



**PRÉFET
DU BAS-RHIN**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

**Direction Départementale des Territoires
du Bas-Rhin**

Pouvoir adjudicateur : Préfecture du Bas-Rhin

Direction Départementale des Territoires du Bas-Rhin
Service de l'Environnement et des Risques
Cité administrative Gaujot
14 rue du Maréchal Juin – CS 50016
67084 STRASBOURG Cedex

Marché : DDT-SER-MI-2026-1

**Etude de l'aléa inondation pour les bassins versants de la Zorn et du
Landgraben**

**Pièce N°4
CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES
(CCTP)**

Table des matières

1- Contexte de la mission.....	3
1.1 Objet du marché.....	3
1.2 Périmètre d'étude.....	3
1.3 Références réglementaires.....	6
1.4 Références méthodologiques.....	6
1.5 Définitions des termes et concepts employés.....	6
2- Eléments de mission.....	8
2.1 Généralités.....	8
2.2 Elements topographiques.....	8
2.3 Etudes réalisées ou en cours.....	8
2.3.1 Plan de Prévention des inondations de la Zorn et du Landgraben (2010).....	8
2.3.2 Etudes locales.....	9
2.3.3 Programme d'Action de Prévention des Inondations Haute Zorn (PAPI Haute-Zorn) (2013-maintenant).....	11
2.3.4 Programme d'Actions de Prévention des Inondations Zorn Aval et Landgraben (PAPI Zorn Aval et Landgraben (2015-maintenant).....	12
2.3.5 Plan de Prévention du Risque inondation des affluents de la Zorn (en cours d'élaboration).....	14
2.3.6 Synthèse des données.....	14
3- Exécution de la mission.....	15
3.1 Objectifs de la mission.....	15
3.2 Phase 1 : appropriation du territoire et des données existantes.....	16
3.2.1 Recueil et analyse approfondie des études antérieures et des données déjà disponibles sur le territoire.....	16
3.2.2 Investigations de terrain.....	18
3.2.3 Identification des événements majeurs sur le territoire.....	19
3.2.4 Traitement des données topographiques.....	19
3.2.5 Analyse de l'occupation du sol.....	20
3.3 Phase 2 : Analyses et modélisations hydrologiques et hydrauliques.....	21
3.3.1 Analyse hydrologique.....	21
3.3.2 Construction du modèle hydraulique.....	23
3.3.3 Calage et validation du modèle.....	29
3.3.4 Exploitation du modèle : simulation et résultats associés.....	30
3.3.5 Analyse des résultats.....	31
3.4 Phase 3 : Définition et cartographie de l'aléa inondation.....	31
3.4.1 Identification et prise en compte des obstacles à l'écoulement.....	32
3.4.2 Cartographie finale.....	34
3.4.3 Détermination de l'aléa PPRI.....	35
3.4.4 Vidéos montrant la propagation des écoulements au cours de la crue.....	36
4- Modalités pratiques d'exécution.....	36
4.1 Données et moyens mis à disposition.....	36
4.2 Prestations complémentaires.....	37
4.3 Modalités de remises des documents.....	37
4.4 Livraison du/des modèle(s).....	38
4.5 Suivi et pilotage de l'étude.....	38
4.6 Réunions avec les acteurs locaux.....	39
4.7 Calendrier de mise en œuvre.....	39
4.8 Connaissance des lieux.....	39
4.9 Acceptation du CCTP.....	40

1- Contexte de la mission

1.1 Objet du marché

Le présent **Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP)** définit les prescriptions techniques et les conditions d'exécution des études permettant d'évaluer l'aléa inondation sur le territoire des communes des bassins versants de la Zorn et du Landgraben.

Les objectifs de cette étude sont multiples, d'une part, il s'agira de quantifier, qualifier et cartographier l'aléa correspondant à la crue de référence en prévision de la révision du Plan de Prévention du Risque inondation de la Zorn et du Landgraben (2010). D'autre part, cette étude s'attachera à examiner d'autres occurrences de crue, afin de pouvoir mieux anticiper et gérer les inondations sur ce territoire.

Cette étude concerne le phénomène naturel d'inondation par débordement du lit mineur dans le lit majeur du cours d'eau, ainsi que le phénomène d'inondation par défaillance de digues ou d'ouvrages faisant obstacle à l'écoulement des eaux.

Cette étude comprend 3 phases principales qui sont les suivantes :

- Phase 1 : Appropriation du territoire et des données
- Phase 2 : Analyse et modélisation hydrologique et hydrauliques
- Phase 3 : Définition et cartographie de l'aléa inondation

1.2 Périmètre d'étude

Le périmètre d'étude concerne les bassins versants de la Zorn et du Landgraben qui s'étendent au nord de Strasbourg, comme situés sur la Figure 1. L'ensemble de ces deux bassins versants ainsi que les parties des bassins versants voisins qui sont inondés par débordement de la Zorn ou du Landgraben devront être étudiés.

Ainsi, cela inclut la propagation des crues de la Zorn et du Landgraben dans le lit de la Moder jusqu'à la confluence avec le Rhin.

Le Tableau 1 décrit les principales caractéristiques des bassins versants étudiés.

Tableau 1: Caractéristiques des bassins versants de la Zorn et du Landgraben

Bassin versant	Zorn	Landgraben
Source	La Zorn est issue de la confluence de la Zorn Jaune et de la Zorn Blanche qui prennent toutes les deux leur source en Moselle à respectivement 950 et 845 m d'altitude	
Superficie	760 km ²	150 km ²

Linéaire	100 km	33km
Confluence	Se jette dans la Moder à la frontière des communes de Rohrwiler et de Herrlisheim	Se jette dans la Moder au niveau de la commune de Dalhunden, en aval de la commune de Drusenheim et après la confluence de la Zorn
Principaux affluents	La Zinsel du Sud, la Mossel et le Rohrbach	

Le linéaire de cours d'eau minimal à modéliser pour déterminer la zone inondable figure, à titre indicatif, sur la Figure 6 au paragraphe 3.3.2 . Des modifications pourront être proposées par le titulaire (par exemple sur l'hydrologie des cours d'eau à prendre en compte sans les modéliser etc ...).

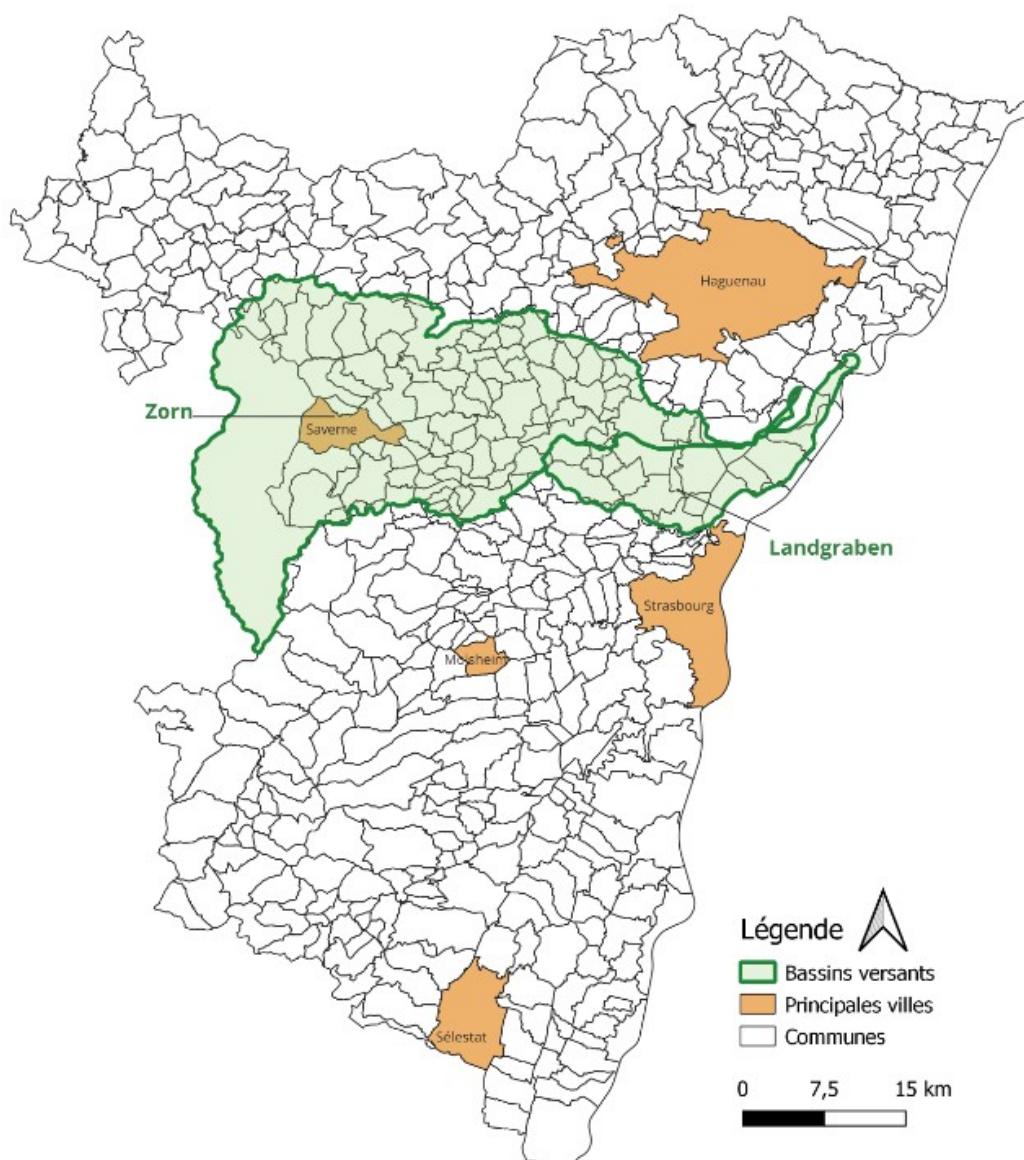


Figure 1-Localisation des bassins versants de la Zorn et du Landgraben dans le département du Bas-Rhin

La liste des communes dans le périmètre d'étude présentée ci-dessous est estimative : elle sera mise à jour lors de l'étude en fonction des résultats obtenus.

Tableau 2: Liste des communes intégrées dans le périmètre d'étude

Alteckendorf	Friedolsheim	Landersheim	Rountzenheim-Auenheim
Arzviller	Gambenheim	Leutenheim	Saessolsheim
Batzendorf	Garrebourog	Lixhausen	Saint-Jean-Saverne
Beinheim	Geiswiller-Zœbersdorf	Lochwiller	Saint-Louis
Berling	Geudertheim	Lupstein	Saverne
Berstett	Gottenhouse	Lutzelbourg	Scherlenheim
Berstheim	Gottesheim	Maennolsheim	Schirrheim
Bietlenheim	Gougenheim	Marmoutier	Schirrhoffen
Bilwisheim	Gries	Melsheim	Schœnbourog
Bischwiller	Guntzviller	Metting	Schwenheim
Bosselshausen	Haegen	Minversheim	Schwindratzheim
Bossendorf	Hangviller	Mittelbronn	Sessenheim
Bouxwiller	Haselbourg	Mittelschaeffolsheim	Soufflenheim
Brumath	Hattmatt	Mommenheim	Stattmatten
Buswiller	Hengwiller	Monswiller	Steinbourg
Dabo	Henridorff	Mutzenhouse	Thal-Marmoutier
Dalhunden	Herrlisheim	Neuhaeusel	Vendenheim
Danne-et-Quatre-Vents	Hochfelden	Neuwiller-lès-Saverne	Vescheim
Dannelbourg	Hochstett	Oberhoffen-sur-Moder	Wahlenheim
Dettwiller	Hœrdt	Offendorf	Waldolwisheim
Donnenheim	Hohfrankenheim	Olwisheim	Waltenham-sur-Zorn
Dossenheim-sur-Zinsel	Hultehouse	Ottersthal	Westhouse-Marmoutier
Drusenheim	Ingenheim	Otterswiller	Weyersheim
Duntzenheim	Issenhausen	Phalsbourg	Wickersheim-Wilshausen
Durningen	Kaltenhouse	Printzheim	Willgottheim
Eckartswiller	Kauffenheim	Reichstett	Wilwisheim
Eckwersheim	Kilstett	Reinhardsmunster	Wingersheim les

			Quatre Bans
Ernolsheim-lès-Saverne	Kirrwiller	Röschwoog	Wittersheim
Eschbourg	Knoersheim	Rohr	Wolschheim
Ettendorf	Krautwiller	Rohrwiller	Zeinheim
Forstfeld	Kurtzenhouse	Roppenheim	Zilling
Fort-Louis	La Wantzenau	Rottelsheim	

1.3 Références réglementaires

- Code de l'environnement : Livre V Titre VI partie législative
- Code de l'environnement : Livre V Titre VI partie réglementaire
- Décret n° 2019-715 du 5 juillet 2019 relatif aux plans de prévention des risques concernant les « aléas débordement de cours d'eau et submersion marine »
- [Plan de Gestion du Risque inondation \(PGRI\) du district Rhin Meuse, en date du 15 avril 2022](#)

L'ensemble des textes et circulaires concernant le risque inondation sont disponibles sur le site Internet Aida: http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.6.2468/5

1.4 Références méthodologiques

Les principes d'études et de cartographie des aléas sont présentés dans plusieurs documents et guides techniques comme :

- [Guide méthodologique pour l'élaboration des plans de prévention des risques d'inondation par débordement de cours d'eau \(hors cours d'eau torrentiels\)](#), en date de septembre 2024
- [Plans de prévention des risques naturels prévisibles \(PPRN\) : Guide général – 2016 – Edition La Défense – MEEM ;](#)
- Le portail sur les risques Géorisques (<http://www.georisques.gouv.fr/>)

1.5 Définitions des termes et concepts employés

Crue de référence : crue qui correspond à la plus importante crue connue et bien documentée ou bien à la crue centennale modélisée, si cette dernière est supérieure.

La **zone inondable** correspond à la zone potentiellement inondée par la crue de référence. Pour la détermination des zones inondables, le risque de défaillance, de

surverse ou de contournement des digues et ouvrages faisant obstacle à l'écoulement des eaux doit être pris en compte. Pour cela, le titulaire appliquera la méthodologie d'effacement des digues définie dans le présent CCTP. Cette définition complète celle du PGRI.

La **zone inondée** ou la zone d'expansion des crues est l'espace naturel ou aménagé où se répandent les eaux lors du débordement des cours d'eau dans leur lit majeur (en prenant en compte les digues quand elles existent). Ceci correspond à une simulation représentant la situation actuelle, ce qui veut dire que les ouvrages faisant obstacle à l'écoulement des eaux (digues, routes...) sont modélisés tels quels sans être effacés. Ces derniers peuvent donc être contournés ou peuvent sur-verser.

Le schéma suivant permet d'expliciter la définition de ces deux zones :

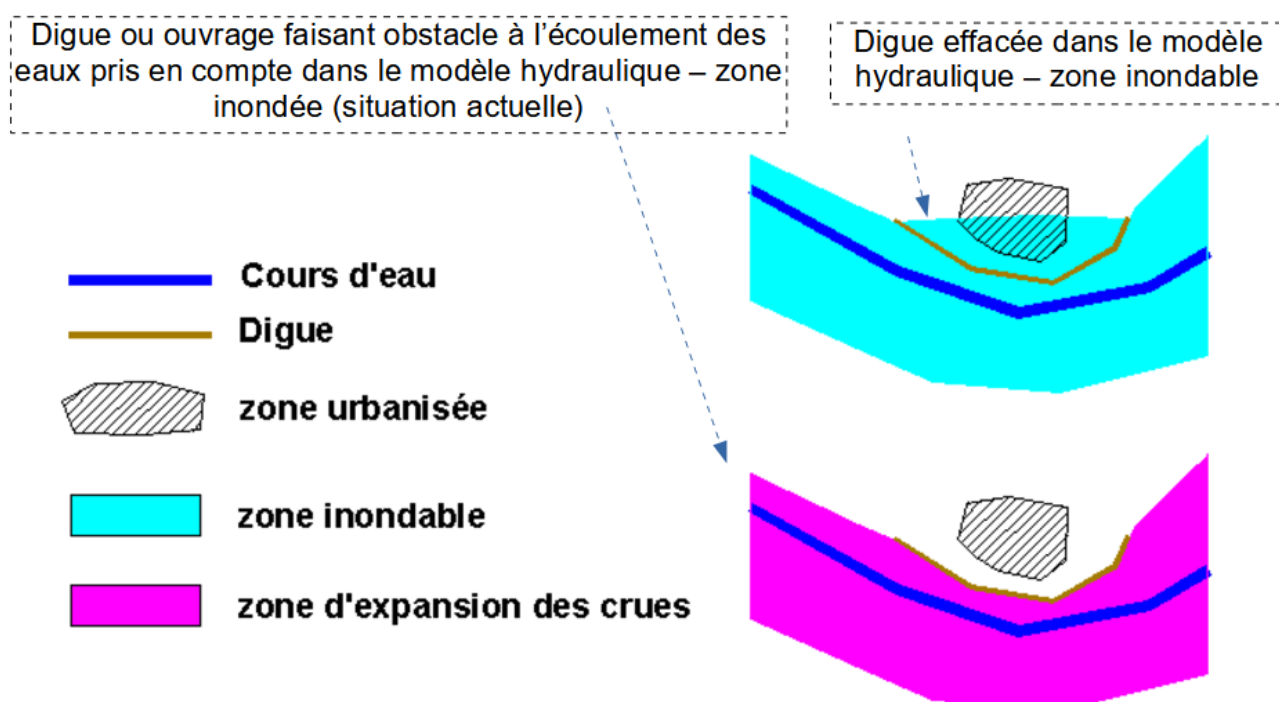


Figure 2: Définition cartographique des termes zone inondable et zone inondée

Le **sur-aléa**, au sens du présent CCTP, est l'aléa induit par l'effacement de tous les ouvrages faisant obstacles à l'écoulement au regard de l'aléa de référence.

La **crue de premier débordement** est la crue pour laquelle on observe les premiers débordements du lit mineur vers le lit majeur.

Un **tronçon homogène de digue ou d'ouvrage faisant obstacle à l'écoulement des eaux** est une portion continue de cet ouvrage qui présente un profil géométrique et géotechnique sensiblement constant, dans un contexte hydrologique et hydraulique constants.

L'**aléa** est défini comme étant l'intensité d'un phénomène de probabilité donnée. On distingue des niveaux d'aléas en fonction des intensités associées aux paramètres physiques de la crue de référence : hauteurs d'eau, vitesses d'écoulement et vitesse de montée des eaux.

2- Eléments de mission

2.1 Généralités

Les bassins versants de la Zorn et du Landgraben ont déjà fait l'objet de plusieurs études plus ou moins récentes, sans jamais étudier le bassin versant dans sa globalité. Les paragraphes suivants présentent une synthèse des données et hypothèses retenues pour chacune de ces études. Sauf mention du contraire, celles-ci seront transmises au titulaire après l'attribution du marché.

2.2 Elements topographiques

Dans le cadre du programme national LiDAR HD, l'IGN est en train de produire une cartographie 3D ((MNT, MNS, MNH...)) de l'intégralité du sol et du sursol de la France en données LIDAR avec une densité cible de 10 points par mètres carré. Cette donnée est désormais disponible sur l'ensemble du secteur d'étude.

En complément, plusieurs campagnes de levés terrestres ont été réalisés dans le cadre de différentes études. Les plus vieux levés ont été réalisés en 1996 et les plus récents en 2015, 2018 et 2022. En complément, une prestation de levés de profils en travers et ouvrages sur les secteurs du linéaire étudié dans la présente étude et qui n'ont pas encore été effectué lors des campagnes mentionnées ci-dessus va être commandées à un géomètre. La réalisation de ces levés débuteront début 2026 et pourront être fournis au titulaire d'ici l'été 2026. Au total ce sont 968 profils et 579 ouvrages qui ont été ou qui seront levés. De part leur nombre trop important, l'ensemble des ouvrages identifiés ne seront pas levés. Les petits ouvrages secondaires (buse permettant le passage agricole par exemple) ne faisant pas l'objet d'un levé devront être parcouru lors de la phase de terrain afin d'évaluer la nécessité de les intégrer dans la modélisation et le cas échéant d'estimer les dimensions (ouverture hydraulique).

2.3 Etudes réalisées ou en cours

2.3.1 Plan de Prévention des inondations de la Zorn et du Landgraben (2010)

A la suite des inondations de 1990 et 1998 et à la loi du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement, qui a créé les Plans de Prévention des Risques (PPR), une démarche de mise en place d'un Plan de Prévention inondation sur les bassins versants de la Zorn et du Landgraben a été initiée. Pour cela, les études suivantes ont été utilisées :

- **1999 : étude hydraulique commandée par le Conseil Général 67** au bureau d'étude SOGREAH dans le cadre du SAGEECE Zorn. Cette étude ne couvre pas l'ensemble du bassin versant et de ses cours d'eau. En effet, seul le drain principal de la Zorn à partir de Saverne, une partie de ses principaux affluents (Zinsel du Sud et Mossel), ainsi que le Landgraben ont été modélisés. L'hydrologie de cette étude est issue d'un modèle pluie débit et le logiciel de modelisation utilisé est CARIMA (1D casier).

- **2001-2003: Etude hydraulique complémentaire pour couvrir l'amont du bassin versant** : l'étude réalisée en 1999 ne couvre par l'amont de la Zorn et de ses affluents (Mossel et Zinsel du Sud). Ainsi, un complément a été commandé à SOGREAH, au niveau des communes de Schwerbwiller à Otterswiller pour la Mossel, de Otterswiller à Graufthal pour la Zinsel du Sud, et sur la partie alsacienne en amont de Saverne pour la Zorn.

- **2002/2003 : Cartographie des zones inondables arrière digues suite au recensement des digues**

- **2008 : plusieurs études hydrauliques complémentaires ont été réalisées** dans le but de améliorer/préciser les résultats de l'étude de 1999. Ces études comprennent une mise à jour de l'hydrologie à partir d'une étude réalisée pour le compte du Syndicat Intercommunal d'Aménagement (SIA) du bassin de la Haute-Zorn, une étude hydraulique détaillée sur la commune de Weyersheim et une analyse des discordances entre zone inondable et contour issu des archives des crues historiques. Tous ces compléments ont été réalisés par SOGREAH.

L'ensemble de ces études a finalement permis au PPRI de la Zorn et du Landgraben d'être approuvé le 26 août 2010. Les documents relatifs à celui-ci sont disponibles au lien suivant : <https://www.bas-rhin.gouv.fr/Actions-de-l-Etat/Prevention-des-risques-naturels-et-technologiques/Presentation-des-differents-risques/Risque-inondation/PPRI-approuves/PPRI-de-la-Zorn-et-du-Landgraben>

2.3.2 Etudes locales

A l'occasion d'évènements pluvieux particulièrement intenses, plusieurs communes sur les bassins versants de la Zorn et du Landgraben ont subi des inondations provoquées par des débordements de cours d'eau et/ou par des coulées d'eau boueuse. Les principaux évènements marquants sont 2008, 2010, 2012, 2016, 2018 et 2024. Ces inondations induisent des dommages au niveau des voiries et des habitations dans les zones urbanisées. Ainsi dès les premiers évènements marquantes, des études locales ont été lancées. Celles-ci sont son énumérées dans le Tableau 3.

Tableau 3: Inventaire des études locales menées sur le territoire étudié

Commune(s)	Maitrise d'ouvrage	Nom de l'étude	Date	Prestataire
Mommenheim, Krautwiller et Brumath	Communauté de communes de Brumath	Etude pour la lutte contre les inondations sur les communes de Mommenheim, Krautwiller et Brumath	2009	SOGREAH
Mommenheim	Communauté de communes de Brumath	Protection des biens et des personnes contre les phénomènes de coulées d'eau boueuse à Mommenheim	2009	Berest
Mittelschaeffolsheim	Communauté de communes de Brumath	Protection des biens et des personnes contre les phénomènes de coulées d'eau boueuse à Mittelschaeffolsheim	2009	Berest
Communauté de communes de Brumath		Mission pour modélisation du bassin versant du Vierbruckgraben dans le cadre de l'étude de coulées de boues	2009	Berest
Eckwersheim	Commune de Eckwersheim	Etude d'aménagement du bassin versant pour la lutte contre les coulées boueuses (Eckwersheim)	2010	Safege
Hohfrankenheim	Commune de Hohfrankenheim	Etude pour la lutte contre les coulées d'eau boueuses Hohfrankenheim	2011	Safege
Geudertheim	Commune de Geudertheim	Etude de lutte contre les coulées d'eau boueuses à Geudertheim	2011	Antea
Melsheim	communes de Melsheim et Scherlenheim	Etude pour la lutte contre les coulées d'eau boueuses à Melsheim	2013	Artelia
Wittersheim	Commune de Wittersheim	Etude de lutte contre les coulées d'eau boueuses	2013	Antea
Schwindratzheim	Commune de Schwindratzheim	Etude pour la lutte contre les coulées d'eaux boueuses Schwindratzheim	2013	Safege
Mittelschaeffolsheim	Commune de Mittelschaeffolsheim	Etude pour la lutte contre les inondations et coulées d'eaux boueuses	2013	Safege
Communauté de communes de Brumath		Etude de protection contre les inondations du Seltenbach	2013	Artelia
Ettendorf, Buswiller et Ringeldorf	Communes de Ettendorf, Buswiller et Ringeldorf	Etude d'aménagement de bassins versants pour lutter contre les coulées d'eau boueuse sur les communes d'Ettendorf, Buswiller et Ringeldorf	2013	Safege + Antea
SIVOM de la vallée du Rohrbach		Etude pour la lutte contre les inondations sur le bassin du Rohrbach	2015	Artelia

2.3.3 Programme d'Action de Prévention des Inondations Haute Zorn (PAPI Haute-Zorn) (2013-maintenant)

Le PAPI Haute Zorn a été labellisé le 10 juillet 2013 pour une durée de 6 ans. Un premier avenant à la convention dit simple a été signé en 2018 pour prolonger la durée du PAPI jusqu'au 31 décembre 2021. Le PAPI Haute Zorn a donné lieu ensuite à un second avenant qui cette fois a fait l'objet d'une relabellisation en raison des modifications substantielles apportées au programme initial. Ce dernier permet de prolonger une nouvelle fois la durée du PAPI, d'acter l'abandon et l'ajout de certaines actions et d'augmenter l'enveloppe financière dédiée aux études et travaux. Depuis 2016, c'est le Syndicat des Eaux et de l'Assainissement Alsace Moselle (SDEA) qui en assure la gestion. Dans le cadre de ce programme, une étude globale a été réalisée dans le but de définir un programme d'aménagement. Cette étude comprend :

- **une analyse hydrologique préalable (IRSTEA, 2014)**. Cette analyse s'attache à comparer trois méthodes de calcul de débits caractéristiques (SPEED, SHYREG et SCHADEX) afin de retenir les débits Q10, Q30, Q100 et Q1000 au droit de points stratégiques.

- **une première étude d'avant projet (AVP1-Etude Travaux de lutte contre les inondations dans le cadre du PAPI de la Haute-Zorn, 2016-2019)**, réalisée par Artelia. L'hydrologie de cette étude repose sur l'analyse hydrologique réalisée par IRTSEA. Le modèle hydraulique quant à lui est le même que celui utilisé dans le cadre du SAGEECE (CARIMA, 1d casier). Il est à noter que celui-ci a tout de même été mis à jour à la suite des différentes études.

- **une seconde étude d'avant projet (AVP2- Etude d'aménagements de lutte contre les inondations de la Zorn et de la Zinsel du Sud, 2019-2020)**, à nouveau réalisée par Artelia. Ce second AVP reprend et approfondi l'AVP réalisé en 2016. Les hypothèses hydrologiques retenues sont toujours les mêmes, cependant la modélisation hydraulique a changé. Le modèle est désormais un modèle 1d/2d construit avec le logiciel PCSWMM.

Il est à retenir pour ces études que:

- cette étude se concentre uniquement sur la partie amont de la Zorn et de ses affluents comme le montre la Figure 3. Elle ne couvre donc pas l'ensemble du réseau hydrographique des bassins versants étudiés dans le cadre de cette étude, et ne prend notamment pas en compte l'amont qui se situe en Moselle

- seules les occurrences Q10,Q30,Q100 et Q1000 ont été étudiées et modélisées.

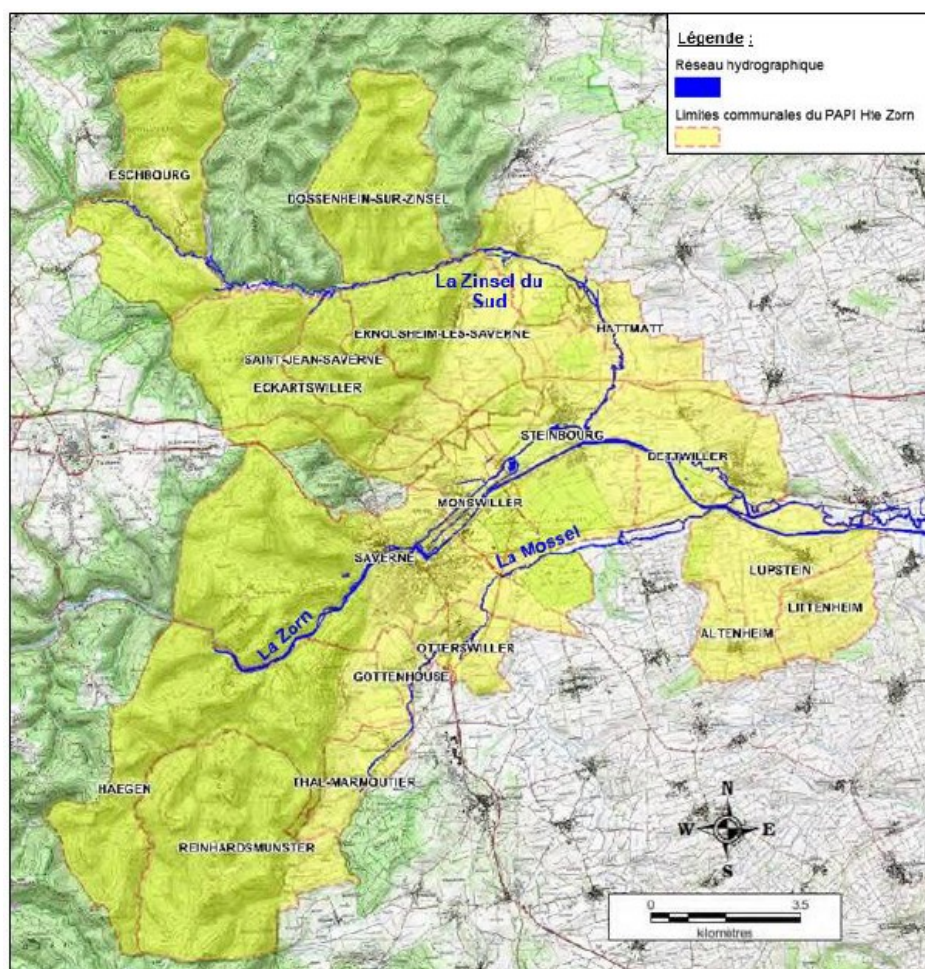


Figure 3. Périmètre du PAPI de la Haute-Zorn (Source : Rapport – Projet de travaux de lutte contre les inondations dans le cadre du PAPI Haute Zorn. Lot 1 : Aménagements de lutte contre les inondations de la Zorn et de la Zinsel du Sud)

2.3.4 Programme d'Actions de Prévention des Inondations Zorn Aval et Landgraben (PAPI Zorn Aval et Landgraben (2015-maintenant))

Comme précisé dans le paragraphe 2.3.2 de nombreuses études locales ont été menées pour dimensionner des ouvrages de protection sur la Zorn et sur ses affluents. Mais considérant la diversité des maitres d'ouvrages, des prestataires et donc des méthodologies employées, et afin de concrétiser la mise en œuvre des propositions d'aménagement également à l'aval, non couvert par le PAPI Haute Zorn, le SDEA a décidé de s'engager dans une nouvelle démarche PAPI, concentré sur l'aval du territoire cette fois-ci. Le PAPI Zorn Aval et Landgraben a donc été labelisé en 2015 et couvre le périmètre présenté en Figure 4.

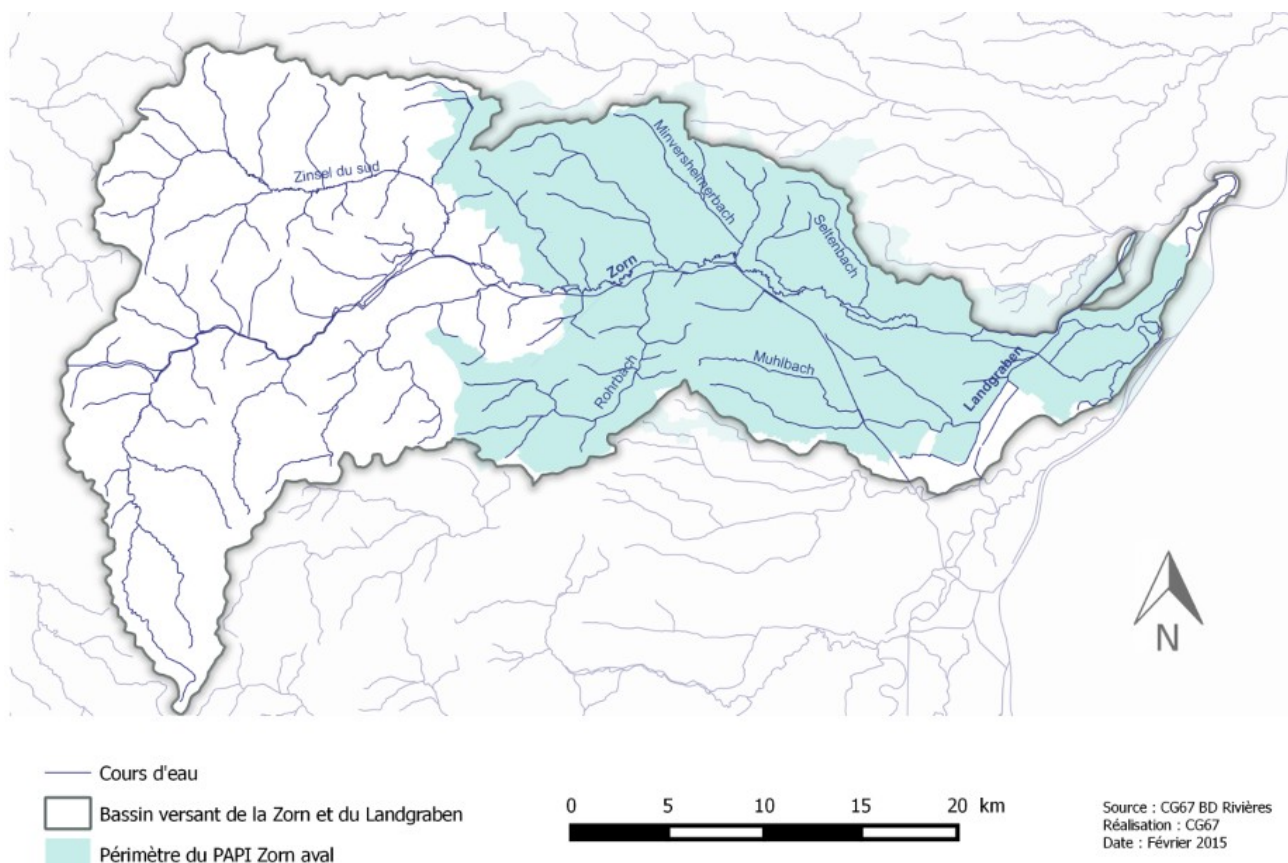


Figure 4. Périmètre du PAPI Zorn aval et Landgraben

Pour ce PAPI, deux études hydrauliques font références :

- Tout d'abord, il a été décidé de lancer une **étude de cohérence globale (2017-2020)** afin de disposer d'une connaissance homogène sur l'ensemble du périmètre du PAPI et ainsi de mieux évaluer la stratégie d'aménagement à l'échelle globale du PAPI (ce que les études locales ne permettaient pas de faire). Pour cela, Safege, prestataire pour cette étude, a mis en place une modélisation hydraulique globale 1D à casier couplé 2D (avec Mike Hydro River et Mike 21 FM). L'emprise du modèle correspond à celle du PAPI, ainsi la confluence entre le Landgraben et la Moder n'est pas incluse. Pour chacune des occurrences de crues étudiée (Q10 ,Q30,Q100 et Q1000), une pluie dite « été », courte et intense, ainsi qu'une pluie dite « hiver », longue et stratiforme ont été simulées.

- L'étude de cohérence et celles réalisées précédemment, ont permis de mettre en évidence que les échanges et recoupements des champs d'expansion des crues de la Moder, de la Zorn et du Landgraben constituent en un système hydraulique complexe, qu'il convient d'étudier plus précisément. C'est l'objectif de **l'étude du fonctionnement hydraulique de la Zorn et du Landgraben entre Geudertheim et la confluence avec la Moder (2022-en cours)**. Les occurrences Q2, Q5, Q10, Q30, Q50, Q100 et Q1000 ont été étudiées. Les débits de crues pour chacune de ces occurrences et pour chacun des cours d'eau sont issues de plusieurs méthodologies (ajustement Gumbel, débits issus des précédentes études, Gradex, SHYREG ...). Le modèle hydraulique est un modèle 2D intégral construit avec le logiciel HEC-RAS, version 6.2. Le modèle pourra être fourni au titulaire.

Il est à noter également que le sujet de la concomitance des crues de la Zorn et de la Moder a été examinée de manière approfondie dans le cadre de cette étude, aboutissant à des conclusions pertinentes.

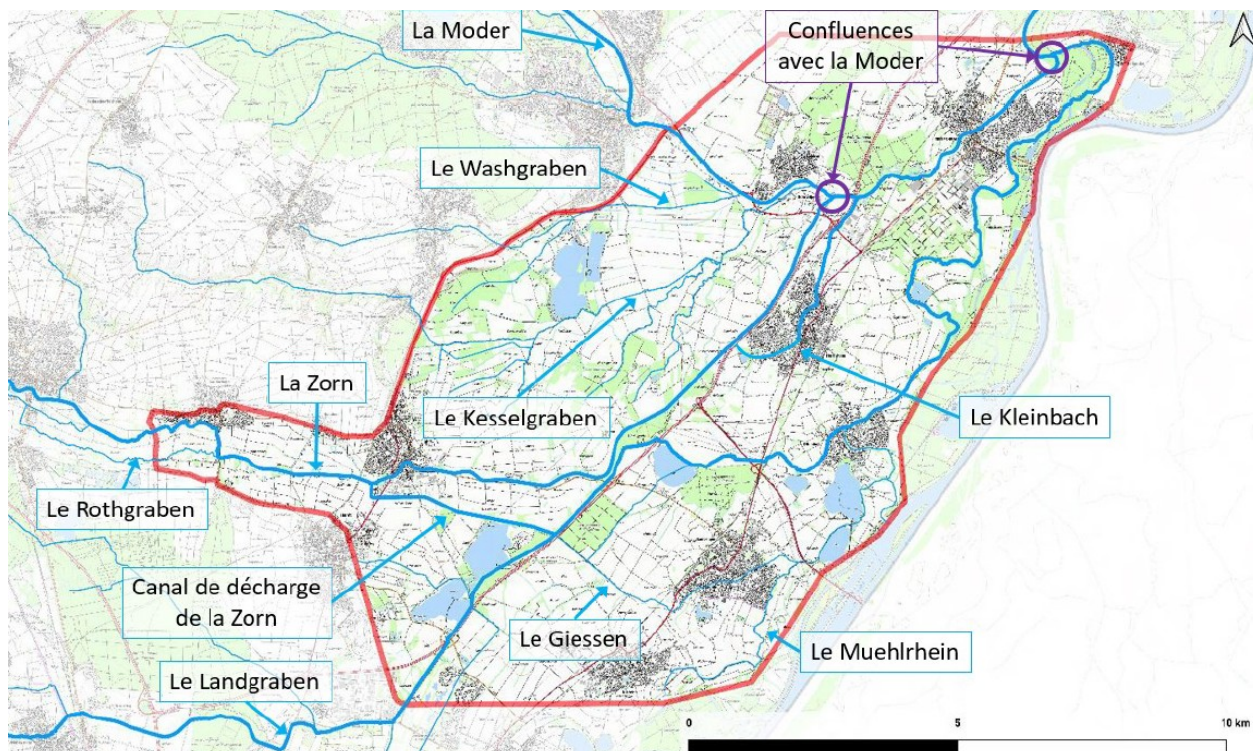


Figure 5: Réseau hydrographique de l'étude du fonctionnement hydraulique de la Zorn et du Landgraben de Geudertheim à la confluence avec la Moder

2.3.5 Plan de Prévention du Risque inondation des affluents de la Zorn (en cours d'élaboration)

Suite à l'étude de cohérence globale du PAPI Zorn Aval, il a été décidé de valoriser la connaissance acquise sur quelques affluents principaux au travers d'un PPRI. La production de l'aléa (porter à connaissance en juillet 2025) a nécessité une petite commande complémentaire pour qualifier la dynamique de crue (auprès du même bureau d'étude) et un travail cartographique interne.

<https://www.bas-rhin.gouv.fr/Actions-de-l-Etat/Prevention-des-risques-naturels-et-technologiques/Presentation-des-differents-risques/Risque-inondation/PPRI-en-cours-d-elaboration/PPRI-Affluents-de-la-Zorn>

2.3.6 Synthèse des données

Il est certain que de nombreuses études et données existent déjà sur ce territoire. Cependant ces données ne permettent pas en l'état de reconstituer un aléa complet à l'échelle global des bassins versants de la Zorn et du Landgraben. En effet, les difficultés rencontrées sont les suivantes :

- Vétusté des données : le PPRi actuel est obsolète : d'un point de vue réglementaire, celui-ci ne respecte pas les nouvelles exigences du décret du 5 juillet 2019, mais également technique, la précision des outils de modélisation et la connaissance sur le territoire ayant bien évolués depuis ;
- Spatialisation : l'amont bas-rhinois, et l'aval de la Zorn sont certes couverts par des études PAPI, mais certains affluents et sous affluents n'ont à ce jour jamais été étudiés, tout comme l'amont en Moselle ;
- Non homogénéité des hypothèses et des modèles : les études sont nombreuses mais surtout diverses. Ainsi, les hypothèses hydrologiques retenues à des périodes différentes et pour des études diverses ne sont donc pas forcément uniformes. Les logiciels de modélisation hydraulique utilisés sont également multiples ;
- Manquement de données afin de constituer un aléa conformément au décret 2019 : Tout d'abord, la vitesse de montée en lit majeur doit être déterminée. Hors aucune étude ne prend pour le moment en compte ce paramètre. De même, aucune de ces études n'a procédé à l'effacement systématique des ouvrages faisant obstacle à l'écoulement.

Il est demandé au titulaire du marché, de s'approprier l'ensemble de ces études tout en gardant un esprit critique vis à vis des résultats pouvant parfois être contradictoires. La présente étude s'attachera à produire un nouvel état de l'art hydrologique et hydraulique à l'échelle globale du bassin versant.

3- Exécution de la mission

3.1 Objectifs de la mission

L'étude consiste à approfondir la connaissance locale du phénomène naturel d'inondation et de ses différents mécanismes (mécanismes de formation, de propagation, de submersion, d'écèlement ...) au moyen d'une modélisation numérique des écoulements. L'étude porte sur l'ensemble des bassins versants de la Zorn et du Landgraben et la propagation des champs d'inondation jusqu'à la confluence avec le Rhin.

Elle devra permettre :

- de réaliser un aléa conforme au décret PPRi de 2019 afin de réaliser un Plan de Prévention du Risque Inondation (PPRi) par la suite ;
- réaliser les cartographies toutes occurrences de crues pour les déployer dans les outils de gestion de crise.

Pour cela, l'étude s'attachera également à analyser avec détail certaines crues passées et de réaliser un diagnostic permettant de comprendre de manière complète et précise le fonctionnement hydraulique des bassins versants.

Tous les résultats de l'étude seront exploités sous la forme de rapports d'étude, de cartographies et de données SIG. L'évaluation des enjeux et de leur vulnérabilité, ainsi que leur croisement avec les aléas sont exclus du présent marché.

Afin de parvenir aux objectifs, l'étude se décompose en 3 phases (tranche ferme du marché) décrites ci-après :

- Phase 1 : appropriation du territoire et des données existantes
 - Recueil et analyse approfondie des études antérieures et des données déjà disponibles sur le territoire
 - Investigations de terrain
 - Identification des événements majeurs sur le territoire
 - Traitement des données topographiques
 - Analyse de l'occupation du sol
- Phase 2 : Analyses et modélisation(s) hydrologique(s) et hydrauliques
 - Analyse hydrologique
 - Construction du modèle hydraulique
 - Calage et validation du modèle
 - Exploitation du modèle : simulation et résultats associés
 - Analyse des résultats
- Phase 3 : Définition et cartographie de l'aléa inondation
 - Identification et prise en compte des obstacles à l'écoulement
 - Cartographie finale
 - Détermination de l'aléa PPRI
 - Vidéos montrant la propagation des écoulements au cours de la crue

Le marché fait également l'objet d'une tranche optionnelle.

3.2 Phase 1 : appropriation du territoire et des données existantes

3.2.1 Recueil et analyse approfondie des études antérieures et des données déjà disponibles sur le territoire

La phase de recueil des données devra permettre de réunir de façon exhaustive toutes les informations existantes concernant le phénomène d'inondation dans le périmètre de

l'étude, en incluant les événements exceptionnels connus avec leurs conséquences. Les études citées dans le paragraphe 2.3 seront mises à disposition du titulaire. D'autres éléments peuvent être obtenus par le biais de différentes structures comme la DREAL (service prévision des crues), le BRGM, l'Agence de l'Eau Rhin Meuse, la Chambre d'Agriculture, les communes, les structures compétentes en matière de GEMAPI, les gestionnaires d'infrastructures, la presse, les bureaux d'étude etc ...

La consultation de ces organismes sera réalisée par le titulaire du marché, après validation par le maître d'ouvrage de la liste des organismes à consulter.

Il est principalement attendu de la part du titulaire de lister de façon synthétique toutes données qu'il juge pertinentes et qui seront utilisées dans la suite de l'étude. Les données à par exemple prendre en compte sont les données documentaires comme les coupures de presse, les arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle mais également les données hydrologiques comme les données pluviométriques et hydrométriques.

L'offre du titulaire devra mentionner les données que celui-ci prévoit de récolter et d'examiner.

Les bases de données suivantes devront être consultées :

- la base de données historiques des inondations (BDHI) : <http://bdhi.fr/appli/web/welcome;>
- la plateforme nationale collaborative des sites et repères de crues : <https://www.reperesdecruces.developpement-durable.gouv.fr/>
- la base de données participative sur les inondations historiques en Alsace et dans le fossé Rhénan de l'Observatoire Régional des Risques d'Inondation : <http://orrion.fr/>.seront également consultées.

Il est à noter que le titulaire prendra à sa charge les frais de mise à disposition des éventuelles données payantes. Celles-ci seront listées dans l'offre du titulaire.

Le rapport demandé à l'issue de la phase 1 doit synthétiser toutes les études et données recueillies et doit faire apparaître l'analyse précise et critique menée quant à leur pertinence et leur futur utilité dans ladite étude. Le pouvoir adjudicateur attire l'attention du titulaire sur le volume de travail important alloué à cette phase. En effet, celui-ci doit être en adéquation avec la diversité de connaissances établies sur le territoire durant les vingt dernières années.

Lors de cette phase, il est demandé au titulaire de partager régulièrement ses premiers constats et aspirations pour la suite de l'étude avec le pouvoir adjudicateur. Si des difficultés sont dès lors identifiées, le titulaire le signalera au pouvoir adjudicateur.

3.2.2 Investigations de terrain

Le prestataire devra effectuer des investigations de terrain afin de s'approprier le site d'étude, de définir des éventuels besoins complémentaires en topographie et de rencontrer les élus et les riverains pour mieux appréhender les problématiques locales. Plus précisément, le prestataire devra mener une reconnaissance de terrain **détaillée** au droit des secteurs ciblés comme problématiques qui permettra de :

- Analyser l'occupation des sols du bassin versant et des sous bassins versants, et appréhender la nature et gestion des sols ;
- Identifier les obstacles aux cheminements d'eau (chemin en remblai ou infrastructures) ainsi que les contraintes hydrauliques (ouvrages avec capacité hydraulique insuffisantes) ;
- Analyser les écoulements dans les zones urbaines ;

L'identification des secteurs s'appuiera sur :

- Les études déjà réalisées sur le territoire ;
- Des questionnaires auprès des communes ;
- Des entretiens avec les acteurs locaux (gémapiens, communes si le questionnaire fait ressortir des points/informations/problématiques importants ...) ;
- L'exploitation d'autres sources de données telles que des brochures de journaux, photos, emprises de zones inondables, repères de crue, secteurs problématiques, témoignages ;

Le bassin versant de la Zorn étant un bassin versant jaugé, et afin d'évaluer la qualité des données recueillies, le titulaire réalisera, en présence d'un représentant de la DREAL Grand Est, des visites de reconnaissance de toutes les stations limnimétriques sélectionnées. Le titulaire observera et analysera pour chacune d'elles :

- l'état du lit ;
- la végétation ;
- la présence d'obstacles à l'écoulement au droit de la station et à proximité ;
- la présence d'ouvrage aval ou amont influençant le niveau d'eau à la station ;
- la possibilité de débordement étendu ou de contournement de la station en cas de crue (si besoin recueil de témoignages locaux) ;
- la stabilité apparente du lit et de la position du zéro de l'échelle ;
- le matériel de mesure et sa fiabilité ;
- la nature des données disponibles (hauteurs ou débits) ;
- la durée d'observation ;
- la fréquence des pannes ou mises hors services ;

- évolution de l'ensemble des caractéristiques précédentes depuis la création de la station, afin d'évaluer l'évolution dans le temps de la fiabilité des mesures.

Ces visites de terrain permettront d'appréhender l'environnement spécifique à chaque station et les problèmes relatifs aux mesures de niveaux en crue et à la transformation des hauteurs d'eau en débits.

Le prestataire devra présenter dans son mémoire technique, la méthodologie qu'il mettra en oeuvre pour procéder à l'investigation de terrain la plus efficace et complète. Il justifiera notamment dans son offre le nombre de journées de terrain, qu'il envisage pour faire l'état des lieux du bassin à modéliser et pour les rencontres. Les différentes interventions seront organisées en association avec le pouvoir adjudicateur qui pourra y participer.

L'ensemble des informations et de la documentation recueillies seront fournis au maître d'ouvrage sous la forme d'un rapport complet, auquel seront joints les comptes rendus des entretiens menés et des visites de terrain. Pour synthétiser les informations, ces comptes rendus pourront être accompagnés d'une annexe cartographique pouvant comprendre la localisation des zones vulnérables, une représentation des axes d'écoulement préférentiels, des ouvrages contraignant l'écoulement, etc ... Des photos localisées permettant d'illustrer les propos devront également être jointes. Une fiche par station sera également jointe au rapport et permettra de faire la synthèse des données recueillies pour chaque station.

3.2.3 Identification des événements majeurs sur le territoire

À l'aide de ces investigations de terrain, ainsi que du recueil des études antérieures et des données déjà disponibles sur le territoire, le titulaire devra identifier les principaux événements marquants sur le territoire étudié. À ce stade de l'étude, il est surtout demandé au titulaire de synthétiser les données disponibles pour chacun de ces événements (conclusions générales sur la partie du bassin versant touchée, quelles ont été les conséquences, est-ce que la crue est bien documentée, quels sont les éléments qui pourront être utiles par la suite, etc...). L'objectif est surtout d'avoir une première analyse qualitative des crues qui pourra être utilisées lors de la phase 2 de l'étude.

Le rapport final devra faire état de ce travail et des réflexions menées.

3.2.4 Traitement des données topographiques

Comme indiqué dans le paragraphe 2.2 la majeure partie du réseau à modéliser et des ouvrages est (ou sera) couvert par divers relevés topographiques. Néanmoins, le titulaire doit prévoir un temps pour le traitement de ces données ainsi que pour la reconnaissance terrain des ouvrages qui n'auront pas été levés mais qu'il juge pertinents. À la suite de cette phase, une analyse critique des données disponibles sera réalisée ainsi qu'une

analyse des données manquantes mais importantes ou des données à mettre à jour pour la bonne réalisation de l'étude globale. Une nouvelle proposition de linéaire à modéliser pourra également être proposée. Le prestataire pourra ainsi demander un éventuel complément (ouvrage en lit majeur, portion du réseau qui mérite une densité plus importante de levés, etc.) si cela s'avère nécessaire. Tout complément demandé devra être discuté et justifié auprès du pouvoir adjudicateur afin d'évaluer la pertinence du besoin. Dans le cas où des investigations topographiques complémentaires seront nécessaires, elles seront lancées en parallèle des autres missions du prestataire, aucune suspension de délai n'est à prévoir.

3.2.5 Analyse de l'occupation du sol

Afin de compléter sa compréhension du territoire, le prestataire réalisera une analyse de l'occupation du sol du bassin versant et des sous-bassins versants en tenant compte du contexte agronomique et de l'environnement.

A l'issue de la phase 1, sont attendus :

- Au format pdf un rapport synthétisant :
 - Le descriptif, l'analyse et la façon dont seront utilisées l'ensemble des données et études antérieures
 - L'inventaire des ouvrages à manoeuvrer ou pouvant jouer un rôle sur la gestion des inondations
 - Toutes autres données pertinentes ayant été recueillies
 - Les conclusions des investigations et enquêtes de terrain
 - La description et les conséquences des événements majeurs ayant impactés le bassin versant
 - Le diagnostic agronomique et d'occupation du sol, ainsi que les cartographies associées
 - Le cas échéant, une nouvelle proposition du linéaire à modéliser au regard des investigations terrain et notamment des enjeux identifiés
 - Les comptes-rendus des visites de terrain et des rencontres (et les cartographies/photos) pourront être mises en annexe du rapport.
- Au format SIG : toutes données recueillies ou produites (éléments cartographiques des rencontres terrains, ouvrages hydrauliques à lever, données quant à l'occupation du sol, etc...). La symbologie associée à chaque donnée devra être adaptée pour faciliter la compréhension des données.

3.3 Phase 2 : Analyses et modélisations hydrologiques et hydrauliques

3.3.1 Analyse hydrologique

L'étude hydrologique doit permettre de définir la typologie des crues, les débits caractéristiques et les hydrogrammes de crues de la Zorn et du Landgraben, et de ses principaux affluents, ces éléments étant nécessaires à la mise en oeuvre du modèle hydraulique.

L'objectif de l'étude hydrologique est de déterminer par la méthode ou les méthodes qui lui semble le(s) plus appropriée(s), les débits caractéristiques et les hydrogrammes des crues afin d'étudier la crue de calage du modèle hydraulique, la crue de validation du modèle hydraulique et les crues de période de retour 2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 200, 500 et 1000 ans, ainsi que de la crue de référence. Chaque crue de projet devra être étudiée dans une configuration dite « été » (évènement intense et court) et dans une configuration dite « hiver » (évènement long et stratiforme).

Pour cela, et suite au recueil des données et aux sorties terrain, le prestataire doit réaliser une étude hydrologique des bassins versants étudiés dans leurs globalités. Il s'agit de caractériser en particulier par bassin :

- La morphologie : réseau hydrographique principal et secondaire, sous-bassins versants associés, pentes moyennes des versants et cours d'eau;
- La géologie, la pédologie et l'occupation des sols;
- Le régime pluvial ; une analyse de la pluviométrie est à faire, par sous-bassin versant le cas échéant, pour prendre en compte la variété altimétrique (existence d'un fort gradient pluviométrique entre les sommets vosgiens et la plaine alluviale) ;
- L'hydrologie générale : estimation des débits caractéristiques de crue aux principales stations hydrométriques le cas échéant, formes des hydrogrammes de crues et volumes associés, débits de base, durée des crues, influence pluvio-nivale, analyse des affluents même ceux qui ne seront pas modélisés...

Si cela ne l'a pas encore été fait lors de la première phase, le titulaire dressera l'inventaire des caractéristiques principales des stations de mesures météorologiques et hydrométriques (types de mesure, mode de transmission, période de fonctionnement, gestionnaire, finalité, existence de courbe de tarage et analyse critique (fiabilité) de leur stabilité ou de leur dérive, influence, module...).

Une fois toutes ces informations recueillies, une analyse des données complémentaires à celles déjà menées en phase 1 doit être effectuée :

- identification des informations quantitatives disponibles sur les crues pour chacune de ces stations;
- analyse des caractéristiques et spécificités de ces crues (nature, intensité, durée, fréquence, volume, débits de pointe).

Cette deuxième analyse doit aboutir à la sélection des crues à utiliser pour le calage du modèle et l'analyse détaillée de leur déroulement.

Les débits et hydrogrammes à injecter dans le modèle hydraulique devront être représentatifs de chacun des typologies d'évènements météorologiques étudiés : pluies stratiformes (« hiver ») et pluies convectives (« été »).

Pour ce faire, le titulaire proposera dans son au pouvoir adjudicateur les méthodes qu'il jugera les plus adaptées : analyse statistique, analogie avec des données issues de bassins similaires, modélisation pluie-débit... Les analyses statistiques devront être consolidées par une étude des phénomènes météorologiques (quantifiés) et des phénomènes de concomitance de crues entre sous-bassins versants.

L'analyse hydrologique s'attachera à déterminer les débits et hydrogrammes caractéristiques au niveau des stations de mesure et des points de confluence et de diffuence des principaux affluents des cours d'eau compris dans le périmètre d'étude, de manière à faire ressortir les contributions respectives des sous-bassins. La manière dont les hydrogrammes et débits varient (ou pas) au fil du linéaire du cours d'eau sera précisée. Ce travail s'appuiera sur les observations des stations hydrométriques (limniométrie, débitmétrie) des bassins étudiés (et/ou limitrophes) et sur les études existantes.

Le titulaire déterminera durant cette phase les conditions de concomitance avec la Moder, ainsi que la condition aval sur le Rhin. Pour rappel, les occurrences de crue 2, 5, 10, 20, 20, 30, 50, 100, 200, 500 et 1000 ans et la crue de référence doivent être étudiées (hiver + été). Pour la crue de référence du PPRi, les hypothèses de concomitance et les conditions aval pourront alors être adaptées pour prendre en compte une approche plus maximisante et sécuritaire (conformément aux textes réglementaires) que les autres simulations. Le choix de ces conditions reposera sur l'étude des évènements passés mais pourra également faire l'objet d'une étude de sensibilité lors de la phase de modélisation hydraulique.

Le choix de la crue de référence et de ses débits caractéristiques résultera d'une comparaison entre les crues historiques et la crue théorique de période de retour 100 ans. Ce choix sera opéré en accord avec le pouvoir adjudicateur et le cas échéant avec les membres du comité de cette étude.

L'ensemble de la démarche devra intégrer une réflexion sur la prise en compte du changement climatique, notamment au regard des consignes ministérielles en cours et à venir.

Dans son offre, le prestataire explicitera l'ensemble de la méthodologie envisagée. A noter que si des données doivent être achetées, le prestataire devra prévoir l'acquisition de celles-ci à ses frais.

L'étude hydrologique fera l'objet d'un rapport à part soumis à validation du pouvoir adjudicateur. Le rapport devra faire état de toutes les réflexions menées, et conclusions obtenues (méthodologie retenue, paramètres calculés, hydrogrammes ...). Il devra entre

autres détailler les données hydrologiques propres aux bassins versants étudiés tels que les caractéristiques des crues de calage et de validation et des crues de projet. Il devra expliciter le fonctionnement hydrologique des bassins versants : mécanisme de fonctionnement des crues (transformations pluie/débit, apports des bassins amont, apport des bassins intermédiaires, temps de concentration...), la propagation vers l'aval (temps de transfert, concomitance, déphasage des pointes de crue avec les affluents, importance ou non de l'écêtement, laminage dans les champs d'expansion de crue...).

Seront transmises avec le rapport toutes couches SIG utilisées et produites (localisation des stations limnitiques, météorologiques, découpage des sous-bassin versant, données de calage etc ...)

3.3.2 Construction du modèle hydraulique

L'objectif de la modélisation hydraulique est de :

- Préciser et quantifier l'aléa inondation ;
- Représenter les écoulements de la Zorn, du Landgraben et de leurs affluents au plus juste, ainsi que la propagation des crues dans le lit de la Moder jusqu'à la confluence avec le Rhin ;
- Définir les zones à enjeux vulnérables au risque d'inondation en distinguant les enjeux soumis aux crues hivernales et/ou aux crues éclair ;
- Cibler les obstacles aux écoulements et les secteurs propices à l'expansion des crues ;
- Définir les débits maximum admissibles à l'état actuel dans les zones à enjeux ;

Ainsi, le périmètre à modéliser comprend l'ensemble des cours d'eau du bassin versant de la Zorn et du Landgraben comme représenté sur la Figure 6. **L'ensemble des données graphiques sera obligatoirement rattaché au canevas géodésique Lambert 93-EPSG 2154.**

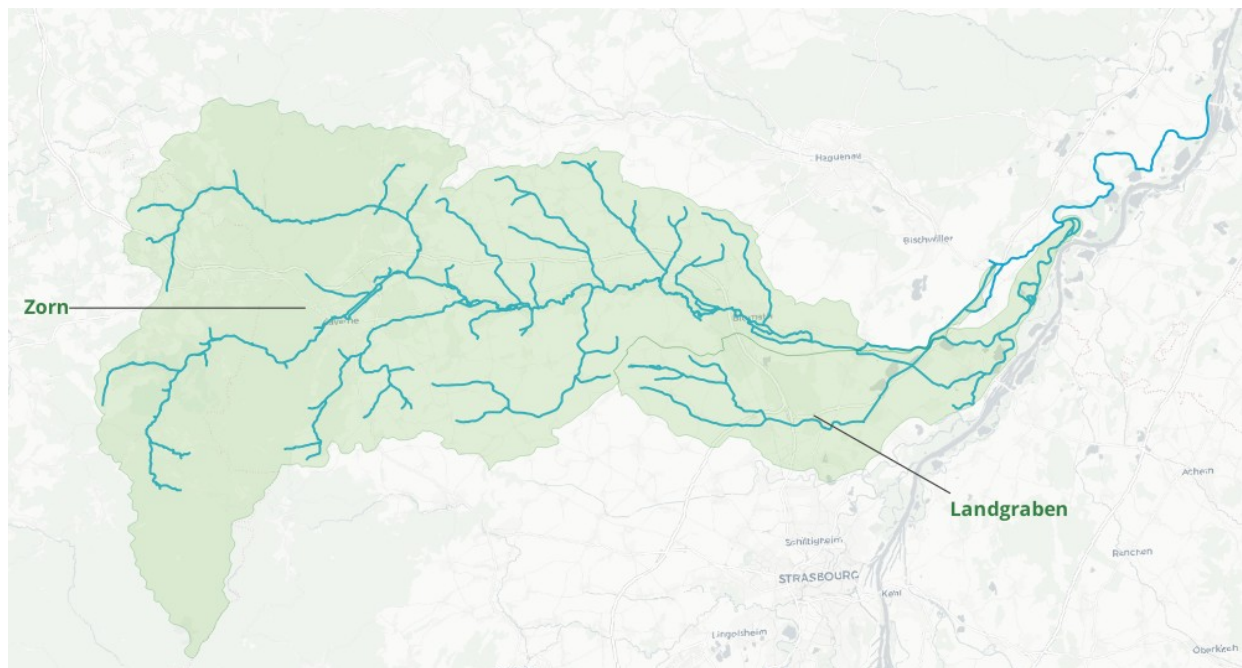


Figure 6: Linéaire minimal à modéliser

La Figure 7 doit permettre au titulaire de se faire une première idée de l'étendue des champs d'expansion des crues de la Zorn et de la Moder à l'aval du modèle dans la plaine d'Alsace.

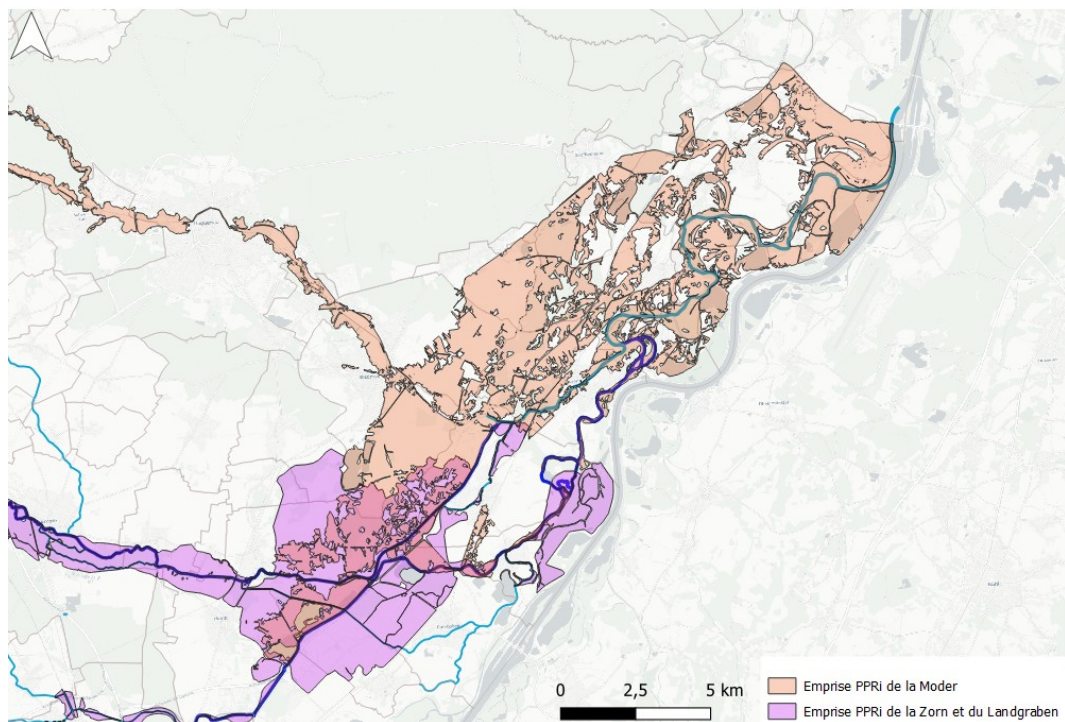


Figure 7: Emprise minimale du modèle attendue pour l'aval

Le Tableau 4 indique à titre indicatif le linéaire à modéliser (valeur approximative et non figée).

Tableau 4: Ensemble minimal des cours d'eau à modéliser et leur longueur

Nom	Longueur (km)	Nom	Longueur (km)
Dorfgraben	1,7	Ruisseau le Muhlbach	11,7
Ruisseau le Minversheimerbach	12,3	Ruisseau le Rissbach	7,8
Ruisseau le Gebolsheimerbach	4	Stutzbach	0,1
Neubaechel	4,1	Ruisseau de Melsheim	3,1
Ruisseau du Forellenbaechel	3,3	Ruisseau le Bachgraben	11
Ruisseau du Meisental	0,2	Ruisseau de la Fontaine Melanie	1,2
Ruisseau de Ernolsheim-les-Saverne	0,6	Ungerbruchgraben	1,8
Ruisseau le Michelbach	4,5	Lohbach	0,3
Ruisseau le Kohbach	7,4	Ruisseau le Schwarzgraben	3,4
Ruisseau de Dabo	3,7	Ruisseau le Langgraben	2,9
Ruisseau le Gutlentbaechel	5,3	Zornhof Derivation	3,7
Ruisseau le Dorfgraben	2,4	Ruisseau de Heyerst	0,4
Ruisseau le Schweingraben	2,2	Ruisseau de Bilwisheim	3,4
Zorn	90,4	Ruisseau le Schalckbaechel	5,3
Ruisseau le Giessen	5,5	Wooggraben	4,3
Ruisseau le Sonderbach	1,4	Zinsel du Sud	31
Ruisseau le Rohrbach	18	Ruisseau Winkelbach	1,3
Ruisseau le Duerrbachgraben	1,6	Dachsgraben	0,7
Muhlbaechel	2,6	Ruisseau le Lienbach	10,6
Ruisseau d'Arzviller	3,9	Kleinbach	4,4
Ruisseau le Rehbach	1,6	Ruisseau le Straenggraben	2,9
Ruisseau le Baerenbach	0,4	Kleinmuehle	1,6
Canal de Derivation de la Zorn	3,8	Ruisseau de Metting	3,6
Kuhbach	3,9	Ruisseau le Muhlgraben	3,7
Ruisseau du Fischbach	0,9	Ruisseau le Muhlrhein	9,1
Bruchgraben	6,4	Ruisseau le Weinerbaechel	1
Ruisseau le Griesbaechel	2,9	Ruisseau le Horattgraben	2,5
Ruisseau du Waldbach	0,6	Ruisseau Schlohengraben	2,2
Ruisseau le Rottgraben	4,8	Ruisseau le Gingsheimerbaechel	2,8

Ruisseau le Saltenbach	9,9	Ruisseau le Baechel	2,1
Ruisseau du Hesselgraben	1,1	Ruisseau le Littenheim	1,7
Mossel	23,1	Ruisseau le Liesgraben	1,2
Moder	27	Landgraben	32,8
TOTAL 440 km			

Les affluents ainsi que la condition aval qui ne font pas l'objet d'une modélisation spécifique, seront modélisés à minima depuis leur confluence jusqu'à la limite en zone inondable, comme le montre la Figure 8.

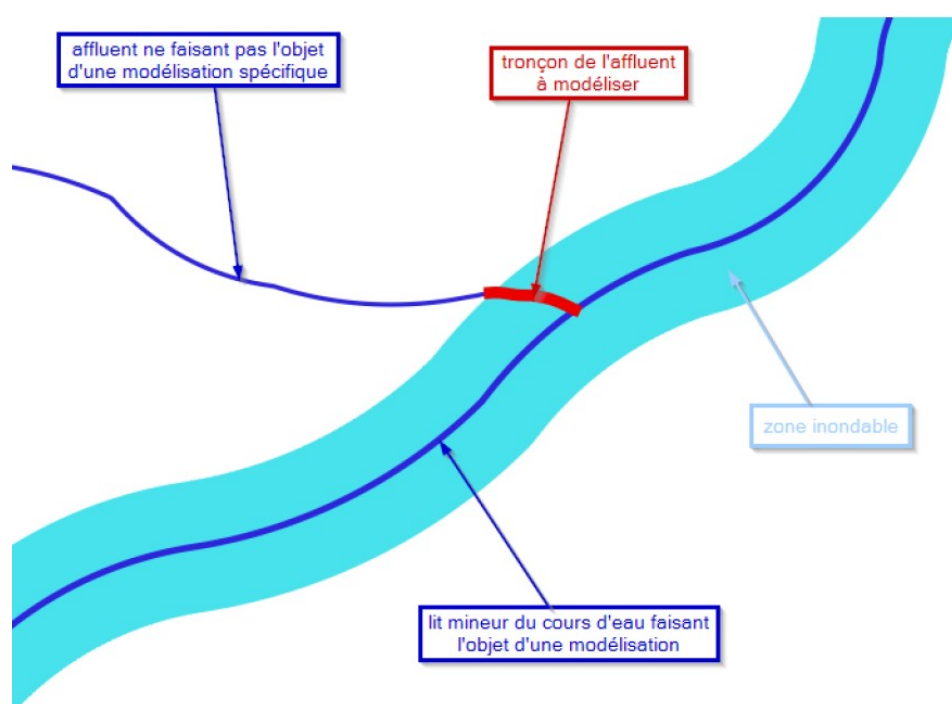


Figure 8: Tronçon à modéliser pour les affluents ne faisant pas l'objet d'une modélisation spécifique

À la suite des investigations de terrain et en amont de la construction du modèle, le prestataire devra indiquer précisément l'emprise du modèle hydraulique et les zones qu'il envisage de modéliser en 1 D et/ou en 2D au maître d'ouvrage pour validation. Il sera demandé en amont du calage du modèle de procéder à la simulation des crues d'occurrence 100 ans et 1000 ans afin de :

- Déterminer les premiers tronçons homogènes à effacer et adapter ainsi le maillage en conséquence pour couvrir également l'ensemble de la zone protégée par l'ouvrage
- S'assurer que l'architecture du modèle permette de bien représenter la zone inondable dans son ensemble même pour la crue la plus importante simulée

- Localiser les singularités topographiques tels que des fossés, des chenaux d'écoulement, des chemins surélevés ou d'autres infrastructures en remblai faisant obstacle à l'écoulement des eaux.

Si en cours d'étude, il apparaît que le modèle ne couvre pas l'ensemble des zones inondées issues des diverses occurrences ou s'il apparaît que des infrastructures font obstacle à l'écoulement des eaux alors que les résultats de simulation montrent sa submersion ou tout autre incohérence, le pouvoir adjudicateur pourra demander au titulaire de procéder à l'extension du modèle ou à son adaptation en intégrant les singularités topographiques, et de reprendre les simulations jusqu'à validation du pouvoir adjudicateur. Ces prestations supplémentaires seront réalisées aux frais du titulaire. Le titulaire justifiera, dans son offre, la méthodologie retenue pour atteindre un maillage représentant au mieux la réalité et les écoulements dans le bassin versant.

Le titulaire pourra utiliser le logiciel de modélisation hydraulique et le type de modèle hydraulique de son choix s'il satisfait aux prescriptions suivantes :

- Le modèle devra représenter au mieux la réalité physique des écoulements entre le lit mineur et le lit majeur. S'il ne satisfait pas suffisamment cette condition, le titulaire devra modifier la cartographie finale sur cette zone, en accord avec le pouvoir adjudicateur, de sorte à y obtenir une représentation réaliste de l'aléa
- Toutes les zones à enjeux (zones urbanisées) au minima devront obligatoirement disposer d'un maillage en 2D;
- Si elle est mise en place par le titulaire, les résultats des calculs numériques de la partie 1D du modèle (lit mineur, voire certains secteurs du lit majeur le cas échéant) seront interpolés linéairement de manière à respecter les distances maximales suivantes entre profils : 50m en zone urbanisée, 200m en zone non urbanisée ;
- La taille des mailles devra être adaptée à la topologie du terrain ainsi qu'à la présence d'enjeux. Plus la pente et la configuration du terrain naturel ou plus le nombre d'enjeux le nécessite, plus les mailles devront être petites ;
- Tout ouvrage faisant obstacle à l'écoulement, que ce soit une digue, un remblai, un merlon, ou un ouvrage d'infrastructure fera l'objet d'une attention particulière afin d'être représenté avec assez de précision dans le modèle. Il faudra vérifier si ces obstacles sont finalement transparents (contournement, surverse, ouvrages laissant passer l'eau...) et le cas échéant adapter leur représentation dans le modèle.
- Une vigilance particulière est demandée pour prendre en compte les différents ouvrages hydrauliques que ce soit en lit mineur mais également en lit majeur tels que les buses, ponts, seuils, vannes et clapets mobiles.... qui peuvent modifier l'écoulement des eaux ou rendre transparent les ouvrages qu'ils traversent de manière permanente ou temporaire. Ces ouvrages et leur règle de manœuvre s'ils en font l'objet seront pris en compte dans la modélisation.
- Dans le cas où le cours d'eau est busé en zone urbaine, la section busée devra être clairement représentée dans le modèle hydraulique et le prestataire devra

mettre en oeuvre les moyens nécessaires pour représenter les débordements en surface si besoin ;

- Si cela est nécessaire (vérification de la topographie, doute sur un ouvrage, recensement manquant d'ouvrages en lit majeur ...), le titulaire se déplacera sur place pour faire l'état des lieux du bassin à modéliser sans coût supplémentaire. Le pouvoir adjudicateur sera informé des dates de ces visites, auxquelles il pourra participer.
- Le modèle hydraulique construit devra présenter des temps de calculs raisonnables.

Le pouvoir adjudicateur souhaite travailler en interaction régulière avec le prestataire et être associé à l'ensemble des étapes de construction du modèle.

La pertinence des choix retenus quand à la nature du modèle sera justifiée dans l'offre du titulaire.

Les éléments relatifs à la construction du modèle hydraulique seront explicités dans le rapport hydraulique. Le prestataire réalisera un schéma topologique du modèle hydraulique, qui sera réalisé sous format SIG et sous forme de schéma dans le rapport relatif à la modélisation hydraulique. Celui-ci devra représenter et différencier, a minima :

- les tronçons hydrauliques modélisés en 1D en y distinguant les tronçons busés, ainsi que les différents points de calcul s'y référant, en rappelant le nom du cours d'eau, le cas échéant ;
- les ouvrages hydrauliques en lit mineur et en lit majeur. Les buses, les ponts et les seuils seront représentés par des symboles différents ;
- les confluences et les diffluences par un symbole ponctuel ;
- les secteurs 2D ou les casiers par un symbole polygonal ;
- les lois décrivant les interactions entre les différents typologies du modèle (1D/2D/casiers)
- les conditions aux limites amont : les points d'injection diffus et ponctuels, relatifs à l'hydrologie, en les distinguant et en les qualifiant (mettre l'hydrogramme d'entrée sur la carte et dans la table attributaire sous SIG) ;
- les conditions aux limites aval, en les qualifiant (sur la carte et dans une table attributaire sous SIG) ;
- les ouvrages faisant obstacle à l'écoulement des eaux pris en compte dans la modélisation.

3.3.3 Calage et validation du modèle

Le calage du modèle se fera sur la base d'un événement significatif, réellement observé et suffisamment documenté, à déterminer sur la base d'une proposition du titulaire, en accord avec le pouvoir adjudicateur et le SPC. Pour réaliser le calage, le titulaire s'appuiera sur les éléments déjà déterminés lors de la phase 1 et lors de l'hydrologie. Le modèle devra, si possible être validé avec une crue significative d'une autre occurrence, si cette dernière est suffisamment décrite (repères de crue, débits aux stations hydrométriques, enveloppe de la zone inondable, photos....), en accord avec le pouvoir adjudicateur. Le titulaire s'assurera des conditions aux limites aval du modèle à construire pour ces événements. Lorsque cela sera nécessaire, et en accord avec le pouvoir adjudicateur, le titulaire devra adapter le modèle pour prendre en compte l'état historique de la topographie (remblais, merlons, digues...), de l'urbanisation et de l'occupation des sols du bassin versant au moment où s'est déroulé les crues servant au calage du modèle. Une fois le calage validé, le modèle sera alors adapté pour modéliser les crues des diverses occurrences prévues, dans la configuration actuelle d'occupation du sol et de présence d'ouvrages. Il est a priori attendu des écarts inférieurs à 20 cm. Si ce n'est pas le cas, ces écarts devront être dûment justifiés.

Le titulaire proposera, en les justifiant, dans son offre, différents tests de sensibilité pour démontrer la robustesse de son modèle. A titre d'exemple, ces tests de sensibilité pourront porter sur la variation du coefficient de rugosité, sur la variation de la cote retenue comme condition aval, la manoeuvre de tel ou tel ouvrage mobile, de l'embâclement de tel ou tel pont, la variation des débits, etc ... L'ensemble de ces éléments devra être suffisamment détaillé et clair afin de permettre une évaluation de la fiabilité de l'outil de calcul développé.

Sans préjudice de modification ultérieure du modèle, le pouvoir adjudicateur devra impérativement approuver le calage avant toute poursuite des prestations. Il pourra demander au titulaire de reprendre le calage du modèle jusqu'à obtenir des résultats satisfaisants et sans que le titulaire puisse demander de rémunération complémentaire.

Le processus de calage du modèle et les résultats du calage seront détaillés dans le rapport hydraulique qui mettra en évidence de façon exhaustive :

- les modalités du calage et les hypothèses retenues ;
- les adaptations du modèle pour tenir compte de l'état historique de la topographie (remblais, merlons, digues...), de l'urbanisation et de l'occupation des sols du bassin versant au moment où s'est déroulée la crue servant au calage du modèle ;
- les conditions aux limites amont et aval ;
- les coefficients de rugosité retenus en lit mineur et en lit majeur ;
- les coefficients de pertes de charge au droit des ouvrages en lit mineur ;
- un recensement de toutes les données utilisées pour le calage (repères de crues, laisses de crues, photos, cartographie des zones inondées, témoignages...) avec

une analyse critique de leur fiabilité si cela n'a pas déjà été fait dans les rapports précédents ;

- une comparaison critique entre les données de calage et le résultat du calage, ainsi qu'entre les données de validation et les résultats de validation (hydrogrammes, débits, cotes des plus hautes eaux, surface inondées...). Les écarts importants constatés entre les résultats du modèle et les données de calage seront justifiés ;
- l'analyse critique et une estimation des incertitudes des résultats associés à son modèle

Les résultats de la crue de calage et de validation bruts seront également fournis au format SIG (cote maximale, la hauteur d'eau maximale, la vitesse maximale d'écoulement). Si des précisions quant aux résultats doivent être apportées en complément des résultats bruts, elles seront également consignées dans une couche SIG .

3.3.4 Exploitation du modèle : simulation et résultats associés

Les crues de période de retour 2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 200, 500 et 1000 ans et la crue de référence devront être modélisées dans une configuration dite « été » et dans une configuration dite « hiver » Elles seront modélisées en situation actuelle, c'est à dire avec digues et ouvrages en place.

Toutes les modélisations devront être réalisées en régime transitoire.

A l'issue de la modélisation, il est demandé au titulaire de faire preuve de recul et de porter un regard critique sur les résultats issus de la modélisation. Ceux-ci doivent être vérifiés et cohérents (cohérence entre les données issues du 1d et du 2d si modèle 1d/2d, identification et correction des instabilités, croissance des résultats avec les occurrences de crue ...). Tant que des incohérences persistent, les résultats ne seront pas validés et le pouvoir adjudicateur se réserve le droit de demander la re-simulation des crues qui le nécessite jusqu'à leur validation.

Les résultats bruts de simulation pour chaque scénario modélisé seront livrés au format SIG avec les données suivantes :

- pour chaque maille du lit majeur : un identifiant unique associé à chaque maille (il ne doit pas varier entre deux simulations), la cote maximale, la hauteur d'eau maximale, la vitesse maximale d'écoulement et son orientation. **Pour le scénario de référence (été et hiver), la vitesse de montée telle que définie dans le paragraphe 3.4.3 sera également calculée ;**
- pour chaque profil en travers du lit mineur : un identifiant unique associé à chaque profil, la cote maximale, la vitesse maximale et le débit maximal ;

- selon un pas de temps pertinent (à définir ultérieurement), les résultats instantanés pour chaque maille du lit majeur avec l'identifiant unique, la cote de l'eau, la hauteur d'eau et la vitesse ;
- selon un pas de temps pertinent (à définir ultérieurement), les résultats instantanés pour chaque point de calcul du lit mineur avec l'identifiant unique, la cote de l'eau, la vitesse d'écoulement et le débit.

Ils devront être parfaitement superposables d'une simulation à l'autre et parfaitement identiques géométriquement (exemple : nombre de vertex....) et ne pas présenter les erreurs de topologie ou de géométries.

3.3.5 *Analyse des résultats*

Il est demandé au titulaire d'analyser les résultats de simulation afin d'établir un diagnostic hydraulique complet dont l'objectif est de comprendre le fonctionnement général du bassin versant. Ce diagnostic doit par exemple faire ressortir les zones de stockage, les points limitants du réseau hydrographique, la capacité des ouvrages, l'occurrence de premier débordement par secteur homogène de cours d'eau... Le diagnostic devra également mettre en évidence le type de crue pour laquelle les différents sous-bassins versants sont le plus vulnérables. Une analyse complète de la crue de référence est demandée. Il est notamment demandé au titulaire de comparer les données historiques (relevés de laisse de crue, emprise inondable...) aux résultats de simulation pour la crue de référence. Dans le cas où les conséquences de celle-ci sont moindres localement et si la fiabilité des données historiques le permet, le titulaire ajustera les résultats de la crue de référence.

Le titulaire détaillera dans son offre les analyses qu'ils effectuera et la façon dont il les mènera.

Une fois analysés et validés, les résultats de toutes les simulations feront l'objet d'une cartographie dite « finale ». Cette cartographie de l'emprise inondable sera fine sur le terrain naturel, comme décrit plus précisément dans le paragraphe 3.4.2 , relatif à la cartographie de l'aléa. Ces cartographies finales accompagneront l'analyse hydraulique complète menée qui sera présentée dans le rapport. Les éléments produits lors cette analyse seront également fournis au format SIG avec la symbologie adaptée retenue.

3.4 Phase 3 : Définition et cartographie de l'aléa inondation

D'après l'article R562-11-4 du Code de l'Environnement, l'aléa est défini de la façon suivante : « l'aléa de référence est qualifié et représenté de manière cartographique, selon au maximum quatre niveaux : “ faible ”, “ modéré ”, “ fort ” et “ très fort ”, en fonction de la hauteur d'eau ainsi que de la dynamique liée à la combinaison de la vitesse d'écoulement de l'eau et de la vitesse de montée des eaux ». Cet aléa est qualifié à partir du maximal de toutes les simulations, défaillances d'ouvrages incluses.

La phase 3 fera l'objet d'une note synthétique permettant de reconstituer la façon dont l'aléa a été construit.

3.4.1 Identification et prise en compte des obstacles à l'écoulement

Pour la crue de référence, et grâce à différentes techniques décrites ci-bas, le titulaire recensera l'ensemble des systèmes d'endiguement et des structures linéaires (routes, chemins, voies ferrées, canaux...) et autres éléments faisant office d'obstacles à l'écoulement bien qu'ils n'ont pas été réalisés à cet effet. Pour réaliser ce recensement, outre sa visite de terrain, le titulaire disposera de l'inventaire des digues qui font l'objet d'un classement sur le territoire considéré. Enfin, il complètera cette liste par une analyse fine de la topographie (avec le modèle numérique de terrain), et par l'interprétation des premiers résultats de la modélisation hydraulique de la crue de référence en situation actuelle permettant d'identifier les obstacles à l'écoulement des eaux. Cette interprétation sera opérée par recoupement des CPHE avec le MNT, faisant apparaître d'éventuels obstacles générant des zones déconnectées. Il s'agira principalement d'étudier la charge hydraulique tout le long du linéaire de l'ouvrage. Les modalités de calcul des charges seront discutées et décidées avec le pouvoir adjudicateur. L'analyse de ces obstacles permettra le cas échéant, de les considérer comme un système d'endiguement au sens du PGRI (disposition 23) et de la réglementation en vigueur sur les ouvrages hydrauliques de protection (disposition 25).

Pour caractériser la zone inondable, le titulaire procédera à l'effacement de certaines digues et obstacles à l'écoulement des eaux, retenues selon les modalités décrites ci-dessus. Le linéaires des ouvrages pourra faire l'objet d'un découpage en tronçons homogènes ou si cela est opportun, certains tronçons pourront être effacés sur le même scénario. Ces décisions seront prises en prenant en compte plusieurs critères :

- Position de la digue en rive gauche ou en rive droite du cours d'eau ;
- Présence d'ouvrages structurels perpendiculaires à l'écoulement et aux digues (par exemple tronçon de digue compris entre deux ponts ou entre une voie ferrée et une route...) ;
- Tronçon de digue protégeant de manière uniforme une zone donnée (c'est à dire qu'une rupture en un point quelconque de ce tronçon affectera toujours la même zone) ;
- Surlargeur éventuelle.

Il réalisera de façon individuelle les diverses modifications du modèle qui sont nécessaires à cet effet, et procédera pour chaque situation, à la simulation de la crue de référence la plus déformable (été ou hiver). Les effacements de digues devront être pris en compte dès le début de la modélisation de la crue.

De plus, à partir des charges sur les digues calculées en crue de référence ou en crue centennale, le titulaire tracera les bandes de précaution en arrière de ces ouvrages. Pour cela, il s'appuiera sur un tracé des pieds de digues précis et cohérent, (par exemple : pas de tracé de digue dans le lit mineur), en se basant a minima sur le modèle numérique de

terrain et avec des sorties de terrain, si nécessaire. Conformément au décret n°2019-715 du 5 juillet 2019 relatif aux plans de prévention des risques concernant les « aléas débordement de cours et de submersion marine », la largeur des bandes de sécurité sera déterminée à partir du pied de l'ouvrage et de la manière suivante :

« la largeur de [la] bande de précaution est égale à cent fois la différence entre la hauteur d'eau maximale qui serait atteinte à l'amont de l'ouvrage du fait de la survenance de la crue de référence et le terrain naturel immédiatement derrière lui, elle ne peut toutefois pas « être inférieure à cinquante mètres, sauf dans le cas où le terrain naturel atteint la cote NGF de la hauteur d'eau de l'aléa de référence avant les cinquante mètres. »

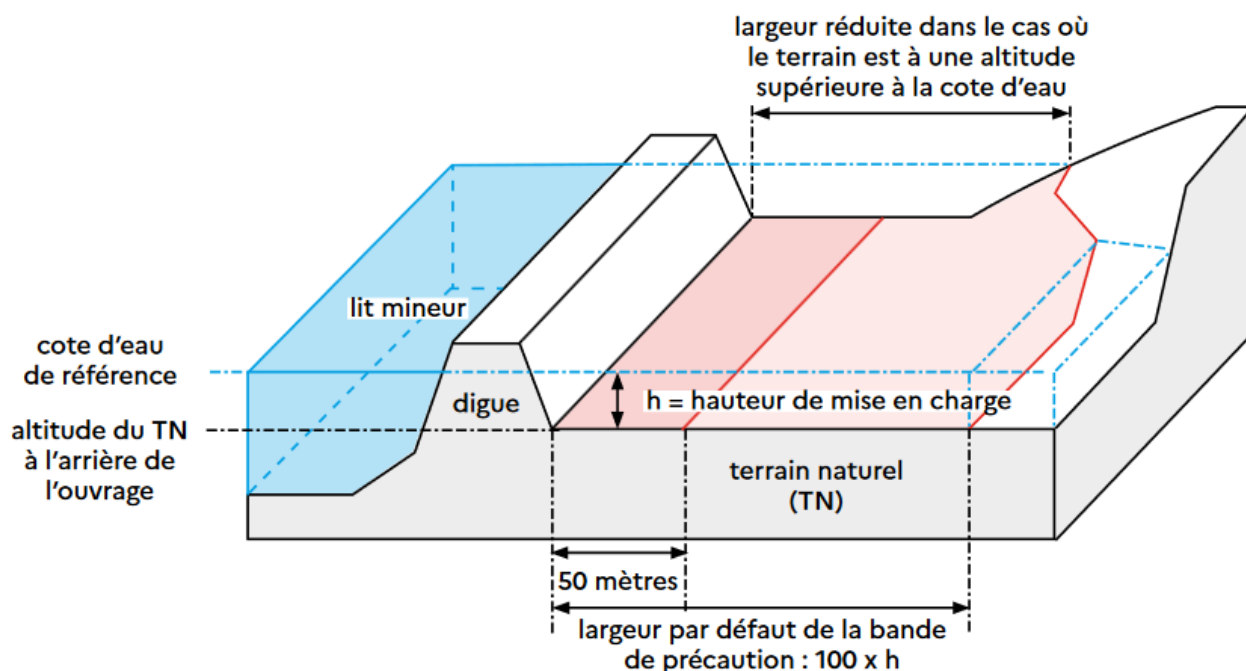


Figure 9: Bande de précaution à l'arrière d'un ouvrage. Source: Guide méthodologique pour l'élaboration des plans de prévention des risques d'inondation par débordement de cours d'eau (2024)

Le cas échéant, le titulaire déterminera la bande de précaution avec les dispositions réglementaires en vigueur au moment de la réalisation de la prestation.

Le prix de cette prestation comprend un forfait pour 60 à 80 scénarios d'effacements. Si cela s'avère nécessaire, un bon de commande sera établi pour réaliser des simulations supplémentaires.

Sur ces principes, le titulaire réalisera un atlas de l'ensemble des digues et ouvrages faisant office de digue ou faisant obstacle à l'écoulement des eaux. A chaque ouvrage hydraulique sera attribué un identifiant unique. La note fera également état de la méthodologie appliquée pour déterminer les obstacles à effacer et du calcul des bandes de précaution. Les ouvrages à effacer ainsi que les bandes d'arrières-digues calculées seront également transmis sous format SIG. Les résultats individuels de chaque effacement de digues devront contenir les mêmes données que les simulations en

situation actuelle (identifiant unique, cote des plus hautes eaux, hauteur d'eau maximale, vitesse d'écoulement maximale, et vitesse de montée des eaux) et être fournis au format SIG mais ne feront pas l'objet de cartographie. Seul l'aléa final, comme décrit dans le paragraphe suivant fera l'objet d'une cartographie finale.

3.4.2 Cartographie finale

La cartographie finale sera réalisée à partir des résultats bruts de modélisation (CPHE dans la maille et en lit mineur) et de la topographie par le modèle numérique de terrain. Cette opération vise à redéfinir les contours des polygones résultants pour coller au mieux à la topographie réelle du terrain.

Pour cela, les CPHE résultantes seront interpolées puis projetées pour obtenir les hauteurs d'eau à une échelle plus petite que celle de la maille (celle du MNT par exemple). Pour le scénario PPRI, c'est à cette échelle que seront croisés les paramètres qui déterminent l'aléa tel que décrit dans le paragraphe 3.4.3 .

A l'issue de la projection sur le MNT, la cartographie SIG sera vectorisée afin de définir la carte de l'emprise de la zone inondable. Des opérations de nettoyage seront nécessaires pour lisser le rendu et garantir la validité géométrique des couches, comprenant à minima :

- Filtrage des hauteurs inférieures au centimètre ;
- Filtrage des zones de surface inférieures à **400 m²** ;
- Nettoyage des zones apparaissant déconnectées et sans connexion hydraulique, comme ci-dessus

Pour ces opérations de filtrage et de nettoyage, le titulaire précisera la méthode qu'il envisage d'utiliser.

La cartographie finale est à réaliser pour les scénarios suivants :

- Les crues de calage & validation modélisées : une cartographie de la zone inondable par classe de hauteur est demandée ;
- Les scénarios d'occurrence 2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 200, 500 & 1000 ans (hiver et été) : une cartographie de la zone inondable par classe de hauteur est demandée, ainsi que les vitesses sous forme de vecteur flèche dont la symbologie sera adaptée ;
- Le scénario PPRI : une cartographie de l'aléa est demandée comme décrit dans le paragraphe ci-dessous ;
- **Les cartographies finales, ainsi que toutes les couches intermédiaires ayant servi à leur production (raster de CPHE, modèle numérique de hauteur, classes de vitesses notamment), sont à fournir au format SIG.**

La note mentionnera également les traitements et paramètres utilisés pour effectuer cette phase.

Les couches SIG de la cartographie finale ne devront pas présenter des erreurs de topologie ou de géométrie comme des chevauchements de polygones, des noeuds-papillons, des polygones non fermés, des superpositions de polygones. Celles-ci seront à minima vérifiées par des outils tels que « vérificateur de topologie », « vérifier la validité » (méthode GEOS) et « sélectionner par localisation », existant pour Qgis.

Le cas échéant, elles devront être corrigées sous Qgis ou d'autres outils qui seront soumis au pouvoir adjudicateur.

Toutes ces modifications devront avoir fait l'objet d'une validation de la part du pouvoir adjudicateur, sans que le titulaire puisse demander une rémunération complémentaire.

3.4.3 *Détermination de l'aléa PPRI*

L'aléa PPRI se définit comme l'enveloppe maximale des résultats de toutes les simulations de la crue de référence (été/hiver, sans et avec les effacements individuels). Conformément aux exigences du décret du 5 juillet 2019, il sera calculé à partir des résultats bruts de modélisation et au sein de chaque entité de projection avec les paramètres suivant :

- hauteur d'eau maximale ;
- vitesse d'écoulement maximale, aussi appelée vitesse horizontale ;
- vitesse de montée d'eau, aussi appelée vitesse verticale qui se concentre sur la période critique de mise en danger des individus, et qui se calcule donc entre les hauteurs $h=10\text{cm}$ et $h=50\text{cm}$. Elle se calcule donc pour chaque maille via la formule suivante :

$$V_m = \frac{\Delta h}{t_2 - t_1}$$

Si $h_{\max} < 10\text{cm}$, alors **pas de calcul**

Sinon, $t_1 = t_{(h=10\text{cm})}$

Si $h_{\max} < 50\text{cm}$, alors $t_2 = t_{\text{pic}}$

Sinon, $t_2 = t_{(h=50\text{cm})}$

Enfin, les trois paramètres déterminés seront croisés au sein de chaque entité de projection afin de déterminer l'aléa final comme présenté en Tableau 5.

DYNAMIQUE		Vitesse de montée (m/h)	
		Lente $V_m < 0,4$	Rapide $V_m > 0,4$
Vitesse d'écoulement (m/s)	Lente $V_e < 0,2$	Lente	Rapide
	Moyenne $0,2 < V_e < 0,5$	Moyenne	Rapide
	Rapide $V_e > 0,5$	Rapide	Rapide

Aléa		Dynamique		
		Lente	Moyenne	Rapide
Hauteur d'eau (m)	$H < 0,5$	Faible	Modéré	Fort*
	$0,5 < H < 1$	Modéré	Modéré	Fort
	$1 < H < 2$	Fort	Fort	Très fort
	$H > 2$	Très fort	Très fort	Très fort

* Modéré si $H < 0,2m$ et $V_e < 3m/s$

Tableau 5: Grilles de détermination de la dynamique de crue et de l'aléa

L'aléa sera accompagné d'une cartographie des CPHE maximales, qui pourront prendre la forme d'une grille de point ou d'isocotes par exemple. Cette modalité sera décidée au moment opportun par le pouvoir adjudicateur.

La cartographie de l'aléa incluant les CPHE maximales, ainsi que toutes les couches intermédiaires ayant servis à leur production (raster de CPHE notamment), seront fournies au format SIG.

3.4.4 Vidéos montrant la propagation des écoulements au cours de la crue

Le titulaire devra réaliser des vidéos montrant l'évolution de la zone inondée et des écoulements associés au cours de la crue pour une occurrence donnée. **Pour cela, le bassin versant/réseau hydrographique sera découpé en plusieurs périmètres qui seront définis de façon à garantir une bonne compréhension de la dynamique de crue tout en limitant le nombre de zones (il ne s'agit pas de faire des vidéos à l'échelle des communes).** Les vidéos devront par exemple faire apparaître les classes des hauteurs d'eau sur un fond cartographique, et tous autres éléments pédagogiques pertinents pour illustrer la dynamique de crue).

4- Modalités pratiques d'exécution

4.1 Données et moyens mis à disposition

Le présent cahier des charges constitue la référence essentielle pour décrire la mission. Le prestataire pourra également disposer des documents/rapports listés dans le paragraphe 2.3 .

4.2 Prestations complémentaires

À prix forfaitaires : La mission se décompose en une tranche ferme composée des 3 phases listées ci-dessus, et d'une tranche optionnelle qui concerne la prise en compte d'une crue pendant l'étude. En cas de crue importante, survenue après les résultats des modélisations, le prestataire devra faire des sorties de terrain pour caractériser au mieux l'évènement :

- identifier et caractériser les laisses de crue ;
- estimer la période de retour de l'évènement et la comparer à l'évènement de référence pour savoir si elle devient le nouvel évènement de référence ;
- la comparer aux données déjà existantes ;
- prendre en compte l'évènement dans l'étude hydrologique ;
- la cartographier.

Selon l'avancée de l'étude, cette crue pourra servir au calage ou à la validation du modèle.

À prix unitaires : Des prestations complémentaires à prix unitaire pourront être commandées dans le cadre de ce marché et feront l'objet de bons de commande :

- Réunion en présentiel avec le COTECH
- Réunion de présentation aux élus en présentiel
- Modélisation, analyse et cartographie supplémentaire

4.3 Modalités de remises des documents

Conformément à la définition du cahier des clauses administratives générales applicables aux marchés publics de prestations intellectuelles (CCAG-PI), les « résultats » désignent tous les éléments, quels qu'en soient la forme, la nature et le support, qui résultent de l'exécution des prestations objet du présent marché.

Tant que toutes éléments demandés sont étudiés et livrés, et en fonction de la dynamique de l'étude, le titulaire a la possibilité de déplacer l'ordre de traitement des différents axes/sous axes. Ces ajustements seront discutés et validés avec le pouvoir adjudicateur.

Les résultats fournis par le titulaire se présentent sous deux configurations : une configuration provisoire et une configuration définitive. Un résultat est considéré comme provisoire tant qu'il n'a pas été validé par le pouvoir adjudicateur. Ces derniers peuvent demander au titulaire de corriger le résultat provisoire jusqu'à obtention du résultat définitif sans que le titulaire ne puisse demander de rémunération complémentaire.

Le maître d'ouvrage juge du caractère définitif des résultats aussi bien sur la forme que sur le fond. L'ensemble de la démarche sera menée en étroite concertation avec un comité de pilotage.

Tous les documents produits dans le cadre de la mission seront à minima rendus sous format numérique par email ou envoi par téléchargement sécurisé. Les cartographies présenteront les résultats à une échelle et sur un fond de plan adaptés et validés par le pouvoir adjudicateur. Elles feront apparaître les éléments suivants :

- le nord géographique ;
- l'échelle spatiale ;
- la codification de l'atlas géographique référent ;
- un titre explicite du résultat démontré et contextuel ;
- la source des données utilisées ;
- une légende détaillée ;
- les logos du prestataire et du maître d'ouvrage.

Les cartographies réalisées à partir des données géographiques seront insérées dans le rapport, ou feront l'objet d'un rapport annexe selon leur volume et leur pertinence.

L'ensemble des données cartographiées sera aussi intégré au SIG de l'étude sous la forme d'un atlas cartographique automatisé en une série de cartes numérotées à partir d'un modèle validé par le pouvoir adjudicateur (valable pour tous les résultats de toutes les phases).

4.4 Livraison du/des modèle(s)

Les modèles hydrologiques et hydrauliques élaborés dans le cadre de la présente étude devront être fournis intégralement à l'État. Ces modèles et l'ensemble des données et fichiers ayant servis à leur réalisation seront la propriété de l'Etat qui se réserve le droit de les réexploiter ou de les communiquer à d'autres prestataires en vue de poursuivre les études et projets.

4.5 Suivi et pilotage de l'étude

Le prestataire assurera l'information régulière du déroulé de l'étude auprès du pouvoir adjudicateur, notamment par l'organisation de réunions ponctuelles et par la transmission de rapports intermédiaires suivant les étapes de déroulement du projet décrites au CCTP. Ces réunions intermédiaires seront des points fait de manière régulière en visioconférence ou téléphone, et ne seront pas comptabilisées. Elles sont considérées comme intégrées dans le prix du marché.

En plus de ce suivi régulier, une instance assura le suivi technique et le pilotage de l'étude, il s'agira du comité technique qui accompagnera l'ensemble de la démarche. Chaque étape importante sera présentée au comité technique lors de réunion de travail préférablement en présentiel (l'opportunité de faire une/plusieurs réunions en visioconférence devra dument être justifié par le titulaire dans offre). Les réunions auront une durée d'environ 3 heures. **Une réunion de démarrage de l'étude ainsi que dix comités techniques sont prévus**; les réunions avec le comité de suivi technique et les

acteurs locaux qui se déroulent dans les conditions ci-après, sont rémunérées conformément à la décomposition des prix globaux et forfaitaires et toute réunion supplémentaire faite à la demande du pouvoir adjudicateur fera l'objet d'un paiement complémentaire dans les conditions de prix fixées dans le bordereau des prix unitaires. Les documents de séance, rapports et résultats à y examiner, seront adressés au pouvoir adjudicateur 7 jours avant la réunion. Ces réunions feront l'objet de comptes-rendus rédigés par le prestataire. Ces prestations sont incluses dans le prix des réunions.

4.6 Réunions avec les acteurs locaux

L'appropriation par les communes des résultats de l'étude passe par leur association à son déroulement. Au début d'étude le titulaire présentera la méthodologie projetée, les données disponibles et le calendrier de l'étude lors d'une réunion en présence des collectivités locales concernées. **Deux réunions sont incluses dans le bordereau du prix global et forfaitaire.**

A l'issue de l'étude, le titulaire devra assurer deux réunions de présentation de l'étude finalisée aux collectivités locales concernées ; il préparera à cet effet une présentation synthétique du travail réalisé et des résultats obtenus.

4.7 Calendrier de mise en œuvre

Le délai global de la prestation est de 36 mois maximum. Le délai démarre à la date de notification du marché.

Dans son offre, le prestataire explicitera le planning prévisionnel qu'il compte mettre en œuvre pour la réalisation des différentes phases de l'étude (phase de réalisation de l'étape, date de rendu de la phase, périodes des réunions...). Ce planning sera accompagné d'un paragraphe explicatif. Le prestataire optimisera au mieux les différentes phases de l'étude, certaines étant intrinsèquement liées.

Il sera de la responsabilité du titulaire de tenir informer le pouvoir adjudicateur sur le respect de son planning et d'alerter le pouvoir adjudicateur dès que des décalages sont pressenties ou observées.

4.8 Connaissance des lieux

Le prestataire est réputé connaître le lieu d'exécution de l'opération et s'être personnellement rendu compte des difficultés prévisibles relatives à la réalisation du projet.

Ses prix doivent être établis en conséquence et il ne pourra de ce fait effectuer de réclamation d'aucune sorte pendant ou après les études de conception et de réalisation tendant à modifier ses prix pour difficultés non prévues.

Il doit donc s'affranchir, avant la remise de son offre, de toutes sujétions liées à la situation du projet, à la topographie des sites et à son environnement, à la période de réalisation, aux délais et objectifs de qualité fixés par le maître d'ouvrage.

4.9 Acceptation du CCTP

La participation à la présente consultation emporte pour le candidat l'acceptation sans réserve d'aucune sorte du présent CCTP.

A Strasbourg, le 20/10/2025