](#).

Les résultats produits dans les différentes études élémentaires devront ensuite être utilisés pour la rédaction des différents chapitres du plan réglementaire de l'EdD. L'application de cette démarche vise à favoriser la cohérence entre les différents chapitres du rapport de l'EdD produite et donc la pertinence des résultats qu'ils exposent, cela dans le but de répondre aux besoins objectifs des gestionnaires de digues en termes de connaissance de leurs ouvrages et d'estimation des risques qu'ils impliquent et de réduction et de gestion de ces risques.

Le détail des études élémentaires est décrit dans le guide Irstea « Inondations – Analyse de risque des systèmes de protection – Application aux études de dangers ». Ces informations pourront faciliter la prise en main de la méthodologie.

II-03.2 – Objectifs et spécificités des études élémentaires à mener (voir Figure 5-3)

Les objectifs et les points particuliers des différentes études élémentaires sont décrits ici. Ces études constituent des étapes de la réalisation de l'étude de dangers. Elles devront donner lieu à la rédaction de rapports intermédiaires spécifiques dont les principaux résultats et les conclusions seront ensuite insérés dans le rapport de l'EdD et les rapports complets seront annexés au rapport de l'EdD.

Introduire ici le diagramme de la démarche d'analyse de risque présenté au paragraphe 2.2 du chapitre 5. du guide.

Au-delà de leurs objectifs intrinsèques, les études élémentaires correspondant à des données d'entrées de l'EdD devront être menées en suivant la démarche suivante :

1. bilan et analyse critique des informations disponibles,
2. identification des lacunes en termes de connaissance et des actualisations nécessaires compte tenu des spécificités du contexte de l'étude,
3. éventuelle réalisation de reconnaissances spécifiques,
4. analyses spécifiques propres à l'étude élémentaire.

Les soumissionnaires indiqueront dans leur offre les précisions nécessaires à la description technique de la méthodologie qu'ils emploieront pour réaliser chacune des études élémentaires présentées dans la suite de l'Article II-03.

II-03.3 – Étude élémentaire 0 – Étude accidentologique

Cette étude consiste en l'analyse des retours d'expériences relatifs au système d'endiguement objet de l'EdD, à sa zone protégée et au milieu eau pouvant l'impacter (notamment issus du dossier de l'ouvrage et des données historiques disponibles), ainsi qu'à des systèmes endigués similaires.

Elle a pour objectif de produire une première analyse des composantes du risque d'inondation lié au système d'endiguement, au vu de l'analyse des événements passés et des retours d'expériences :

- les actions et facteurs aggravants envisageables sur les ouvrages ;
- les types de défaillances du système d'endiguement possibles ;
- les caractéristiques des brèches historiques et autres désordres ;
- les caractéristiques hydrauliques des inondations et leurs conséquences possibles des inondations dans la zone protégée ;
- l'efficacité des systèmes de gestion de la sécurité pour le système d'endiguement, la zone protégée et le milieu eau ;
- etc. (tout autre facteur de risque).

Il est rappelé aux candidats l'importance de l'analyse des archives historiques afin d'appréhender au mieux les phénomènes survenus dans le passé.

- *Préciser si une phase de recherche d'archives est demandée ou possible (sur justification de sa nécessité par le candidat), ou si seules la consultation et l'analyse des données mises à disposition sont exigées.*
- *Donner le descriptif des données existantes pouvant être mises à disposition.*

II-03.4 – Étude élémentaire 1 – Topographie

L'étude de la topographie doit satisfaire les objectifs suivants :

- connaître la topographie (coordonnées planimétriques et altimétriques de points) du terrain naturel terrestre et subaquatique (bathymétrie), comprenant les ouvrages de protection ainsi que des ouvrages inclus, dans le périmètre présumé puis établi de l'EdD ;

– représenter graphiquement l’information topographique recueillie, sous les différentes formes utiles à la réalisation des différentes études élémentaires de la méthodologie Irstea (MNT, profils en travers, profils en long, plans cotés, etc.).

Selon la nature des études et données mises à disposition du titulaire, ce dernier devra veiller à ce que la synthèse des données topographiques permette :

- de produire le profil en long de la crête de digue afin de le comparer avec les lignes d’eau issues de l’étude hydraulique et d’évaluer l’aléa de surverse ;
 - de produire les profils en long des pieds de digues afin de les comparer avec les lignes d’eau et d’évaluer la charge hydraulique ;
 - de produire les profils en travers utiles pour apprécier l’aléa géotechnique : calcul de stabilité, d’érosion interne, etc. ;
 - d’établir un plan de la digue à une échelle permettant le report des observations visuelles et des ouvrages englobés dans le corps de digue ou ses fondations ;
 - de produire des coupes représentant les singularités : traversée hydraulique, batardeau, pont, etc. ;
 - de réaliser des études hydrauliques en vue de définir les sollicitations hydrauliques caractéristiques au contact de l’endiguement ainsi que de caractériser l’intensité et la cinétique des inondations dans la zone protégée ;
 - de réaliser des études morphodynamiques en vue de connaître l’évolution morphologique principale du milieu eau, en profils en long et en travers, ainsi qu’en plan ;
 - d’identifier et de caractériser des éventuels facteurs aggravant les potentiels de risque comme la végétation, les sources d’embâcles et les activités à proximité de l’endiguement.
- *Préciser si la production de nouvelles données topographiques est demandée, ou possible (sur justification de sa nécessité par le candidat), ou si seules la consultation et l’analyse des données mises à disposition sont exigées.*
 - *Donner le descriptif des données existantes pouvant être mises à disposition (MNT, plans cotés, etc.) ainsi que leurs caractéristiques (par exemple, résolution, précision altimétrique, etc.).*

II-03.5 – Étude élémentaire A – Définition du périmètre de l’étude et identification du risque

Définition du périmètre de l’étude

Le périmètre de l’étude est défini de manière experte sur la base des données disponibles et produites dans le cadre de l’EdD, et en particulier sur une analyse de la topographie des ouvrages et de la zone protégée. Il correspond à l’enveloppe contenant le système d’endiguement étudié, sa zone protégée et le milieu eau qui les bordent.

Ces trois entités géographiques doivent avant tout traduire une cohérence en termes de fonctionnement hydraulique (du milieu eau et de la zone protégée) et hydro-sédimentaire (du milieu eau et du système d’endiguement).

Leur détermination repose principalement sur la donnée topographique (puisque celle-ci conditionne en grande partie les écoulements) et de la nature des écoulements envisageables.

Concernant le système d’endiguement, cette étude élémentaire doit identifier et valider :

- la ligne de défense (protection) principale : le linéaire de protection (ouvrages ou éléments naturels) de référence pour le gestionnaire du système d’endiguement et/ou du point de vue de la protection de la zone protégée ;
- 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 sollicitations sur les linéaires de protection.

Identification du risque

L'identification du risque consiste en une description **qualitative** de toutes les composantes matérielles et organisationnelles du périmètre de l'étude qui influent sur le risque d'inondation par défaillance du système d'endiguement.

Ces composantes sont notamment :

- le milieu eau source des actions sur le système d'endiguement et ses spécificités ;
- les mesures de contrôle de la sécurité, relatives aux sollicitations du milieu eau (météo, alerte, etc.), la sûreté du système d'endiguement (surveillance, entretien, travaux et actions de prévention/protection en crise), la vulnérabilité des enjeux (alerte, évacuation des populations, protection des biens, etc.), l'identification de leurs rôles vis-à-vis de la protection contre les inondations et/ou le fonctionnement hydraulique du système endigué, et la définition de leurs implications en cas de défaillance ;
- les ouvrages inclus présents, à vocation hydraulique (de transparence, de vidange, etc.) ou constituant des facteurs aggravants pour le système de protection (canalisations, bâtiments, etc.), l'identification de leurs rôles vis-à-vis de la protection contre les inondations et/ou le fonctionnement hydraulique du système endigué, et la définition de leurs implications en cas de défaillance ;
- les autres facteurs aggravants et actions envisageables sur les ouvrages (végétation, animaux fouisseurs, séismes, karsts, précipitations, embâcles de glace, avalanches, etc.) ;
- les types d'enjeux présents dans la zone protégée (populations, logements, entreprises, agriculture, réseaux, bâtiment ou équipement public, patrimoine, milieu naturel, etc.) et la description de leur vulnérabilité aux inondations.

L'identification du risque vise donc à déterminer la nature des études élémentaires qui devront être menées dans la suite de l'étude de dangers et les compléments spécifiques que ces dernières devront comporter. Les études élémentaires ainsi définies auront alors pour objectif de caractériser de manière **quantitative** les phénomènes et autres éléments prenant place dans le périmètre de l'étude.

L'identification du risque repose en grande partie sur les résultats de l'étude accidentologique et sur une analyse du système.

II-03.6 - Étude élémentaire 2 – Analyse de la gestion de la sécurité

Cette partie de l'étude a pour objectif, en termes de gestion, surveillance, entretien et maintenance, alerte, urgence, etc. :

- l'identification et la description des politiques de gestion de la sécurité :
 - mesures appliquées au milieu eau source de sollicitations sur les ouvrages,
 - mesures appliquées au système d'endiguement,
 - mesures appliquées à la zone protégée ;
- l'analyse et la traduction de ces mesures en termes de barrières de sécurité, en vue de leur intégration dans l'analyse fonctionnelle, puis de leur prise en compte dans l'analyse des scénarios d'inondation, de la défaillance du système d'endiguement et dans l'estimation de la vulnérabilité des enjeux.

Concernant le système d'endiguement, cette étude élémentaire doit donc **définir, décrire et analyser** la politique de prévention des accidents majeurs actuellement mise en place et le système de gestion de la sécurité qui en découle :

- organisation de l'exploitant et des éventuelles autres entités impliquées pour ce qui concerne les aspects liés à la sécurité ;

- définition des principales procédures qui encadrent l'identification et l'évaluation des risques d'accidents majeurs, la surveillance de l'ouvrage en toutes circonstances, la gestion des situations d'urgences et la gestion du retour d'expérience ;
- dispositions prises par l'exploitant pour s'assurer en permanence du respect des procédures, auditer et réviser son système de gestion de la sécurité dans le cadre de son amélioration continue.

L'analyse de ces différents types de mesures doit conduire à l'identification d'une partie (essentiellement organisationnelle) des barrières de sécurité qui s'appliquent au système endigué et à leur caractérisation (*la notion de barrière de sécurité est explicitée au paragraphe 9.2. du Chapitre 4*).

Donner le descriptif des données existantes pouvant être mises à disposition (consignes de surveillance et d'entretien, PCS, planification des alertes du SPC, planification des alertes météo France, etc.).

II-03.7 – Étude élémentaire 3 – Morphodynamique globale

Cette étude a pour objectif de définir le fonctionnement morphodynamique global du système étudié, c'est-à-dire celui du milieu eau dans lequel s'inscrit localement le périmètre de l'étude.

Les points suivants doivent donc être caractérisés :

- le zonage et la caractérisation des grands ensembles morphodynamiques qui comprennent ou ont une influence sur la zone d'étude : c'est-à-dire l'identification et la délimitation des ensembles ayant un même fonctionnement morphodynamique (par exemple, secteur à méandres, secteur divagant, secteur tresses, secteur rectiligne, bancs de sable, chenaux, etc.) et la définition de la direction, de l'intensité et de la dynamique globale des transits sédimentaires (en plan et en profils) ;
- les évolutions passées des grands ensembles morphodynamiques identifiés : description des éventuelles modifications passées dans le fonctionnement sédimentaire pour aboutir à la situation actuelle (généralement du fait de la perturbation des équilibres naturels par les activités humaines) et bilan des évolutions bathymétriques observées et mesurées ;
- les évolutions futures prévisibles des grands ensembles morphodynamiques : notamment du fait de l'action anthropique sur le milieu eau (dragages, extraction, aménagements hydrauliques, etc.), des changements climatiques, etc.

Une telle étude est notamment importante du fait qu'une analyse morphodynamique trop localisée, centrée uniquement sur le système de protection peut être insuffisante, par exemple pour évaluer le risque d'un contournement du système, ou encore pour prendre en compte les effets d'éventuels engravements localisés.

Des références méthodologiques et techniques pouvant être utilisées pour réaliser cette étude élémentaire sont présentées au paragraphe 3. du Chapitre 5.

- *Préciser si la production de nouvelles données est demandée, ou possible (sur justification de sa nécessité par le candidat), ou si seules la consultation et l'analyse des données mises à disposition sont exigées.*
- *Donner le descriptif des données existantes pouvant être mises à disposition.*

II-03.8 – Étude élémentaire 4 – Hydraulique globale

Cette étude a pour objectif d'identifier et de caractériser les événements hydrauliques rares et exceptionnels dont résultent les sollicitations hydrauliques sur le système d'endiguement, qui sont susceptibles de se réaliser dans le milieu eau. Le titulaire de l'étude devra veiller à ce que l'emprise de l'étude élémentaire soit suffisamment grande pour caractériser correctement la propagation des phénomènes hydrauliques rares et exceptionnels.

Ces événements hydrauliques rares et exceptionnels, qui serviront de référence dans la suite de l'étude de dangers, doivent être caractérisés en termes de probabilités de cinétiques et de caractéristiques hydrauliques.

Les caractéristiques hydrauliques des événements rares et exceptionnels devront être décomposées, calculés et justifiés en termes de :

Décrire les paramètres concernés en fonction du contexte hydraulique (fluvial, maritime, torrentiel, etc.).

Différentes combinaisons de ces paramètres, pour des événements de périodes de retour et de niveaux d'eau équivalents, devront être envisagées et validées par le comité de pilotage de l'étude.

Le choix des événements hydrauliques rares et exceptionnels à caractériser devra être cohérent, en relation avec l'étude hydraulique locale (voir II-03.11 – Étude élémentaire 7), avec les besoins en termes de caractérisation des niveaux de protection, sûreté et danger qui définissent le système d'endiguement (voir encadré relatif aux niveaux en début d'Article II-02).

Des références méthodologiques et techniques pouvant être utilisées pour réaliser l'étude élémentaire sont présentées au paragraphe 3. du Chapitre 5.

- *Préciser si la production de nouvelles données est demandée, ou possible (sur justification de sa nécessité par le candidat), ou si seules la consultation et l'analyse des données mises à disposition sont exigées.*
- *Donner le descriptif des données existantes pouvant être mises à disposition.*

II-03.9 – Étude élémentaire 5 – Caractérisation géotechnique et structurelle du système de protection

Cette partie de l'étude a pour objectif de **définir les caractéristiques géotechniques et structurelles**, de la crête jusqu'à la fondation (les composants, comprenant la fondation et les pieds de digues, leur disposition et leurs propriétés mécaniques et géomécaniques), pour les différentes portions du système d'endiguement. Ce travail devra notamment s'appuyer sur les résultats de la VTA.

Les résultats attendus sont notamment :

- la définition des différents types de sections en travers de digues (en termes de composants, comprenant la fondation et les pieds de digues) ;
- la nature des matériaux des différents composants des tronçons de digues ;
- les caractéristiques mécaniques des composants ;
- la perméabilité des composants ;
- la sensibilité des composants aux différents mécanismes de détérioration (ces conclusions devront alimenter l'étude élémentaire 6 – morphodynamique locale).

Des références méthodologiques et techniques pouvant être utilisées pour réaliser l'étude élémentaire sont présentées au paragraphe 3. du Chapitre 5.

- *Préciser si la production de nouvelles données est demandée, ou possible (sur justification de sa nécessité par le candidat), ou si seules la consultation et l'analyse des données mises à disposition sont exigées.*
- *Donner le descriptif des données existantes pouvant être mises à disposition.*

II-03.10 – Étude élémentaire 6 – Comportement morphodynamique local du milieu eau

Les objectifs de cette étude élémentaire sont :

- de faire le bilan des évolutions morphologiques passées, dans les trois dimensions de l'espace, du milieu extérieur eau (en lien avec sa topographie et sa bathymétrie) au

contact ou à proximité immédiate du système d'endiguement (dynamiques sédimentaires et érosions externes des ouvrages) du fait des actions hydrauliques (en temps normal et lors d'événements hydrauliques rares et exceptionnels) et anthropiques, et de la nature des matériaux mis en jeu ;

- de définir et localiser les évolutions morphologiques futures envisageables (y compris en situations transitoires) au contact des ouvrages (affouillement, érosion latérale, dépôt de sédiments, etc.), en cas d'événements hydrauliques rares et exceptionnels ou moyens dans le milieu eau, pour une période de 20 ans.

Cette étude devra plus particulièrement être menée et justifiée au travers des résultats de l'étude morphodynamique globale (étude élémentaire 3), de l'étude hydraulique locale (étude élémentaire 7) et de l'étude de caractérisation géotechnique et structurelle (étude élémentaire 5).

Des références méthodologiques et techniques pouvant être utilisées pour réaliser l'étude élémentaire sont présentées au paragraphe 3. du Chapitre 5.

- *Préciser si la production de nouvelles données est demandée, ou possible (sur justification de sa nécessité par le candidat), ou si seules la consultation et l'analyse des données mises à disposition sont exigées.*
- *Donner le descriptif des données existantes pouvant être mises à disposition.*

II-03.11 – Étude élémentaire 7 – Comportement hydraulique local du milieu eau

Cette étude élémentaire a pour objectif l'estimation des niveaux d'eau, de l'intensité et de la cinétique des actions hydrauliques possibles au contact du système d'endiguement, pour les différents événements hydrauliques rares et exceptionnels dont la probabilité et les caractéristiques hydrauliques générales ont été préalablement définies dans l'étude hydraulique globale (voir II-03.8 – Étude élémentaire 4).

La réalisation de cette étude, qui peut notamment être menée par le biais d'une modélisation hydraulique numérique ou physique, ou d'expertise et de calculs d'hydraulique spécifiques soigneusement justifiés, reposera sur les résultats de l'étude hydraulique globale et sur la connaissance de la topographie du milieu eau et du système d'endiguement.

Des références méthodologiques et techniques pouvant être utilisées pour réaliser l'étude élémentaire sont présentées au paragraphe 3. du Chapitre 5.

- *Préciser si la production de nouvelles données est demandée, ou possible (sur justification de sa nécessité par le candidat), ou si seules la consultation et l'analyse des données mises à disposition sont exigées.*
- *Donner le descriptif des données existantes pouvant être mises à disposition (notamment les éventuels modèles hydrauliques existants pour la zone d'étude).*

Le postulant puis le titulaire devront clairement expliciter la méthodologie qui sera mise en œuvre pour prendre en compte les forts liens d'interdépendance qui existent entre les études élémentaires :

- morphodynamique globale (3) ;
- hydraulique globale (4) ;
- caractérisation géotechnique et structurelle du système de protection (5) ;
- comportement morphodynamique local du milieu eau (6) ;
- comportement hydraulique local du milieu eau (7).

II-03.12 – Étude élémentaire 8 – Ouvrages inclus

Cette étude élémentaire a pour objectif l'identification, la localisation et la caractérisation des ouvrages inclus dans le système de protection (canalisations, bâtiments, autres structures anthropiques, ouvrages hydrauliques ponctuels, etc.).

Deux grands types d'ouvrages inclus peuvent être identifiés :

- les ouvrages participant au fonctionnement hydraulique du système de protection : vannes, clapets, canalisations, etc. ;
- les ouvrages constituant des facteurs aggravants pour la sûreté du système de protection : canalisations d'autres natures, bâtis encastrés, etc.
- *Préciser si la production de nouvelles données est demandée, ou possible (sur justification de sa nécessité par le candidat), ou si seules la consultation et l'analyse des données mises à disposition sont exigées.*
- *Donner le descriptif des données existantes pouvant être mises à disposition (archives disponibles, des résultats de la VTA, des DICT ayant été déposés par le passé, etc.).*

II-03.13 – Étude élémentaire 9 – Autres actions et facteurs aggravants

Cette étude élémentaire a pour objectif l'identification, la description et la caractérisation **quantitative** des éventuels autres facteurs aggravants et sources d'actions envisageables sur le système d'endiguement. Ce travail sera notamment mené sur la base des résultats de la VTA.

Ces facteurs aggravants, qui devront avoir été préalablement identifiés dans l'étude d'identification du risque (étude élémentaire A) sont par exemple :

- la végétation ;
- les animaux fouisseurs ;
- les embâcles ;
- les séismes ;
- la circulation sur les digues ;
- les chocs liés à la navigation, etc.
- *Préciser si la production de nouvelles données est demandée, ou possible (sur justification de sa nécessité par le candidat), ou si seules la consultation et l'analyse des données mises à disposition sont exigées.*
- *Donner le descriptif des données existantes pouvant être mises à disposition.*

II-03.14 – Étude élémentaire 10 – Recensement des enjeux

Cette étude élémentaire a pour objectif la localisation et la description de la nature des enjeux présents dans la zone protégée (populations, types d'occupation du sol, réseaux, etc.).

Ce travail doit notamment être mené sur la base des données disponibles dans les dossiers d'ouvrage, de photos aériennes, de la cartographie IGN et des différentes bases de données existantes et/ou mises à disposition.

L'utilisation d'un SIG est avantageuse pour cette étude, on pourra y reporter chaque type d'enjeu recensé et ses différentes classes dans une couche séparée, et utiliser les fonctions du SIG pour représenter les informations de manière brute ou croisée.

- *Préciser si la production de nouvelles données est demandée, ou possible (sur justification de sa nécessité par le candidat), ou si seules la consultation et l'analyse des données mises à disposition sont exigées.*
- *Donner le descriptif des données existantes pouvant être mises à disposition : PPR, PCS, PAPI, bases de données disponibles (BD topo, recensements Insee, etc.), etc.*

II-03.15 – Étude élémentaire B – Analyse fonctionnelle du système d'endiguement

L'analyse fonctionnelle a pour objet la décomposition du système d'endiguement et la caractérisation de son fonctionnement, aux différentes échelles qui le caractérisent. Le fonctionnement du système d'endiguement doit être analysé du point de vue des interactions que lui impose son environnement (milieux extérieurs : milieux eau, zones protégées, autres, réglementation, état de l'art, etc.) et compte tenu des éléments qui constituent le système (les digues et autres ouvrages et leurs composants, les éventuels éléments naturels). Il doit donc être caractérisé au travers de l'identification de l'ensemble des relations fonctionnelles qui prennent place à l'extérieur du système d'endiguement (entre le système d'endiguement et les éléments de son environnement) et à l'intérieur du système d'endiguement (entre ses éléments et entre leurs composants, compte tenu des relations fonctionnelles externes précédemment identifiées).

L'analyse fonctionnelle consiste donc d'abord en une analyse fonctionnelle externe, identifiant l'ensemble des fonctions principales et contraintes (contraintes notamment imposées par l'environnement et la réglementation) du système d'endiguement (*voir Chapitre 5 : paragraphe 1.2.* de l'ouvrage « Inondations – Analyse de risque des systèmes de protection »).

Elle consiste ensuite en une analyse fonctionnelle interne, identifiant l'ensemble des fonctions techniques (*voir Chapitre 5 : paragraphe 1.2.* de l'ouvrage « Inondations – Analyse de risque des systèmes de protection ») hydrauliques des éléments du système d'endiguement et des fonctions techniques structurelles des composants formant ces éléments.

Le niveau de raffinement de l'analyse fonctionnelle interne structurelle est déterminé et justifié en fonction des besoins ultérieurs de l'analyse de la défaillance du système endigué :

- pour les ouvrages et systèmes de génie civil, le niveau de détail de l'analyse sera le composant de génie civil étudié : par exemple, le corps de digue en remblai, le drain, le revêtement de protection, les interfaces, etc. ;
- pour les éventuels ouvrages et systèmes autres que génie civil tels que les ouvrages hydrauliques traversants (canalisations, clapets antiretour, vannes, etc.) ou les pompes, les éléments constitutifs de l'équipement susceptibles de dysfonctionnements devront être pris en compte : par exemple, les articulations, les échelons, les regards, etc.

Les éventuelles fonctions de sécurité (*voir Chapitre 5 : paragraphe 1.2.* de l'ouvrage « Inondations – Analyse de risque des systèmes de protection ») associées aux fonctions techniques identifiées et les barrières de sécurité qui les portent peuvent alors être identifiées.

Dans un système bien conçu, les fonctions techniques répondent à l'ensemble des objectifs définis au travers des fonctions principales et des fonctions contraintes identifiées lors de l'analyse fonctionnelle externe.

Remarque

L'analyse fonctionnelle constitue la base sur laquelle est construite l'analyse de la défaillance du système d'endiguement. Une cohérence totale doit donc exister entre l'analyse fonctionnelle et l'analyse de la défaillance. Par ailleurs, l'analyse fonctionnelle ne doit pas se limiter à une simple description du système et de ses composants mais doit constituer une analyse structurée, avec un formalisme facilitant le passage à l'étape d'analyse de la défaillance.

Les résultats de l'analyse fonctionnelle interne (les fonctions techniques structurelles et hydrauliques de chacun des sous-systèmes et des composants du système d'endiguement et les barrières de sécurité associées) doivent être exposés sous la

forme de tableaux de synthèse répertoriant les différentes granularités d'analyse du système d'endiguement.

La mise en application de la méthode d'analyse fonctionnelle présentée au paragraphe 1. du Chapitre 9 peut être imposée pour la réalisation de cette étude élémentaire. Bien entendu, le bureau d'études aura la responsabilité d'adapter la méthode et d'utiliser de manière appropriée et cohérente les exemples de fonctions proposées.

II-03.16 – Étude élémentaire C – Analyse de la défaillance du système d'endiguement

Reposant directement sur les résultats de l'analyse fonctionnelle (voir II-03.15), l'objectif de cette partie de l'analyse de risque est d'évaluer la possibilité de défaillance des fonctions techniques hydrauliques des éléments qui composent le système d'endiguement et de défaillance structurelle des composants qui constituent ces éléments du système. Cette analyse doit aboutir à l'identification et à la description des différents scénarios de défaillance envisageables à l'échelle :

- du système endigué : les scénarios d'inondations pouvant résulter de scénarios de défaillances hydrauliques des éléments du système ;
- des différents tronçons de digues ou autres ouvrages et éléments naturels qui constituent le système d'endiguement : les scénarios de brèches pouvant résulter, pour chacun des éléments du système, de scénarios de défaillances structurelles des composants le constituant.

Remarque

L'analyse fonctionnelle constitue la base sur laquelle est construite l'analyse de la défaillance du système d'endiguement. Une cohérence totale doit exister entre l'analyse fonctionnelle et l'analyse de la défaillance.

La mise en application de la méthode d'analyse de la défaillance présentée au paragraphe 2. du Chapitre 9 peut être imposée pour la réalisation de cette étude élémentaire.

Les résultats de l'analyse de la défaillance du système d'endiguement consistent en premier lieu en des tableaux d'analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE) récapitulants, pour chaque fonction technique (structurelles et hydrauliques) des éléments du système d'endiguement, les modes de défaillance associés, leurs causes et leurs effets (voir Tableaux 9-VII et 9-XI de l'ouvrage « Inondations – Analyse de risque des systèmes de protection »).

Ces résultats consistent ensuite en la représentation de l'ensemble des scénarios de défaillance (structurels et hydrauliques) envisageables pour le système d'endiguement. Pour permettre une meilleure lisibilité des enchaînements et combinaisons d'événements qui composent les scénarios de défaillance, ces derniers doivent être représentés sous la forme d'arbres (voir Chapitre 9 : paragraphe 3. de l'ouvrage « Inondations – Analyse de risque des systèmes de protection »). Ces représentations faciliteront ensuite l'activité de diagnostic et le calcul des probabilités de défaillance.

II-03.17 – Étude élémentaire 11 – Probabilités conditionnelles de défaillance

Cette étude élémentaire, qui repose notamment sur les résultats de l'analyse de la défaillance structurelle, correspond au diagnostic structurel de la performance du système d'endiguement.

Ce diagnostic a pour finalité, dans le cadre d'une analyse de risque, l'estimation des probabilités conditionnelles (pour des conditions de sollicitations hydrauliques données) de la défaillance structurelle du système d'endiguement (probabilités d'ouvertures de brèches).

Les résultats à produire, pour chaque type de section en travers de digue identifiée lors de l'analyse fonctionnelle interne structurelle, sont :

1. identification et caractérisation des différents tronçons homogènes (pouvant correspondre à des points singuliers) en fonction :
 - de leur géométrie et donc leurs profils en travers (*voir II-03.4*),
 - des données géotechniques disponibles ou obtenues lors des éventuelles études complémentaires (*voir II-03.9*),
 - du comportement morphodynamique du milieu eau au droit de chacun d'entre eux : érosion, dépôt de matériaux, etc. (*voir II-03.10*),
 - des observations faites lors de la VTA,
 - de la présence d'ouvrages inclus : canalisations, bâti, etc. (*voir II-03.12*),
 - de la nature des éventuels facteurs aggravants : végétation ligneuse, terriers d'animaux fouisseurs, activités humaines, etc. (*voir II-03.13*) ;
 2. choix expert (parmi les scénarios déterminés lors de l'analyse de la défaillance) et justification des scénarios de défaillance structurelle à considérer **pour chaque tronçon homogène** préalablement identifié et en fonction de ses caractéristiques (les scénarios pourront être différents selon les tronçons) ;
 3. estimation de la performance, vis-à-vis de la défaillance structurelle (ouverture de brèche) :
 - **pour chaque tronçon homogène** préalablement identifié et caractérisé,
 - pour chaque scénario de défaillance structurelle retenu,
 - pour les différents événements hydrauliques préalablement identifiés (*voir II-03.11*).
- Différents types de résultats peuvent être produits : seuils (charges limites), coefficients de sécurité, index ou indicateurs, etc. Les méthodes envisagées seront proposées par le titulaire pour chaque mécanisme ou scénario, et validées par le comité de pilotage ;
4. estimation de l'incertitude ou de l'intervalle de confiance sur les résultats de l'estimation de la performance. La ou les méthodes envisagées seront proposées par le titulaire pour chaque mécanisme ou scénario, et validées par le comité de pilotage ;
 5. traduction des résultats de l'estimation de la performance en termes de probabilités conditionnelles, c'est-à-dire en termes de probabilité de rupture pour une intensité d'aléa donnée pour tous les scénarios envisagés (si la méthode d'estimation de la performance ne la produit pas directement) ;
 6. estimation des probabilités annuelles de défaillance pour chaque événement hydraulique de sollicitation ;
 7. détermination des niveaux de sûreté et de danger des ouvrages.

La méthode à employer sera proposée dans le cadre de l'offre, puis calibrée et calée en concertation avec le comité de pilotage de l'étude.

Ce diagnostic doit permettre d'aboutir à la détermination des niveaux de sûreté et de danger du système d'endiguement (*voir Article II-02*). Ces derniers, qui seront validés par le comité de pilotage de l'étude (*ou in fine par le gestionnaire GEMAPI*), devront être affichés dans l'EdD.

Il est attendu un rendu cartographique à une échelle adaptée de l'ensemble de ces résultats pour une meilleure compréhension et exploitation par le gestionnaire du système et par les autres entités concernées (services de l'état, services de secours, communes, etc.).

II-03.18 – Étude élémentaire 12 – Choix des scénarios d'inondation à caractériser

Cette étude a pour objectif de choisir de manière experte, les scénarios de défaillance hydraulique ou de dépassement du niveau de protection apparent qui seront à considérer dans la suite de l'analyse de risque.

Ces scénarios sont choisis parmi les scénarios d'inondation déterminés dans la partie analyse de la défaillance hydraulique du système d'endiguement (*voir II-03.16*).

Ce sont a minima :

- le ou les scénarios d'inondation, par défaillance du système d'endiguement, **les plus probables** (selon résultats du diagnostic structurel et de l'estimation experte des probabilités de défaillance des sous-systèmes hydrauliques) ;
- un ou plusieurs scénarios d'inondation **sans défaillance du système d'endiguement**, notamment pour un niveau d'eau égal au niveau de protection du système d'endiguement (pour évaluer le fonctionnement nominal du système) et pour un niveau d'eau supérieur ou égal au niveau de sûreté (pour caractériser le risque résiduel associé au fonctionnement nominal du système de protection) ;
- le ou les scénarios d'inondation **les plus dommageables** pour les enjeux ;
- un ensemble de scénarios d'inondation permettant de **couvrir l'ensemble de la variabilité de l'aléa d'inondation** envisageable dans la zone protégée (en termes d'emprise et d'intensité des phénomènes dangereux d'inondation).

Le choix des scénarios d'inondation à considérer, dont le nombre sera au moins de (*indiquer le nombre de modélisations demandées*) devra être validé par le comité de pilotage de l'étude.

II-03.19 – Étude élémentaire 13 – Caractérisation des brèches

L'objectif de cette partie de l'étude est de définir et de justifier les caractéristiques des brèches (y compris les fosses d'érosion) qui sont impliquées dans les scénarios d'inondation choisis dans le cadre de l'étude élémentaire 12 (*voir II-03.18*).

- Les brèches considérées doivent être caractérisées en termes de géométrie finale, de dynamique d'élargissement et d'approfondissement, ainsi que de caractéristiques hydrauliques (hydrogrammes de brèches), en fonction de la nature des actions hydrauliques issues du milieu eau (*voir II-03.11*), des caractéristiques structurelles des tronçons de digues concernés et des résultats du diagnostic de la performance de l'ouvrage (notamment la nature des scénarios d'ouverture de brèche susceptibles d'être impliqués).
- Le cas des brèches sur des éléments de protection secondaire (*voir II-03.5*) devra également être considéré.
- Une attention particulière devra entre autres être portée sur le dimensionnement de la géométrie des fosses d'érosion qui accompagnent l'ouverture des brèches, et à leurs implications hydrauliques.
- Le titulaire s'appuiera principalement sur les résultats de l'étude élémentaire accidentologique et sur une analyse bibliographique spécifique pour mener à bien cette étude élémentaire. Il pourra également intégrer des informations issues de projets de recherche et de publications ou de communications à des congrès centrés sur le sujet des brèches.

II-03.20 – Étude élémentaire D – Probabilités des inondations

L'objectif de cette partie de l'étude est l'estimation de la probabilité de réalisation des scénarios d'inondation dont il a été choisi (*voir II-03.18*) d'estimer le risque.

Pour chaque scénario d'inondation, le calcul de la probabilité d'occurrence du scénario est mené par la combinaison :

- des **probabilités conditionnelles de défaillance structurelle** (ouverture de brèche) des tronçons de digues subissant des brèches (*voir II-03.17*) ;
- de l'estimation experte et de la justification des **probabilités conditionnelles d'occurrence des éventuelles défaillances opérationnelles** (non-fermeture de batardeau,

non-fermeture de vannes, non-fonctionnement de pompe, etc.) que comporte le scénario d'inondation considéré ;

- de la **probabilité d'occurrence de l'événement hydraulique** de sollicitation à considérer (*voir* II-03.8 et II-03.11) ;
- de la **prise en compte des éventuelles barrières de sécurité** liées à des fonctions techniques de sous-systèmes hydrauliques, dont la performance pourra être estimée dans le cadre de cette étude élémentaire.

Les probabilités des scénarios d'inondation de la zone protégée sans défaillance du système d'endiguement correspondront directement des **probabilités d'occurrence des événements hydrauliques extrêmes** de sollicitation correspondants (*voir* II-03.8 et II-03.11).

II-03.21 – Étude élémentaire E – Intensité et cinétique des inondations

L'objectif de cette partie de l'étude est l'estimation de l'intensité (hauteur, vitesse verticale, vitesse horizontale) et de la cinétique (temps de propagation) des phénomènes d'inondation impliqués par chacun des scénarios d'inondation qui ont été choisis dans le cadre de l'étude élémentaire 12 (*voir* II-03.18).

Pour chaque scénario d'inondation ce travail est mené sur la base de la connaissance :

- de la localisation des entrées d'eau dans la zone protégée ou dans des sous-parties de celle-ci (*voir* II-03.18). Selon les scénarios d'inondation, ces entrées d'eau sont situées sur la ligne de défense principale ou sur des éléments de protection secondaire dans le cas de communication entre sous-partie de la ZP (*voir* II-03.5) ;
- de l'estimation de l'intensité et de la cinétique des entrées d'eau dans la zone protégée. Ces entrées d'eau sont généralement des brèches (*voir* II-03.19) ou des surverses sans rupture, mais peuvent également correspondre au fonctionnement (intempêtif ou non) d'ouvrages hydrauliques ponctuels (vannes, clapet, non-fermeture de batardeaux, etc.) ;
- de la topographie de la zone protégée (*voir* II-03.4).

La réalisation des études hydrauliques d'estimation de l'intensité et de la cinétique des phénomènes dangereux d'inondation impliqués par chacun des scénarios d'inondations est menée selon la démarche suivante :

- caractérisation hydraulique des entrées et transferts d'eau dans la zone protégée, pour chaque scénario d'inondation : brèches, surverses sans rupture, non-fermeture de batardeaux, etc. ;
- modélisation hydraulique de la propagation de chaque scénario d'inondation dans la zone protégée (suivant une méthode que le soumissionnaire devra expliciter et justifier dans son offre) : modélisation numérique 2D, modélisation 1D à casiers, analyse experte, etc. ;
- calcul des résultats hydrauliques pour chaque scénario d'inondation considéré :
 - hauteur d'eau,
 - vitesse horizontale,
 - vitesse verticale,
 - cinétique des scénarios (temps d'arrivée de l'onde, durée de l'inondation, temps de vidange) ;
- traduction de chaque scénario d'inondation en termes d'intensité d'aléa d'inondation par un calcul spatialisé de combinaison des résultats hydrauliques ci-dessus, réalisé en utilisant un outil SIG. En vue de l'estimation de la gravité des conséquences des scénarios d'inondation, les règles de combinaison des différents phénomènes hydrauliques (hauteurs, vitesses, etc.) et les bornes des classes d'aléa seront définies en cohérence avec la définition des classes de vulnérabilité des enjeux, et en accord avec le comité de pilotage ;

- identification des « enveloppes » de zones dangereuses, pour le cas des scénarios d'inondation par défaillance du système d'endiguement ainsi que pour le cas des scénarios d'inondation sans défaillance du système d'endiguement.

II-03.22 – Étude élémentaire F – Vulnérabilité des enjeux

L'objectif de cette partie de l'étude est de procéder :

- au choix des types d'enjeux à considérer et de la manière de traiter leur vulnérabilité pour estimer les conséquences des scénarios d'inondation dans l'analyse de risque que l'on mène (*voir Chapitre 4 : paragraphe 8.* de l'ouvrage « Inondations – Analyse de risque des systèmes de protection ») ;
- à la définition des classes de vulnérabilité pour chaque type d'enjeu choisi et en fonction du type de vulnérabilité retenu pour l'analyse de risque : définition de l'endommagement pour chaque classe d'intensité de l'aléa d'inondation (par exemple, faible, moyen, fort, très fort), en intégrant :
 - la sensibilité à l'aléa d'inondation (intrinsèque à chaque type d'enjeu),
 - l'exposition à l'aléa d'inondation (en fonction de la localisation des enjeux),
 - l'adaptation au risque d'inondation (la réaction et la résilience) ;
- à la traduction spatiale des classes de vulnérabilité par l'utilisation d'un outil SIG.

Cette étude élémentaire devra notamment être menée sur la base des résultats de l'étude de recensement des enjeux (*voir II-03.14*) et être justifiée par un travail sur le retour d'expérience et la bibliographie.

- *Préciser si la production de nouvelles données est demandée, ou possible (sur justification de sa nécessité par le candidat), ou si seules la consultation et l'analyse des données mises à disposition sont exigées.*
- *Donner le descriptif des études et données existantes pouvant être mises à disposition.*

II-03.23 – Étude élémentaire G – Gravité des conséquences

L'objectif de cette partie de l'étude est de procéder :

- à l'estimation des conséquences des scénarios d'inondation étudiés pour les enjeux présents dans la zone protégée ;
- au positionnement des conséquences dans des classes de gravité.

Ce travail est mené selon la démarche suivante :

- calcul des conséquences des scénarios d'inondations par croisement spatialisé de l'intensité et la cinétique des aléas d'inondations (*voir II-03.21*) avec la vulnérabilité des enjeux (*voir II-03.22*), par l'utilisation d'un outil SIG ;
- estimation de la gravité des conséquences des scénarios d'inondations sur la base d'une ou plusieurs grilles de gravité des conséquences qui seront définies en concertation avec le comité de pilotage de l'étude.

Un outil SIG croisant aléas d'inondations (*voir II-03.21*) et vulnérabilité des enjeux (*voir II-03.22*), en utilisant la ou les grilles de gravité, devra être produit par le titulaire pour permettre d'évaluer les conséquences des scénarios d'inondations étudiés.

II-03.24 – Étude élémentaire H – Estimation du risque d'inondation

Cette partie de l'étude constitue la conclusion de l'analyse de risque. Elle fait le bilan des résultats de cette analyse en termes d'estimation du risque associé à chacun des différents scénarios d'inondation retenus dans le cadre de l'EdD. Chacun de ces scénarios d'inondation est donc caractérisé en termes de probabilité d'occurrence et de gravité des conséquences pour les enjeux de la zone protégée.

C'est sur la base de la combinaison de ces deux facteurs que sera ensuite menée l'évaluation du risque et donc la définition de l'acceptabilité de chacun des scénarios d'inondation.

II-03.25 – Études élémentaires 14 et I – Acceptabilité et Évaluation du risque

L'évaluation du risque d'inondation a pour objectif de classer les différents scénarios d'inondation considérés par l'EdD du point de vue de leur niveau d'acceptabilité (par exemple, acceptable, préoccupant, inacceptable), en fonction de leurs niveaux de risque précédemment estimés.

L'évaluation du risque associé à chaque scénario d'inondation considéré est menée sur la base d'une grille de criticité dont les différentes classes d'acceptabilité du risque sont déterminées en concertation avec le comité de pilotage de l'étude.

L'évaluation du risque proprement dite consiste alors en le positionnement des scénarios d'inondation, en fonction de leur niveau de risque (niveaux de probabilité et de gravité), dans la grille de criticité, et en la lecture du niveau d'acceptabilité auquel correspond le risque ainsi défini.

II-03.26 – Étude élémentaire J – Mesures de réduction du risque

Dans cette partie de l'étude, sont identifiées et caractérisées les mesures de réduction du risque qui pourront être proposées en conclusion de l'EdD. Ce travail est mené sur la base des résultats de l'estimation et de l'évaluation du risque (pour prioriser les scénarios nécessitant des mesures) et de l'analyse de risque (pour identifier les problématiques techniques et définir les mesures envisageables).

Ces mesures seront soit :

- des mesures appliquées au système d'endiguement : ces mesures sont de la responsabilité du gestionnaire du système d'endiguement. Leur objectif est d'agir sur l'efficacité de la protection, en améliorant selon les cas de figure :
 - la connaissance du système d'endiguement,
 - le fonctionnement hydraulique du système d'endiguement en termes de protection contre les inondations : définition d'un nouveau niveau pour l'objectif de protection, modifications des sous-systèmes,
 - la sûreté des tronçons du système d'endiguement : modifications/réparations (structurelles) des tronçons de digues,
 - la surveillance et l'entretien courant du système d'endiguement,
 - la gestion en crise relative au système d'endiguement ;
- des mesures appliquées au milieu eau : les résultats de l'analyse de risque peuvent mettre en évidence des modifications de la morphologie du milieu eau pouvant avoir un impact direct sur le fonctionnement hydraulique du système d'endiguement. Il peut en découler des mesures de réduction du risque visant la surveillance, ou la mise en œuvre de travaux pour la gestion ou la maîtrise de la morphologie des milieux eau ;
- des mesures appliquées à la zone protégée : ces mesures sont la responsabilité de différents types d'acteurs de la zone protégée (aménageurs, pouvoirs publics, forces de l'ordre, sécurité civile, etc.). Elles ont d'abord pour vocation de permettre le fonctionnement hydraulique prévu de la zone protégée : entretien des ouvrages de transparence, entretien des talwegs et autres canaux, etc. Elles ont également pour objectif de diminuer la vulnérabilité (en crise ou non) des enjeux présents dans la zone protégée (mise en sécurité des populations, maîtrise de l'urbanisme).

Le titulaire devra présenter une estimation du niveau de réduction du risque (en termes de probabilité) pour chaque mesure proposée, et une évaluation du niveau de risque

atteint successivement à chaque étape de la mise en œuvre des mesures de réduction du risque, en fonction du planning de mise en œuvre de ces mesures, qui devra être proposé en concertation avec le gestionnaire d'ouvrage.

Cela devra être fait au travers d'une réévaluation du risque à la suite de la prise en compte des mesures de réduction du risque, par l'intégration de ces dernières aux arbres d'événement des scénarios d'inondation (et scénarios d'ouverture de brèche associés) retenus au II-03.18, sous la forme de barrières de sécurité, et le calcul des niveaux de risque ainsi obtenus.

II-03.27 – Rédaction du rapport de l'EdD

La rédaction du rapport de l'EdD doit être conduite sur la base de l'ensemble des résultats des études élémentaires de la méthodologie Irstea précédemment exposées et suivre le plan réglementaire des EdD présenté à l'Article II-02.

L'alimentation des chapitres du plan réglementaire de l'EdD par les résultats des études élémentaires devra se faire sur la base du tableau suivant : *insérer, en fonction du cadre réglementaire de l'EdD réalisée, l'une ou l'autre des colonnes du tableau présenté au chapitre III.5.1 du guide analyse de risque des systèmes de protection.*

L'ensemble des résultats de l'étude de dangers doivent être cartographiés et illustrés pour en faciliter la lecture et l'opérationnalité pour le gestionnaire du système d'endiguement. Ces cartes doivent illustrer les différents chapitres de l'EdD. Par ailleurs, l'intégralité de la cartographie produite ou utilisée dans le cadre de l'étude doit également se retrouver dans le chapitre 10 du plan réglementaire de l'EdD.

Chapitre III. Déroulement des études et rendus

Article III-01 : Pilotage des études

Un comité de pilotage sera mis en place pour le présent marché. Il traitera de l'ensemble du système d'endiguement du marché. Il aura pour mission de prendre les décisions dans la conduite de l'étude et de les valider.

La composition du comité de pilotage est la suivante : *préciser la composition du comité de pilotage.*

Chaque participant aux réunions du comité de pilotage se réserve le droit d'inviter un ou plusieurs tiers en tant que de besoin.

Article III-02 : Principales contraintes

Échéance ou délai de réalisation

Préciser le délai de réalisation imposé et rappeler l'échéance réglementaire, si celle-ci a été fixée par la réglementation générale ou par arrêté préfectoral ou délai de réalisation imposé.

Taille du rapport

Afin d'optimiser le pilotage technique de l'étude et sa relecture, la taille du rapport de l'EdD ne devra pas dépasser (*préciser un nombre de pages, entre 150 et 300 pages, cohérent avec la dimension et la complexité du système objet de l'EdD*) sans les annexes. La visite technique approfondie fera l'objet d'un rapport spécifique.

Article III-03 : Déroulement et exécution du marché

III-03.1 – Généralités

Une visite commune des ouvrages et des points singuliers de la zone protégée et du milieu extérieur eau sera organisée dès la notification du marché.

Six réunions du comité de pilotage sont prévues pour la réalisation du marché (*proposition cohérente avec les modalités présentées au III-03.2, à adapter si besoin*). Chaque réunion se fera sur une journée entière.

Le maître d'ouvrage organise les réunions, réserve les salles, invite les participants. Le titulaire réalise les supports de réunion et rédige les comptes rendus qui devront être transmis aux différents membres du comité de pilotage au plus tard une semaine après la réunion.

III-03.2 – Objectifs et déroulement des réunions du comité de pilotage

Le but du comité de pilotage est de valider à l'avancement, la méthodologie et les résultats produits par le titulaire du marché, sur la base des communications que ce dernier devra présenter lors de chaque réunion du comité de pilotage.

Le déroulement du marché sera rythmé par les réunions du comité de pilotage, et devra scrupuleusement s'inscrire dans le cadre méthodologique développé au chapitre II du présent document.

Il est demandé au candidat de présenter un phasage précis du déroulement de l'EdD (intégrant chacune des études élémentaires). Chaque étude élémentaire devra faire l'objet d'une première présentation et discussion lors d'une réunion, et d'une présentation pour validation lors de la réunion suivante.

Le suivi de l'étude peut être jalonné par 6 réunions (expérience DREAL Centre – Val-de-Loire) dont une proposition de contenu est définie dans le [Tableau A3-1](#).

Tableau A3-1. Proposition de contenu des réunions du comité de pilotage.

Réunion	Contenu	Délais
R1	<p>Réunion de lancement</p> <ul style="list-style-type: none"> - Présentation de la méthodologie mise en œuvre par l'organisme agréé et du calendrier prévisionnel de réalisation des prestations (EdD + études élémentaires + programmes et rapports d'investigations + VTA) - Point sur les données mises à disposition, les données externes à exploiter et les données à produire - Étude accidentologique du système endigué (0) - Première analyse topographique (-1) - Définition du périmètre d'étude et identification du risque (A) - Programme des éventuelles investigations complémentaires à valider 	1 à 2 mois après la notification pour appropriation des données transmises et exploitation des archives
R2	<ul style="list-style-type: none"> - Rapport des éventuelles investigations complémentaires - Première caractérisation géotechnique et structurelle (-5) - Topographie (1) - Analyse de la gestion de la sécurité (2) - Hydraulique globale ou diagnostic du modèle hydraulique mis à disposition pour une adaptation locale (4) - Programme d'investigations géotechniques à valider 	2 à 3 mois après R1

Tableau A3-1. (Suite).

Réunion	Contenu	Délais
R3	<ul style="list-style-type: none"> - Caractérisation géotechnique et structurelle (5) (incluant les conclusions des éventuels rapports d'investigations complémentaires) - Morphodynamique locale (6) - Hydraulique locale (7) - Ouvrages inclus (8) - Autres sollicitations externes (y compris animaux fouisseurs et végétation) (9) - Recensement des enjeux (10) - Analyse fonctionnelle (B) - Analyse de la défaillance (C) - Rapport de VTA 	3 à 4 mois après R2
R4	<ul style="list-style-type: none"> - Probabilité conditionnelle de défaillance (11) - Choix des scénarios d'inondation (12) - Caractérisation des brèches (13) - Probabilité des inondations (D) - Rapport de construction ou d'adaptation du modèle hydraulique approprié à l'analyse des inondations dans la zone protégée 	2 à 3 mois après R3
R5	<ul style="list-style-type: none"> - Intensité et cinétique des inondations (E) - Vulnérabilité des enjeux (F) - Gravité des conséquences (G) - Estimation du risque inondation (H) - Acceptabilité du risque (14) - Évaluation du risque inondation (I) - Mesures de réduction du risque (J) 	3 à 4 mois après R5
R6	Présentation de l'étude finalisée et validation	1 à 2 mois après R5

Les rapports intermédiaires et supports de réunions produits par le titulaire devront être transmis aux différents membres du comité de pilotage, **au plus tard 15 jours avant chaque réunion**, sous peine de report des réunions concernées.

III-03.3 - Moyens d'exécution

Les moyens d'exécution comprennent :

- les matériels : dispositifs de mesures, outils informatiques (y compris modèles et logiciels), etc.
- les personnels : chef de projet, experts, chargés d'études, entrepreneurs, opérateurs, etc.

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

Le prestataire s'engage à mettre en œuvre des personnels qualifiés, expérimentés et dotés d'une compétence en rapport avec la (les) phase(s) du marché où ils interviennent et/ou avec le poste de responsabilité qu'ils occupent (fonctions d'encadrement notamment).

Les qualités et références (CV) 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, devront être détaillées.

Article III-04 : Rendus attendus

Le rapport de l'étude de dangers se composera :

- d'un premier volume constitué par le corps de l'étude ;
- d'un second volume qui comprendra les annexes ;
- d'une partie bibliographie qui présentera l'ensemble des sources utilisées lors de l'étude.

Le corps de l'étude reprendra le plan défini par la réglementation.

Les annexes regrouperont :

- un glossaire des termes techniques utilisés dans l'EdD ;
- la liste des intervenants dans la production de l'EdD ;
- les documents administratifs relatifs à la propriété, à la gestion et au statut réglementaire des ouvrages du système, dont les éventuels arrêtés de classement ;
- les rapports de construction du ou des modèles hydrauliques ;
- les rapports des éventuelles investigations géotechniques et géophysiques ;
- les consignes écrites ;
- les rapports de VTA ;
- les rapports de chacune des études élémentaires décrites en II-02 ainsi que tous les résultats intermédiaires nécessaires à la construction de l'étude de dangers.

Les rendus du rapport ainsi que des rapports intermédiaires se feront au format papier et au format numérique. Le nombre d'exemplaires papiers s'élèvera à trois unités pour chaque rapport.

Les titulaires fourniront un CD-Rom ou un DVD comprenant :

- le rapport de l'EdD et de chaque étude élémentaire, aux formats Microsoft Office, LibreOffice et PDF/A (ISO 19005-1) ;
- les couches SIG ayant permis de construire la cartographie aux formats ArcGis et Qgis ;
- le ou les modèles hydrauliques et les fichiers associés et notices d'utilisation ;
- les notes de calcul qui lui ont permis d'établir l'ensemble des résultats produits (modèles de calcul de l'aléa de rupture, etc.) et fichiers informatiques associés (feuille de calcul notamment) ;
- toutes les données et les résultats créés, utilisés ou trouvés dans le cadre de ce marché et notamment les références des archives et une copie au format numérique des documents utilisés (archives, etc.), les rapports des visites réalisées, toutes les sources des informations obtenues dans le cadre du marché (par exemple, les éventuels profils géophysiques, profils sonar, etc.).

Le titulaire mettra à disposition une plateforme de travail collaboratif sur Internet, pendant toute la durée de l'étude, pour faciliter les échanges numériques entre les différents intervenants.

Observations

Plateforme de partage de fichier mise à disposition par le titulaire

- Le site de partage devra disposer des fonctionnalités suivantes :
 - gestion des accès,
 - stockage de fichiers (possibilité de déposer pour les utilisateurs disposant de ce droit),
 - organisation du site suivant l'arborescence logique, approuvée par le comité de pilotage,
 - gestion des droits d'accès pour les différents participants au projet,
 - sécurisation, sauvegardes.
- Le site de partage devra être accessible depuis les postes informatiques du gestionnaire de l'ouvrage (compatibilité avec les proxys respectifs).

- Le titulaire déposera sur le site de partage l'ensemble des documents produits (y compris les comptes rendus de réunion, les notes intermédiaires, les présentations, les avis de la maîtrise d'ouvrage), le site devra disposer de suffisamment d'espace mémoire pour le permettre.
- Le titulaire transmettra une copie complète du site de partage au gestionnaire d'ouvrage à l'issue des prestations incluses dans le présent marché.

Données SIG/Topo

- Les données SIG produites devront être aux formats ArcGis et Qgis.
- Les objets surfaciques devront être sous forme de polygones et non polylignes.
- Les éventuelles données topographiques produites devront être au format DWG (version 2014 Autocad) et au format libre (LibreCAD).
- Le système de projection sera le système Lambert 93.
- Les hauteurs seront données selon le système NGF/IGN69.
- Le titulaire devra transmettre les fiches de métadonnées.

Article III-05 : Propriété des résultats produits

L'intégralité des données, des modèles et des résultats produits dans le cadre de la réalisation des études que comporte le présent marché ainsi que dans le cadre des éventuelles études de reconnaissances et levés spécifiques qu'elles pourraient nécessiter, sera propriété du maître d'ouvrage.

Article III-06 : Publications

Les résultats issus de l'étude réalisée dans le cadre du présent marché pourront faire l'objet de publications, après accord des parties concernées.

Chapitre IV. Données fournies au démarrage des études

Article II.1 : Données disponibles auprès du maître d'ouvrage

Elles peuvent prendre la forme d'un tableau de données qui peut être reporté en annexe du cahier des charges et qui précisera :

- le propriétaire de la donnée ;
- le producteur de la donnée ;
- l'intitulé de la donnée ;
- la nature de la donnée ;
- le domaine technique concerné ;
- le périmètre géographique concerné ;
- le format de la donnée ;
- le référentiel utilisé (pour les données SIG) ;
- la résolution de la donnée (essentiellement pour les données topographiques) ;
- les incertitudes liées à la donnée.

Article II.2. Autres données

Voici une liste non exhaustive d'autres données que le titulaire du marché pourra acquérir au cours du déroulement de l'étude et qui ne sont pas mises à disposition par le maître d'ouvrage : données Insee, données IGN, données BRGM, etc.

Article II.3. Bibliographie mise à disposition

Une liste des études et ouvrages connus (incluant une description succincte du contenu) sera disponible auprès du maître d'ouvrage.

ANNEXE 4

Études hydrauliques pour l'analyse de risque des systèmes de protection contre les inondations en contexte fluvial

DAVID GOUTX, VANESSYA LABORIE,
RÉMY TOURMENT, STÉPHANE DEFRAEYE

Dans le cadre de l'analyse de risque des digues de protection contre les inondations, trois études hydrauliques successives doivent être menées, d'après la méthode de décomposition en études élémentaires proposée dans ce guide :

- **étude hydraulique globale du milieu extérieur eau.** À l'échelle d'un bassin-versant, d'un sous-bassin-versant (comprenant souvent plusieurs systèmes de protection), cette étude a pour objectif de disposer, à une précision suffisante, de lignes d'eau pour des événements hydrologiques ou météo-marins de référence afin de pouvoir conduire, sur une base commune, des études hydrauliques localisées ;
- **étude hydraulique locale du milieu extérieur eau.** Au voisinage d'un système de protection, cette étude doit permettre de caractériser la protection assurée par ce dernier en déterminant la période de retour maximale de l'événement hydrologique dont il protège et en localisant les secteurs de premières surverses et les débits de celles-ci, en général en l'absence de brèche ;
- **étude des ondes d'inondation dans le milieu zone protégée.** À l'intérieur d'une zone protégée, cette étude a pour objet de déterminer l'intensité et la cinétique des inondations par défaillance du système de protection.

Ces études hydrauliques, ainsi inscrites dans la démarche de réalisation de l'analyse de risque, s'inscrivent plus largement dans un schéma de gestion des inondations. Elles peuvent donc s'appuyer sur des études déjà existantes relatives, entre autres, à la prévision et à l'annonce d'événements hydrologiques majeurs, à la détermination de l'influence d'un aménagement, à la conception de zones de ralentissement dynamique de crues. Les résultats de l'étude hydraulique locale du milieu extérieur eau sont en outre utilisés dans le cadre du diagnostic du système de protection.

Étude hydrologique : premier volet des études hydrauliques du milieu extérieur eau

L'étude de l'hydrologie précède ou est confondue (l'hydrologie intègre la propagation des crues : transformation des pluies en débits) avec l'étude de propagation des crues dans le réseau hydrographique, en particulier le long d'un système de protection. Elle est destinée à :

- comprendre, à l'échelle du bassin-versant, les mécanismes de formation des ondes de crue dans le cours d'eau endigué ;
- déterminer les caractéristiques d'une crue pour une période de retour considérée et fournir ainsi les données d'entrée nécessaires aux simulations d'écoulement.

Niveau de protection statistique

Période de retour

La période de retour est une notion statistique dont l'interprétation doit être rigoureuse, sous peine d'ambiguïtés. Déterminer, pour un système de protection, un niveau de protection avant surverse correspondant à une période de retour de T années ne garantit pas que l'ouvrage ne soit pas submergé dans les T prochaines années. Il ne s'agit pas d'une durée de garantie d'efficacité, comme peut l'être la durée de vie d'un ouvrage de génie civil par exemple, mais d'une transcription de la probabilité de non-dépassement $P = 1 - (1/T)$. Inversement, cela signifie que le système a, chaque année, une chance sur T d'être submergé par une crue dont le débit de pointe est équivalent ou supérieur à Q_T .

Pour sensibiliser davantage les gestionnaires et les bénéficiaires d'un système de protection à la signification réelle de la notion de période de retour associée au niveau de protection et à la persistance d'un risque d'inondation par débordement, il peut être utile de décliner le niveau de protection envisagé en probabilité de dépassement de l'endiguement pour les N années à venir.

Si, chaque année, l'endiguement a une chance sur T d'être dépassé par une crue, alors la probabilité pour qu'il ne le soit pas pendant les N prochaines années est : $P(Q_{1, \dots, N} < Q_T) = (1 - 1/T)^N$, ce qui conduit aux courbes de probabilité de la [Figure A4-1](#), en supposant le contexte climatique et hydrologique stable sur les N années en question.

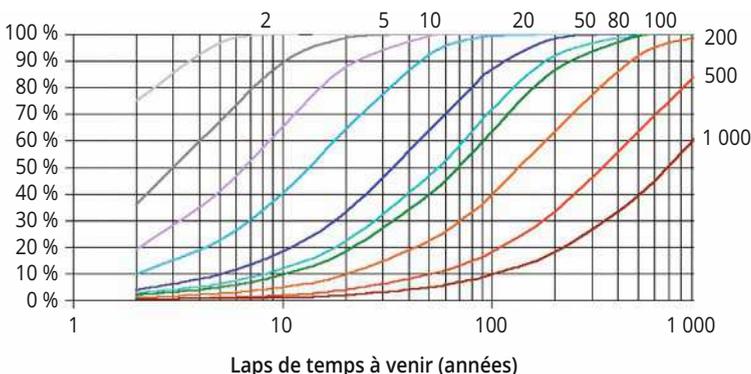


Figure A4-1. Probabilités (%) de dépassement d'une protection au cours du temps (Source : B. Beullac).

Ainsi, par exemple, un endiguement protégeant contre la crue de période de retour 50 ans a :

- 34 % de chances d'être dépassé dans les 20 années à venir ;
- 64 % de chances d'être dépassé dans les 50 années à venir.

De même, une crue millénaire a 3 % (soit près d'une chance sur 30) de chances de survenir dans les 30 prochaines années. On est donc loin d'être « à l'abri » derrière des digues ainsi dimensionnées.

Variabilité des résultats des études hydrologiques

Deux études hydrauliques portant sur un même ouvrage et un même cours d'eau peuvent, à quelques années d'intervalle, aboutir à des périodes de retour de niveau de protection très contrastées. À méthodes d'estimation identiques et correctement mises en œuvre, ceci résulte de la prise en compte de deux chroniques hydrologiques de longueurs différentes, la plus longue incluant des événements supplémentaires qui modifient l'estimation des probabilités de dépassement.

Ainsi, un débit dont la période de retour est estimée à 30 ans en 2000 peut être caractérisé par une période de retour estimée à 20 ou 10 ans seulement en 2010, si sa valeur a été approchée ou dépassée au moins une fois entre ces deux années. À l'inverse, il peut être affecté d'une période de retour de 40 ou 50 ans en 2010, si aucune crue significative n'a eu lieu depuis 2000.

La sensibilité d'une période de retour aux nouveaux événements hydrologiques est normale pour une chronique de débits de longueur modérée, inférieure ou égale à la période de retour recherchée. Elle tend à s'atténuer significativement lorsque la longueur de la chronique considérée dépasse largement la période de retour recherchée.

Données d'entrée nécessaires aux simulations d'écoulement

Dans le cadre de l'étude hydraulique globale du milieu extérieur eau, le volet hydrologique a pour objectif de caractériser des événements de référence (débits, durées, volumes), observés ou d'une période de retour donnée, y compris des événements extrêmes, qui seront intégrés dans le modèle numérique de propagation des crues sous forme d'hydrogrammes (régime transitoire).

Méthodologie

Bibliographie et études préexistantes

Comme pour chacune des étapes de l'étude hydraulique, l'étude hydrologique s'appuie de prime abord sur l'ensemble des études existantes sur le secteur d'étude et surtout, pour ce qui concerne l'hydrologie, sur son bassin-versant. Une analyse exhaustive de la bibliographie existante sur le bassin-versant d'un cours d'eau et un secteur d'études en particulier est indispensable (en même temps qu'elle constitue un préalable nécessaire à la rédaction de tout cahier des charges d'étude hydraulique à réaliser par le maître d'ouvrage ou son assistant). Cette analyse bibliographique informera sur les éléments hydrologiques (les débits de projet et hydrogrammes de crue réels reconstitués) pris en compte dans les autres études. L'exploitation et l'analyse critique de cette documentation

permettront de cerner la limite entre la réutilisation d'éléments ou de résultats préexistants et la reprise pure et simple de l'étude à zéro. Il n'est pas rare désormais (cas de la Loire, du Rhône ou de la Meuse par exemple) que des cours d'eau fassent l'objet d'études globales qui peuvent et doivent servir de base de travail. Les résultats issus de cette étude hydraulique de « référence » devront alors être synthétisés et adaptés au secteur d'étude et calés par rapport à la digue étudiée. À l'inverse, tout aménagement important, ou toute variation significative du cours d'eau (berges, fond), devra être reporté dans le modèle global.

Détermination des événements de référence à partir de chroniques disponibles

En l'absence d'une telle étude de référence, mais toujours à la suite d'une première phase bibliographique, une véritable étude hydrologique devra être menée. Elle reposera sur la connaissance des chroniques de débit sur la rivière, relevées aux stations hydrométriques et enrichies des informations sur les crues historiques. Les données disponibles peuvent être regroupées en données hydrométriques, physiques (caractéristiques d'un bassin-versant) et climatologiques (essentiellement pluviométrie). De la disponibilité et de la qualité des données, qu'elles soient mesurées (pluviométrie, hauteurs d'eau, laisses de crue, limnigramme, géométrie et vitesse notamment en jaugeage) ou calculées (courbe intensité-durée-fréquence, coefficient de Montana, courbe de tarage, hydrogramme, traitements statistiques pour le calcul des quantiles de débit, lame d'eau, etc.), vont dépendre les méthodes utilisées pour calculer et fournir les paramètres d'entrée au modèle hydraulique.

La définition des événements de référence s'appuiera alors sur deux types d'informations et d'analyses conjointes : d'une part, sur la connaissance événementielle des configurations hydrométéorologiques caractéristiques du bassin concerné et d'autre part, sur la connaissance statistique du régime des crues, fondée sur l'analyse de longues chroniques de mesures des débits. La connaissance des événements hydrométéorologiques caractéristiques du bassin-versant est utilisée pour apprécier les effets des aménagements projetés sur le phasage des crues. Lorsque le phasage des crues est plus complexe, il convient alors de raisonner sur quelques scénarios hydrologiques de référence établis en fonction des connaissances disponibles sur les événements antérieurs répertoriés sur le bassin et sur la climatologie des précipitations.

Prédétermination de crues en l'absence de données hydrométriques

En dehors de l'utilisation directe d'hydrogrammes de crues observés, divers outils existent pour la prédétermination des crues et le calcul des débits maxima, soit que l'on ne dispose pas de données hydrométriques à l'endroit où l'on réalise l'étude, soit que l'on souhaite obtenir des données fréquentielles ou synthétiques. La méthode débit-durée-fréquence permet par exemple de construire un hydrogramme « toutes durées » pour un temps de retour fixé. La recherche d'un hydrogramme ayant une période de retour donnée semble difficile hors des modèles débit-durée-fréquence, ce qui peut amener à préconiser cette méthode. Toutefois la complexité, l'importance des données nécessaires et la variabilité des durées caractéristiques limitent l'utilisation de cette méthode sur un plan opérationnel. On pourra utilement appliquer d'autres approches :

- semi-quantitatives comme l'appréciation de similitude entre hydrogrammes de projet et observés ;
- régionales, comme la méthode Shypre, qui s'appuie sur une modélisation de la pluie en débit et permet d'extrapoler les résultats aux bassins-versants non jaugés.

Observations sur la mise en œuvre

Il faut également souligner que des changements significatifs dans l'occupation de l'espace sur le bassin-versant (forte urbanisation, reboisement important, etc.), une modification de la morphologie du cours d'eau (fond du lit, tracé en plan) ou des aménagements lourds en amont (barrages écrêteurs de crues, digues) sont susceptibles de modifier le régime des crues (en particulier les crues moyennes) et peuvent nécessiter une actualisation d'études hydrologiques antérieures.

Il est, par ailleurs, important de préciser que si, en basse vallée, les débits sont le plus souvent liés aux précipitations, donc à des phénomènes naturels, il n'en va pas systématiquement de même dans les hautes vallées (haute vallée de l'Isère par exemple) où, pour mener une étude hydraulique valable, il est alors nécessaire de se procurer les consignes d'exploitation des ouvrages amont (de type barrage par exemple) décidées par le gestionnaire de l'ouvrage. L'exploitation de l'ouvrage (prévue et effective en temps de crue) et les difficultés à s'en procurer la dynamique font partie intégrante des hypothèses de scénarios hydrologiques à déterminer.

Les différents types de modélisation hydraulique

Il existe un grand nombre de types de modèles numériques : modèles à réservoirs, modèles de l'onde diffusante, modèles de Saint-Venant etc. Seuls les modèles les plus fréquemment rencontrés, ceux de Saint-Venant 1D et 2D et les modèles à casiers, seront abordés ici de manière détaillée. En pratique, c'est entre ceux-là qu'il faudra trancher lors d'appels d'offres dans le cadre d'études hydrauliques sur des digues.

Terminologie et modélisation

Un modèle numérique est constitué par le regroupement d'un modèle mathématique, d'un code de calcul capable de « jouer » ce modèle et d'un ensemble de données « statiques » caractéristiques d'un secteur d'études. Un modèle mathématique n'est autre qu'un ensemble d'équations mathématiques qui gouvernent les écoulements en milieu naturel. Il y a toutes sortes d'équations possibles : équations aux dérivées partielles (Saint-Venant), équations différentielles, équations algébriques, etc., et plusieurs ensembles d'équations peuvent être retenus par le modélisateur selon les variables et les simplifications qu'il choisit.

Le modélisateur choisit le modèle mathématique qui, selon lui, représentera « au mieux » le système à étudier ; s'ensuit alors le choix d'un code de calcul, en réalité imposé par la pratique courante du modélisateur lui-même. Ce code de calcul réalise le traitement numérique du modèle mathématique, c'est-à-dire la résolution approchée des équations. Ce traitement repose sur des choix techniques et des simplifications qui relèvent de l'expertise du concepteur du logiciel. Le code de calcul résout donc une sous-classe plus ou moins large des équations d'origine.

Par ailleurs, un même code fondé, par exemple, sur les équations de Saint-Venant peut être utilisé pour simuler différentes rivières, caractérisées par leurs données statiques, par opposition aux données dynamiques qui vont changer au cours de l'exploitation du modèle. Ainsi, pour une étude de diagnostic de digues, dans un premier temps, la

bathymétrie et le profil en long de la digue étudiée constitueront des données statiques, alors que les apports de débit aux frontières de la zone d'étude sont des données dynamiques car on exploitera le modèle en jouant différents scénarios de crue qui permettront, par exemple, de déterminer l'événement au-delà duquel la digue subit un mécanisme de surverse pouvant conduire à sa rupture.

Modèles hydrauliques de Saint-Venant

Les modèles dits « de Saint-Venant » reposent sur la résolution des équations de Saint-Venant mono ou bidimensionnelles. Succinctement, on distingue en pratique couramment trois types de modèles : les modèles de Saint-Venant 1D, les modèles de Saint-Venant 2D et les modèles à casiers. Chacun de ces différents types de modèle possède des champs d'application privilégiés issus directement des hypothèses mathématiques sur lesquelles ils sont fondés. Les équations de Saint-Venant modélisent des écoulements capables de propager des ondes (intumescences, ronds dans l'eau). Les modèles monodimensionnels (1D) sont utilisés lorsque le cours d'eau et son lit majeur présentent une direction d'écoulement privilégiée. On peut alors considérer que des grandeurs moyennées sur les sections droites de l'écoulement (profils en travers) sont de bonnes approximations. L'écoulement est décrit par un débit et un niveau en chaque point du linéaire. On peut aussi utiliser de façon équivalente une vitesse moyenne à la place du débit et une profondeur ou une section mouillée à la place du niveau.

Dans des configurations où l'écoulement ne présente pas de direction privilégiée ou si l'on souhaite une information précise sur la vitesse à la fois en direction et en intensité, les modèles bidimensionnels permettent de simuler les écoulements à surface libre à deux dimensions d'espace horizontales. Ils calculent la hauteur d'eau, ainsi que les deux composantes horizontales (moyennées sur la verticale) de la vitesse (u , v).

Le modèle à casiers est bâti à partir du couplage d'un modèle monodimensionnel qui résout les équations monodimensionnelles de Saint-Venant dans le lit mineur et d'un modèle qui gère les échanges entre lit mineur et casiers. On résout ainsi de façon monodimensionnelle les équations de Saint-Venant sur le lit mineur et les écoulements dans la plaine d'inondation (lit majeur) sont représentés à l'aide de casiers interconnectés les uns aux autres et avec le lit mineur par des relations choisies par le modélisateur (loi d'ouvrage, régime uniforme, Saint-Venant 1D, etc.). Les résultats obtenus sont donc la hauteur d'eau et la vitesse moyenne dans le lit mineur de la rivière et un niveau d'eau moyen pour chaque casier (ainsi que les flux entre casiers).

ANNEXE 5

Retour d'expérience de la DREAL Centre – Val-de- Loire sur la rédaction des EdD au format « réglementation 2007 »

Expérience acquise dans le cadre de la réalisation (avec un appui méthodologique et technique d'Irstea) des études de dangers des trois systèmes endigués de classe A (vals d'Orléans, de Tours et d'Authion) et de l'ensemble des 43 EdD de digues de classes B et C de la Loire moyenne, pour lesquelles la DREAL joue un rôle d'assistance à maîtrise d'ouvrage ou de maître d'ouvrage délégué vis-à-vis des DDT.

Résumé non technique de l'étude de dangers du système de protection

- Résumé non technique présentant notamment l'ensemble des points listés au chapitre 0 du plan réglementaire des EdD, à savoir :
 - situation actuelle du système de protection résultant de l'analyse des risques
 - niveau(x) de protection réel(s) ou apparent(s), niveau(x) de sûreté, niveau(x) de dangers ;
 - intensité, cinétique et gravité des scénarios d'inondation par rupture ou surverse étudiés – a minima, scénario de rupture ou surverse le plus probable et, s'il diffère, celui de la rupture ou surverse ayant les conséquences les plus graves ;
 - évaluation de la probabilité d'occurrence de ces scénarios ;
 - principales mesures de réduction du risque prises, en indiquant celles qui le sont à titre conservatoire, ou prévues à court ou moyen terme selon un calendrier.
- Cartes, schémas et graphiques didactiques associés.

Remarque

Le maître d'ouvrage peut confier à une agence de communication la rédaction et la mise en page de ce résumé.

Chapitre 1. Renseignements administratifs

- Identification du porteur de l'étude et de son rôle au regard du système de protection (propriétaire, gestionnaire ou autre).
- Identification du (ou des) propriétaire(s) des ouvrages de protection ou ayant un rôle de protection et des terrains d'assise, sans qu'il soit nécessaire de fournir une enquête parcellaire complète si le système repose sur une multitude de propriétés privées. Seule la situation administrative est recherchée, c'est-à-dire avoir une vision du nombre de parcelles et savoir s'il existe un ou plusieurs propriétaires du fond et s'ils diffèrent du (ou des) propriétaire(s) des ouvrages.
- Identification, lorsqu'il existe, du gestionnaire qui exécute ou fait exécuter pour le compte du propriétaire les travaux d'entretien ou de renforcement de l'ouvrage.
- Identification du (ou des) responsable(s) d'ouvrage du système de protection en précisant son (leur) statut : propriétaire ou gestionnaire.
- Identification des responsables de réseaux enfouis ou supportés par le système de protection et mention des réseaux sans propriétaire.
- Rappel des références de la décision de classement A, B ou C prise par le préfet et des prescriptions contenues dans l'arrêté d'origine et les éventuels arrêtés complémentaires.
- Rappel des autres actes administratifs portant sur le système de protection : références d'autorisation des ouvrages, arrêtés portant déclaration d'utilité publique (DUP) ou d'intérêt général (DIG), conventions entre les différents acteurs, notamment entre propriétaires et gestionnaires précisant les missions attribuées aux gestionnaires.
- Identification des rédacteurs et des organismes ayant participé à l'élaboration de l'EdD : nom de l'organisme agréé en charge de l'EdD, date et numéro d'agrément, nom des auteurs des études spécifiques élémentaires et du rapport de l'EdD et de la personne responsable de l'EdD au sein de l'organisme agréé, nom des organismes sous-traitants.
- Arrêtés préfectoraux de classement et, éventuellement, de prescriptions complémentaires relatifs au système de protection annexé au rapport de l'EdD.

Chapitre 2. Objet de l'étude

- Au sein du bassin-versant, identification complète du périmètre de l'étude et de ses trois composantes : le système de protection, la zone protégée et le milieu extérieur eau. Vérification de la cohérence des limites amont et aval du système avec le fonctionnement hydraulique local. Justification de la délimitation de la zone protégée.
- Statut de l'EdD du système de protection :
 - EdD « constat » initiale (échéance pour un système de protection existant au 11 décembre 2007 imposée par décret)/de révision décennale/de mise à jour exceptionnelle ;
 - EdD « projet » de modification/de création ;
 - EdD « programme » de modification/de création.
- Articulation de l'EdD avec les autres démarches réglementaires qui concernent le système de protection (diagnostic initial de sûreté, visite technique approfondie, revue de sûreté, examen technique complet) et la prévention des inondations (éventuelles prescriptions d'un PPRN d'inondation qui s'imposent à l'ouvrage ou, plus généralement, prescription formelle lui donnant un objectif de protection comme la labellisation PAPI-PSR).
- Cartes associées.

Remarque

Représenter les limites de propriétés de la digue, le cas échéant.

Chapitre 3. Analyse fonctionnelle de l'ouvrage et de son environnement

Synthèse sur l'identification, la description et la caractérisation des fonctions assurées par l'ouvrage.

Analyse fonctionnelle externe

- Détermination des fonctions principales, dites de service, produites par l'ouvrage considéré comme une « boîte noire » en interaction avec son environnement et des barrières de sécurité en place au droit de l'ouvrage et de ses milieux extérieurs.
- Description et analyse du milieu extérieur « eau » :
 - éléments constitutifs : hydrologie et ouvrages hydrauliques (ponts, seuils, système de protection sur la rive opposée, etc.), transport solide et topographie (lits, berges, littoral), corps flottants (bois, blocs de glace, etc.), milieu naturel (végétation, animaux), activités humaines potentiellement dommageables ;
 - interactions potentielles avec le système de protection : actions hydrauliques – détermination de la crue retenue comme niveau de protection apparent ou contrôle de l'objectif de protection (ligne d'eau, débit et période de retour), détermination des crues de premières surverses des digues résistantes ou de début de fonctionnement des déversoirs (ligne d'eau, débit et période de retour), actions morphodynamiques, actions mécaniques (chocs, fouissage, déstructuration racinaire, etc.).
- Description et analyse du milieu extérieur « zone protégée » :
 - éléments constitutifs : topographie du terrain naturel (pente, talwegs), réseau hydrographique, ouvrages en remblai (routiers, autoroutiers, ferroviaires, etc.), milieu naturel (végétation, animaux), activités humaines potentiellement dommageables, enjeux humains ;
 - interactions potentielles avec le système de protection, notamment en cas de défaillance : actions hydrauliques (mise en charge côté terre et atténuation des sollicitations, brèche en retour en cas de décrue rapide, etc.), actions mécaniques (chocs, fouissage, déstructuration racinaire, etc.).
- Description des raccordements amont et aval au terrain naturel ou à d'autres ouvrages.
- Identification, description et caractérisation des fonctions principales du système permettant notamment d'identifier les ouvrages de protection indirecte, directe et secondaire.
- Identification, description et évaluation de la performance des barrières de sécurité mises en place dans les milieux extérieurs « eau » et « zone protégée » ainsi qu'au droit du système de protection.

Analyse fonctionnelle interne

- Détermination des fonctions contraintes, dites techniques, remplies par l'ouvrage et sa fondation, considéré seul à travers sa structure et ses composants.
- Analyse des fonctions hydrauliques des sous-systèmes :
 - décomposition en sous-systèmes hydrauliques ;

- identification, description et caractérisation des fonctions hydrauliques par sous-système.
 - Analyse des fonctions géotechniques des composants de l'ouvrage et sa fondation :
- détermination des profils en travers géotechniques types ;
- identification, description et caractérisation des fonctions géotechniques par composant.
 - Appréciation de la qualité géotechnique de l'ouvrage en relevant, si possible, les écarts constatés par rapport à une situation de référence (projet, état antérieur).
 - Cartes, photos, schémas et graphiques associés.
 - Analyse fonctionnelle détaillée annexée au rapport de l'EdD.

Remarque

Une description de l'ouvrage et de son environnement, même approfondie, ne constitue pas, en toute rigueur, une analyse fonctionnelle.

Chapitre 4. Présentation de la politique de prévention des accidents majeurs et du système de gestion de la sécurité (SGS)

- Description et analyse de la gestion des crues dans le milieu extérieur « eau » (prévision et alerte, contrôle des débits, etc.).
- Description et analyse de la gestion des enjeux présents dans le milieu extérieur « zone protégée » (prévention, évacuation et mise en sécurité des populations et des biens en fonction de leur vulnérabilité, etc.).
- Système de gestion de la sécurité relatif au système de protection :
 - description et analyse de l'organisation du responsable d'ouvrage et des organisations des sous-traitants ainsi que de la formation des personnels pour assurer la surveillance et l'entretien du système de protection en toutes circonstances ;
 - description et analyse des procédures de gestion de la sécurité : identification et évaluation des risques d'accidents majeurs (visite technique approfondie, étude de dangers, revue de sûreté), surveillance de l'ouvrage (continue, périodique, en crue, post-crue, exceptionnelle), gestion des situations d'urgence, prise en compte du retour d'expérience (alimentation du dossier d'ouvrage) ;
 - description et analyse des dispositions prises par le responsable d'ouvrage pour s'assurer du respect des procédures, auditer et réviser son système de gestion de la sécurité dans le cadre de son amélioration continue.
- Consignes écrites annexées au rapport de l'EdD, si elles existent.

Remarques

- Le rédacteur de l'étude dangers ne doit décrire que l'existant. Il doit ensuite, à l'issue d'une analyse, émettre un avis sur l'adéquation entre les objectifs fixés en matière de sécurité, les moyens mis en œuvre et la complexité du système de protection.
- Vérifier la cohérence entre les informations relatives aux acteurs identifiés dans ce chapitre et celles du chapitre 1.

Chapitre 5. Identification et caractérisation des potentiels de dangers

- Identification et caractérisation des potentiels de dangers se manifestant par une entrée d'eau accidentelle dans la zone protégée à la suite de la rupture totale ou partielle d'une digue, ou du dysfonctionnement ou de la mauvaise gestion d'un ouvrage hydraulique inclus.
- Identification et caractérisation des potentiels de dangers se manifestant par une entrée d'eau non accidentelle dans la zone protégée à la suite du fonctionnement d'un déversoir ou de la surverse sans rupture d'une digue résistante, ou conduisant à une inondation par remontée de nappe ou par remous.
- Identification et caractérisation des potentiels de dangers se manifestant par un défaut, accidentel ou non, d'évacuation d'eau de la zone protégée vers le milieu extérieur « eau » conduisant à une inondation par débordement des cours d'eau ou saturation des réseaux d'assainissement.
- Cartes et graphiques associés.

Remarques

- Classer de préférence les potentiels de dangers par ordre décroissant de gravité des conséquences du phénomène dangereux.
- La caractérisation des potentiels de dangers se manifestant en surface par une entrée d'eau non accidentelle dans la zone protégée peut être similaire à celle réalisée pour les scénarios d'inondation par défaillance du système de protection.
- Sédiments ou corps flottants transportés par l'eau libérée dans la zone protégée constituent des potentiels de dangers supplémentaires à caractériser en tant que tels.

Chapitre 6. Caractérisation des aléas naturels

- Identification et caractérisation, à l'échelle du système hydrologique (continental ou marin), des aléas hydrauliques naturels potentiellement à l'origine d'inondations (crues, marées, tempêtes, tsunamis, etc. ou toute conjonction possible de ces événements), agissant au moins sur le milieu extérieur « eau » du système étudié : probabilités d'occurrence, caractéristiques hydrauliques (hydrogrammes, limnigrammes et vitesses de propagation, notamment), etc.
- Estimation, au droit du système de protection, de l'intensité des aléas hydrauliques naturels potentiellement à l'origine d'inondations (niveaux atteints, vitesses d'écoulement, etc.), préalablement identifiés et caractérisés de manière globale.
- Identification et caractérisation, à l'échelle du système hydrologique (continental ou marin), des aléas morphodynamiques naturels :
 - sectorisation du système hydrologique en unités morphodynamiques naturelles homogènes ;
 - identification et caractérisation des évolutions naturelles (par exemple, changement climatique) ou des perturbations anthropiques (par exemple, construction d'un barrage, d'un port), passées, présentes ou prévisibles, des équilibres sédimentaires des unités morphodynamiques naturelles.
- Estimation, au droit du système de protection, des évolutions morphologiques passées, présentes ou prévisibles du milieu extérieur « eau » et/ou du système de protection du système étudié, sous l'action morphogène continue des écoulements, des courants ou

des vagues (affouillement, érosion de berge, incision, érosion du littoral, etc. – atterrissement, dépôt, exhaussement, engraissement, etc.), préalablement identifiée et caractérisée de manière globale.

- Identification et caractérisation des autres aléas naturels auxquels le système de protection est exposé : développement d'une végétation ligneuse, installation d'animaux fouisseurs, séisme, embâcle de glace et débâcle, effondrement karstique, changement climatique, etc.
- Cartes, photos, schémas et graphiques associés.

Remarques

- Expliciter toutes les hypothèses des études ou expertises utilisées (notamment hydrologiques, hydrauliques et morphodynamiques). Les référencer.
- Préciser l'origine et l'ordre de grandeur des incertitudes pesant sur la caractérisation des aléas naturels considérés (qualité des données, modélisation, effet des corps flottants, charriage, etc.).

Chapitre 7. Étude accidentologique et retour d'expérience

- Description précise et la plus exhaustive possible des détériorations, accidents, incidents et évolutions lentes passés (historiques et récents), liés ou non à un événement naturel (*voir Chapitre 6 dans cette Annexe*) ou technologique (rupture de barrage, accident de transport, etc.) à décrire en tant que tel, survenus sur le système de protection ou son environnement spécifique (milieu extérieur « eau » et zone protégée) et intéressant la sûreté hydraulique de l'ouvrage et la sécurité des populations.
- Description complémentaire des événements naturels d'importance significative n'ayant entraîné aucune détérioration ou incident notable.
- Description des mesures d'amélioration du système étudié éventuellement adoptées et mises en œuvre à la suite d'un ou plusieurs événements importants pour la sûreté hydraulique et la sécurité des populations.
- Analyse experte des événements importants ci-avant décrits à la lumière des conditions actuelles de fonctionnement du système étudié (*voir Chapitre 3 dans cette Annexe*) et de gestion de la sécurité (*voir Chapitre 4 dans cette Annexe*).
- Cartes, photos, schémas et graphiques associés.

Remarques

- Préférer les valeurs mesurées sur le terrain aux valeurs estimées.
- Citer les sources d'information et documents d'archives exploités, et inscrire leurs références complètes dans la bibliographie.
- Ne présenter le retour d'expérience d'événements importants survenus sur d'autres systèmes de protection et environnements spécifiques similaires que s'il apporte une information supplémentaire, précise et pertinente.

Chapitre 8. Identification et caractérisation des risques en termes de probabilité d'occurrence, d'intensité et de cinétique des effets, et de gravité des conséquences

8.1 – Description et principes de la méthodologie utilisée

- Description théorique synthétique de la méthodologie utilisée pour identifier et analyser les risques.
- Description de l'expertise mobilisée pour mettre en œuvre la méthodologie présentée ci-dessus.
- Schémas et graphiques associés.
- Rapports détaillés sur la méthodologie utilisée et les outils mis en place annexés au rapport de l'EdD.

8.2 – Détermination des scénarios de défaillance

- Étude de la défaillance du système de protection.
- Description et choix des scénarios de défaillance hydraulique avec ou sans ouverture de brèche à considérer dans la suite de l'analyse des risques.
- Estimation de la défaillance hydraulique avec ouverture de brèche :
 - discrétisation en tronçons homogènes (structure, état et fonction hydraulique identiques) et identification des profils en travers singuliers ;
 - estimation de la performance de chaque tronçon homogène et profil en travers singulier, ci-avant décrits, pour les différents scénarios de défaillance structurelle et aléas hydrauliques naturels considérés, exprimée sous la forme de probabilités conditionnelles de rupture ;
 - si possible, estimation des incertitudes pesant sur les résultats du diagnostic structurel.
- Hiérarchisation des scénarios considérés de défaillance hydraulique avec ou sans ouverture de brèche.
- Localisation des principaux secteurs de défaillance du système de protection.
- Cartes de localisation, schémas et graphiques associés.

8.3 – Évaluation des scénarios d'accidents

- Détermination des scénarios d'inondation à évaluer, tenant compte de la localisation des principaux secteurs de défaillance du système de protection (*voir Chapitre 8.2 dans cette Annexe*) et incluant nécessairement un scénario d'inondation de toute la zone protégée ainsi qu'un scénario d'inondation particulièrement dommageable. Si possible, positionnement de la survenance du scénario de défaillance du scénario d'inondation considéré avant, pendant et après avoir atteint le niveau de protection apparent du système de protection.

- Quantification des scénarios d'inondation :
 - estimation de la probabilité d'occurrence de chaque scénario d'inondation ;
 - évaluation de l'intensité (hauteur, vitesse horizontale, temps de montée, charge solide, etc.) et de la cinétique de propagation des écoulements pour chaque scénario d'inondation.
- Étude de la vulnérabilité des enjeux :
 - choix des types d'enjeux à considérer ;
 - choix du ou des types de conséquences (paramètres de vulnérabilité) à considérer pour chaque type d'enjeux ;
 - estimation, pour chaque classe d'intensité de l'aléa d'inondation, de la vulnérabilité de chaque type d'enjeux associé à un paramètre de vulnérabilité, intégrant au mieux les notions de sensibilité des types d'enjeux à l'aléa d'inondation, d'exposition des enjeux de chaque type à l'aléa d'inondation et d'adaptation des enjeux de chaque type au risque d'inondation ;
 - agrégation éventuelle, pour chaque classe d'intensité de l'aléa d'inondation, des vulnérabilités estimées.
- Estimation de la gravité des conséquences de chaque scénario d'inondation.
- Estimation du risque lié à chaque scénario d'inondation.
- Détermination du niveau d'acceptabilité (criticité) de chaque scénario d'inondation.
- Cartes de localisation et de résultats associées.
- Positionnement des scénarios d'inondation considérés sur une grille de criticité.

Remarque

Préciser tous les critères de définition des paramètres utilisés pour évaluer les scénarios d'accidents (probabilité d'occurrence, intensité et cinétique des effets, vulnérabilité des enjeux).

Chapitre 9. Étude de réduction du risque

- Description par type des mesures de réduction du risque d'inondation proposées librement par l'organisme agréé en charge de l'étude de dangers au vu des résultats de l'analyse de risque et validées par le responsable d'ouvrage, qui s'engage ainsi sur des délais de mise en œuvre :
 - mesures relatives à la gestion du système de protection : révision des consignes écrites de gestion et de surveillance des digues en toutes circonstances, amélioration de leur entretien, gestion plus étroite de leurs usages, élaboration d'un plan d'actions d'urgence en crue, organisation d'exercices de gestion de crue, pérennisation du dossier d'ouvrage, etc. ;
 - mesures relatives à la gestion du territoire : si le gestionnaire du système de protection n'est pas le gestionnaire du territoire, au moins doit-il porter l'étude de dangers à la connaissance des organismes en charge de la sécurité de la population de la zone protégée (les mairies pour les plans communaux de sauvegarde, la ou les préfetures pour les plans d'organisation de la réponse de sécurité civile et les plans de prévention des risques d'inondation ou de submersion marine, le ou les services de prévision des crues ou des vagues-submersion pour la juste prise en compte des systèmes de protection dans les modélisations, le ou les services d'entretien du lit mineur pour les plans de gestion de la végétation, etc.) ;
 - mesures relatives au traitement des désordres structurels du système de protection : présentation hiérarchisée et, si possible, chiffrée de l'ensemble des travaux nécessaires

- pour garantir l'intégrité du système (par exemple, protection des pieds de berge, construction de chemins de service) ou rehausser le niveau de sûreté des digues (par exemple, étanchement du corps de digue, suppression de canalisations traversantes), et appréciation de leur efficacité ;
- mesures relatives au traitement des anomalies ou insuffisances fonctionnelles du système de protection : présentation hiérarchisée et, si possible, chiffrée de l'ensemble des travaux nécessaires pour améliorer le fonctionnement du système (par exemple, mise en place d'un système de gestion des surverses) ou rehausser le niveau de protection des digues (par exemple, résorption des points bas en crête), et appréciation de leur efficacité ;
 - mesures relatives à la connaissance des ouvrages : recherche et exploitation d'archives, investigations géophysiques et géotechniques, reconnaissances subaquatiques des pieds de digue, recherche et description approfondie des ouvrages inclus, etc. ;
 - mesures, plus générales, relatives aux recherches scientifiques à mener : évolutions hydrologiques et morphodynamiques, formation des brèches, identification et quantification des mécanismes d'érosion interne, méthodes opérationnelles d'analyse de la défaillance, etc.
- Tableau(x) de synthèse des mesures prises.

Remarques

- L'étude de réduction du risque n'est pas un programme de travaux. Le rédacteur du chapitre n'a donc pas pour obligation de dater et d'estimer précisément le coût de la mise en œuvre des mesures retenues. Sa réflexion doit avant tout porter sur la hiérarchisation des actions à entreprendre dans une logique d'amélioration continue du système de protection. Il peut alors effectuer des recommandations sur les techniques à employer.
- Le rédacteur est invité à présenter très distinctement études à mener et travaux à réaliser. Il indiquera et justifiera également toutes les mesures prises à titre provisoire.
- L'étude de réduction du risque est un chapitre essentiel de l'étude de dangers « constat ». Elle n'a en revanche aucun sens dans une étude de dangers « projet » ou « programme ».
- Afin que le lecteur puisse commodément faire le lien entre problème/limite/manque identifié(e) et solution/recherche/investigation proposée, il est conseillé d'adjoindre à chaque mesure de réduction du risque du Chapitre 9 de cette Annexe un renvoi vers le paragraphe de l'étude de dangers qui a amené le rédacteur à s'interroger, et inversement.

Chapitre 10. Cartographie

Recueil de l'ensemble des cartes, photos, schémas et graphiques qui illustre l'étude de dangers (hors annexes).

Remarques

- Présenter les illustrations dans l'ordre du texte en reprenant le plan détaillé de l'étude de dangers, à une échelle de lecture ou résolution appropriée et accompagnées d'une légende précise qui renverra le lecteur à la page où est appelée l'illustration en question.
- Pour faciliter la compréhension de l'étude de dangers sans nuire à la consultation du document, il est recommandé d'afficher l'ensemble des illustrations sous forme de miniatures dans les Chapitres 1 à 9. La légende renverra alors utilement le lecteur à la page du Chapitre 10 où est présentée en détail l'illustration.

