SEINE GRANDS LACS
ÉTABLISSEMENT PUBLIC TERRITORIAL DE BASSIN

DIRECTION : HYDROLOGIE

SERVICE

DATE : 16 MARS 2015

PAPI DE LA SEINE ET DE LA MARNE FRANCILIENNE

MARCHE N° 2015-502

ACTION 1.1.2 : OUTIL DE MODELISATION DES ECOULEMENTS DE LA SEINE ET SES AFFLUENTS

CCTP

SOMMAIRE

1. CONTEXTE 4

1.1 L'EPTB Seine Grands Lacs 4
1.2 Le SPC SMYL 5
1.3 Maîtrise d'ouvrage 6
1.4 Le PAPI de la Seine et de la Marne franciliennes 7
1.5 Suivi de l'étude 7

2. CONTENU DE L'ETUDE 7

2.1 Objectif général 7
2.2 Secteurs d'étude 8
2.3 Données disponibles 10
2.3.1. Données hydrologiques 10
2.3.2. Données topographiques et bathymétriques 12
2.3.3. Données de calage 12

3. DESCRIPTION DETAILLEE DES PRESTATIONS ATTENDUES 13

3.1 Mission principale : développement d'un outil ou d'une chaîne d'outils de modélisation des écoulements avec représentation cartographique sur le secteur d'étude n°1 13
3.1.1. Construction du modèle 13
3.1.1.1. Recueil des données topographiques 13
3.1.1.2. Recueil des données hydrologiques 13
3.1.1.3. Construction du modèle 13
3.1.2. Calage et validation 16
3.1.2.1. Calage du modèle 16
3.1.2.2. Comparaison avec les études existantes 17
3.1.3. Mise à disposition de l'outil 17
3.1.3.1. Spécificités de l'outil 17
3.1.3.2. Fourniture des Licences et installation de l'outil sur les environnements de l'EPTB Seine Grands Lacs et du SPC SMYL 18
3.1.3.3. Formation des utilisateurs 19
3.1.4. Réunions – Suivi de la prestation 20
3.2. Missions complémentaires 20
3.2.1. MC1 : Catalogue cartographique des hauteurs d'eau 20
3.2.2. MC2 : Fourniture des données pour alimenter le modèle d'évaluation des dommages socio-économiques. 20
3.2.3. MC 3 : Etude de l'homogénéisation des murettes 20
3.2.4. MC4 : Visualisation en réalité augmentée d'une crue 21
3.2.5. MC5 : Evaluation de l'effet du site pilote de la Bassée 21
3.2.6. MC6 : Développement d'un outil ou d'une chaîne d'outils de modélisation des écoulements sur le secteur 2 23
3.2.7. MC7 : Etude de configurations avec et sans lacs-réservoirs. 23
3.2.8. MC8 : Maintenance annuelle 24

3.2.9. MC9 : Développement d'une interface permettant de simuler l'action des lacs-réservoirs sur une crue en cours. 24
3.2.10. MC10 : Simulation complémentaire 25
3.2.11. MC11 : Simulation d'une hydrologie complémentaire 25
3.2.12. MC12 : réunions supplémentaires 25
3.2.13. MC13 : prestations complémentaires 25

4. DISPOSITIONS GENERALES 26

4.1. Calendrier et déroulement de la prestation 26
4.2. Lieu des prestations 26
4.3. Rendus 26
4.3.1. Les livrables attendus sont détaillés pour chaque prestation 26
4.4. Réunions 27

5. ANNEXES 29

5.1. Gestion des lacs-réservoirs 29
5.1.1. Principe généraux 29
5.1.2. Descriptif du lac-réservoir SEINE 29
5.1.2.1. Description de l'ouvrage 29
5.1.3. Gestion de l'ouvrage 30
5.1.4. Descriptif du lac-réservoir AUBE 32
5.1.4.1. Description de l'ouvrage 32
5.1.4.2. Gestion de l'ouvrage 32
5.1.5. Descriptif du lac-réservoir MARNE 34
5.1.6. Descriptif du lac-réservoir de Pannecière 36
5.1.6.1. Exploitation de l'ouvrage 36
5.2. Exemple d'un bulletin de crue 38
5.3. Gestion du site pilote de la Bassée 39

1. CONTEXTE

1.1 L'EPTB Seine Grands Lacs

L'Institution interdépartementale des barrages réservoirs du bassin de la Seine (I.I.B.R.B.S.) est un établissement public à caractère administratif qui regroupe les départements de Paris, des Hauts de Seine, du Val- de- Marne et de la Seine-Saint-Denis.

Créée par arrêté ministériel en date du 16 juin 1969, elle a pour mission d'exploiter les ouvrages réalisés par le Département de la Seine et de poursuivre le programme de construction de nouveaux ouvrages en vue de régulariser les débits de la Seine et de ses principaux affluents en amont de Paris :

- en écrêtant les crues,
- en soutenant les débits d'étiage en été et en automne,

sur le territoire des collectivités qui la constituent

L'I.I.B.R.B.S. a été reconnue sur l'ensemble du bassin de la Seine en amont de la confluence avec l'Oise Etablissement public territorial de bassin (EPTB) par arrêté du préfet coordonateur de bassin en date du 7 février 2011 afin d'assurer à l'échelle de son périmètre la gestion équilibrée de la ressource en eau. Elle porte désormais le nom d'EPTB Seine Grands lacs.

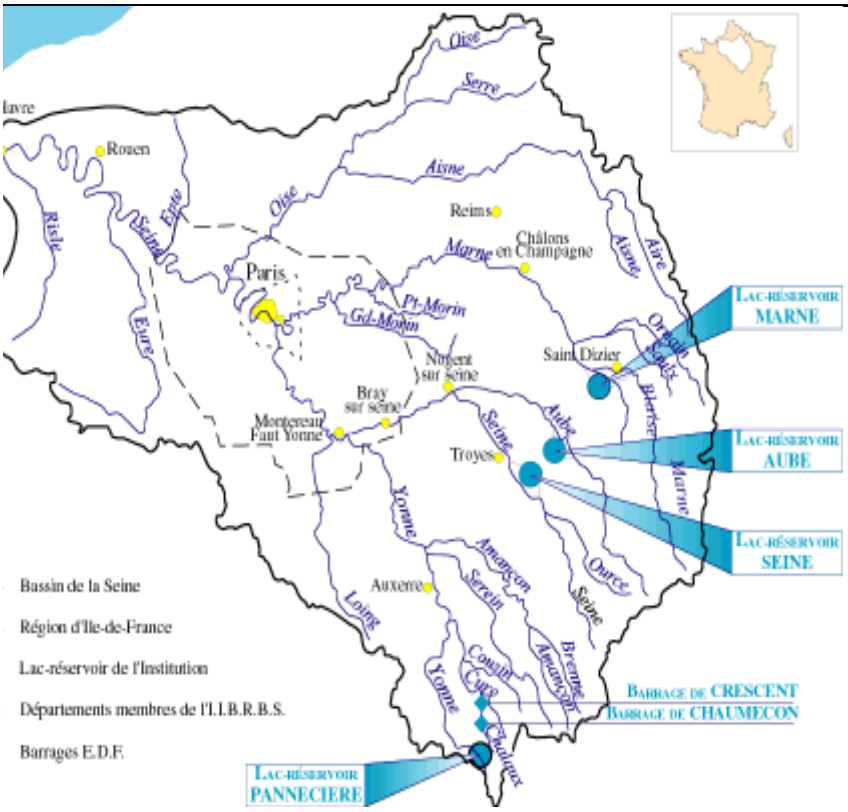
L'EPTB Seine Grands Lacs est propriétaire et gestionnaire de quatre lacs-réservoirs :

- sur la rivière Yonne, le lac-réservoir de Pannecière dans le département de la Nièvre, mis en service en 1949 ;
- en dérivation de la rivière Seine, le lac-réservoir Seine (ou lac d'Orient) dans le département de l'Aube, mis en service en 1966 ;
- en dérivation des rivières Marne et Blaise, le lac-réservoir Marne (ou lac du Der-Chantecoq), mis en service en 1974 ;
- en dérivation de la rivière Aube, le lac-réservoir Aube constitué des lacs du Temple et Amance, mis en service en 1990.Ces quatre lacs-réservoirs représentent une capacité globale de stockage légèrement supérieure à 800 millions de m^3.

Les ouvrages sont gérés selon 2 objectifs :

- le soutien d'étiage, du 1er juillet au 31 octobre*,
- l'écrêtement des crues, entre le 1er novembre et le 30 juin*

'* : dates théoriques de vidange et de remplissage



Lac-réservoir Marne
Lac du Der-Chantecoq,
en dérivation de la Marne,
capacité normale 350 millions de m^3

Lac-réservoir Aube
Lacs Amance et du Temple,
en dérivation de l'Aube,
capacité normale 170 millions de m^3.

Lac-réservoir Seine
Lac d'Orient,
en dérivation de la Seine,
capacité normale 207.8 millions de m^3

Lac-réservoir de Pannecière
sur l'Yonne,
capacité normale 80 millions de m^3

L'Institution dispose ainsi de plus de 800 millions de m^3 pour réaliser ses missions auxquels s'ajoutent 18 à 24 millions de m^3 mis à disposition par les barrages hydroélectriques de Crescent et Chaumeçon et le lac des Settons

*Figure **Erreur ! Pas de séquence spécifié.** : Plan général du bassin de la Seine*

La gestion des ouvrages est explicitée dans l'annexe 1

1.2 Le SPC SMYL

La loi du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages engage la réforme de l'annonce des crues et confie à l'État l'organisation de la surveillance, de la prévision et de la transmission de l'information sur les crues.

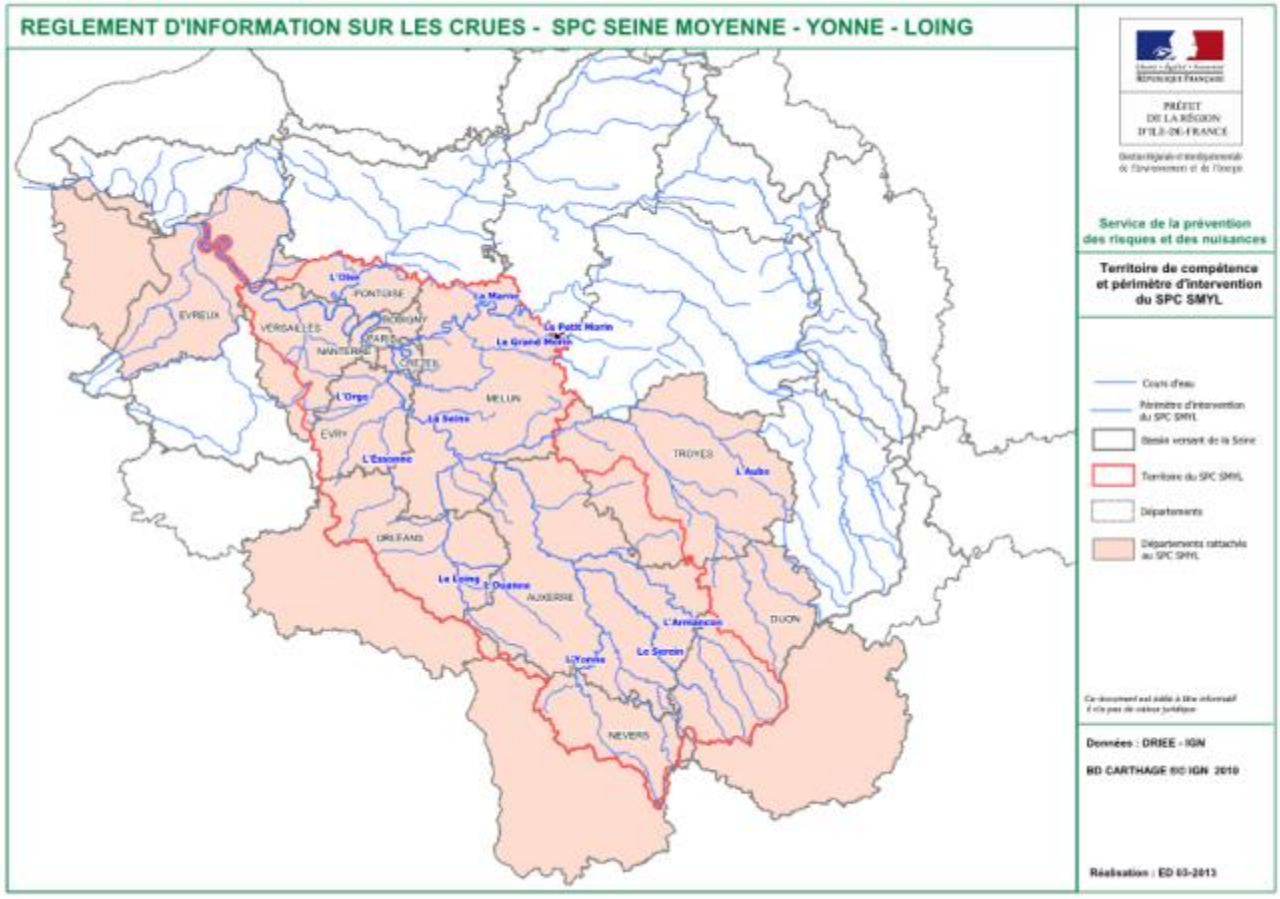
Cette réforme s'est traduite par :

- la réorganisation territoriale du dispositif d'annonce des crues de l'État. L'objectif vise le passage de l'annonce à la prévision des crues, grâce à la mise en place de 22 services de prévision des crues (SPC), aux compétences renforcées,
- la création d'un service central d'hydrométéorologie et d'appui à la prévision des inondations (SCHAPI) qui assure la coordination de la prévision des crues au niveau national et fourni un appui technique aux services de prévision des crues.

L'organisation de la surveillance et la prévision des crues est définie dans le bassin Seine-Normandie par le schéma directeur de prévision des crues arrêté par le Préfet coordonnateur de bassin le 8 mars 2012.

Le territoire de compétence du Service de prévision des crues Seine moyenne-Yonne-Loing (SPC SMYL), inscrit dans une partie du bassin versant de la Seine, se définit comme suit : Bassins du Loing, de l'Yonne, Bassin de la Seine en Ile-de-France à l'exception des sous-bassins de l'Eure et de l'Epte, et le fleuve Seine de l'Ile-de-France au barrage de Poses.

*Figure **Erreur ! Pas de séquence spécifié.** : territoire du SPC SMYL*



La partie francilienne du bassin de la Seine ne constitue pas une unité hydrologique en tant que telle, mais c'est en revanche un secteur particulier qui mérite d'être individualisé du fait de la présence de l'agglomération parisienne. Elle comprend la partie aval des principaux affluents de la Seine, l'Yonne, la Marne et l'Oise, ainsi que les différentes confluences. La limite aval de ce secteur est Poses : plus en aval, le comportement hydrologique diffère de par l'influence maritime de l'estuaire.

Les SPC sont concernés par deux missions se distinguant par leur emprise géographique :

- sur l'ensemble de leur territoire de compétence, les SPC sont chargés de capitaliser l'observation et l'analyse de l'ensemble des phénomènes d'inondation et accompagner les collectivités territoriales souhaitant s'investir dans le domaine de la surveillance des crues ;
- sur le périmètre d'intervention de l'État les SPC élaborent et transmettent l'information sur les crues, ainsi que leur prévision lorsqu'elle est possible.

1.3 Maîtrise d'ouvrage

La maîtrise d'ouvrage de cette étude est portée par l'EPTB Seine Grands Lacs.

La DRIEE, en tant que Service de Prévision des Crues, co-pilotera l'action avec l'ETPB Seine Grands Lacs. Elle sera dépositaire et disposera de plein droit, dans le cadre de ses missions de prévention des risques et de prévision des crues, de l'ensemble des analyses, outils et données issues des travaux menés dans le cadre de cette action.

1.4 Le PAPI de la Seine et de la Marne franciliennes

Le PAPI de la Seine et de la Marne francilienne a été labellisé par la Direction Générale de la Prévention des Risque sur avis favorable avec réserves de la commission mixte inondation du 19 décembre 2013. L'action ne fait toutefois pas l'objet de réserves de la part de la CMI. Le présent marché correspond à la fiche action n° 1.1.2 dudit PAPI.

1.5 Suivi de l'étude

Le pilotage de l'étude sera assuré par :

- Un comité technique composé de représentants de l'EPTB, la DRIEE,
- Un comité de pilotage composé représentants de l'EPTB, la DRIEE, des financeurs, autres partenaires techniques du projet

Le suivi global du PAPI est assuré par un comité technique et un comité de pilotage spécifiques composés de l'ensemble des partenaires. Le prestataire pourra être amené à présenter l'avancement de sa démarche lors de ces comités.

2. CONTENU DE L'ETUDE

2.1 Objectif général

La présente étude a pour objectif de fournir d'un outil ou d'une chaîne d'outils permettant de modéliser les écoulements et produire de la cartographie en lit majeur sur le bassin de la Seine amont afin:

- De représenter les écoulements en lit mineur et en lit majeur, intégrant l'effet des singularités (barrages de navigation, murettes, remblais….)
- D'évaluer les vitesses en lit majeur sur les axes principaux d'écoulement en particulier en milieu urbain (avenues…) ainsi que les durées de submersion dans ces mêmes zones urbaines.
- De pouvoir modéliser de nouveaux ouvrages structurels de protection contre les inondations (comme le site pilote de la Bassée) ou des modifications structurantes en lit mineur (ouvrages, modification de la bathymétrie ou des berges...) ou en lit majeur.
- De disposer d'un catalogue de cartes associé aux tronçons de prévisions du SPC SMYL pour des crues de différentes périodes de retour, et de manière générale, de pouvoir représenter cartographiquement les résultats de toute simulation d'un événement de crue.
- De disposer des données nécessaires pour une représentation 3D des inondations en lit majeur. La représentation 3D en elle-même ne fait pas partie de la présente prestation.
- D'évaluer l'effet des 4 lacs-réservoirs et de pouvoir étudier les impacts de modifications de leurs règles de gestion sur les écoulements de crue.

- D'évaluer l'effet des 4 lacs-réservoirs en temps réel lors d'un épisode de crue
- De fournir un outil permettant au maître d'ouvrage et la DRIEE/SPC de mener de manière autonome toute simulation ou modification du modèle que l'un ou l'autre jugerait utile.
- De croiser les résultats hydrauliques (hauteurs d'eau, surfaces inondées, durées de submersion), avec un modèle d'enjeux pour calculer les dommages surfaciques liés aux inondations. Le développement de ce modèle d'endommagement ne fait pas partie de la présente prestation.

Ce marché est un marché à bons de commande comprenant :

- Une mission principale consistant à construire l'outil de modélisation sur la région Ile de France y compris la recherche des données, la construction, le calage, la validation et la formation des utilisateurs,
- Des missions complémentaires :
    - élaboration d'un atlas cartographique pour plusieurs crues,
    - étude de l'homogénéisation des murettes
    - sortie cartographique pour la visualisation 3D d'une crue : sorties cartographiques au pas de temps ou pas d'espace constant
    - évaluation de l'effet du site pilote de la Bassée
    - modélisation sur la partie amont du bassin-versant
    - étude de scénarios avec et sans l'action des lacs-réservoirs
    - développement d'une interface pour évaluer l'action des lacs-réservoir en cours d'évènement
    - maintenance annuelle

2.2 Secteurs d'étude

Il convient de distinguer 2 secteurs d'étude distincts :

- **Secteur 1 : La Seine, l'Yonne, la Marne et l'Oise en région Ile de France étendue**

Le périmètre s'étend sur un linéaire d'environ 560 km sur les 4 cours d'eau principaux :

- de la station de Bazoches-les-Bray sur la Seine,
- de la station de Pont-sur-Yonne, sur l'Yonne,
- de la station de la Ferté-sous-Jouarre sur la Marne,
- de la station de Creil sur l'Oise,

à la station de Poses sur la partie aval.

Sur ce périmètre (cf linéaire rose sur la carte ci-dessous), la modélisation sera calée en niveau et en propagation dans le lit mineur et le lit majeur et devra permettre de disposer d'un rendu cartographique des surfaces inondées, des hauteurs d'eau, des vitesses et des durées de submersion dans le lit majeur. Les objectifs du calage seront priorisés au cours des réunions du comité de pilotage.

La modélisation doit couvrir l'ensemble de la zone inondable des 4 cours d'eau principaux ainsi que les affluents sur la zone de remous. En particulier les affluents suivants doivent être pris en compte :

- le Loing,
- l'Essonne,
- l'Yerres,
- l'Orge,

- la Mauldre,
- la Vieille mer (93)

Ces affluents seront traités par une injection de débit et une modélisation sur la zone de remous.
Le prestataire décrira dans son offre de quelle manière il modélisera les apports des affluents secondaires (rû, cours d'eau non jaugé)…..

- **Secteur 2 : la Seine, la Marne, l'Aube et l'Yonne de l'amont immédiat des lacs-réservoirs à l'entrée de l'Ile de France**

Sur ce périmètre d'environ 800 km, le modèle sera calé en propagation et en niveau. Le modèle devra être suffisamment représentatif pour bien représenter les débits de débordement, les temps de propagation afin d'évaluer l'effet des lacs-réservoirs en niveau.
Il est également demandé une représentation affiné des écoulements au droit des lacs-réservoirs et en particulier dans la traversée de St Dizier et de Troyes

Les règles de gestion des lacs-réservoirs doivent être intégrées à la modélisation.

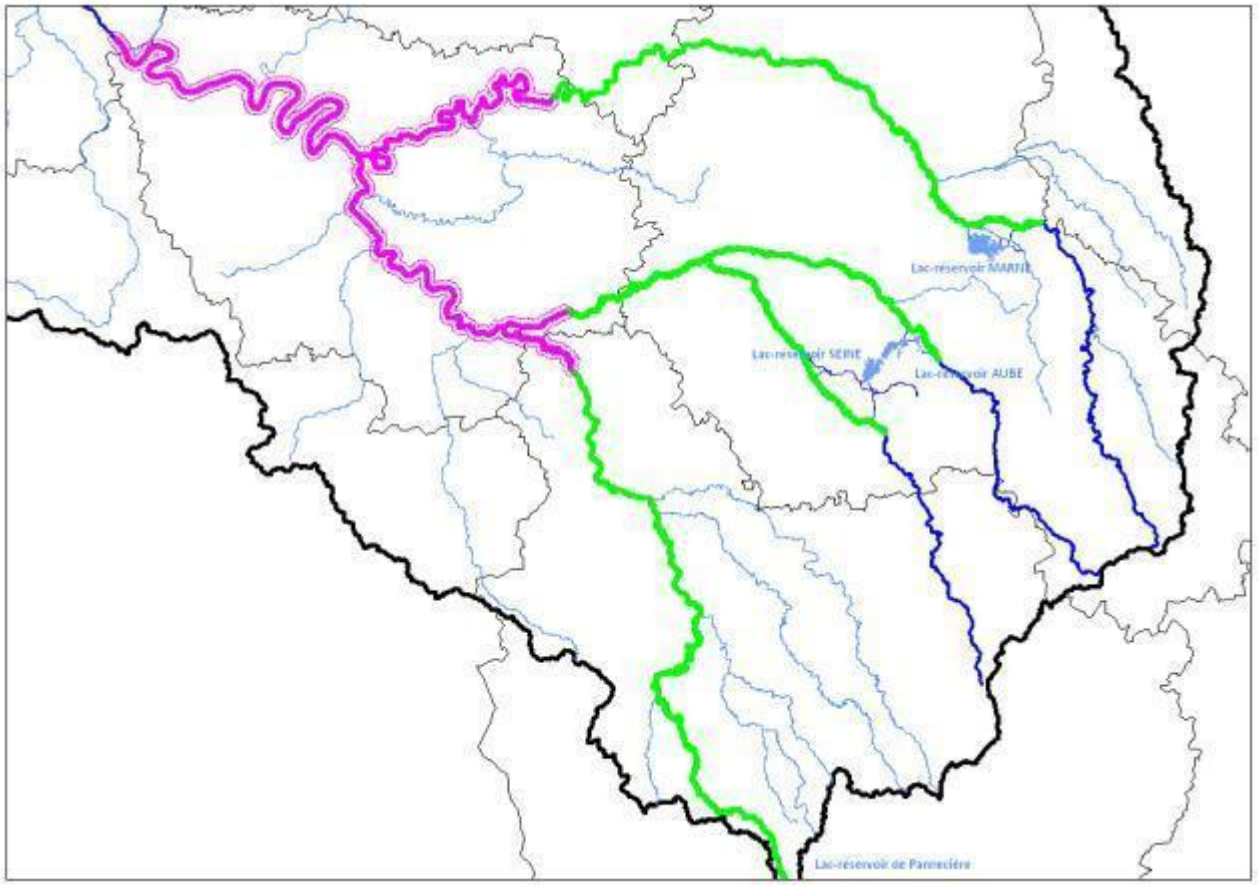


Figure 1 : périmètre d'étude

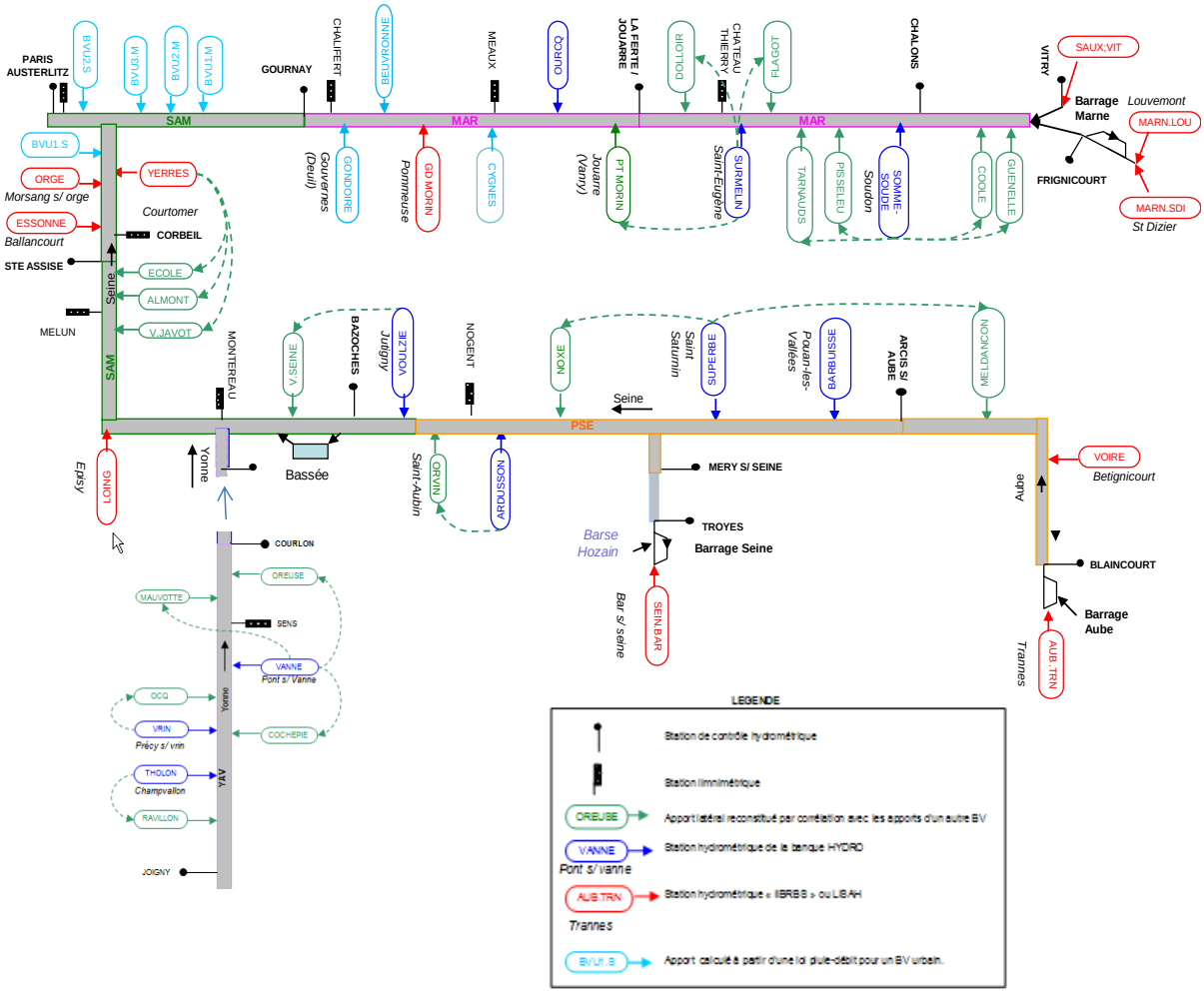
2.3 Données disponibles

2.3.1. Données hydrologiques

Dans le cadre de l'étude pour l'optimisation de la gestion de la Bassée (Hydratec – 2011), 20 crues historiques ont été reconstituées sur l'ensemble du bassin.

Code	Nom de la crue	Débit de pointe à Paris
J10	Janvier 1910	2400
N10	Novembre 1910	1670
J19	Janvier 1919	1650
J24	Janvier 1924	2100
N44	Novembre 1944	1830
F45	Février 1945	2000
J55	Janvier 1955	2100
J59	Janvier 1959	1900
F70	Février 1970	1800
F77	Février 1977	1400
A78	Avril 1978	1800
F80	Février 1980	1600
J 82	Janvier 1982	1880
D 82	Décembre 1982	1790
A 83	Avril 1983	1850
D93	Décembre 1993	1380
J95	Janvier 1995	1430
M99	Mars 1999	1290
D99	Décembre 1999	1480
M01	Mars 2001	1510

Les crues ont été reconstituées sous forme d'hydrogrammes d'apports principaux contrôlés par une station hydrométrique DREAL/DRIEE ou EPTB SGL, et d'apports intermédiaires entre stations hydrométriques de la manière suivante :



Le prestataire recueillera également les données issues d'études en cours, en particulier étude hydraulique de l'Yonne en cours (PPRI).

Le prestataire utilisera également les données des crues récentes : notamment décembre 2010 et mai 2013 dont une photographie aérienne est disponible sur l'ensemble du secteur amont et la Bassée (et pouvant constituer une crue de calage intéressante pour ce secteur). Dans le cas où une crue intéressante pour le calage interviendrait au cours de l'étude, le prestataire devra également prendre en compte cette hydrologie sur la base des relevés de débits aux stations hydrométriques et éventuellement d'une campagne de repères de crue complémentaire si l'évènement le justifie.Le prestataire utilisera les données de crue disponibles en Banque Hydro, complétées avec les éléments de l'étude pré-citée le cas échéant

Pour la crue de 1910, une seconde hydrologie, définie par la DRIEE, basée sur une hypothèse plus majorante sera également étudiée.

Pour les crues où différentes sources existes, le prestataire procèdera a une analyse comparative des données afin d'évaluer les hydrogrammes les plus cohérents.

Il réalisera un travail de reconstitution des apports intermédiaires pour les crues de calage et les crues de projet.

2.3.2. Données topographiques et bathymétriques

Les données topographiques et bathymétriques suivantes seront mises à disposition du prestataire au démarrage de l'étude :

➢ **Secteur 1 : région Ile de France**

- LIDAR sur l'ensemble de la zone d'études (Lidar du lit majeur disponible sur la Marne depuis le lac du Der, l'Yonne depuis Pannecière, l'Oise depuis Creil, l'ensemble de la Seine),
- Bathymétrie du chenal navigable et non navigable (jusqu'à une profondeur d'eau de 50 cm),
- les données caractéristiques des barrages de navigation (cotes du génie civil, RN, mode de gestion, débits d'effacement même si cette donnée est parfois approximative)
- Levés bathymétriques et en lit majeur sur la Marne à Reuil et Châtillon sur Marne (9 profils en travers) en 2012,
- Relevé des murettes : départements 92, 75 et 94 disponibles auprès de la DRIEE.

➢ **Secteur 2 : secteur amont**

- LIDAR sur l'ensemble de la zone d'études (Lidar du lit majeur disponible sur la Marne depuis le lac du Der, l'Yonne depuis Pannecière, l'Oise depuis Creil, l'ensemble de la Seine),
- Bathymétrie disponible sur l'Yonne (89 et 77) dans le cadre de l'étude PPRI en cours.
- Bathymétrie disponible auprès de la DREAL Champagne-Ardenne sur la Marne en amont d'Epernay et la Seine en amont de l'Ile-de-France,
- Levés bathymétriques et lit majeur ponctuels sur l'Yonne datant de 1999 (7 profils entre Pannecière et Auxerre et 7 profils aval d'Auxerre), 2007 (36 profils en travers lit mineur + lit majeur entre Dornecy et laRoche Migennes + 20 ouvrages) ainsi que 2011 (111 profils en travers et 55 ouvrages de Pannecière à Dornecy .
- Levés topographiques (bathymétrie + levés d'ouvrages) dans le secteur de Troyes dans le cadre de la mise en œuvre du PPRI de l'agglomération troyenne.

2.3.3. Données de calage

Le site Internet http://www.reperesdecrues-seine.fr/ recense de nombreux repères de crues. Les autres éléments en possession des GLS et de la DRIEE seront transmis au prestataire en début d'étude.

Voie navigable dispose également de relevés au droit de ces ouvrages.

Le prestataire indiquera dans son offre s'il prévoit dans le cadre du marché une campagne complémentaire de repères de crues.

3. DESCRIPTION DETAILLEE DES PRESTATIONS ATTENDUES

3.1 Mission principale : développement d'un outil ou d'une chaîne d'outils de modélisation des écoulements avec représentation cartographique sur le secteur d'étude n°1

3.1.1. Construction du modèle

3.1.1.1. Recueil des données topographiques

Sur la base des données topographiques et bathymétriques fournies par le maître d'ouvrage en début de mission, le prestataire prendra contact avec l'ensemble des gestionnaires complémentaires (SNCF, RFF, Conseils Généraux pour les ouvrages routiers, DRIEE, VNF) pour récolter les données nécessaires à la construction et au calage du modèle.

Sur la base de ce recueil de données, il identifiera les besoins topographiques complémentaires pour la modélisation : profils en travers, levés d'ouvrages de décharge, ponts, bras d'écoulement secondaires, recensement de repères de crue….

La prestation comprend la rédaction du cahier des charges topographique identifiant précisément les prestations, la précision attendue, l'estimation du marché, l'assistance à l'analyse des offres (rédaction du projet d'analyse d'offres selon le modèle fourni par le maître d'ouvrage), le suivi des prestations. La consultation et le suivi administratif du marché seront assurés par le maître d'ouvrage GLS.

A l'issue de cette phase, l'ensemble des données topographiques récoltées ou réalisées sera remis au maître d'ouvrage sous format SIG (shp ou tab) ou dwg. Seront a minima fournies sur ce support les principales caractéristiques des données topographiques recueillies et utilisées (localisation, source, type tel que ouvrage transversal/longitudinal, profil bathymétrique /lit majeur, digue, repère de crue, date, maître d'ouvrage, incertitudes, lien vers les fichiers correspondants...). Les plans et documents historiques collectés sur format papier seront remis sous la forme de scan (fichiers images ou PDF)

3.1.1.2. Recueil des données hydrologiques

Les données décrites au 2.3.1 seront fournies au prestataire au démarrage de la prestation. Il n'est pas demandé de reconstitution hydrologique particulière pour cette étude

Néanmoins pour les évènements hydrologiques qui seront utilisés au cours de l'étude (crue de calage et de vérification…) le prestataire procédera à une synthèse hydrologique sommaire (description de l'évènement, évaluation de la période de retour) et à une analyse de la pertinence des données fournies (comparaison par rapport aux données observées…..).

3.1.1.3. Construction du modèle

Le modèle sera construit pour permettre de répondre aux besoins exprimés au 2.1 et 2.2 du présent cahier des charges.

Le modèle sera alimenté par les stations hydrométriques de Bazoches-les-Bray sur la Seine, Pont-sur-Yonne sur l'Yonne, Creil sur l'Oise et la Ferté sous-Jouarre sur la Marne (secteur n°1).

L'ensemble des affluents (Loing, Essonne, Yerres, Orge, …..) devront être intégrés dans le modèle sous forme d'hydrogrammes d'apport aux stations hydrométriques existantes. Le périmètre de modélisation sur les affluents devra couvrir la zone de remous de la Seine, de la Marne et de l'Oise.

L'extension du lit majeur devra être suffisamment large pour pouvoir simuler la crue de faible probabilité (temps de retour 1000 ans) cartographiée sur une partie de la région dans le cadre de la Directive Inondations.

Sur l'ensemble du linéaire le modèle devra permettre d'évaluer le débit de débordement sur tout le linéaire et d'extraire les hydrogrammes et limnigrammes en tout point du modèle.

Le modèle devra permettre de représenter les écoulements complexes en lit majeur en particulier dans les zones de confluence (Seine-Marne, Seine-Yonne et Seine-Oise notamment) et méandres (boucles de Gennevilliers….) et bien représenter les principales singularités (ouvrages en rivière, y compris possible mises en charge ou surverses, débordements...).

En particulier le modèle doit permettre :

- De représenter les lignes d'eau, limnigrammes et hydrogrammes en lit mineur, (et en lit majeur si une représentation multi-filaire est retenue sur certains secteurs).
- De cartographier l'extension de la zone inondable,
- De cartographier les hauteurs d'eau en lit majeur,
- D'évaluer les vitesses (et débits correspondants) dans les axes d'écoulement en lit majeur, notamment en milieu urbain (avenue…),
- De calculer les durées de submersion en lit majeur.

Le type de modélisation (filaire, casier, 2D…..) sera laissé à l'appréciation du prestataire, mais **les choix de topologie proposés seront validés par le comité de pilotage.**

Une attention particulière sera portée à la **modélisation des linéaires de murette**, qui devra intégrer le profil en long précis de ces ouvrages et les secteurs d'interruption. Il n'est pas demandé de représenter les éventuelles fragilités de ces ouvrages (brèches, ouvertures pour batardeaux….).

La modélisation devra représenter la **gestion des barrages de navigation**. Le prestataire devra donc se rapprocher de VNF pour connaître les règles de gestion de chaque ouvrage de navigation.

La vanne-secteur de St Maur permet de court-circuiter une partie du débit de la Marne de la boucle de St Maur. Cette vanne est en cours de réhabilitation par le conseil général du Val de Marne. La modélisation devra intégrer les règles de gestion de cette vanne, dans l'état initial pour la modélisation des crues de calage (consigne ancienne), dans l'état actuel (ouvrage fermé) et dans l'état futur (nouvelle consigne)

L'échelle à retenir pour la modélisation est globalement le 1/10000ème mais elle sera affiné au 1/5000ème dans les secteurs urbains très denses ou en cas de complexité hydraulique (près de singularités, pente de ligne d'eau notablement plus forte par exemple dans des zones de by-pass...).

A l'issue de cette phase, le prestataire remettra **un rapport de description détaillée du (des) modèle(s)** : structure, hypothèses et valeurs des paramètres de calcul …

La modélisation n'intègre pas les phénomènes de remontée de nappe, interaction avec les réseaux d'assainissement, ruissellement urbain.

Néanmoins, après les débordements surfaciques, certains points bas ne se vident que par l'évacuation par des réseaux ou infiltration dans la nappe. Le prestataire devra proposer des hypothèses pour évaluer ces débits de fuite et ainsi estimer les durée d'inondation.

Dans son offre, le candidat justifiera les types de modélisation qu'il juge les plus adaptés aux secteurs d'études.

En particulier, il détaillera la modélisation envisagée pour les cas particuliers suivants :

- Confluences Seine-Marne, Seine-Yonne et Seine-Oise
- Boucle de Gennevilliers
- Secteur d'urbanisme type pavillonnaire
- Secteur d'urbanisme dense,
- La représentation des murettes
- La représentation des barrages de navigation
- La représentation des ouvrages transversaux en lit mineur et lit majeur (ponts, remblais routiers ou ferroviaires…)



Figure 2 : secteur de confluence (Seine – Marne)

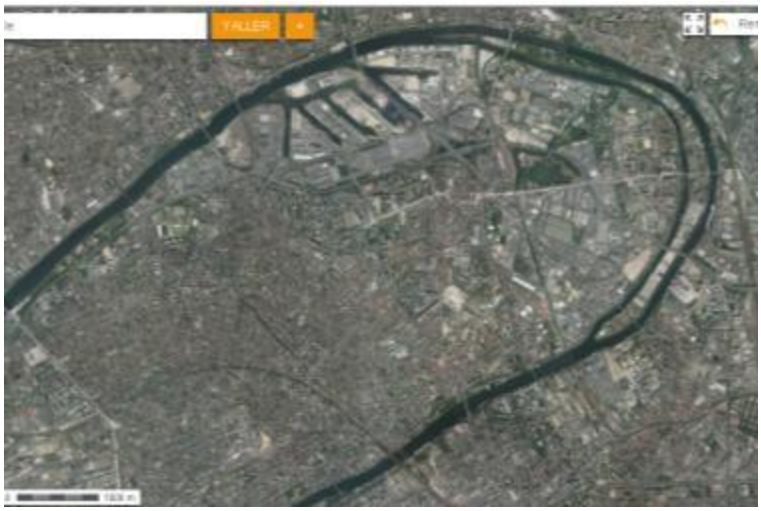


Figure 3 : boucle de Gennevilliers



Figure 4 : secteur type pavillonnaire



Figure 5 : secteur type urbain dense

Dans son offre, le candidat indiquera une estimation du nombre de points de calculs sur la zone d'étude et la durée approximative d'une simulation dans les conditions suivantes :

- Simulation d'une crue d'une durée de 1 mois largement débordante (type crue niveau 1910)
- Utilisation d'un ordinateur bureautique standard

Le prestataire pourra proposer des solutions pour diminuer la durée de calcul : spécification de matériel ….

3.1.2. Calage et validation

3.1.2.1. Calage du modèle

Le prestataire devra justifier et analyser le calage du modèle en débit et en niveau, en lit mineur et en lit majeur.

Le calage du modèle sera réalisé sur 3 crues relativement récentes bien documentées (niveau maximum de débit et de hauteur atteints en différents points du lit mineur et du lit majeur), puis validé sur 2 à 3 crues complémentaires.

Le modèle devra être calé et représentatif pour des crues courantes (non débordantes) et des crues fortes.

La validité du calage sera évaluée en analysant :

- Le niveau maximum atteint aux points de calage (stations DRIEE + amont barrages de navigation) (moins de 10 cm d'écart attendu) ;
- Le débit maximum atteint aux points de calage (moins de 10% d'écart attendu) ;
- Le niveau atteint en lit majeur pour les crues débordantes
- Le décalage du temps du maximum ;
- Le volume des crues.

Ces critères de calage seront classés par priorité par le comité de pilotage.

Dans le cadre de la procédure de calage, une **analyse de sensibilité** afin d'apprécier la sensibilité du modèle à travers les résultats qu'il fournit (débits et niveaux principalement) sera réalisée : cette analyse de sensibilité doit porter sur les paramètres de calage (au minimum sur les coefficients de Strickler en lit mineur et la modélisation des singularités) et l'hydrologie (variation de + ou – 10 % des hydrogrammes injectés par exemple).

Le prestataire remettra un **rapport détaillé de calage** synthétisant l'ensemble des résultats, justifiant la modélisation des points caractéristiques (justification des coefficients de Strickler lit mineur et lit majeur, perte de charge aux ponts, barrages de navigation) et concluant sur la validité du modèle et ses limites. Des commentaires justifieront les points où le calage n'est pas compatible avec la fourchette demandée.
Le rapport détaillera également l'ensemble des tests de sensibilité et conclura sur la représentativité et la robustesse du modèle.
L'ensemble des résultats de calage sera remis au format Excel.

3.1.2.2. Comparaison avec les études existantes

Pour la crue de 1910, le prestataire comparera les résultats obtenus en termes de ligne d'eau et d'extension de zone inondable par rapport aux modèles existants sur l'ensemble du linéaire commun :

- Modèle ALPHEE (modèle MRIF) développé par HYDRATEC pour le compte de l'EPTB Seine Grands Lacs en 1998 ;
- Modèle MRIF (HYDRARIV) ajusté par Hydratec en 2011,
- Modèle SAFEGE sur EPA ORSA (TELEMAC).

Le prestataire justifiera les différences avec ces résultats d'études et ajustera le cas échéant le calage des écoulements en lit majeur.

3.1.3. Mise à disposition de l'outil

3.1.3.1. Spécificités de l'outil

De manière générale, le recours à des logiciels libres de droit est préconisé. L'outil devra avoir une durée de vie d'au minimum 5 ans : sur un environnement de travail stable, sa pérennité doit être assurée.

L'outil de modélisation devra intégrer des interfaces spécifiques permettant :

- **Gestion de l'hydrologie** : création d'un nouvel évènement de crue. L'interface devra permettre d'intégrer les hydrogrammes de crue aux stations par un simple copier-coller d'excel ou un import de fichier texte type.csv ou équivalent.
- **Gestion de la cote des murettes** : une interface doit permettre de tester facilement différentes hypothèses sur les murettes : suppression de toutes les murettes, surélévation des murettes de quelques centimètre ou dizaines de centimètre…. L'interface devra permettre d'intervenir sur un tronçon de murette homogène –par exemple murettes RG en Val de Marne le long de la Seine).
- **Gestion des barrages de navigation et de la vanne de St-Maur :** une interface doit permettre de modifier facilement les règles de gestion de ces ouvrages

De manière générale, toutes les données de construction et de calage du modèle doivent pouvoir être modifiées par l'utilisateur afin qu'il puisse à terme se substituer au modélisateur : données topographiques et bathymétriques, rugosités, cotes de seuil, coefficients de perte de charge, représentation des ouvrages transversaux et longitudinaux, règles de gestion des ouvrages de protection contre les inondations, modification des paramètres des liaisons…

L'outil de modélisation ou un outil de cartographie complémentaire compris dans la prestation devra permettre de produire des résultats cartographiques sous **format vecteur**. En particulier l'outil doit permettre de fournir :

- MNSE sous format raster
- De cartographier l'emprise de la zone inondée,
- De cartographier des classes de hauteurs d'eau,
- De cartographier des zones de vitesse (par exemple vitesse supérieur à 0.5 m/s, supérieur à 1m/s….)
- De cartographier les durées de submersions (inférieur à 24 h, entre 24 et 48 h, supérieur à 48 h).

Ces cartographies seront utilisées pour la gestion de crise (plan ORSEC, PCS) et alimenter des modèles d'endommagement afin de calculer les dommages surfaciques.

Dans son offre, le candidat décrira très précisément les étapes de la chaîne de production cartographique permettant de disposer des données SIG (limite des hauteurs d'eau par classe, emprise inondable….)

3.1.3.2. Fourniture des Licences et installation de l'outil sur les environnements de l'EPTB Seine Grands Lacs et du SPC SMYL

La prestation inclut la fourniture de licences mono utilisateur. Le candidat précisera dans son offre les systèmes d'exploitation supportés par le logiciel. Il est souhaité que le logiciel fonctionne sous Window 7.

Cette licence doit permettre de traiter l'ensemble de la chaîne de calcul jusqu'à la production de cartes.

L'utilisation de logiciels libres (QGIS, GRASS) sera favorisée dans la chaîne de traitement. Si la production de cartes nécessite l'utilisation de logiciels SIG particuliers tels que Mapinfo ou ArcGIS, le coût de licence de ces logiciels doit également être identifié comme tel et intégré à la prestation.

Le prestataire indiquera dans son offre les spécifications techniques du matériel et de l'environnement de travail pour une utilisation optimum de l'outil (optimisation des temps de calcul, stockage des données). Les spécifications techniques définitives devront être transmises à minima deux mois avant la date d'installation.

La prestation comprend également l'installation des logiciels, du modèle et de l'ensemble des simulations réalisées et l'ensemble des fichiers du modèle développé dans le cadre de l'étude, sur l'environnement de

travail de l'EPTB Seine Grands Lacs et du SPC SMYL. Une formation des utilisateurs (hydrauliciens/cartographes) et une notice d'utilisation (et installation) est également incluse dans la prestation.

L'ETPB Seine Grands Lacs souhaite une installation sur le réseau avec une utilisation mono-utilisateur.

Pour le SPC SMYL une installation simple avec une utilisation mono-utilisateur pourra convenir.

L'installation sera réalisée dans les locaux respectifs de l'EPTB et du SPC SMYL. Lors de l'installation, le prestataire remettra un support d'installation (CD ou équivalent) et de désinstallation accompagnée d'une documentation complète afin que les utilisateurs puissent procéder seuls, une installation sur du nouveau matériel par exemple.

Pour les deux organismes, cette licence devra permettre de :

- Simuler de nouvelles hydrologies ;
- Modifier ou étendre ponctuellement le modèle ;
- Visualiser et analyser ainsi qu'exporter (résultats d'un scénario modèle hydraulique) les résultats d'un scénario ;
- Cartographier les résultats et exporter les couches cartographiques

Le prestataire devra remettre un **manuel utilisateur** décrivant l'ensemble des fonctionnalités du logiciel.

Les SPC SMYL et SGL se réservent le droit de fournir tout ou partie des fichiers du modèle et des résultats à des tiers.

3.1.3.3. Formation des utilisateurs

Une formation commune EPTB SGL /SPC **de 5 jours environ** sera organisée pour former les utilisateurs.

L'objectif de la formation est de former le personnel de l'EPTB et du SPC SMYL à l'outil de modélisation hydraulique fourni de façon à ce qu'il puisse réaliser de façon autonome des nouvelles simulations hydrauliques depuis leur définition jusqu'à l'exploitation des résultats.

La formation s'adresse au maximum à 10 personnes de niveau ingénieur ou technicien. Deux niveaux de formation seront proposés : utilisateur simple, utilisateur avancé. L'objectif de la formation est de former les utilisateurs aux tâches ci-dessous :

Niveau 1 : utilisateur simple (1 à 2 jours) :

- Simulation d'un scénario pré-existant, export et valorisation des résultats
- Modifications de simulations existantes : hydrogrammes de crue… ;
- Cartographie des résultats,

Niveau 2 : utilisateur avancé (1 à 3 jours) :

- Modifications topologiques du modèle : modification topographique, ajout d'éléments, modélisation de modes de fonctionnement….

La formation sera réalisée dans les locaux de l'EPTB ou du SPC SMYL. Le prestataire devra prévoir les supports de formation adéquats :

- **Une notice d'utilisation du logiciel ;**
- **Un livret de formation.**

3.1.4. Réunions – Suivi de la prestation

La prestation comprend des réunions de travail à toutes les étapes d'avancement, et en moyenne 1 par mois. Chacune de ces réunions fera l'objet d'un relevé de décisions.

L'avancement de la prestation devra également faire l'objet de présentations dans le cadre d'un comité de pilotage de l'étude (3 réunions à prévoir pour cette mission) et du comité technique du PAPI (1 réunion à prévoir).

Pour les comités de pilotage, le prestataire préparera un diaporama synthétique qu'il aura préalablement fait valider par le maître d'ouvrage.

3.2. Missions complémentaires

3.2.1. MC1 : Catalogue cartographique des hauteurs d'eau

La prestation concerne la production de cartes au 1/10 000^{e} sur le secteur 1 . Elle comprend la remise des tables et projets SIG au format fourni par le SPC et la production de cartes pdf ainsi que toute bibliothèque, palette etc nécessaire au bon fonctionnement des projets. Ces derniers seront construits de façon à être transposables d'une machine à une autre (notamment via une arborescence des répertoires adaptée).

La cartographie devra représenter les classes de hauteur d'eau (0 - 0,5 m, 0,5 - 1 m, 1 - 1,5 m, 1,5 - 2 m et > 2m) sous forme de couches vectorielles.

Les couches SIG produites seront découpées en tronçons correspondant aux zones d'influence autour des stations réglementaires du SPC. Les limites de ces zones seront fournies au prestataire.

La définition des scénarios à cartographier sera fournie au prestataire.

Cette prestation fera l'objet de 2 réunions techniques (démarrage et rendu).

Le bordereau des prix prévoit cette prestation pour 1 scénario hydrologique et pour une commande groupée de 5 scénarios hydrologiques.

3.2.2. MC2 : Fourniture des données pour alimenter le modèle d'évaluation des dommages socio-économiques.

La prestation concerne la production des données nécessaires à l'alimentation du modèle d'évaluation des dommages socio-économique (hauteur d'eau, durée d'inondation) au format SIG. Elle comprend la remise des tables et projets SIG.

La définition des scénarios à cartographier sera fournie au prestataire.

Cette prestation fera l'objet d'une réunion technique (démarrage).

3.2.3. MC 3 : Etude de l'homogénéisation des murettes

Ce scénario a pour objectif d'étudier l'effet de l'homogénéisation du niveau des murettes en petite couronne.

2 configurations d'aménagement devront être envisagées :

- calage uniforme des murettes existantes au niveau de la crue 1910,
- linéaire complémentaire de murette dans les zones denses de petite couronne calé à la même cote que les murettes existantes.

L'effet de ces deux configurations d'aménagement devra être étudié pour 5 crues à définir en comité de pilotage.

L'analyse devra permettre de mettre en avant, sur le secteur 1 :

- Les zones exondées pour chaque scénario,
- Les effets sur la propagation des crues en plusieurs points du linéaire de l'amont de la zone aménagée jusqu'à l'aval de la confluence avec l'Oise : surcote, différence de débit de pointe, décalage du maximum de la pointe…

Le rapport d'étude devra permettre de conclure sur les impacts positifs et négatifs d'un tel scénario, les zones restant inondées malgré la présence de murettes, les volumes compensatoires à prévoir.

La prestation comprend également la tenue de 4 réunions au minimum, dans le cadre d'un comité technique élargi aux gestionnaires de murettes.

3.2.4. MC4 : Visualisation en réalité augmentée d'une crue

La visualisation en réalité augmentée d'une crue ayant un même niveau que la crue de janvier 1910 sur 10 sites caractéristiques fera l'objet d'un marché spécifique.

Dans le cadre du présent marché, la prestation concerne la fourniture de la hauteur d'eau à pas de temps ou pas d'espace rapproché (environ tous les 10 cm ou toutes les 3 à 6 heures) afin de représenter de manière fluide la propagation de l'eau dans le lit majeur.

La prestation comprend pour 10 secteurs d'environ 2 km², la fourniture des données SIG de hauteur d'eau permettant d'animer une représentation en réalité augmentée de la mise en eau du lit majeur.

Cette prestation fait l'objet d'une réunion

3.2.5. MC5 : Evaluation de l'effet du site pilote de la Bassée

L'EPTB étudie dans le cadre du PAPI de la Seine et de la Marne franciliennes un site pilote pour l'écrêtement des crues.

Ce site pilote, espace ceinturé de digues de 5 m de hauteur au maximum, situé dans la vallée de la Seine entre Bray-sur-Seine et Marolles aura une capacité d'environ 10 M de m3. Son alimentation sera assurée par pompage sous un débit de l'ordre de 40 m^3/s.

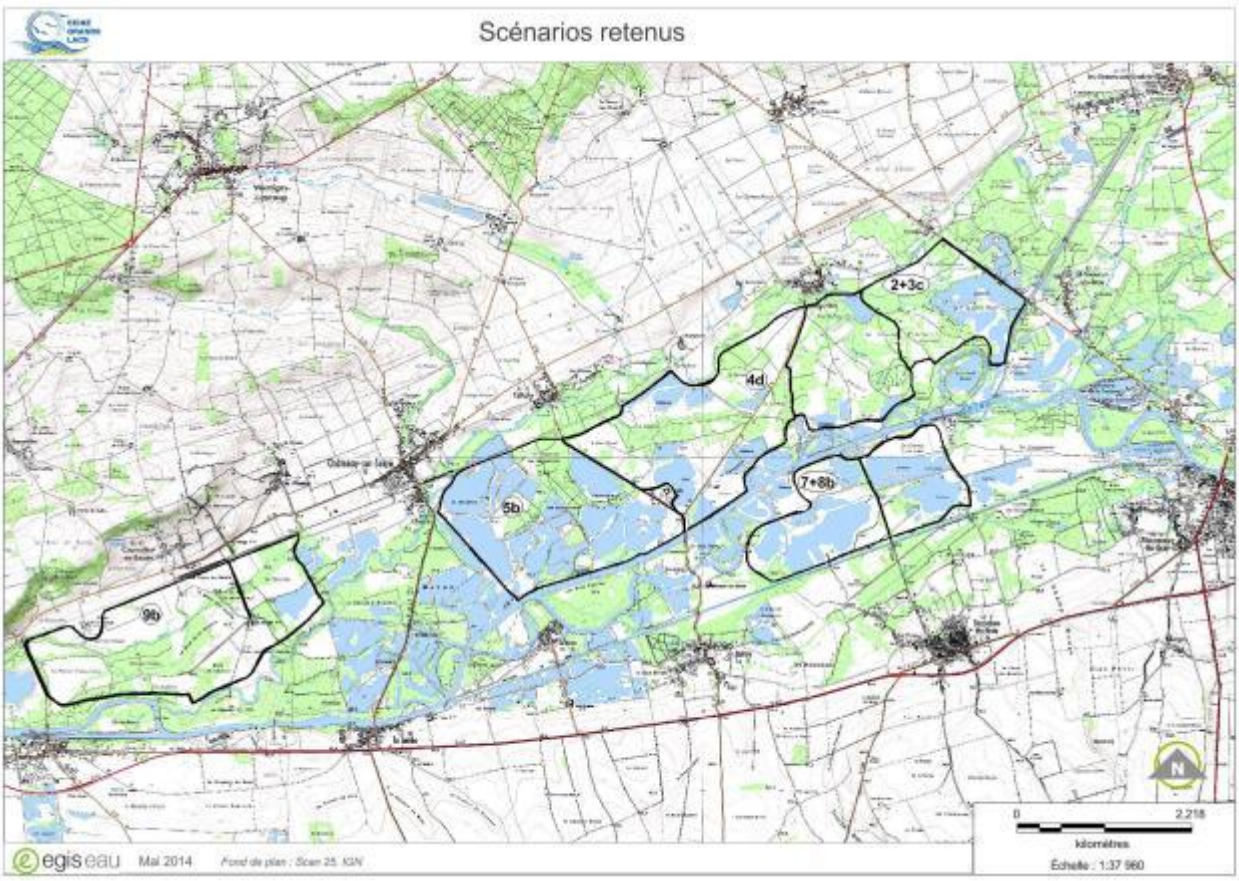


Figure 6 : plan des scénarios possibles de site pilote.

Sa gestion repose sur l'observation du passage du maximum de la crue de l'Yonne à Gurgy associé à un niveau de cote à Montereau Fault-Yonne (cf description de la gestion détaillée en annexe).

L'EPTB fournira les hydrogrammes dans l'état initial et avec la gestion du site pilote en aval de la confluence Seine-Yonne.

La prestation comprend :

- Le calcul de l'effet de l'ouvrage sur 5 crues fournies par l'EPTB, incluant l'export des couches cartographiques permettant d'alimenter le modèle d'évaluation socio-économique.
- Un rapport de présentation indiquant les modalités de calcul et analysant l'effet de l'ouvrage sur le secteur aval,
- Les résultats sous format .xls (comparaison des débits maximums et niveaux d'eau maximum en différentes stations caractéristiques, ligne d'eau…), et sous couches SIG des scénarios (pour les 5 scénarios de crue, représentation des surfaces inondées avec et sans site pilote, de la différence de surface inondées, et des niveaux d'eau et durées de submersion atteints avec et sans site pilote).

Cette prestation comprend 2 réunions (démarrage et rendu).

3.2.6. MC6 : Développement d'un outil ou d'une chaîne d'outils de modélisation des écoulements sur le secteur 2

La présente prestation correspond à la modélisation sur le secteur 2 défini au paragraphe 2.2.

Le modèle sur ce secteur doit être calé en propagation et en niveau. Il doit permettre d'évaluer les débits de débordement et les niveaux d'eau en lit majeur sur l'ensemble du périmètre.

Les préconisations relatives au calage du paragraphe 3.1.2 s'appliquent pour cette prestation.

L'emprise du modèle doit s'étendre de l'amont des prises des lacs-réservoirs jusqu'au secteur 1. L'entrée hydrologique du modèle correspondra aux stations de Chamouilley sur la Marne, Trannes (station hydrométrique EPTB) sur l'Aube, Bar-sur-Seine sur la Seine et Corancy et Ardoux sur l'Yonne et l'Houssière.

Les affluents principaux (Voire, Hozain, Saulx, Morins….) devront être intégrés dans le modèle sous forme d'hydrogrammes d'apports.

L'échelle à retenir pour la modélisation est globalement le 1/25000ème mais elle sera affiné au 1/10000ème dans les secteurs urbains ou en cas de complexité hydraulique (près de singularités, pente de ligne d'eau notablement plus forte par exemple dans des zones de by-pass...).

Tout comme pour le secteur 1, le prestataire recueillera l'ensemble des données topographiques en interrogeant les différents gestionnaires (DREAL, DDT, VNF, syndicats de rivières…..). En cas de données manquantes, il rédigera le cahier des charges des données complémentaires nécessaires et en réalisera l'estimation.

Il devra comprendre un module représentant la gestion des **lacs-réservoirs** intégrant à minima :

- Les limitations structurelles des canaux de prise et de restitution ;
- La courbe de remplissage,
- Les règles de gestion : débit maximum aval à respecter, volume maximum….
- une interface doit permettre de modifier les règles de gestion des lacs-réservoirs : courbe de remplissage, débit d'écrêtement…. Cette interface doit permettre de sélectionner facilement la situation de la simulation : avec ou sans lacs-réservoirs.

Le candidat précisera dans son offre le type de modélisation envisagé pour les secteurs ruraux.

La prestation comprend une formation des agents de l'EPTB de 2 jours pour les points suivants :

- Utilisation du modèle sur le secteur amont
- Modification et paramétrage des règles de gestion des ouvrages,
- Utilisation du module « crue en cours » si la mission complémentaire 9 est réalisée.

La prestation comprend une réunion d'avancement tous les mois.

3.2.7. MC7 : Etude de configurations avec et sans lacs-réservoirs.

Pour une crue donnée, cette mission comprend la simulation avec et sans les lacs-réservoirs pour une hydrologie donnée.

Dans le cadre de cette mission le prestataire remettra un rapport, les fichiers .xls de travail et les couches SIG contenant :

- L'influence sur les débits de pointe et cote maximum aux stations hydrométriques (secteurs 1 et 2),
- Les hydrogrammes et limnigrammes avec et sans lacs-réservoirs aux stations hydrométriques (secteurs 1 et 2),
- La différence de surface inondée (secteurs 1 et secteur 2),
- Les couches SIG de classe de hauteur d'eau pour les 2 scénarios et 1 couche de différence de niveau d'eau (secteurs 1 et 2)
- Les couches SIG de classe de durée d'inondation pour les 2 scénarios et 1 couche SIG de différence de durée d'inondation (secteurs 1 et 2)
- Un rapport de synthèse sur l'effet des ouvrages.

3.2.8. MC8 : Maintenance annuelle

Ce prix comprend la maintenance du logiciel pour une durée de 1 an. Le contrat de maintenance devra comprendre :

- La mise à jour de la licence logiciel si des évolutions sont prévues,
- L'assistance téléphonique pour un appui technique relatif à l'utilisation du logiciel et du modèle développé dans le cadre de cette étude. Cette assistance sera basée sur un forfait global d'assistance de 20h.

L'offre du candidat doit décrire précisément les prestations incluses dans le contrat de maintenance, en particulier pour assurer le maintien opérationnel de l'outil (délais d'intervention notamment).

3.2.9. MC9 : Développement d'une interface permettant de simuler l'action des lacs-réservoirs sur une crue en cours.

Cette interface devra permettre à l'EPTB d'évaluer facilement l'action des lacs-réservoirs sur une crue en cours en aval des lacs-réservoirs. Elle devra permettre d'éditer une information en cours d'évènement et d'alimenter le bulletin de crue (cf annexe 2 : bulletin de crue). A noter que la forme de ce bulletin de crue est susceptible d'évoluer.

L'interface devra permettre :

- De mettre à jour l'hydrologie d'une crue en cours à partir des données d'observations aux stations hydrométriques, (le module permettra donc la reconstitution des apports intermédiaires entre 2 stations hydrométriques)
- De produire les hydrogrammes et limnigrammes aux stations hydrométriques avec et sans lacs-réservoirs

Il n'est pas demandé d'inclure des prestations de recalage temps réel des données, ni d'évolution des hydrogrammes d'entrée au-delà de l'instant du lancement du calcul. L'objectif est de déterminer de façon relative l'effet des manœuvres des lacs-réservoirs déjà effectuées.

L'objectif de cette interface est de faciliter la saisie d'une crue en cours, interpoler les apports des bassins intermédiaires non mesurés et de lancer successivement deux configurations d'aménagement (avec et sans lacs-réservoirs).

Des réunions d'avancement mensuelles sont incluses dans cette prestation.

3.2.10. MC10 : Simulation complémentaire

Cette mission complémentaire comprend la modification locale du modèle hydraulique liée à la prise en compte d'un nouveau scénario à tester. Cette modification à définir par le maître d'ouvrage pourrait être par exemple la modification d'un niveau de murette, l'ajout d'une protection localisée, la modification de la gestion d'un lac-réservoir ou du site pilote de la Bassée.

Cette mission complémentaire comprend la production de la simulation hydraulique pour un évènement de crue donné avec la production :

- d'un rapport sur la comparaison avec l'état de référence, en particulier aux principales stations du linéaire.
- les fichers .xls résultats : limnigramme, hydrogramme, ligne d'eau,
- les fichiers SIG des hauteurs d'eau, surfaces inondées, durées de submersion etc.

3.2.11. MC11 : Simulation d'une hydrologie complémentaire

Cette prestation correspond à la simulation d'une crue supplémentaire

Cette mission complémentaire comprend la production de la simulation hydraulique pour un évènement de crue donné avec la production :

- L'évaluation des apports intermédiaires pour la crue donnée
- les fichiers .xls résultats : limnigramme, hydrogramme, ligne d'eau,
- les fichiers SIG des hauteurs d'eau, surfaces inondées, durées de submersion etc.
- un rapport de synthèse des résultats.

3.2.12. MC12 : réunions supplémentaires

Ce prix rémunère une réunion de travail ou une réunion devant un comité de pilotage supplémentaire.

- Ce prix comprend :
  - La préparation des supports de réunion,
  - La diffusion d'un ordre du jour,
  - La rédaction du compte-rendu.

3.2.13. MC13 : prestations complémentaires

Pour des besoins spécifiques liés à l'utilisation du modèle qui n'ont pas pu être exprimés au stade du cahier des charges (par exemple étude d'une configuration d'aménagement spécifique…), le prestataire réalisera un devis sur la base du bordereau des prix journaliers.

4. DISPOSITIONS GENERALES

4.1. Calendrier et déroulement de la prestation

La durée totale du marché est fixée à **36 mois.**

La durée de chaque mission sera définie dans le bon de commande correspondant.

Le tableau suivant indique la durée indicative de chaque prestation :

Code	Intitulé	Durée indicative
MP	Développement d'un outil de modélisation des écoulements sur le secteur 1	12 mois (hors topo complémentaire)
MC1	Catalogue cartographique des hauteurs d'eau	1 mois (pour 1 scénario hydrologique)
MC2	Fournitures des données pour alimenter le modèle d'évaluation des dommages socio-économiques	1 mois
MC 3	Etude de l'homogénéisation des murettes	3 mois
MC4	Visualisation en réalité augmentée d'une crue.	1 mois
MC 5	Evaluation de l'effet du site pilote de la Bassée	1 mois
MC6	Développement d'un outil de modélisation des écoulements sur le secteur 2	12 mois (hors topo complémentaire)
MC7	Etude de scénarios avec et sans lacs-réservoirs.	1 mois
MC8	Maintenance annuelle	1 an
MC 9	Développement d'une interface permettant de simuler l'action des lacs-réservoirs sur une crue en cours.	3 mois
MC 10	Simulation complémentaire	1 mois
MC11	Simulation d'une hydrologie complémentaire	15 jours

Le prestataire indiquera dans son offre le délai pour chaque élément de mission.

Pour la mission principale, le prestataire indiquera le planning détaillé des taches nécessaires à la construction et au calage du modèle.

4.2. Lieu des prestations

Les réunions de travail se dérouleront dans les locaux de l'EPTB à Paris ou du SPC SMYL.

4.3. Rendus

4.3.1. Les livrables attendus sont détaillés pour chaque prestation

Le rendu d'un livrable sera d'abord effectué en version provisoire sous forme numérique pour validation, puis en version définitive sous forme papier (3 exemplaires dont 1 reproductible) et numérique sur CD-Rom (fichiers au format Word, Excel et Pdf).

Le prestataire remettra également au Maître d'ouvrage en fin de chaque commande toutes les données de base qui auront été collectées sous forme numérique (données hydrométriques, topographiques et bathymétriques, format base de données ou SIG…).

Les résultats de calculs complets établis dans le cadre de l'étude seront fournis sous forme numérique.

Tous les fichiers de construction et de simulation du modèle hydraulique (et si besoin modèle hydrologique) seront remis au maître d'ouvrage.

4.3.2. Format des livrables liés au SIG

Format des livrables liés au SIG :

Les livrables liés au SIG produit par le titulaire sont transmis à l'EPTB dans le format originel avec lequel ces données ont été créées. Ces fichiers contiennent les éléments relatifs à la géométrie des objets, aux bases de données, à la réalisation des cartes et à la symbologie associée.

Afin de garantir l'utilisation de ces fichiers par l'EPTB, le titulaire remet également l'ensemble des données cartographiques ayant servies à la réalisation des cartes dans un format shapefile. Pour ce qui concerne les données raster, elles sont transmises dans un format GeoTIFF.

Les données géographiques sont renseignées dans le système géodésique RGF 93 et dans la projection Lambert 93 en dans le système d'altitude NGF/IGN69.

Eléments concernant le renseignement des métadonnées

Il est demandé au titulaire de produire les métadonnées associées aux livrables liés au SIG sous forme numérique.

Tous les livrables correspondant aux couches d'informations objet des prestations du présent marché, que ces données soient concernées par INSPIRE ou non, sont accompagnés d'une fiche de métadonnées conforme à la directive INSPIRE publiée au JOCE le 25 avril 2007 et respectant les normes ISO 19115. Ainsi, l'EPTB pourra dès la réception des prestations SIG, après validation de leur conformité, diffuser le cas échéant ces données numériques.

Le titulaire utilise pour renseigner ces fiches le « guide de saisie des éléments de métadonnées INSPIRE » élaboré sous l'égide du Conseil national de l'information géographique et disponible sur le site http://cnig.gouv.fr.

Ces fiches pourront être livrées :

- soit directement au format XML avec respect des normes ISO 19139,
- soit par le biais d'un fichier excel téléchargeable sur le site www.geocatalogue.fr rubrique « aide au catalogage ». (ce fichier contient un module d'export au format XML selon la norme ISO 19139).

4.4. Réunions

Le nombre de réunions à prévoir est listé dans le tableau ci-dessous :

Code	Intitulé	Nombre de réunion mi-

		nimum
MP	Développement d'un outil de modélisation des écoulements sur le secteur 1	- Réunion de travail, environ 1 fois par mois (possible par téléphone ou WEBEX 1 fois sur 2) - 2 réunions de COPIL - 1 réunions COPIL PAPI
MC1	Catalogue cartographique pour 5 scenarios de crue	2 réunions (démarrage et rendu)
MC2	Fournitures des données pour alimenter le modèle d'évaluation des dommages socio-économiques	2 réunions (démarrage et rendu)
MC 3	Etude de l'homogénéisation des murettes	4 réunions
MC4	Visualisation en réalité augmentée d'une crue.	1 réunion (démarrage)
MC 5	Evaluation de l'effet du site pilote de la Bassée	2 réunions (démarrage et rendu)
MC6	Développement d'un outil de modélisation des écoulements sur le secteur 2	- Environ tous les mois
MC7	Etude de scénarios avec et sans lacs-réservoirs.	2 réunions (démarrage et rendu)
MC8	Maintenance annuelle	
MC 9	Développement d'une interface permettant de simuler l'action des lacs-réservoirs sur une crue en cours.	- Environ tous les mois
MC 10 et MC 11	Simulation complémentaire	2 réunions (démarrage et rendu)

Chaque réunion fera l'objet de l'établissement par le prestataire :

- D'un ordre du jour ;
- D'un support de présentation type Powerpoint ;
- D'un compte-rendu dans les 10 jours suivant la réunion, soumis à validation du maître d'ouvrage.

5. ANNEXES

5.1. Gestion des lacs-réservoirs

5.1.1. Principe généraux

L'exploitation des ouvrages est effectuée suivant un règlement d'eau propre à chaque lac-réservoir. Le règlement d'eau définit les différents volumes d'eau que doit contenir l'ouvrage, ainsi que les débits minimums et maximums à laisser en rivière. Sur ces bases, le remplissage du lac, qui commence en principe le 1er novembre s'effectue suivant une courbe définissant des objectifs mensuels. Le remplissage s'achève fin juin. De juillet à octobre, le réservoir est progressivement vidé. Cette vidange peut se prolonger en novembre et en décembre en cas de saison sèche.

Le règlement d'eau prévoit des volumes de stockage répartis en 4 tranches :

- **la tranche morte (ou de garde)** : la tranche morte est la tranche d'eau destinée à la survie du cheptel piscicole qui n'est jamais vidangée hormis lors des inspections décennales réglementaires ou travaux éventuels.
- **la tranche de réserve :** cette tranche est réservée au soutien des débits d'étiage après le 31 octobre lorsque la situation hydrologique le nécessite (sécheresse prolongée).
- **la tranche d'exploitation :** cette tranche est remplie chaque année, en principe entre le 1er novembre et le 30 juin puis vidée entre le 1er juillet et le 30 octobre pour le renforcement des débits en période d'étiage. Le remplissage et la vidange s'effectuent suivant des objectifs de remplissage/vidange mensuels.
- **la tranche exceptionnelle :** cette tranche ne peut être remplie qu'en cas exceptionnel, par exemple en cas de crues importantes ou de crues de printemps et pour une durée réduite. Dès que possible, la tranche exceptionnelle doit être vidée pour revenir dans la tranche d'exploitation.

  Le règlement d'eau comporte d'autres caractéristiques à respecter :

  - **Le débit réservé** : débit minimum à respecter en rivière à l'aval immédiat de la prise d'eau
  - **Le débit de référence (ou débit d'écrêtement)** : débit maximal à ne pas dépasser en rivière à l'aval des prises d'eau et des ouvrages de restitution, dans la mesure du possible,
  - Le débit maximum admissible dans les canaux d'amenée,
  - Le débit maximum admissible dans les canaux de restitution, en exploitation normale et en cas de vidange de sécurité,
  - Les débits d'entretien des tributaires….

Les règlements d'eau des ouvrages étant en cours de révision ; seuls les règlements actuels sont présentés dans le présent CCTP. Les simulations seront effectuées sur les bases de règles de gestion fournies par le maître d'ouvrage au début de la mission concernée.

5.1.2. Descriptif du lac-réservoir SEINE

5.1.2.1. Description de l'ouvrage

Le lac-réservoir SEINE, lac d'Orient, a été mis en service en 1966. Etabli en dérivation de la Seine, le lac-réservoir SEINE offre une capacité normale d'exploitation de 207.8 M. de m^3.

Le lac-réservoir SEINE comporte :

- **un canal d'amenée** dont la capacité maximale de dérivation s'établit à 180 m^3/s et peut exceptionnellement atteindre 210 m^3/s.
- **un canal de restitution** d'une capacité maximale du canal de restitution est de 35 m3/s.

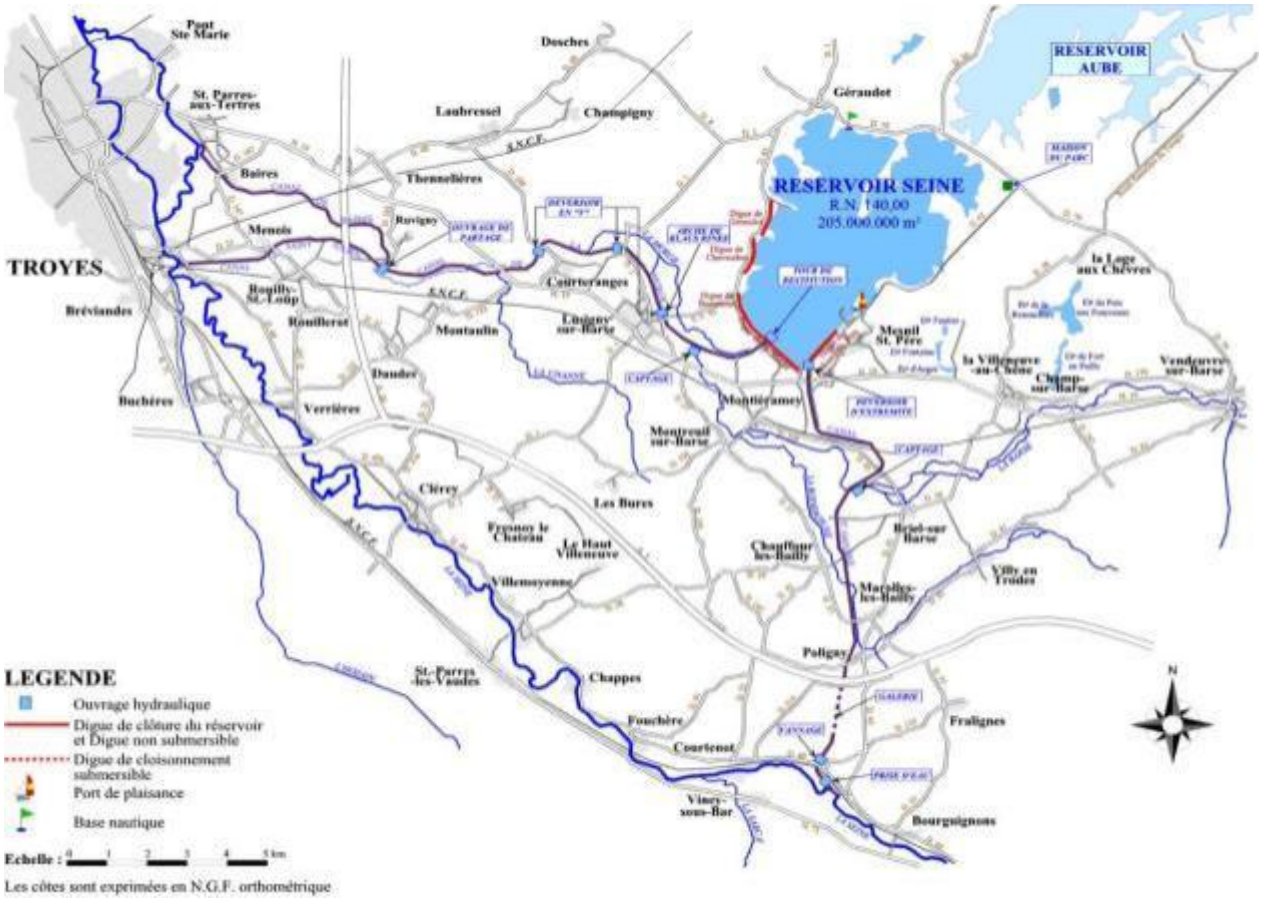


Figure : Plan du lac-réservoir SEINE

5.1.3. Gestion de l'ouvrage

Le règlement d'eau prévoit :

- un débit minimal à laisser en rivière à **l'aval de la prise d'eau** (débit réservé) de 3 m3/s d'octobre à mars puis d'avril à septembre de :
    - 3 m^3/s si le débit amont dépasse 10 m^3/s,
    - de 4 m^3/s si le débit amont est compris entre 8 et 10 m^3/s,
    - de 5 m^3/s si le débit amont est compris entre 6 et 8 m^3/s,
    - aucune dérivation ne peut être effectuée si le débit amont de la rivière est inférieur à 6 m^3/s.
    - Le débit réservé est au moins égal au $1/10^{ème}$ du débit moyen interannuel de la Seine au droit de la prise d'eau, conformément à la loi « Pêche » de 1984.

- un débit maximal à ne pas dépasser en période de crue (débit d'écrêtement), dans la limite des caractéristiques de l'ouvrage, fixé à **l'aval de la restitution** à :
    - 120 m3/s entre novembre et mars,
    - 90 m3/s entre avril et juin,
    - 40 m3/s entre juillet et octobre.

- un débit minimal d'alimentation du canal de Baires de 800 l/s ou égal au débit de la Barse si celui-ci est inférieur à ce seuil et un débit maximal de restitution par le canal de Baires de 20 m^3/s.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Q écrêtement	120			90			40				120	
Q réservé	3			Débit de 3 à 6 modulé en fonction du débit amont							3	
Q max canal de Baires	20											
Q min canal de Baires	0,8 ou débit naturel dès que le débit de la Barse est inférieur à 0.8											

Tableau : tableau récapitulatif des débits d'écrêtement et débit réservé du lac-réservoir SEINE

La vidange de la tranche d'exploitation (185 M de m^3) s'effectue en principe du 1er juillet au 31 octobre.

La vidange éventuelle de la tranche de réserve (12 M de m^3) est prévue en novembre et décembre pour le soutien des étiages tardifs.

Une tranche morte de 8 M de m^3 est conservée pour la survie de la faune piscicole.

Une tranche exceptionnelle, de 12 M de m^3 au-dessus de la tranche d'exploitation, peut être utilisée en période de crue pour un temps limité.

- **Remplissage du lac-réservoir SEINE**

Le remplissage du réservoir est entrepris en principe à partir du 1er novembre, suivant une courbe définissant les objectifs de remplissage, établie de façon à minimiser les risques de défaillance (écrêtement insuffisant d'une crue ou remplissage incomplet du lac) et à respecter les débits définis ci-dessus.

Après le stockage des apports d'une crue d'hiver, si le remplissage excède l'objectif, le réservoir est délesté afin de revenir au plus tôt à la courbe de remplissage théorique dans le respect du débit de référence à l'aval de la restitution défini par le règlement d'eau.

- **Vidange du lac-réservoir SEINE**

Elle s'effectue en principe du 1er juillet au 31 octobre inclus. Toutefois, cette vidange peut être ralentie ou interrompue en fonction des crues afin de respecter le débit de référence.

Ainsi, en année normale et avec un remplissage complet du réservoir, le débit moyen de restitution est de 18.6 m^3/s. Ce débit peut être modifié par les apports pluviométriques et l'évaporation.

5.1.4. Descriptif du lac-réservoir AUBE

5.1.4.1. Description de l'ouvrage

Le lac-réservoir AUBE est constitué de deux lacs respectivement le lac Amance et le lac du Temple établis dans les vallées de 3 affluents de l'Aube, d'une part l'Amance, d'autre part l'Auzon et le Temple. Il offre une capacité normale d'exploitation de 170 M. de $m^{3.}$

Le lac-réservoir AUBE comporte :

- **un canal d'amenée de** capacité maximale de dérivation de 135 m3/s ;
- **un canal de restitution** d'un débit maximal de vidange est de 35 m^3/s en exploitation normale.



Figure : plan du lac-réservoir AUBE

5.1.4.2. Gestion de l'ouvrage

Le règlement d'eau, établi à l'issue de l'enquête hydraulique qui s'est déroulée du 15 janvier au 13 février 1990, a été approuvé par arrêté signé par le Préfet de l'Aube le 31 juillet 1990.

Le règlement d'eau définit :

- **Les débits réservés**

Ce sont les débits minima à laisser en Aube à l'aval de la prise d'eau. Ils sont fixés comme suit :

- du 1er novembre au 31 mars : 2 m3/s,
- du 1er avril au 30 juin :
  - 2 m^3/s, si le débit amont dépasse 8 m^3/s,
  - 3 m^3/s, si le débit amont est compris entre 6 et 8 m^3/s,
  - 4 m^3/s, si le débit amont est compris entre 4 et 6 m^3/s,

Si le débit amont est inférieur à ces valeurs, aucun prélèvement n'est effectué.

- **Débit d'écrêtement**

Le débit d'écrêtement (ou de référence) correspond au débit à ne pas dépasser en Aube à l'aval des ouvrages de restitution, dans la limite des caractéristiques de l'ouvrage.

Le débit d'écrêtement fixé à l'aval de la confluence Aube-Voire est arrêté à 130 m^3/s.

- **Débit de réalimentation des rus**

Le règlement d'eau précise, en son article 5, que des débits minimaux d'entretien seront maintenus en permanence dans l'Auzon, l'Amance et le Temple pour autant que le remplissage des bassins ou les apports naturels le permettent. Le débit de réalimentation des rus est fixé comme suit :

- 200 l/s, débit minimal d'entretien pour le ru de l'Amance,
- 100 l/s, débit de réalimentation pour le ru du Temple,
- 200 l/s, débit minimal d'entretien pour le ru de l'Auzon.

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Q écrêtement		130											
Limitation des restitutions					Hauteur à l'échelle de Ramerupt (1,70 m)								
Débit réservé			2		Débit de 2 à 4 modulé en fonction du débit amont							2	
Débits d'entretien	Amance	0.2											
	Temple	0.1											
	Auzon	0.2											

Tableau : tableau récapitulatif des débits d'écrêtement et débit réservé du lac-réservoir AUBE

- **Remplissage du lac-réservoir Aube**

Le remplissage de la tranche d'exploitation du réservoir (environ 146 M. de m^3) est entrepris, en principe, dès le 1er novembre de chaque année et poursuivi jusqu'au 30 juin de l'année suivante, suivant une courbe d'objectifs mensuels visant à amener, à cette dernière date, le niveau du réservoir à la cote 138.55 IGN pour le lac Amance et 138.35 IGN pour le lac du Temple. Le début de remplissage peut être différé en cas d'étiage sévère et prolongé imposant la mise en œuvre de la tranche de réserve (20.8 M. de m^3) durant les mois de novembre et de décembre pour le soutien du débit de l'Aube et de la Seine après la confluence.

La tranche exceptionnelle (13,5 M. de m^3) peut être sollicitée pour une durée réduite en période de crue.

Après le stockage des apports d'une crue d'hiver, si le remplissage excède l'objectif, le réservoir est délesté afin de revenir au plus tôt à la courbe de remplissage théorique dans le respect du débit de référence à l'aval de la restitution défini par le règlement d'eau.

- **Vidange du lac-réservoir AUBE**

Elle s'effectue en principe du 1er juillet au 31 octobre inclus. Toutefois, cette vidange peut être ralentie ou interrompue en fonction des débits afin de respecter le débit de référence.

En année normale et avec un remplissage complet du réservoir, le débit moyen de restitution est de 14 m^3/s, débit qui peut être modifié par les apports pluviométriques et l'évaporation.

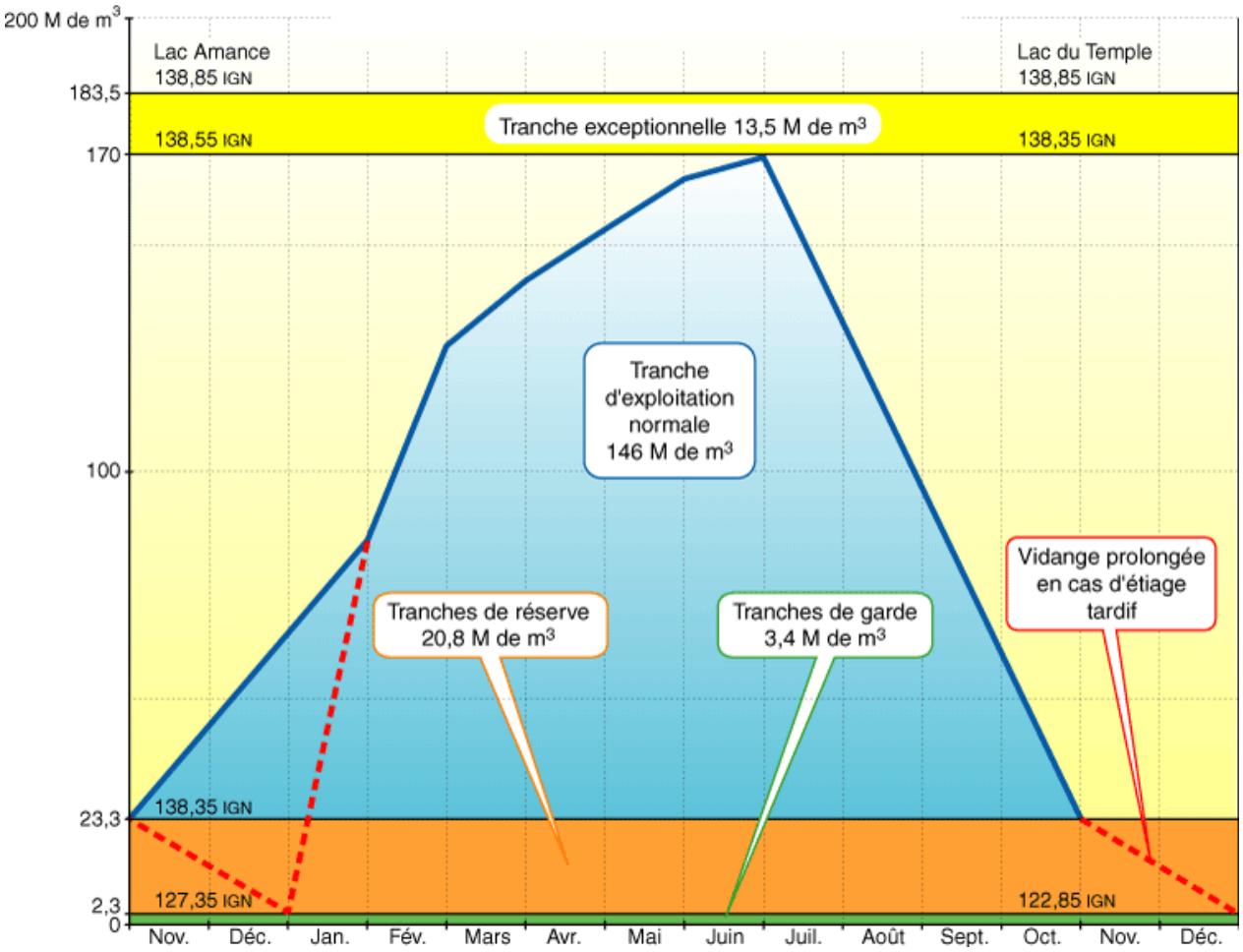
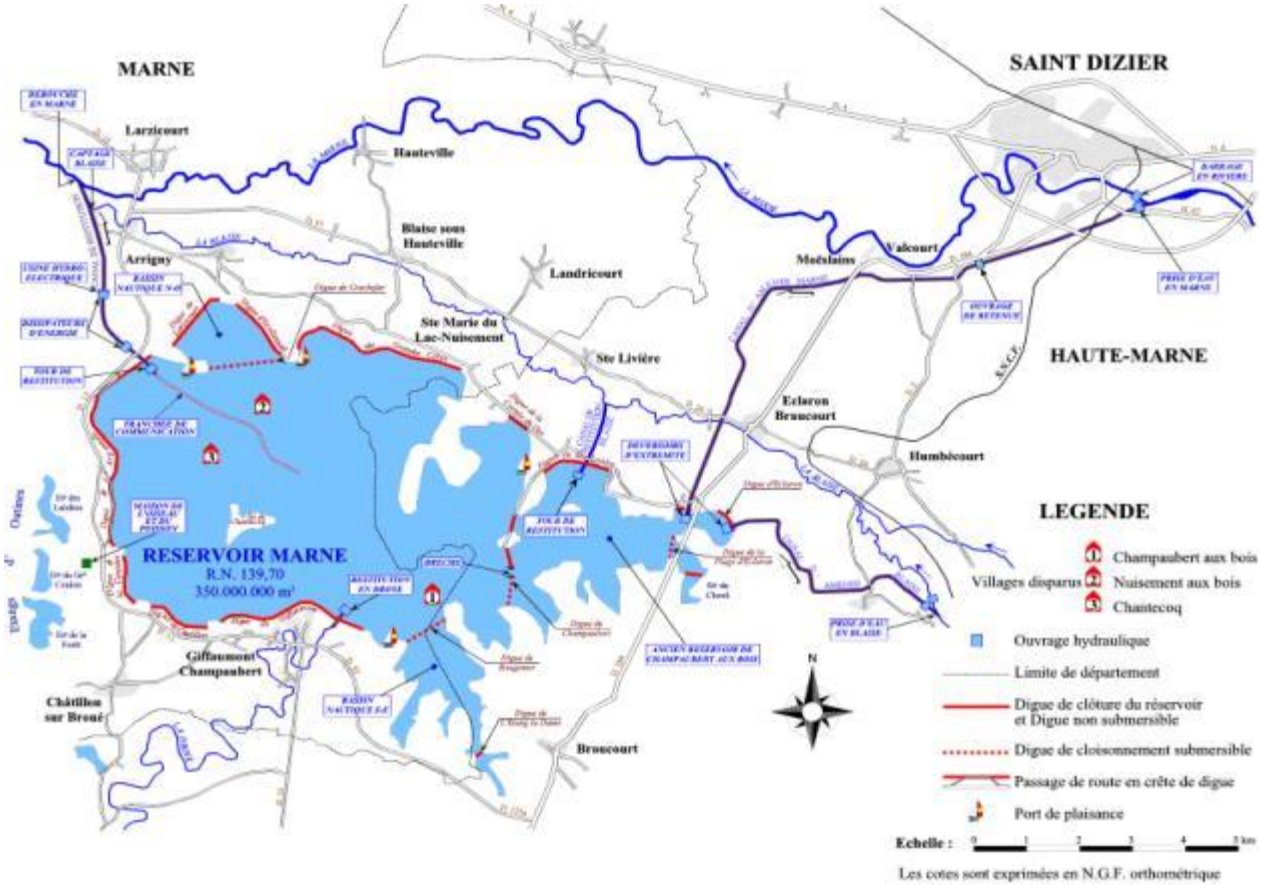


Figure : Courbe de remplissage théorique du lac-réservoir AUBE

5.1.5. Descriptif du lac-réservoir MARNE

Le lac-réservoir MARNE, situé en Champagne Humide, est établi en dérivation de la Marne et de la Blaise, affluent de la Marne.

Il comprend deux prises d'eau depuis la Marne à St Dizier et la Blaise à Louvemont.


MARNE
SAINT DIZIER
HAUTE-MARNE
Larzicourt
Hauteville
Blaise sous Hauteville
Arrigny
Landricourt
Ste Marie du Lac-Nuisement
Ste Livière
Mœslains
Valcourt
Eclaron Braucourt
Humbécourt
Giffaumont Champaubert
Châtillon sur Broué
Broucourt
RESERVOIR MARNE
R.N. 139,70
350.000.000 m³
LEGENDE
Champaubert aux bois
Villages disparus
Nuisement aux bois
Chantecoq
Ouvrage hydraulique
Limite de département
Digue de clôture du réservoir et Digue non submersible
Digue de cloisonnement submersible
Passage de route en crête de digue
Port de plaisance
Echelle :
Les cotes sont exprimées en N.G.F. orthométrique

Chiffres clés

• Débit maximal d'alimentation : - en Marne - en Blaise :	 375 m^3/s 33 m^3/s
• Débit maximal de vidange en exploitation normale : • **Débit réservé en aval** - de la prise Marne :	50 m^3/s - 5 m^3/s - 8 m^3/s du 1er avril au 31 octobre en cas de transit pour production hydroélectrique
- de la prise Blaise :	- 2 m^3/s - 3 m^3/s du 1er avril au 31 octobre en cas de transit pour production hydroélectrique
• **Débit d'entretien de la Droyes** • **Débit maximum restitué en Droyes** (en cas de vidange du plan d'eau)	100 l/s 3 m^3/s
• **Débit de référence en aval** - de la prise Marne :	140 m^3/s de nov à mars 120 m^3/s en avril 100 m^3/s en mai et juin 70 m^3/s de juillet à sept 100 m^3/s en octobre 20 m^3/s
- de la prise Blaise :	

5.1.6. Descriptif du lac-réservoir de Pannecière

Le barrage de Pannecière est un ouvrage à voûtes multiples d'une hauteur maximale de 49 m et d'une longueur totale de 350 m. La retenue à la cote 323,50 m NGF contient environ 80 M. de m^3 (millions de m^3) d'eau, pour une surface de 520 ha. Une retenue à la cote de 324 mNGF, d'un volume de 82,5 M. de m^3, peut être sollicitée ponctuellement pour écrêter les crues printanières.

5.1.6.1. Exploitation de l'ouvrage

L'ouvrage est actuellement géré selon la « consigne 84 ». Le règlement d'eau est en cours de révision : les nouvelles règles de gestion approuvées seront fournies au prestataire au démarrage de l'étude.

Débit réservé et débit de référence

Le débit réservé est fixé en sortie du bassin de compensation à 0,6 m^3/s.

En gestion normale, ce débit est maintenu au moins égal à 0,8 m^3/s au droit de la station hydrométrique de Montigny-en-Morvan - Chassy, dans la mesure du possible. Ce débit intègre quelques apports intermédiaires entre la sortie du bassin de compensation et la station.

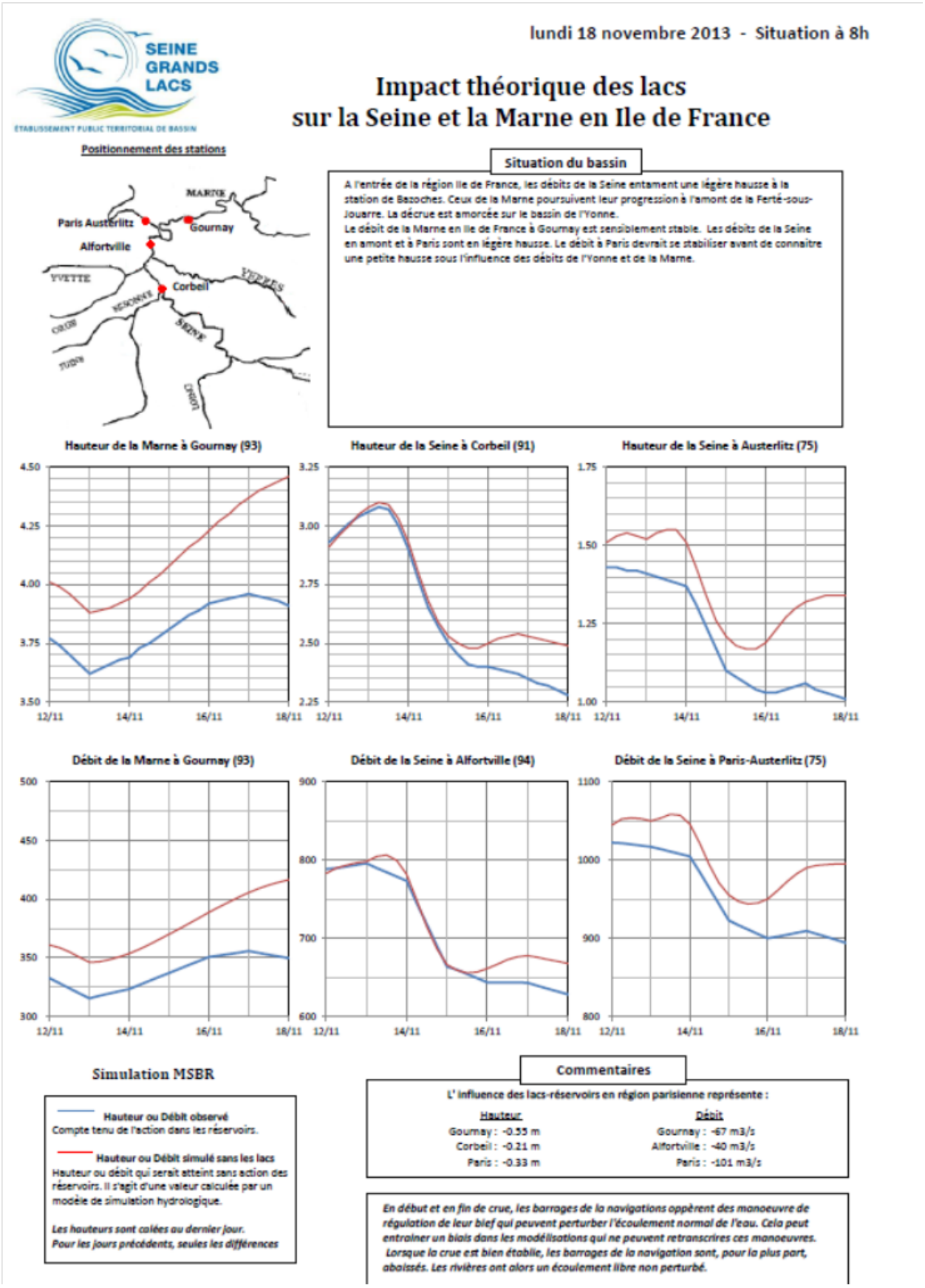
Il peut être inférieur si le débit amont est inférieur à 0,6 m^3/s et si la pluviométrie annuelle est inférieure à 860 mm.

Le débit de référence de l'Yonne à l'aval du bassin de compensation est fixé à :

- 12 m^3/s du 1er avril au 31 octobre,
- 14 m^3/s du 1er novembre au 31 mars.

Les variations de débit en aval du bassin de compensation sont limitées à 2 m^3/s par 24 heures.

5.2. Exemple d'un bulletin de crue



5.3. Gestion du site pilote de la Bassée

La gestion du casier pilote repose sur les principes suivants :

1. Le casier est mobilisé si le débit de pointe constaté à Gurgy est supérieur à 200 m^3/s et le débit à Montereau est supérieur à 700 m^3/s au moment du passage de la pointe à Gurgy
2. Le début du pompage commence 24 heures après le passage de la pointe de débit de l'Yonne à Gurgy.
3. Afin de mettre en route et arrêter le système progressivement, le débit de pompage est limité à 10 m3/s les 6 premières heures et les 6 dernières heures d'utilisation.
4. Le pompage est conduit à un débit constant d'environ 40 m^3/s durant à peu près 66 heures pour un volume de 10 M. de m^3.
5. La vidange est limitée à 21 m^3/s. Elle est régulée en fonction de deux cotes situées en aval du casier :

- **Consigne Seine-Yonne Zc2** : située en aval de la confluence à Montereau, égale à la **cote constatée à Montereau au moment du déclenchement du pompage à laquelle on soustrait 20 cm** (cette cote varie donc en fonction de chacune des crues étudiées)**.**
- **Consigne Seine amont Zc3** : située en amont de la confluence et de Montereau (en amont du barrage de Marolles). Cette seconde consigne de vidange est nécessaire car il est possible de générer, lors de la vidange, des débordements en Seine amont (amont de la confluence) alors que la Seine aval (aval de la confluence) ne déborde pas. La cote **ZC3** a été prise égale à **50.5 m NGF**. Cette cote correspond aux conditions locales de débordement en amont direct du barrage de Marolles.

Le schéma donné ci-après synthétise le principe de gestion adopté :

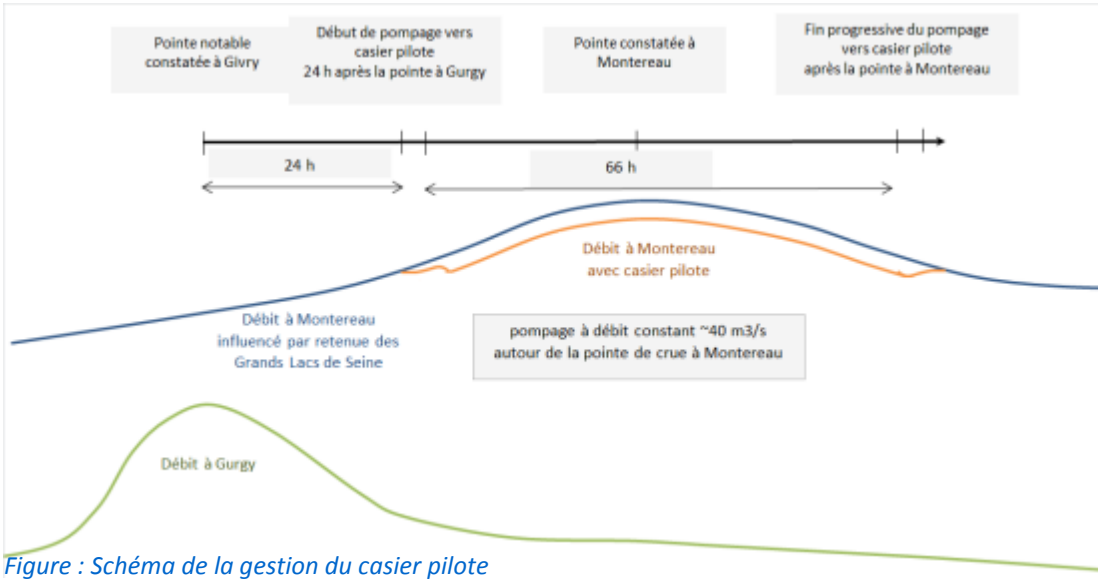


Figure : Schéma de la gestion du casier pilote