



Analyse Coût Bénéfice

Harmonisation de la protection contre le risque d'inondations sur les communes d'Ablon-sur-Seine et Villeneuve-Le-Roi

Rapport-v3

19-25

07-6-2022

hydro expertise

Liste des versions émises

Date	Nom	Remarque
26-11-2021	Rapport 19-15-VLR-Ablon-ACB-v1	1 ^{ère} émission
3-2-2022	Rapport 19-15-VLR-Ablon-ACB-v2	Complément synthèse et conclusion
7-6-2022	Rapport 19-15-VLR-Ablon-ACB-v3	ACB réalisé sur une durée de 50 ans Compléments environnementaux, impacts et coûts

SOMMAIRE

1	Synthèse et conclusion	6
2	Définition du projet	9
2.1	Description de l'ouvrage	9
2.2	Coût de l'aménagement	14
2.3	Contexte environnemental et conséquence	15
2.3.1	Ouvrage et son contexte	15
2.3.2	Enjeux et contraintes environnementales	16
2.3.3	Enjeux et contraintes environnementales	18
2.3.4	Conclusion et conséquences sur les coûts	20
3	Périmètre d'analyse de l'ACB et état de référence retenus.....	21
4	Aléas.....	22
4.1	Données hydrauliques et hydrologiques	22
4.2	Synthèse du fonctionnement hydraulique	22
4.3	Scénarios hydrologiques de référence pris en compte et période de retour associée	33
4.3.1	Choix des scénarios	33
4.3.2	Incertitude sur les périodes de retour et période de retour retenues	34
5	Enjeux du territoire concerné	37
5.1	Recensement des enjeux	37
5.2	Population exposée aux inondations.....	40
5.2.1	Méthodologie	40
5.2.2	Résultats	40
5.3	Emplois	41
5.3.1	Méthodologie	41
5.3.2	Résultats	41
6	Analyse des coûts et bénéfiques du projet	42
6.1	Rappel des hypothèses générales	42
6.2	Les coûts du projet	43
6.3	Analyse des dommages	43
6.3.1	Méthodologie générale	43
6.3.1.1	Hypothèses hydrauliques.....	44
6.3.1.2	Hypothèses liées à l'évaluation des dommages aux logements 45	45
6.3.1.3	Hypothèses liées à l'évaluation des dommages aux activités économiques	46
6.3.1.4	Hypothèses liées à l'évaluation des dommages directs aux infrastructures routières	47
6.3.2	Résultats	48
6.4	Estimation des Dommages Evités Moyens Annuels.....	51

6.4.1	Introduction.....	51
6.4.2	Evaluation du DEMA	52
6.5	Indicateurs de l'ACB	54
6.5.1	Rappels des définitions.....	54
6.5.2	Résultats de l'ACB	55
6.5.3	Tests de sensibilité	56
6.5.3.1	Tests de sensibilité sur l'horizon temporel	56
6.5.4	Tests de sensibilité sur la période de retour	57
6.5.5	Tests de sensibilité sur le coût de l'aménagement	59
6.5.6	Tests de sensibilité sur l'évaluation des dommages	60
6.5.7	Conclusion des tests de sensibilité et conséquences	61

LISTES DES FIGURES

Figure 1 - Profil en long - Murettes actuelles et projetées	10
Figure 2 – Vue en plan - Murettes actuelles et projetées	11
Figure 3 – Typologie SG3, SG4 et SG5.....	12
Figure 4 – Typologie SG6 et SG8.....	12
Figure 5 – Typologie SG7	13
Figure 6 – Typologie SG9.....	13
Figure 7 – Typologie des berges actuelles.....	15
Figure 8 – Localisation de la végétation existante en pied de berge	17
Figure 9 : Localisation des ZNIEFF au niveau de la région du projet	18
Figure 10 : Présentation des trames bleues et des trames vertes dans le secteur du projet – (Source : SRCE)	19
Figure 11 – Caractéristiques des principales crues vécues.....	22
Figure 12 – Profil en long des lignes d'eau	23
Figure 13 – Localisation de la protection	24
Figure 14 – Lois hauteurs-débits au droit des zones de débordement de la protection (profil P9)	25
Figure 15 – Iso-submersions - Etat actuel – T=7 ans.....	26
Figure 16 – Iso-submersions - Etat projet – T=7 ans	27
Figure 17 – Iso-submersions – Détail des zones inondées en l'absence du projet (7 ans)	28
Figure 18 – Iso-submersions - Etat actuel – T=14 ans	29
Figure 19 – Iso-submersions - Etat projet – T=14 ans.....	30
Figure 20 – Iso-submersions – Détail des zones inondées en l'absence du projet (14 ans)	31
Figure 21 – Synthèse – périodes de retour.....	35
Figure 22 – Cartographie de synthèse des enjeux	38
Figure 23 – Dommages par typologie – Etat actuel.....	50
Figure 24 – Dommages par typologie – Etat aménagé.....	50
Figure 25 – Définition des Dommages Evités Moyens Annuels.....	51
Figure 26 – Répartition fréquentielle – Dommages et dommages évités.....	53

LISTES DES ANNEXES

ANNEXE 1 Bibliographie	63
ANNEXE 2 Hydrologie - globale	64
ANNEXE 3 Hydraulique – Période de retour des protections	82
ANNEXE 4 Lois d'endommagement	95
ANNEXE 5 Dommages directs et indirects	97
ANNEXE 6 Scénario de protection supérieure – Source CD94	100

1 SYNTHÈSE ET CONCLUSION

Contexte

Le Département du Val-de-Marne, propriétaire et gestionnaire de 32 km d'ouvrages anti-crue le long de la Seine et de la Marne, assure l'entretien des murettes et digues. Il pilote, avec ses services, l'organisation et la fermeture des ouvertures batardables lors des crues.

Les inondations de 1910 puis de 1924 ont conduit les anciens départements de Seine et de Seine-et-Oise à construire des ouvrages de protection contre les inondations.

Le Département de Seine a mis en place des protections à la crue de 1910 pour la commune de Paris et à une crue de type 1924 pour les autres communes limitrophes d'Ivry-sur-Seine, de Vitry-sur-Seine et d'Alfortville.

Le département de Seine-et-Oise n'a pas eu la même démarche. Les protections qu'il a mises en place permettent de se prémunir contre des crues d'ampleur plus réduite. Certaines communes sont même restées sans protection contre les inondations. Ainsi, les villes d'Ablon-sur-Seine et Villeneuve-le-Roi disposent d'une protection hétérogène, de faible importance.

Les dernières crues de mai – juin 2016 et de janvier – février 2018, ont provoqué sur le territoire des communes d'Ablon-sur-Seine et Villeneuve-le-Roi des inondations dans les quartiers limitrophes à la protection.

Ces inondations ont rappelé l'importante vulnérabilité de ces quartiers.

Le Département du Val de Marne souhaite améliorer en homogénéisant le niveau de protection de l'ouvrage existant.

Le projet

La protection existante, longue d'environ 3 km est submergée pour une période de retour de 7 ans environ. L'analyse depuis 1966 (date de mise en service des barrages réservoirs) montre que la protection a été submergée 8 fois avec une forte variabilité temporelle des inondations :

- Le site a été inondé 6 fois entre 1970 et 1988.
- Une période de 27 années favorables sans submersion s'en est suivie précédant les événements de 2016 et 2018.

Le projet vise une amélioration de la protection existante. Pour en maîtriser les coûts, il doit réutiliser les fondations existantes. Dans ce contexte, la réhausse est limitée à 50 cm au maximum. Elle concerne un linéaire de 2,3 km pour une hauteur moyenne de 32 cm. Elle assure une protection pour une crue de temps de retour 14 ans.

Les enjeux

Le périmètre protégé par la future amélioration de la protection couvre une surface de 15,7 ha (pour 5,7 aujourd'hui).

Il est composé pour l'essentiel principalement de logements : 194 bâtiments individuels et 17 bâtiments collectifs.

4 entreprises employant 29 salariés sont concernées.

Aucun établissement public n'est concerné.

Les voies impactées concernent principalement les voiries départementales et communales qui longe la Seine (Quai Pasteur à Ablon-sur-Seine et quai de Halage et avenue du Front de Seine à Villeneuve-le-Roi). Le linéaire total de voies concernées est de 3,7 km environ. Ces axes supportent un trafic moyen de 8 000 véhicules par jour. En cas d'inondation, les habitations perdent tout accès car celui-ci est constitué par la voie sur berge.

Les gains apportés par le projet

Pour une crue de temps de retour 7 ans (seuil d'inondation actuel), le projet :

- Protège 346 personnes et 12 emplois,
- Evite 0,95 M€ de dommages.

Pour une crue de temps de retour 14 ans environ (seuil d'inondation actuel), le projet

- Protège 1 129 personnes et 29 emplois,
- Evite 2,39 M€ de dommages.

Pour l'essentiel, les dommages évités sont liés aux logements (65 à 88 %). Les dommages aux infrastructures de transport (8 à 28 %) et à l'économie sont secondaires (4 à 7 %).

Les dommages directs sont très majoritaires (90 %).

Concernant les déplacements, le projet évite les perturbations liées au report du trafic sur les voies en retrait. Le projet évite aussi la perte des accès des habitations vulnérables.

Rappel des principales hypothèses de l'ACB

L'analyse est conduite sur le périmètre protégé par le futur aménagement.

Le scénario de référence retenu pour apprécier les gains du projet est l'ouvrage actuel avec son occupation des sols associée.

L'ACB concerne les dommages directs et indirects sur le périmètre d'analyse.

Conformément au cahier des charges PAPI, l'analyse coût-bénéfice est conduite sur un horizon de 50 ans. Toutefois, s'agissant d'un ouvrage en génie civil et en référence aux ouvrages construits en bord de Seine, on notera que la durée de vie de ce type d'aménagement est supérieure à 80 ans.

Le taux d'actualisation est de 2 % jusqu'en 2070 et de 1,5 % au-delà.

L'analyse est réalisée en euros en valeur 2021.

Les résultats de l'Analyse Coût-Bénéfice (ACB) sur une durée de 50 ans

Les principaux résultats de l'ACB sont présentés ci-après.

- **Coût d'investissement : 4,8 M€ TTC**

L'aménagement retenu est la rehausse maximale de l'ouvrage existant sans reprise des fondations. Une rehausse plus importante se traduit par un fort renchérissement des coûts. Une analyse d'une variante plus haute se traduit par un coût de 12 M€ TTC.

Sur le plan environnemental, le projet s'inscrivant en site urbain sur un ouvrage minéral existant, les contraintes sont faibles et n'induisent pas de coûts environnementaux particuliers.

- **La Valeur Actualisée Nette (VAN) : -0,88 M €**
Le montant de la VAN peut s'interpréter comme la quantité de dommages évités et alors économisés par la société, déduction faite des coûts, grâce aux investissements faits.
- **Le rapport DEMA/C : 0,8**
Ce rapport peut s'interpréter comme un indicateur de la rentabilité du projet puisqu'il indique « la quantité de dommages évités pour un euro investi dans le projet.

Sur un horizon de 80 ans, plus conforme à durée de vie de ces aménagements, les gains apportés par l'aménagement sont de + 0,55 M €. pour 1 € investi, la mesure permet d'éviter 1,1 € de dommages (DEMA/C=1,1).

2 DEFINITION DU PROJET

2.1 Description de l'ouvrage

La murette de protection actuelle se développe en rive gauche de la Seine du quai de la Baronnie à Ablon-sur-Seine au quai du Front de Seine à Villeneuve-le-Roi (voir la figure ci-après).

La protection présente une hauteur modérée (hauteur maximale de 90 cm) et couvre un linéaire de 3,1 km.

Les points bas de la protection sont situés sur la commune de Villeneuve-le-Roi (secteur entre profils P9 et P10 - voir profil en long en figure ci-après).

La protection est munie de 15 ouvertures batardables.

Le projet vise à rehausser l'ouvrage existant pour en améliorer la protection contre les inondations. Le projet a fait l'objet d'un dossier technique et financier élaboré par le Conseil Départemental du Val de Marne en janvier 2019 (cf. réf. 2).

La rehausse des murettes concerne un linéaire de 2,3 km. La rehausse est de 32 cm en moyenne pour 50 cm au maximum. Le point bas de la protection projetée est situé à la cote 33,28 mNGF.

Les ouvertures batardables existantes sont conservées.

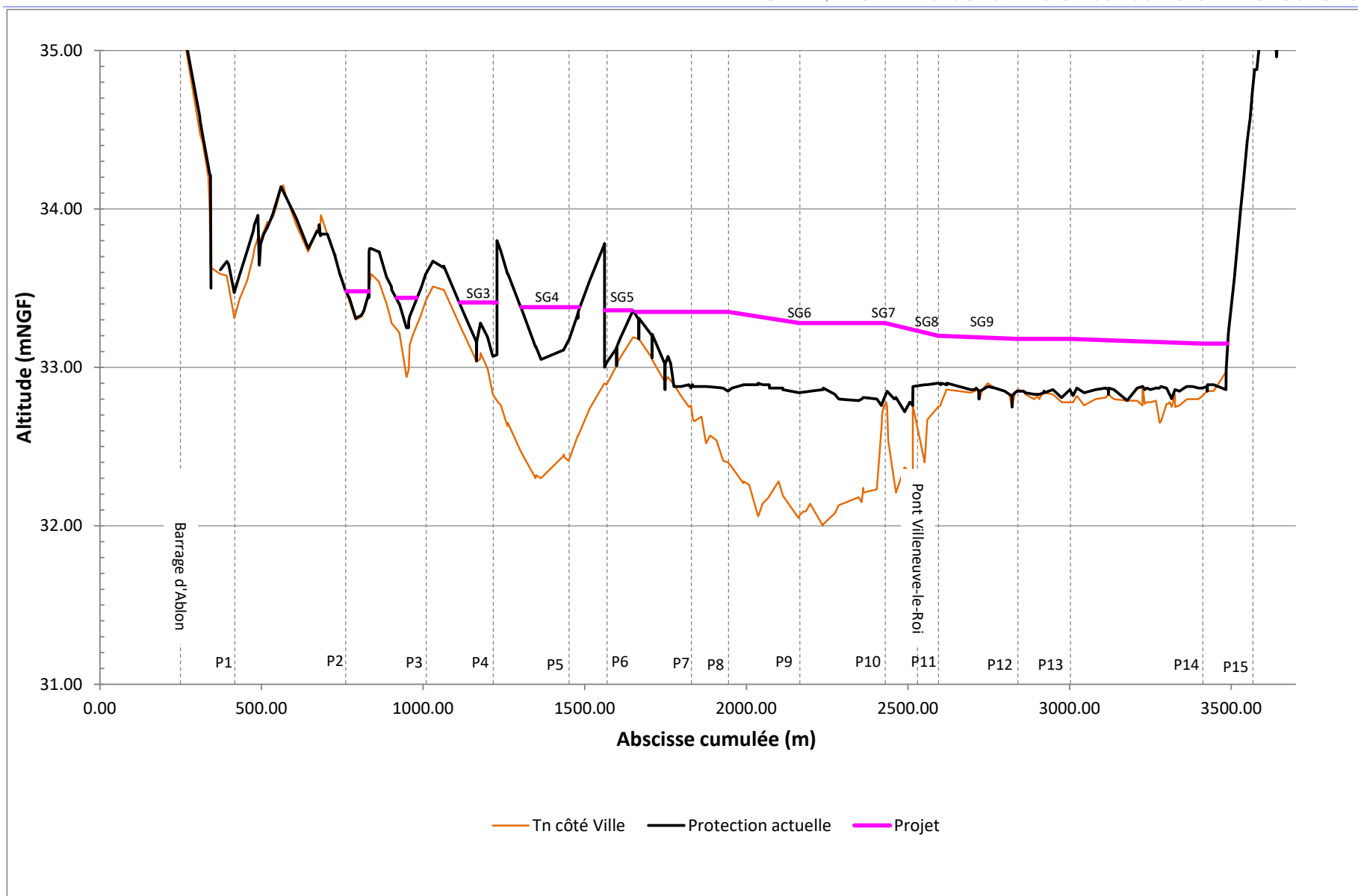


Figure 1 - Profil en long - Murettes actuelles et projetées

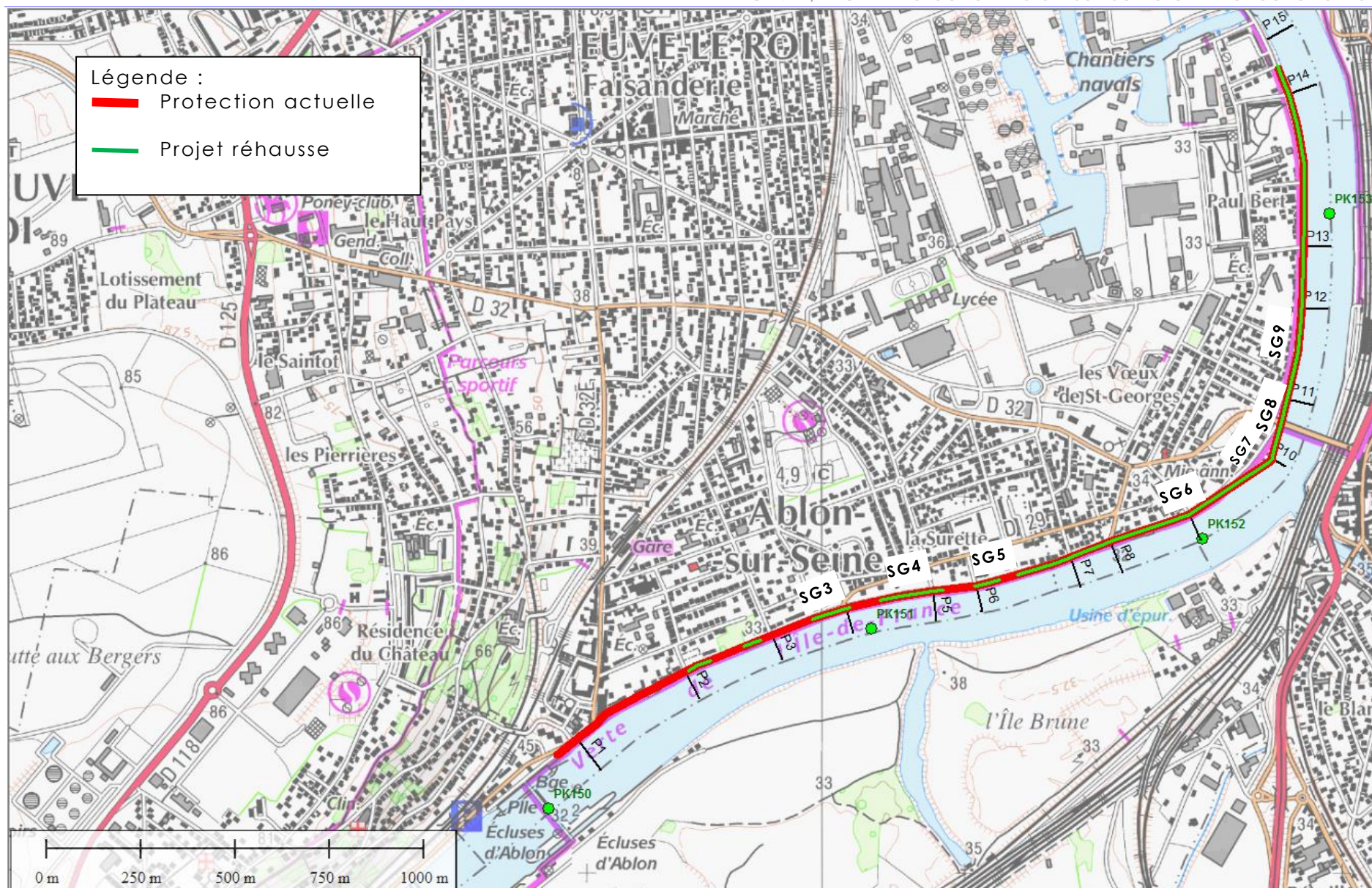


Figure 2 – Vue en plan - Murettes actuelles et projetées

La rehausse est réalisée en conservant la fondation existante afin de limiter le coût du projet.

Le projet consiste à sceller une murette sur la poutre de couronnement en haut du perré. Cet aspect technique a été validé par les calculs de structure conduits (cf. réf. 2).

La méthode de rehausse proposée varie en fonction de la géométrie du mur et de la profondeur de la semelle côté eau et côté terre. Dans tous les cas, l'ancrage avec la murette existante sera assuré par des scellements d'acier.

Les coupes ci-après présentent les typologies d'aménagement (voir localisation sur le profil en long et la vue en plan).

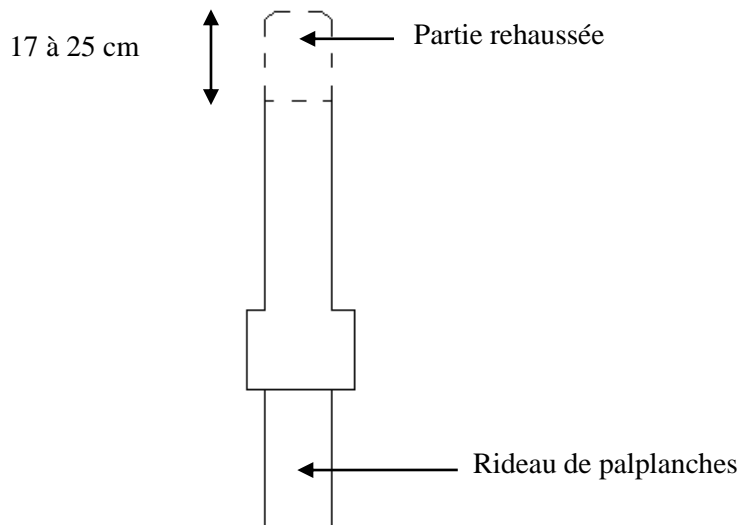


Figure 3 – Typologie SG3, SG4 et SG5

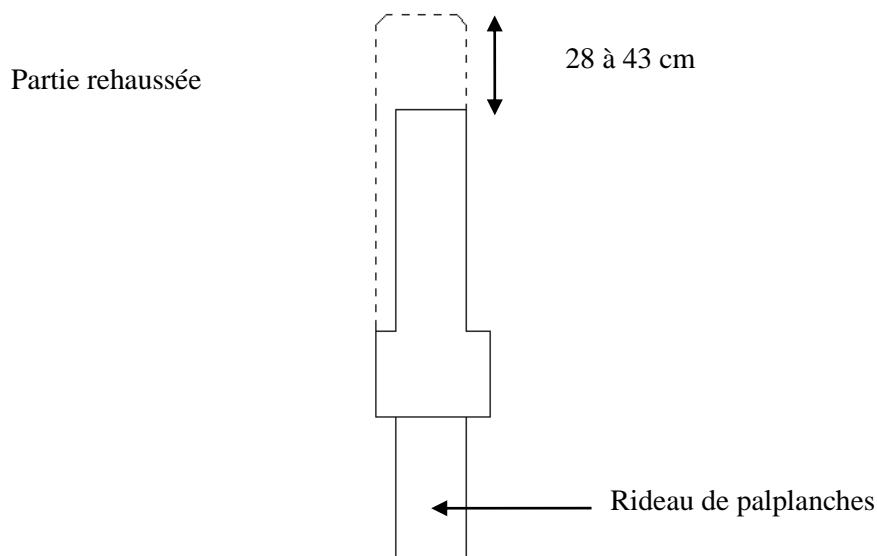


Figure 4 – Typologie SG6 et SG8

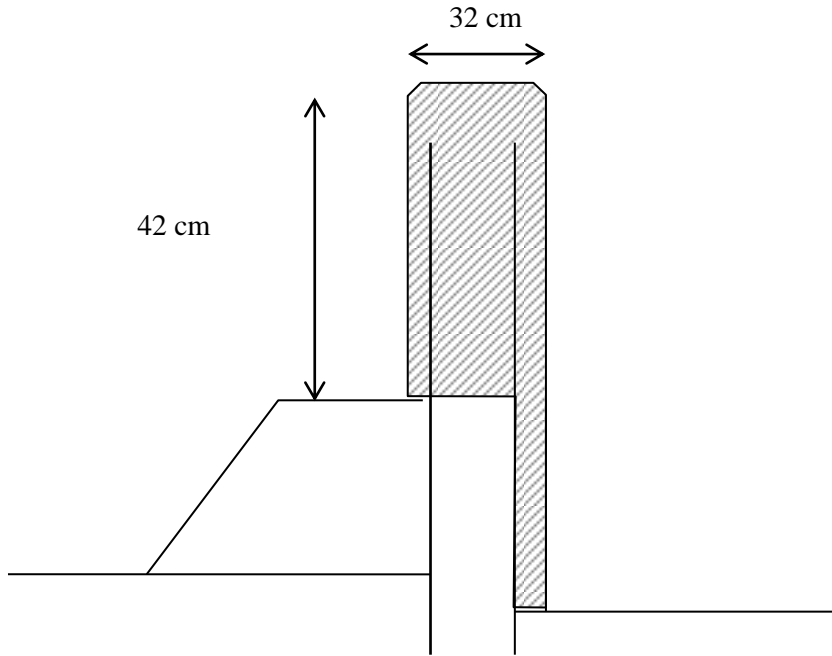


Figure 5 – Typologie SG7

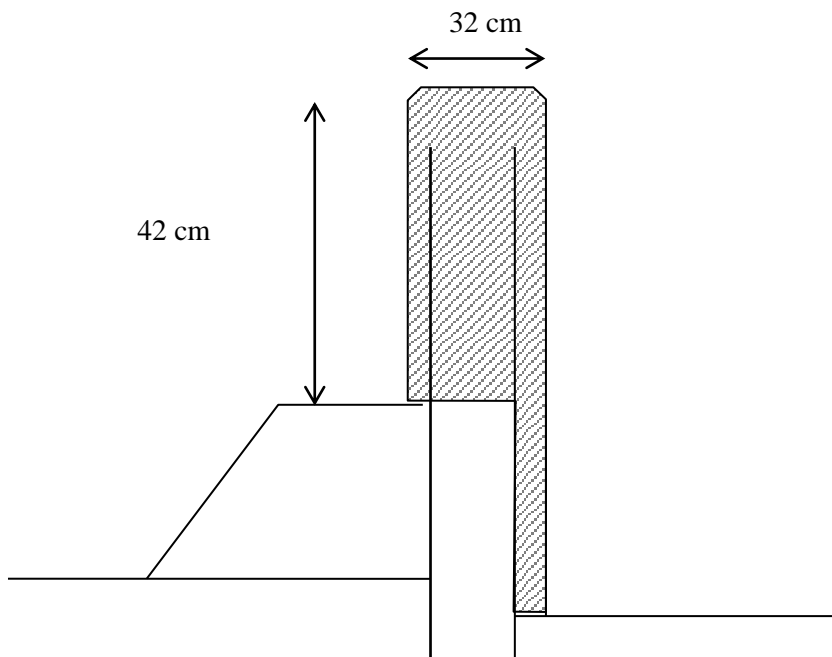


Figure 6 – Typologie SG9

2.2 Coût de l'aménagement

L'évaluation des coûts d'investissement est issue de l'étude technique et financière conduite par le CD94.

Le coût d'investissement de l'aménagement est de **4 Millions d'euros HT**. Le détail des postes de dépenses est synthétisé dans le tableau suivant.

Détail	Montant
Travaux préparatoire	600 000 € HT
Démolition	400 000 € HT
Terrassement	300 000 € HT
Génie-civil – ouvrages	1 700 000 € HT
Voirie – Divers	850 000 € HT
Missions Bureau de contrôles – Dossier Loi-sur-l'Eau	150 000 € HT
Montant total	4 000 000 € HT

Tableau 1 – Coût de l'aménagement

Nota : analyse variante et conséquences sur les coûts

Une analyse d'une variante de l'aménagement a été réalisée par le CD94 (voir annexe 5).

La rehausse du projet sur une hauteur de 50 cm supplémentaire s'accompagne d'une augmentation des contraintes techniques. La rehausse ne peut être ancrée sur l'ouvrage existant. Aussi, la rehausse impose la démolition de l'ouvrage actuel et la réalisation d'un nouvel ouvrage. Compte tenu du contexte, ce quartier est un ancien marais remblayé par des déblais du métro parisien au début du siècle dernier, la mise en place de micropieux pour la reprise de charge sous la nouvelle fondation ne peut être exclue.

L'estimation optimiste du coût de l'aménagement, sans tenir compte des micro-pieux et des sujétions particulières induites par la présence d'un réseau de transport stratégique de kérosène proche TRAPIL, est de **10 Millions d'euros HT**.

L'aménagement retenu est la rehausse maximale de l'ouvrage existant sans reprise des fondations. Une rehausse plus importante se traduit par un fort renchérissement des coûts.

2.3 Contexte environnemental et conséquence

2.3.1 Ouvrage et son contexte

L'ouvrage s'inscrit dans un contexte urbain. Coté ville, il est bordé de voies : Quai Pasteur à Ablon-sur-Seine et quai de Halage et avenue du Front de Seine à Villeneuve-le-Roi. Côté berge, la typologie a été décomposée en 5 sections présentées sur la figure suivante.

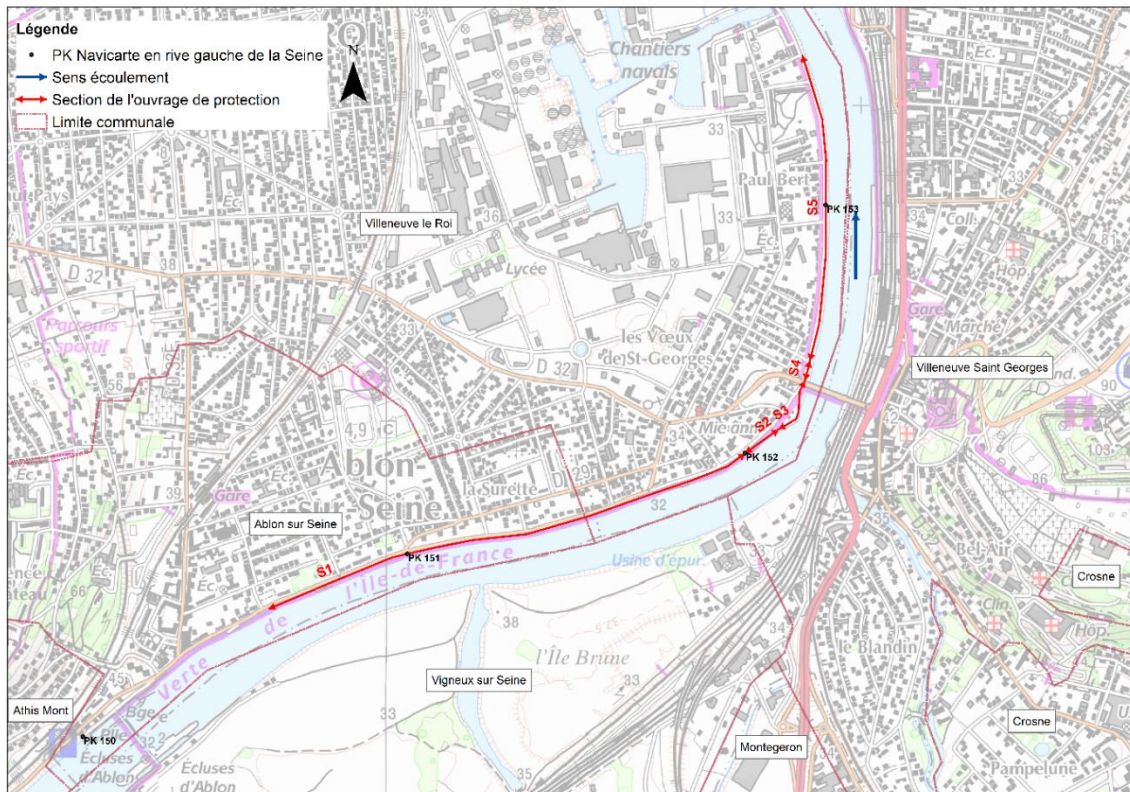


Figure 7 – Typologie des berges actuelles

Sur la majeure partie du linéaire, les berges sont fortement aménagées :

- Tronçon S1 – linéaire 1,5 km
Le talus est minéralisé sur une risberme ancrée sur des pieux bétons ou un rideau de palplanche
- Tronçon S2 (linéaire de 104 ml) et S3 (131 ml)
La berge est constituée d'un talus naturel recouvert de végétation dense. La végétation est composée d'arbres, d'arbustes et d'herbes. En haut de la berge une murette en béton armé est ancrée dans un rideau de palplanches.
- Tronçon S4 (linéaire de 85 ml)
Le talus de la berge est minéralisé. Un atterrissement en pied de berge a permis le développement de végétation.
- Tronçon S5 (linéaire de 880 ml)
Le talus est minéralisé avec localement (sur un linéaire de 80 m en partie aval du tronçon) une banquette végétalisée.

Les photographies ci-après illustrent les différents tronçons.

	
<p style="text-align: center;"><i>Tronçon S1</i></p> <p>Localisation : à proximité de la place des Marronniers</p> <p>Pieux béton et poutre de couronnement, perré en pierres maçonnées, risberme haute béton, murette en béton armé ancrée dans un rideau de palplanches, garde-corps métallique.</p>	<p style="text-align: center;"><i>Tronçon S2-S3</i></p> <p>Localisation : en amont du pont de Villeneuve-Saint-Georges</p> <p>Pied de berge naturel , rideau de palplanches</p>
	
<p style="text-align: center;"><i>Tronçon S4</i></p> <p>Localisation : en amont du pont de Villeneuve-le-Roi</p> <p>Banquette végétale, pieux béton et poutre de couronnement, perré en pierres maçonnées, risberme haute, murette en béton armé ancrée dans un rideau de palplanches.</p>	<p style="text-align: center;"><i>Tronçon S5</i></p> <p>Localisation : abords de la rue du Parc Risberme basse béton soutenue par un rideau de palplanches, perré en pierres maçonnées, longrine surmontée d'un garde-corps métallique.</p>

2.3.2 Enjeux et contraintes environnementales

Le projet se développe dans un espace urbain. Les berges sont totalement minéralisées sur 85 % du linéaire. Les milieux naturels sont principalement situés aux abords du pont de Villeneuve-Saint-Georges. Il s'agit de reliquats de ripisylve (peupliers, saules, frênes et aulnes) accompagnées d'une strate herbacées hélrophytes en pied de berge. L'intérêt de ces petits espaces relictuels est principalement lié à leur caractère refuge.

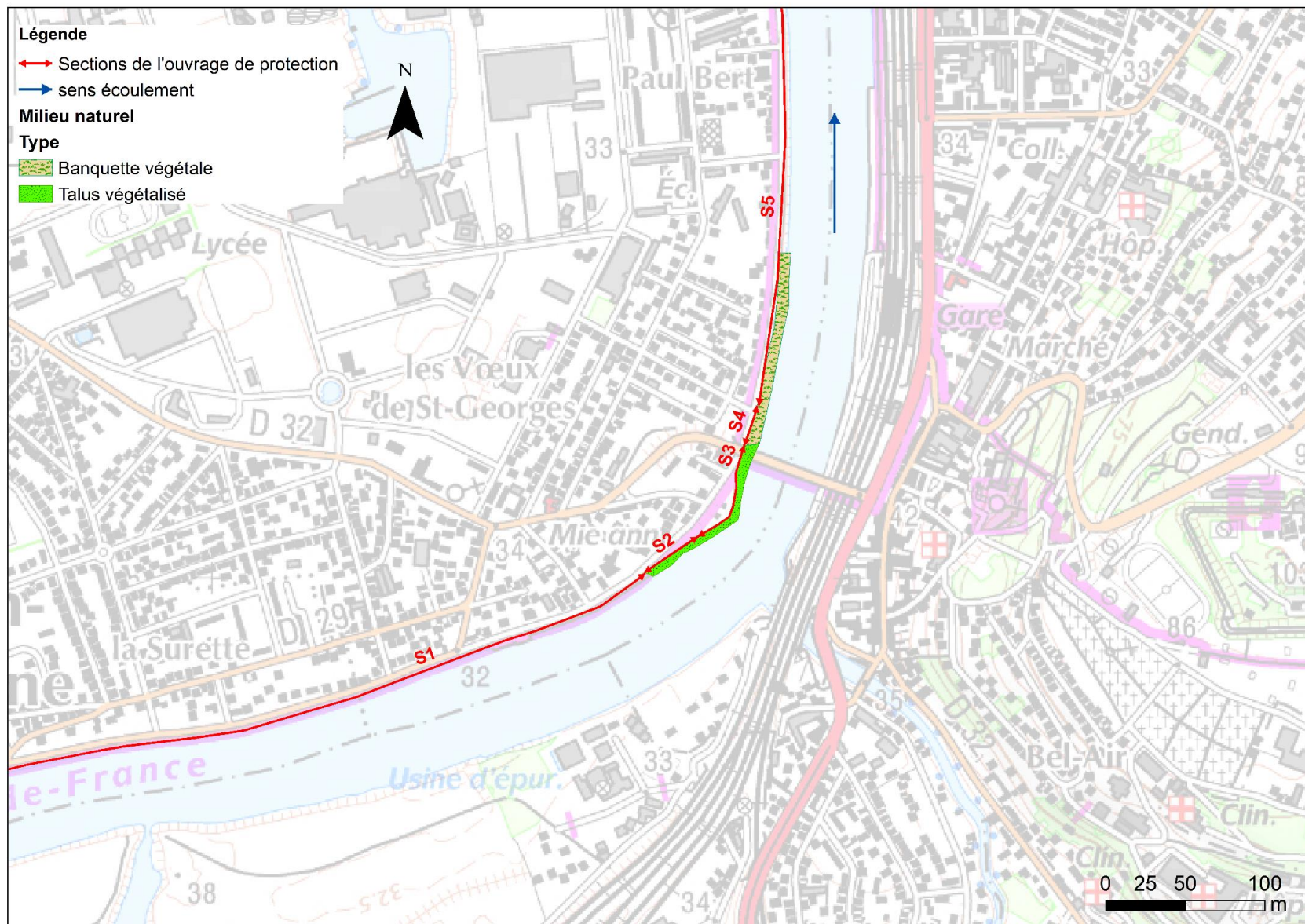


Figure 8 – Localisation de la végétation existante en pied de berge

2.3.3 Enjeux et contraintes environnementales

Périmètres réglementaires

L'ouvrage de protection et ses abords ne sont pas concernées par les zones Natura 2000, les Parc Naturels Régionaux (PNR), les Réserves Naturelles Régionales et Nationales ou les Zones importantes pour la Conservation des Oiseaux (ZICO). En revanche la zone du projet est concernée par les Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF) et par le Schéma Régional de Continuité Écologique (SRCE).

Zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF)

Les ZNIEFF de type II sont caractérisées comme des grands ensembles naturels (massifs forestiers riches et peu modifiés, ou qui offrent des potentialités biologiques importantes). Une ZNIEFF ne constitue pas un instrument de protection réglementaire mais il constitue un outil essentiel pour permettre d'anticiper les atteintes portées aux espèces et habitats remarquables dans le cas du projet d'aménagement.

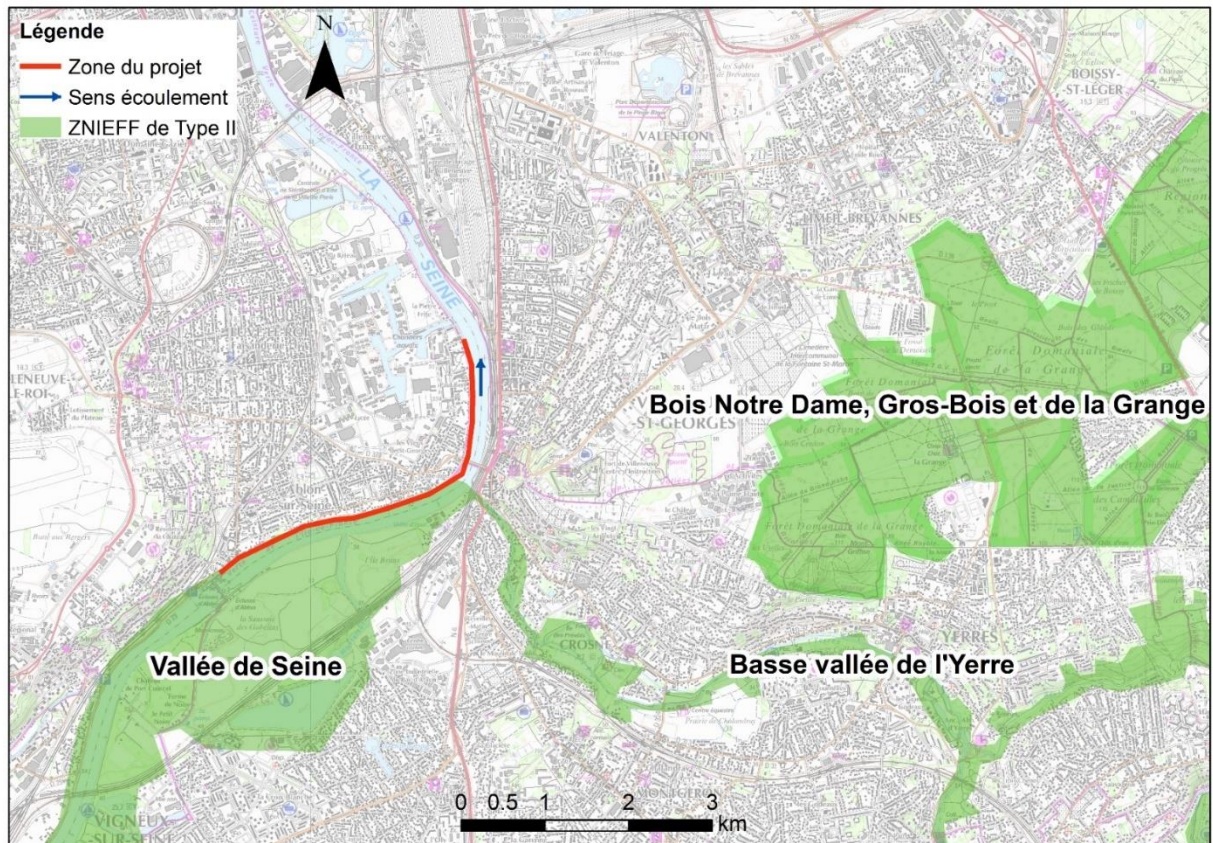


Figure 9 : Localisation des ZNIEFF au niveau de la région du projet

Une partie de la zone du projet se situe dans le périmètre de protection environnementale de la ZNIEFF de Type II au nom de "Vallée de Seine de Saint-Fargeau à Villeneuve-Saint-George" et d'identifiant national "110001605". La ZNIEFF "Vallée de Seine de Saint-Fargeau à Villeneuve-Saint-George" a une superficie de 1603 ha. Ses limites permettent de prendre en compte l'ensemble des espaces et des espèces remarquables. Cette unité inclut le cours de la Seine et les milieux attenants (boisements, prairies, friches...). L'intérêt de la ZNIEFF est tant floristique que faunistique. Elle regroupe de nombreuses plantes déterminantes dont certaines protégées au niveau national et au niveau

régional, et des espèces faunistiques déterminantes dont plusieurs protégées (chiroptères, oiseaux, insectes notamment). Bien que très affectée par le développement de l'urbanisation et des voies de communication, la vallée de la Seine constitue l'un des principaux corridors écologiques du département.

Schéma Régional de Cohérence Écologique (SRCE) :

La fragmentation des habitats naturels, leur destruction par la consommation d'espace ou l'artificialisation des sols constituent les premières causes d'érosion de la biodiversité. La trame verte et bleue (TVB) constitue l'une des réponses à ce constat partagé.

Le Schéma Régional de Cohérence Écologique de l'Île-de-France a été approuvé par la délibération du Conseil régional du 26/09/2013 et adopté par arrêté du préfet de la région d'Île-de-France le 21/10/2013.

La Seine, notamment au niveau de la zone du projet, correspond à un corridor alluvial multi trames en contexte urbain. Ce corridor alluvial, combinant les milieux aquatiques (trame bleue) la formation herbacée et la continuité boisée (trame verte), est concernée par un objectif de restauration défini par le SRCE. À Villeneuve le Roi, au niveau de la zone du projet, la darse et un autre secteur à proximité sont reconnus pour leur intérêt écologique en zone urbaine La darse de Villeneuve-le-Roi est également reconnu pour son intérêt écologique. L'ensemble de la zone du projet est caractérisé comme étant un réservoir de biodiversité à préserver.

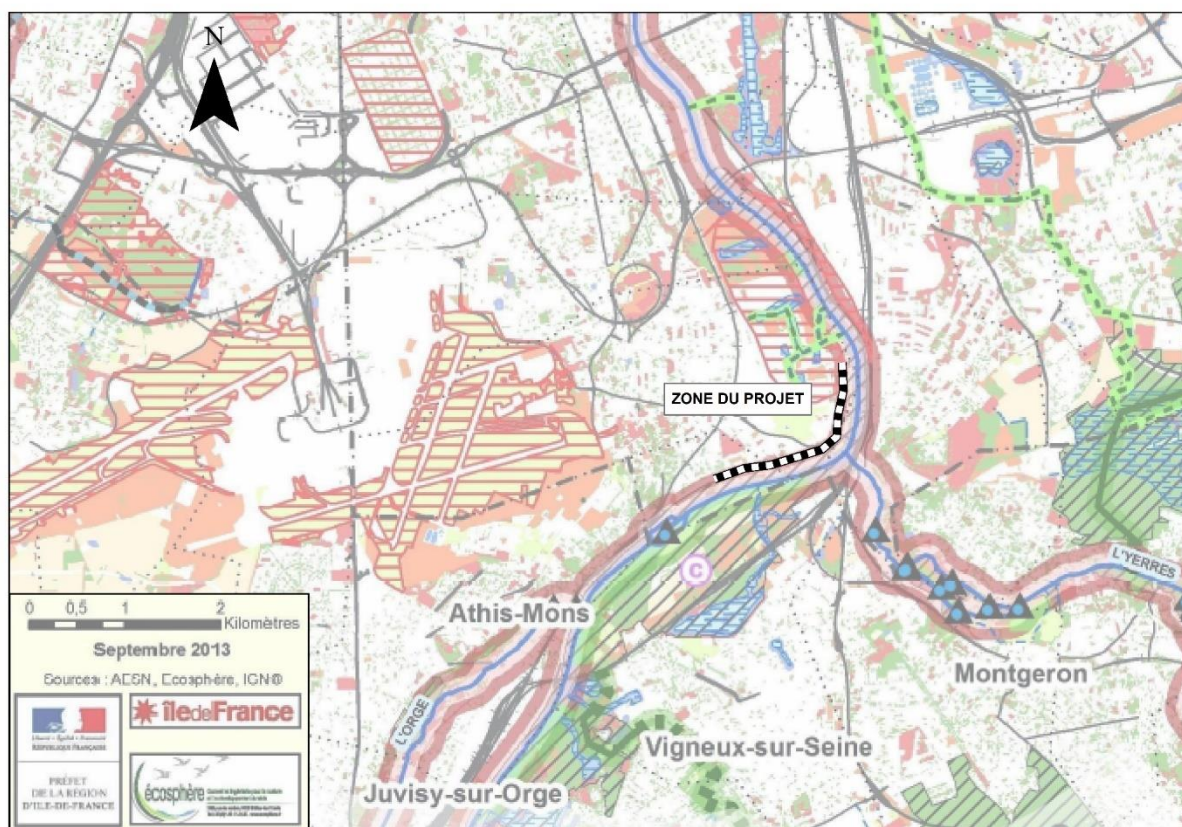


Figure 10 : Présentation des trames bleues et des trames vertes dans le secteur du projet – (Source : SRCE)

2.3.4 Conclusion et conséquences sur les coûts

Le projet est situé en site urbain. Les enjeux environnementaux s'expriment au pied des protections de berges minéralisées. Ils prennent la forme d'une petite ripisylve qui se développe devant la protection, sur le talus ou sur une petite risberme. Ces zones concernent 15 % du linéaire aménagé.

Le projet consiste à rehausser la murette existante en haut de berge. Compte tenu de la nature du projet, les interactions avec les milieux naturels et les contraintes environnementales associées sont mineures. Pour ces raisons, les coûts environnementaux pris en compte sont nuls.

3 PERIMETRE D'ANALYSE DE L'ACB ET ETAT DE REFERENCE RETENUS

Etat de référence

L'état de référence retenu pour apprécier les gains du projet est l'ouvrage actuel avec son occupation des sols associée.

Le périmètre d'analyse

Compte tenu de sa nature et de son ampleur, le projet a une incidence quantitative sur les crues pratiquement nulle en amont ou en aval immédiat (voir chapitre 4.1).

En conséquence, le périmètre d'analyse de l'Analyse Coût Bénéfice (ACB) est le périmètre protégé par le futur aménagement.

De façon pratique, la zone concernée correspond aux territoires situés (voir la figure n°16 :

- En bordure rive gauche de la Seine, le long de la protection actuelle,
- Qui seraient inondés aujourd'hui par des crues qui atteignent l'arase de la protection (soit 33,28 m.NGF au droit du point de première intrusion - Profil P9)

4 ALEAS

4.1 Données hydrauliques et hydrologiques

Les données hydrologiques, et notamment les périodes de retour, sont issues de l'analyse conduite dans le cadre des Etudes de Danger (voir réf. 5) et complétée dans le cadre de la présente étude (voir annexe 2)

Le fonctionnement hydraulique général est fondé sur la pré-étude hydraulique conduite en 2018 (voir réf. 3) et des simulations du modèle bidimensionnel de 2020 (issues de l'étude « Élaboration d'un outil de modélisation des écoulements de la Seine et de ses affluents » conduite pour l'EPTB Seine Grands Lacs » - cf. réf. 4).

4.2 Synthèse du fonctionnement hydraulique

La protection actuelle située sur les communes d'Ablon-sur-Seine et de Villeneuve-le-Roi borde la Seine en rive gauche. Dans cette zone, le lit de la Seine présente un méandre qui s'appuie sur le coteau en rive droite. En amont immédiat du pont de Villeneuve-le-Roi, la Seine reçoit en rive droite l'Yerres (voir la figure n°9).

Le profil en long en page ci-après présente les lignes d'eau simulées de crues vécues ainsi que les protections actuelles et projetées. Il s'agit de modélisations fines. Ces modélisations mettent en évidence l'effet des singularités tel l'exhaussement local des lignes d'eau en amont du pont de Villeneuve-le-Roi, induit par la courbure marquée du lit, sa réduction et la présence de la confluence de l'Yerres.

Pour resituer l'importance des crues, la figure ci-après synthétise les débits et les périodes de retour des principales crues. Les autres périodes de retour sont fournies en annexe 2.

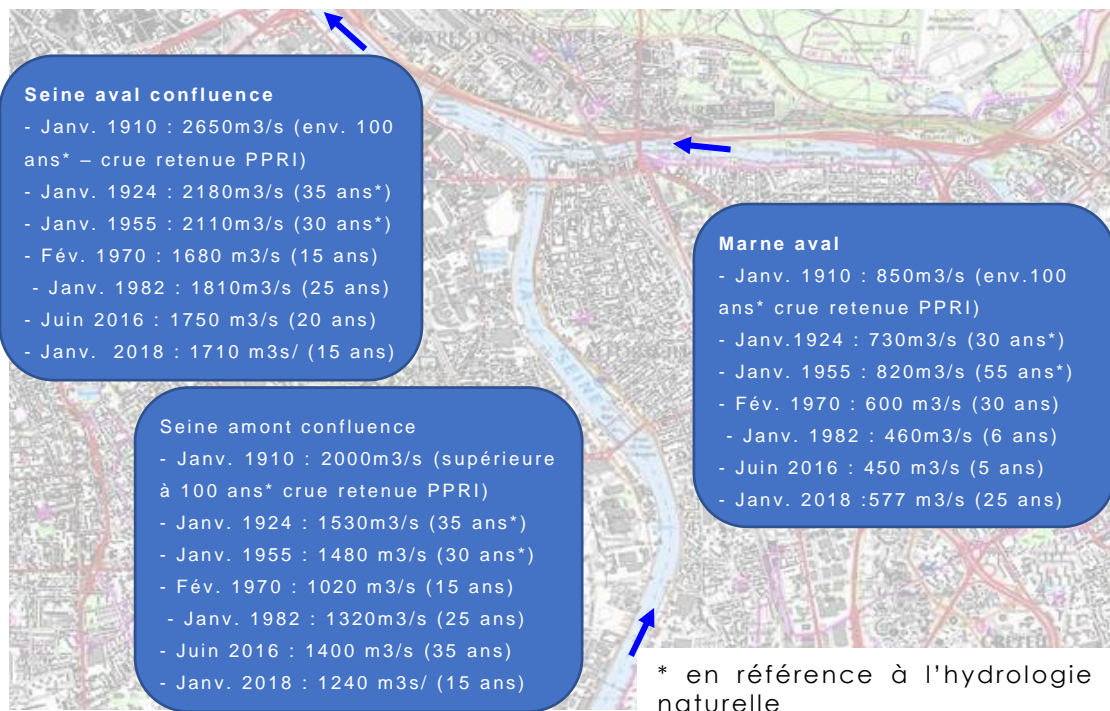


Figure 11 – Caractéristiques des principales crues vécues

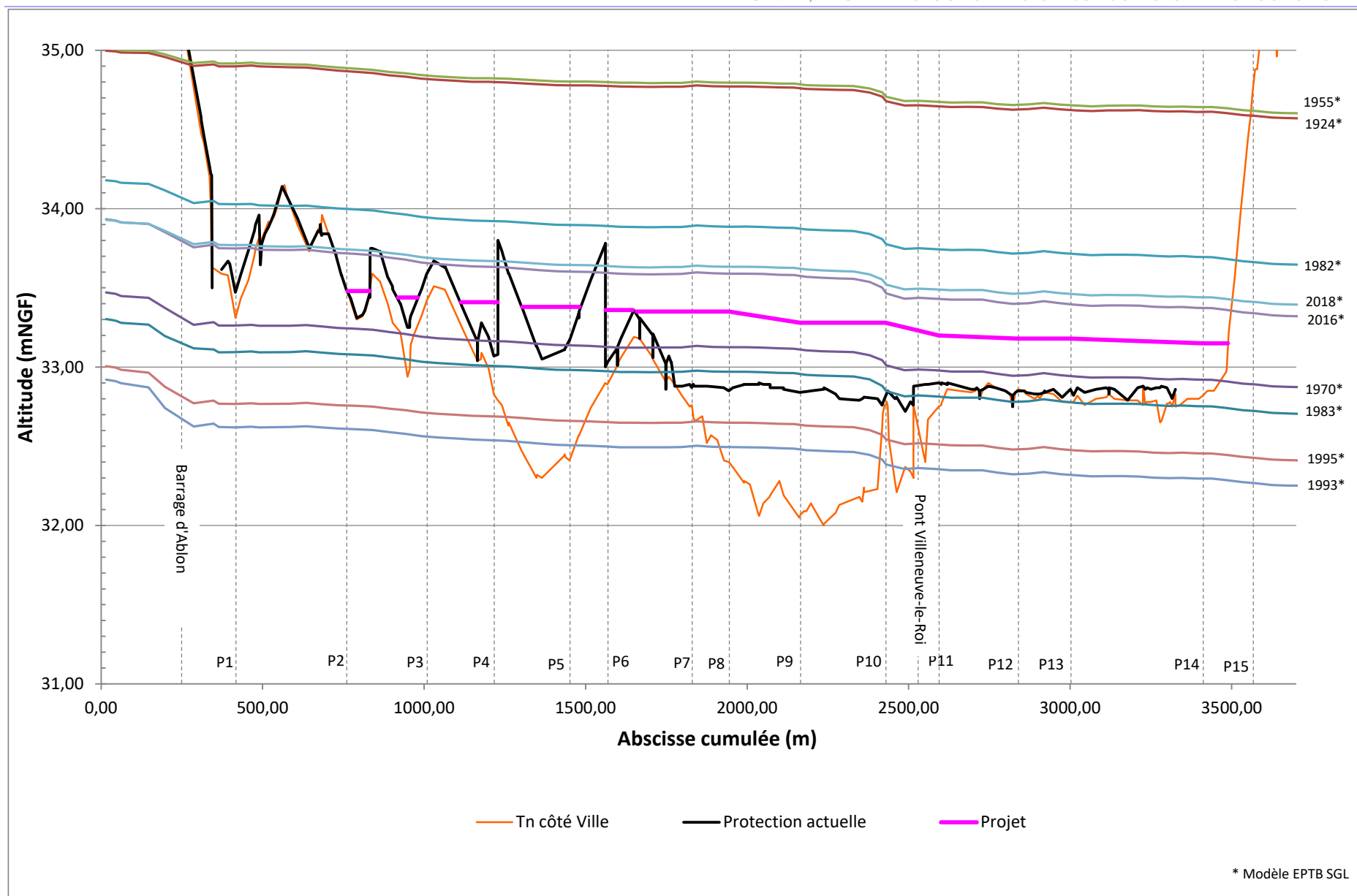


Figure 12 – Profil en long des lignes d'eau

L'analyse du fonctionnement en crue (voir réf. 5) a montré que la Seine en amont de la confluence était influencée par les crues de la Marne sur une distance d'une quinzaine de km.

Ainsi, les cotes atteintes dans cette zone dépendent des débits atteints par la Seine mais aussi de ceux de la Marne. Cet effet tend à s'atténuer à mesure que l'on s'éloigne de la confluence.

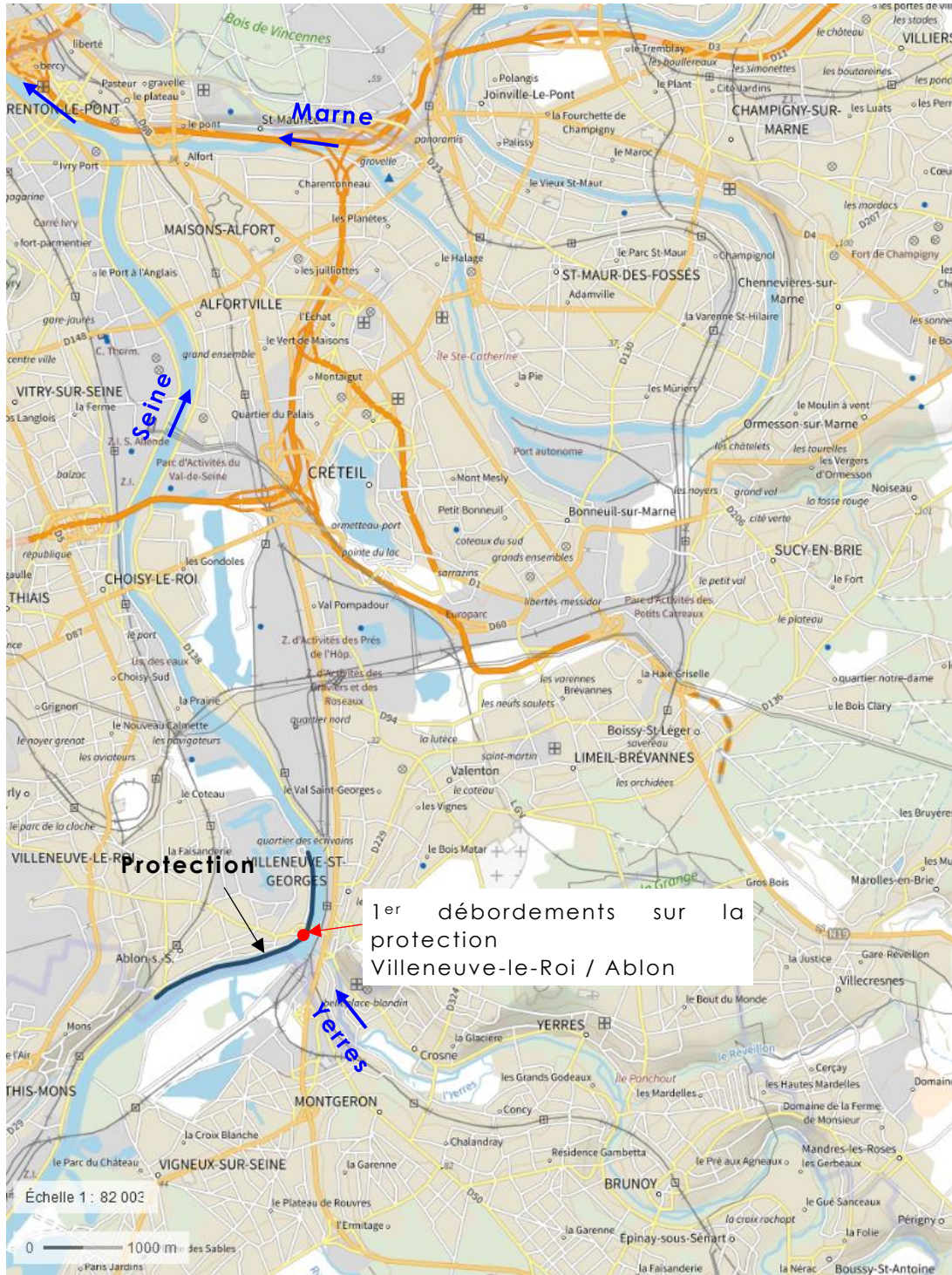


Figure 13 – Localisation de la protection

Les lois hauteurs-débits (cf. la figure ci-après) ont été construites au droit du premier pont d'intrusion à l'aide des résultats de l'étude conduite pour l'ETP Seine Grands-Lacs « Élaboration d'un outil de modélisation des écoulements de la Seine et de ses affluents ».

Leur exploitation permet de déterminer la gamme de débits de Seine qui induit des niveaux d'eau atteignant la cote de submersion de la protection. Pour une même cote, le débit varie d'une centaine de m³/s environ en fonction de l'effet de la Marne.

Les périodes de retour associées à ces gammes de débits ont ensuite été estimées en valorisant les ajustements statistiques des observations à la station hydrométrique d'Alfortville (voir annexe 3).

Cote déversement (au droit de P9)	Débits de Seine associés	Période de retour
Actuel : 32,8 m NGF	1018 – 1114 m ³ /s	6 – 10 ans
Projeté : 33,28 m NGF	1150 – 1277 m ³ /s	12 – 21 ans

Tableau 2 - Période de retour des crues conduisant à la surverse

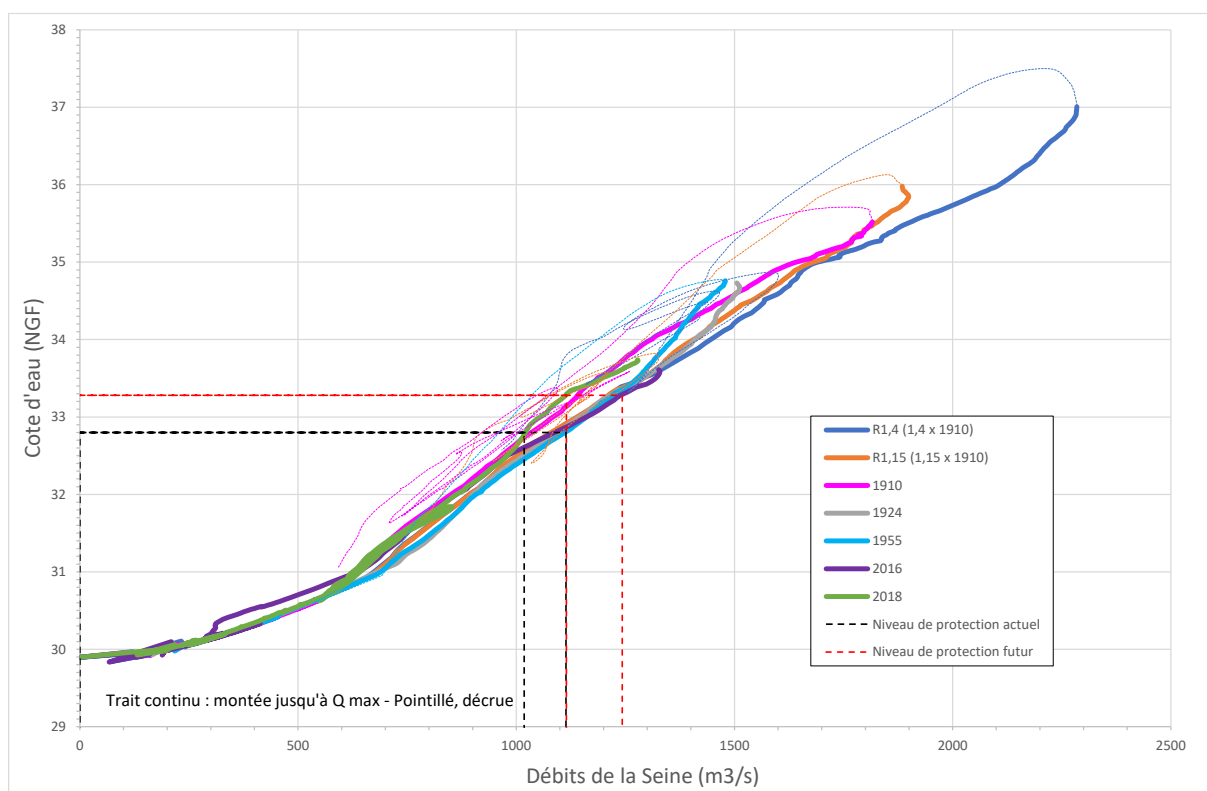


Figure 14 – Lois hauteurs-débits au droit des zones de débordement de la protection (profil P9)

Sur le plan hydraulique, les cartographies ci-après présentent les iso-submersions dans le lit majeur rive gauche pour des crues qui submergent la protection et conduisent à inonder les terrains protégés. Les cartographies mettent en exergue les terrains protégés dans la situation actuelle ou projetée.

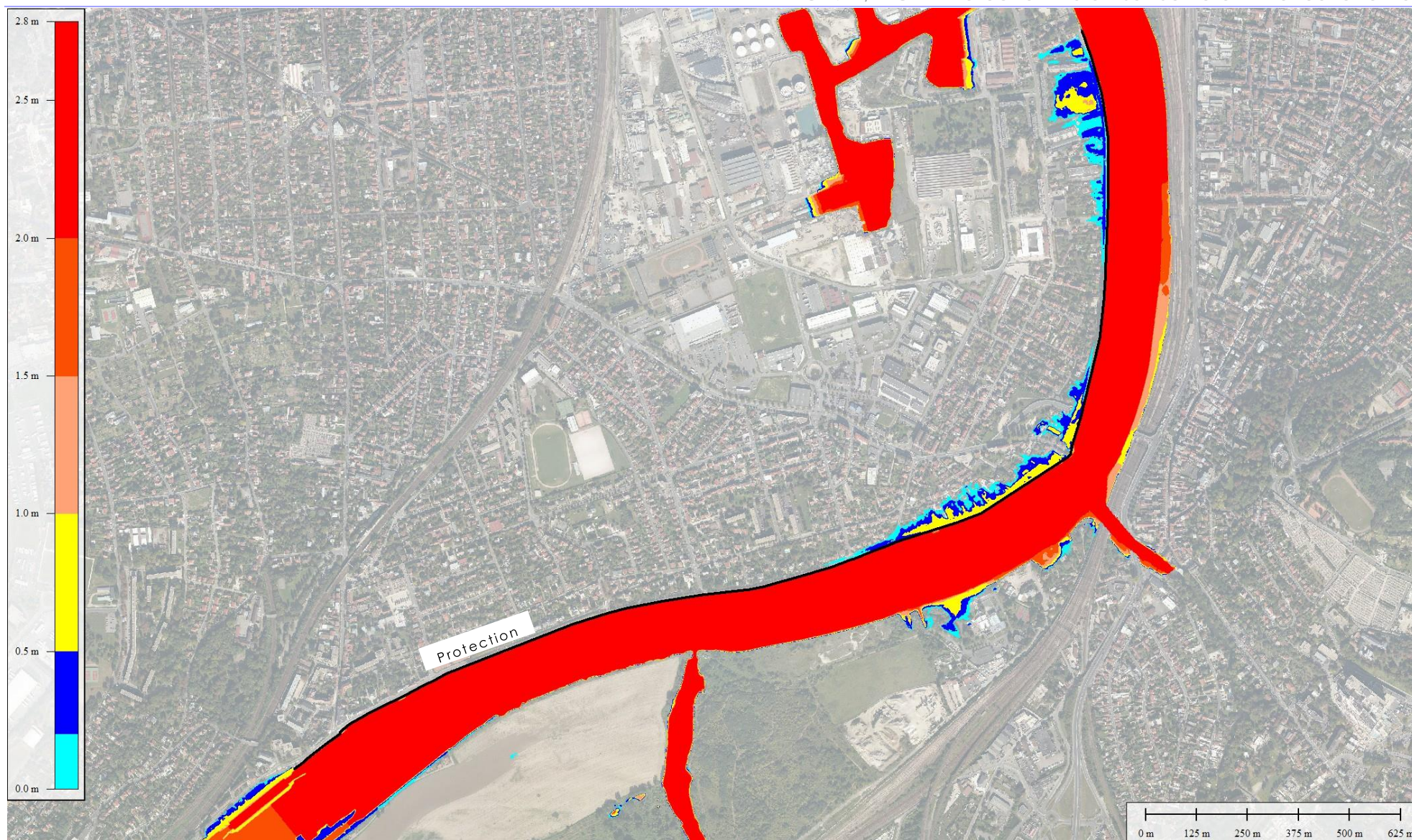


Figure 15 – Iso-submersions - Etat actuel – T=7 ans



Figure 16 – Iso-submersions - Etat projet – T=7 ans

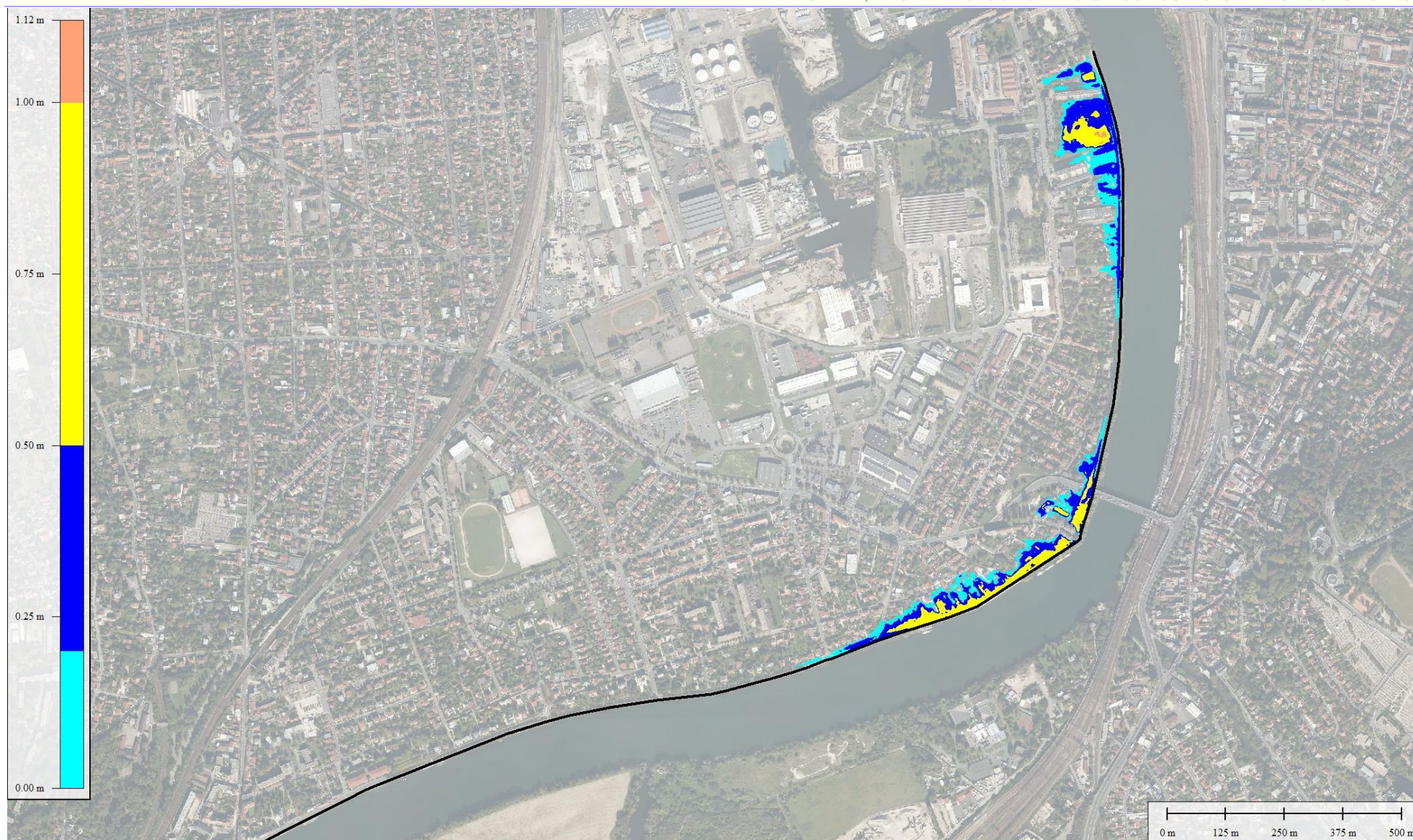


Figure 17 – Iso-submersions – Détail des zones inondées en l'absence du projet (7 ans)

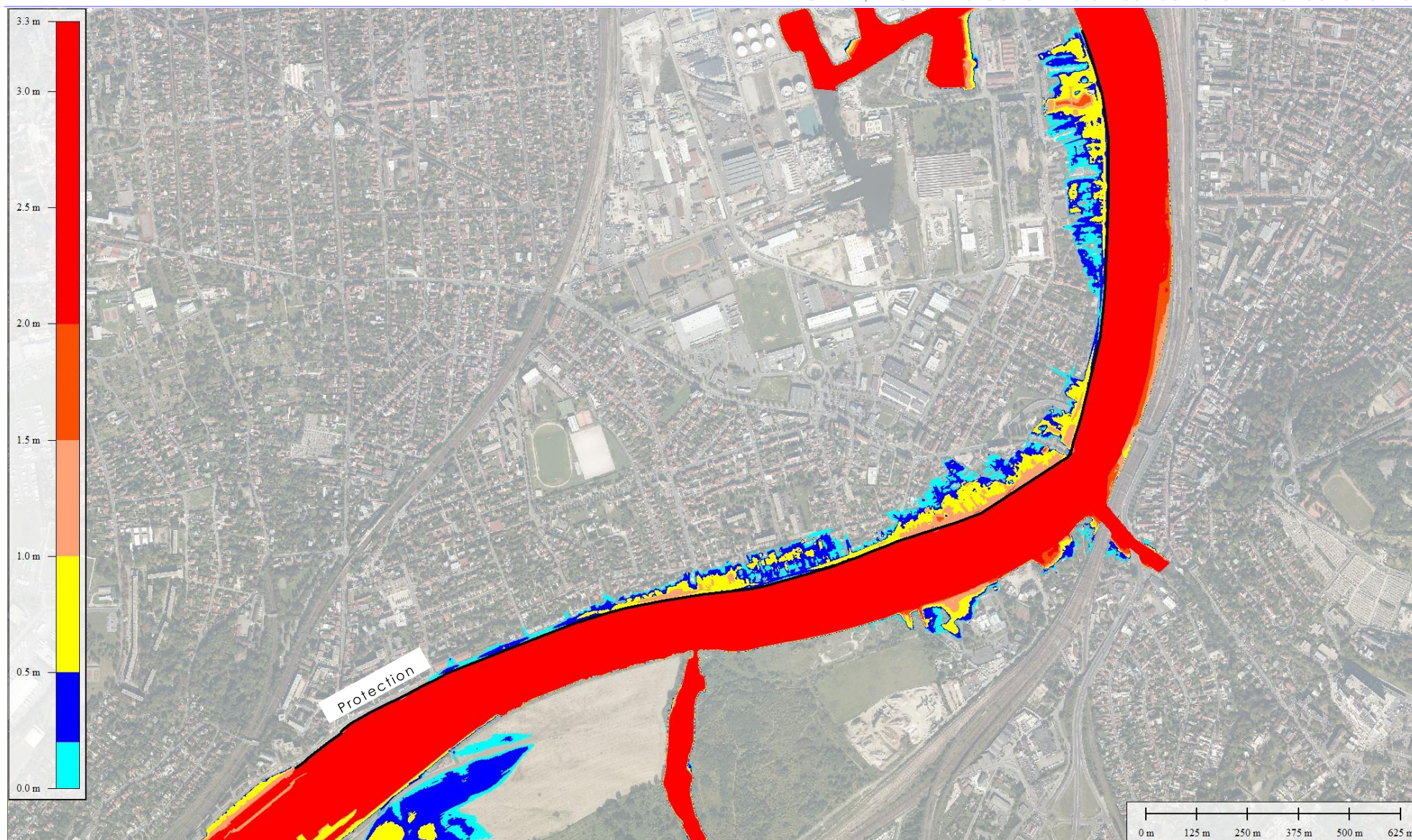


Figure 18 – Iso-submersions - Etat actuel – T=14 ans

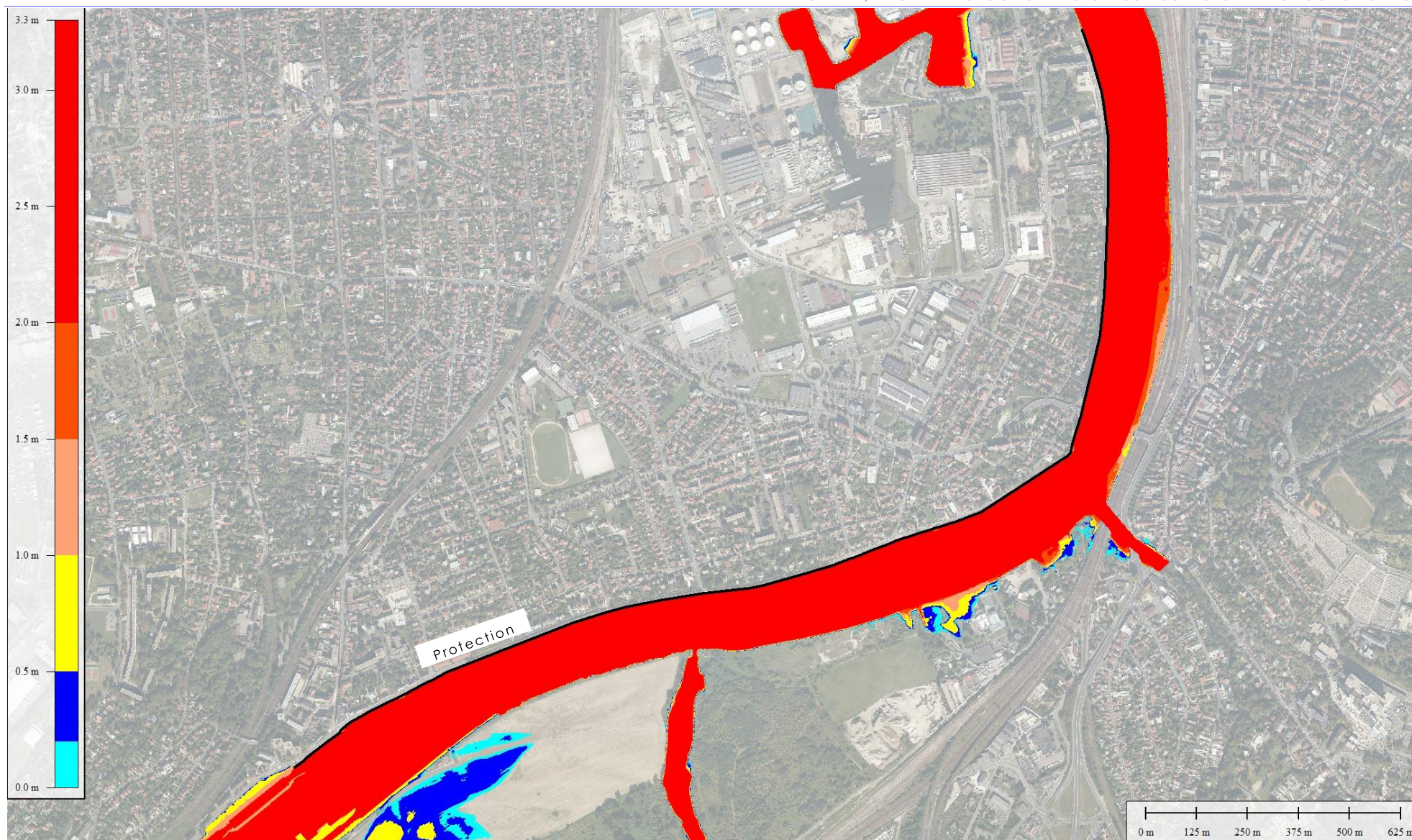


Figure 19 – Iso-submersions - Etat projet – T=14 ans

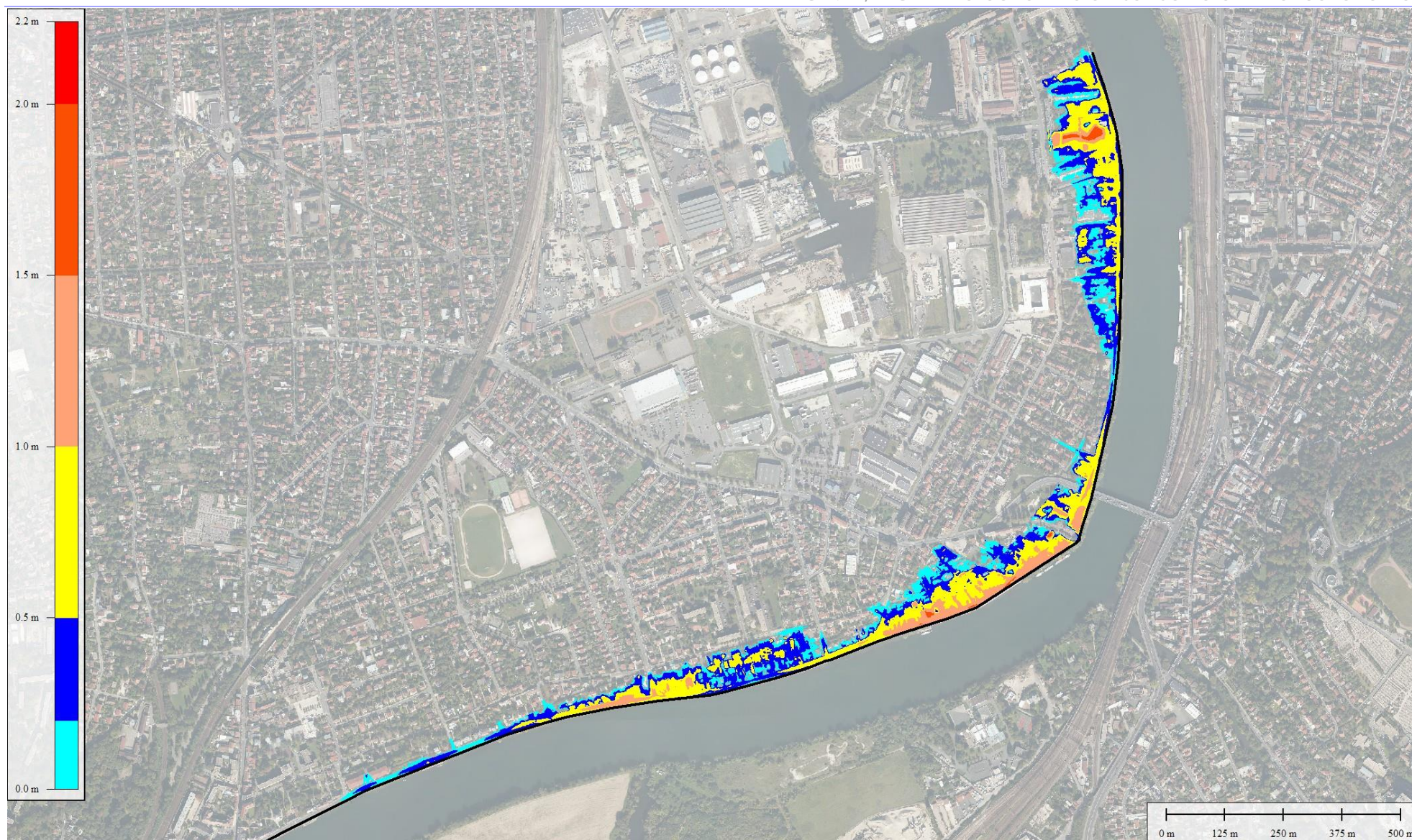


Figure 20 – Iso-submersions – Détail des zones inondées en l'absence du projet (14 ans)

IncidencesProcessus d'alimentation de la poche

Dans l'état actuel, les premiers débordements se développent entre les profils P9-P10 (voir la figure n°8).

-> Après aménagement, les premiers débordements se produiront dans la même zone.

Incidence de la présence de l'ouvrage

Le tableau ci-après synthétise, les conséquences de la présence de l'ouvrage sur les crues en fonction du niveau d'eau atteignent aux abords du premier point d'intrusion de la protection.

Crue	Cote Seine (au droit du profil P9)*	Période de retour	Suppression champs d'expansion
	< 32,80 m NGF	< 7 ans*	Pas de suppression
Limite premier dommage - situation actuelle	32,80 mNGF	Env 7 ans*	26 200 m3 déstockés
Limite premier dommage - situation projetée	33,28 mNGF	Env 14 ans*	80 500 m3 déstockés
	> 35,71 mNGF	>7 ans	Pas de suppression

*Voir 4.3.2

Une première approche afin d'apprécier les conséquences sur les niveaux d'eau d'un déstockage sur les niveaux atteints a été réalisée en référence aux effets du projet du casier-pilote de la Bassée (cf. réf. 9). Ce casier sollicite un volume de 10 millions de m3. Pour des crues de période de retour similaires à celles dont les incidences sont recherchées, l'impact en aval immédiat de la Bassée (Montereau) est un gain de 12 cm au maximum.

Le volume déstocké par le projet de rehausse de murette représente une faible fraction du volume de la Bassée (0,8% au maximum pour la crue en limite de dommage en situation projetée). Supposant un impact linéaire, l'effet du déstockage induit par le projet de rehausse des murettes sur les niveaux de la Seine en aval est millimétrique.

	Période de retour ¹	Volume de champs d'expansion - 10Mm3		Volume déstocké 80 500 m3
		Gain à Montereau (aval Bassée)	Gain Paris	Incidence projet en référence à Montereau - Estimation linéaire en référence
Janvier 1982	25 ans	8 cm	6 cm	< mm
Décembre 1993	4 ans	12 cm	8 cm	< mm
Mars 2001	7 ans	8 cm	4 cm	< mm

Effet du déstockage de 10 millions de m3 activé au paroxysme de la crue

En conséquence, l'impact du projet de murette sera inférieur au cm en amont ou en aval. L'analyse fine par modélisation bidimensionnelle sera fournie dans le dossier loi sur l'eau en cours d'élaboration.

¹ Période de retour à Alfortville

4.3 Scénarios hydrologiques de référence pris en compte et période de retour associée

4.3.1 Choix des scénarios

Selon le guide méthodologique de 2018 (réf. 1), 4 scénarios au minimum doivent être retenus :

- le scénario d'aléa de premiers dommages ;
Pour rappel, le « scénario de premiers dommages » est l'évènement le plus intense ne provoquant pas de dommages.
- le scénario de dimensionnement du projet ;
- un scénario d'aléa pour lequel l'ouvrage ou le système a un impact hydraulique limité (point où les courbes en situation de référence et en situation de projet se rejoignent) ;
- un scénario d'aléa extrême, de période de retour au moins 1 000 ans.

Le projet analysé est une murette protégeant des crues lentes de la Seine. Il en résulte un fonctionnement avec effet de seuil :

- avant d'atteindre le point bas de la protection, la zone est protégée,
- lorsque la Seine dépasse le point bas, la zone protégée est inondée.

Ces seuils de fonctionnement, pour le scénario de référence (situation actuelle) et pour le projet doivent être pris en compte.

Il en résulte le choix suivant pour les différents scénarios :

Scénario	Cote Seine (au droit du profil P9)*	Débits Seine au droit de la section*
Limite premier dommage - situation actuelle	32,80 mNGF	1018 – 1114 m3/s
Submersion protection actuelle	32,90 mNGF	1030 – 1135 m3/s
Limite premier dommage - situation projetée	33,28 mNGF	1115 -1243 m3/s
Submersion protection projetée	33,38 mNGF	1150 – 1227 m3/s
Crue de 1910	35,71 mNGF	1816 m3/s
Scénario R1.4 (1,4 x 1910)	37,50 mNGF	2285 m3/s

* les cotes et débits sont déterminés à partir des données de l'étude hydraulique (voir chapitre 4.2 et annexe 3)

Tableau 3 – Scénario hydrologiques pris en compte

4.3.2 Incertitude sur les périodes de retour et période de retour retenues

Incertitudes

L'incertitude sur les périodes de retour comprend deux composantes.

- La première est liée à l'influence de confluence Seine-Marne sur les niveaux atteints,
- La deuxième est liée à l'incertitude statistique associée à la taille de l'échantillon

Influence Seine-Marne

Les niveaux au droit du projet sont dépendants des crues de la Seine et de la Marne. L'exploitation des données hydrauliques a permis de dégager une enveloppe de débits de la Seine qui permettrait d'atteindre les niveaux caractéristiques au droit de la zone de premier débordement et ainsi de dégager un fuseau de période de retour (voir la figure ci-après).

Ce fuseau a été précisé en analysant la fréquence de débordement au droit de la protection actuelle et projetée. La valorisation des débits et cotes disponibles (voir annexe 3) montre que depuis la création des barrages réservoirs (1966) la protection actuelle a été submergée 8 fois en 56 ans. Sur la même période, la protection projetée l'aurait été 4 fois. Les périodes de retour empiriques associées à ces phénomènes sont respectivement de 7 et 14 ans.

Date	Débit Seine Alfortville (m3/s)	Zzone de débordement estimé (mNGF)	Inondation Etat actuel	Inondation Après aménagement	Date	Débit Seine Alfortville (m3/s)	Zzone de débordement estimé (mNGF)	Inondation Etat actuel	Inondation Après aménagement
15 déc. 1966	653				11 janv. 1994	908			
12 janv. 1968	886				30 janv. 1995	943			
28 déc. 1968	582				15 fév. 1996	455			
27 fév. 1970	1020	33,2	Oui	Non	04 déc. 1996	723			
29 janv. 1971	295				02 mai 1998	833			
16 fév. 1972	251				13 mar. 1999	963			
16 fév. 1973	448				31 déc. 1999	1030	32,54		
23 mar. 1974	537				19 mar. 2001	1050	32,64		
30 janv. 1975	511				01 janv. 2002	856			
18 fév. 1976	506				07 janv. 2003	885			
24 fév. 1977	1020				21 janv. 2004	767			
04 avr. 1978	1240		Oui	Probable	14 fév. 2005	463			
30 mar. 1979	836				14 mar. 2006	829			
12 fév. 1980	982				04 mar. 2007	735			
24 janv. 1981	947				15 avr. 2008	716			
14 janv. 1982	1320	34,05	Oui	Oui	26 janv. 2009	439			
23 déc. 1982	1080		Oui	Non	28 fév. 2010	442			
avr. 1983	1050	32,94	Oui	Non	27 déc. 2010	880			
11 fév. 1984	861				08 janv. 2012	761			
25 nov. 1984	669				05 fév. 2013	847			
12 avr. 1986	779				13 nov. 2013	785			
03 janv. 1987	621				07 mai 2015	876			
14 fév. 1988	1140		Oui	Non	03 juin 2016	1400	33.65*	Oui	Oui
08 déc. 1988	484				07 mar. 2017	599			
18 fév. 1990	439				29 janv. 2018	1240	33.52*	Oui	Oui
10 janv. 1991	596				2 fév 2019	447			
06 avr. 1992	253				9 mars 2020	797			
07 déc. 1992	545				9 fév. 2021	868			

Nombre d'inondations	8 fois en 56 ans	4 fois en 56 ans
Fréquence empirique	0,857	0,93
Période de retour	7 ans	14 ans

Tableau 4 – Fonctionnement 1966-2021

Influence de l'échantillon

La deuxième incertitude est liée à la taille de l'échantillon de débits qui a permis de réaliser les analyses statistiques. Pour la caractériser, les intervalles de confiance² à 95 % sont présentés (voir annexe 3 les données hydrologiques utilisées).

	Cote Seine (au droit du profil P9)	Débits Seine au droit de la section	Période *de retour (années)	IC95% inf. (années)	IC95% supp. (années)
Limite premier dommage - situation actuelle	32,80 mNGF	1018 m3/s	6	4	11
		1114 m3/s	10	5	20
Submersion protection actuelle	32,90 mNGF	1030 m3/s	7	4	12
		1135 m3/s	11	5	22
Limite premier dommage - situation projetée	33,28 mNGF	1115 m3/s	10	5	20
		1243 m3/s	18	8	42
Submersion protection actuelle	33,38 mNGF	1150 m3/s	12	6	24
		1227 m3/s	21	9	51
Crue de 1910	35,71 mNGF	1816 m3/s	115	47	280
Scénario R1.4 (1,4 x 1910)	37,50 mNGF	2285 m3/s	800	225	2690

* Le détail des estimations est présenté en annexe 3.

Tableau 5 - Intervalle de confiance des estimations des périodes de retour

Périodes de retour retenues

L'ensemble des données est synthétisé sur la figure ci-dessous.

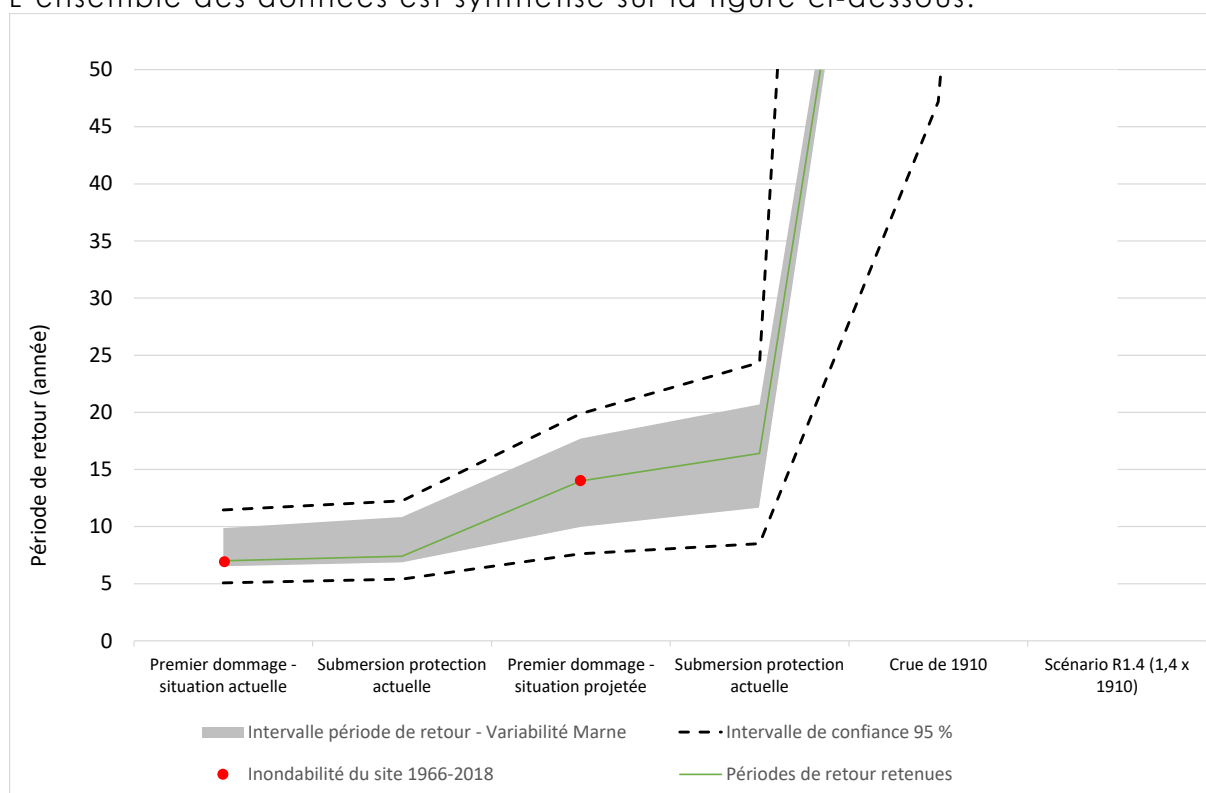


Figure 21 – Synthèse – périodes de retour

² Pour rappel, un intervalle de confiance à 95 %, indique que la valeur vraie a 95 % de chance de se situer dans l'intervalle.

Ainsi, les périodes de retour retenues pour les crues de premiers dommages ou des submersions des aménagements actuels ou projetés valorisent le fonctionnement du site lors du demi-siècle passé. Ces périodes de retour s'inscrivent au milieu du fuseau d'incertitude.

Les crues de 1910 ou le scénario R1.4 résultent de l'exploitation du modèle de simulation de l'EPTB Seine Grands Lacs qui a permis de débit maximum au droit du projet pour ces deux crues (voir annexe 3).

	Période de retour retenue	Intervalle variabilité Marne	Intervalle Incertitude analyse statistique
Limite premier dommage - situation actuelle	7 ans	6-10 ans	4-20 ans
Submersion protection actuelle	7,7 ans	7-11 ans	4-22 ans
Limite premier dommage - situation projetée	14 ans	10-18 ans	5-42 ans
Submersion protection actuelle	16,4	12-21 ans	6-51 ans
Crue de 1910	115 ans		47-280 ans
Scénario R1.4 (1,4 x 1910)	800 ans		225-2690 ans

Tableau 6 – Périodes de retour retenues

5 ENJEUX DU TERRITOIRE CONCERNE

5.1 Recensement des enjeux

Les bases de données exploitées sont listées ci-après :

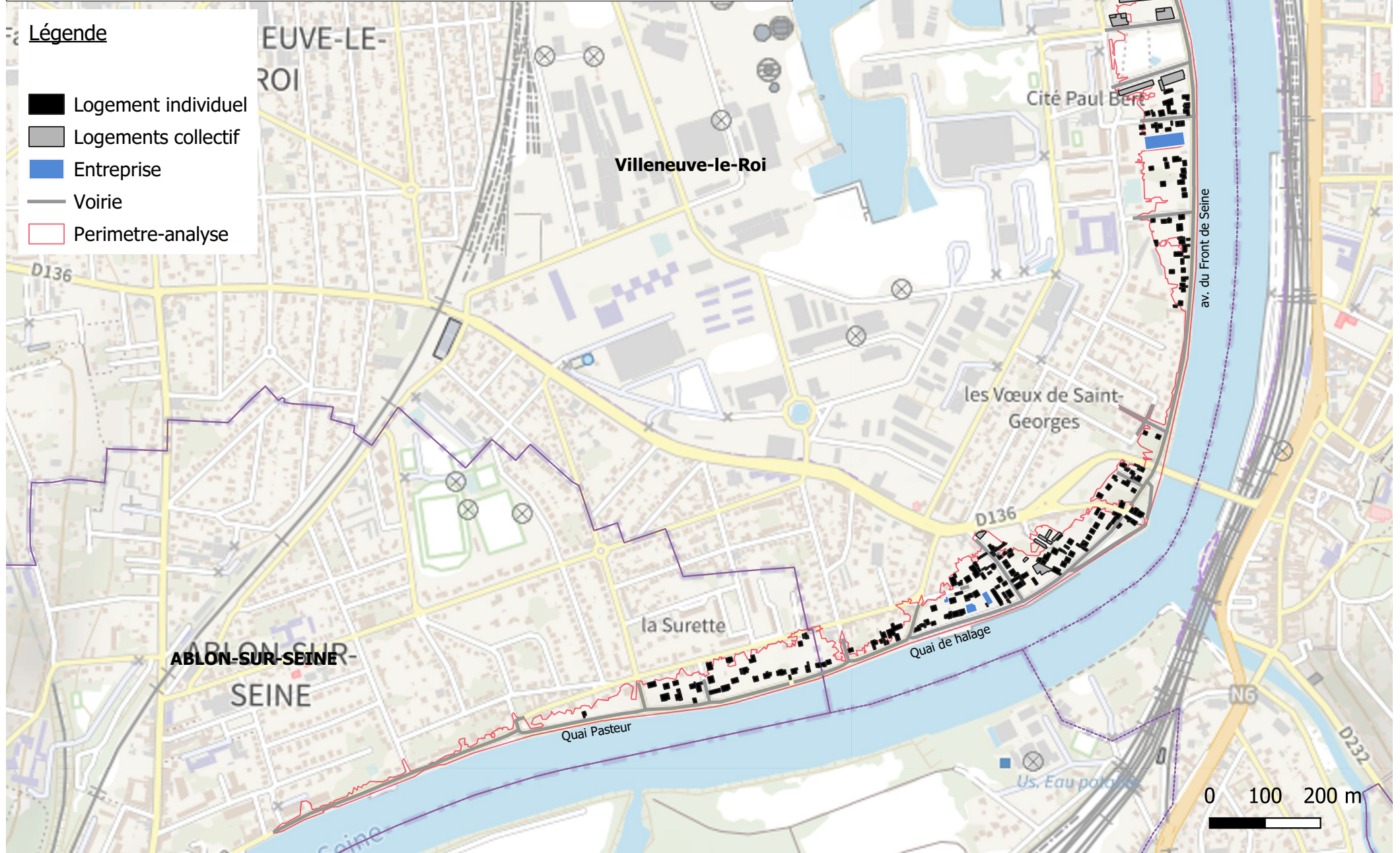
Base de données	Date	Observation
BD Topo V3 – couche bâti	Extraction 2021 – bâti mis à jour 2018	Données des bâtiments Données sur les voiries
Densibati	2012	Ventilation de la population du recensement de 2012 sur la couche Bâti de l'IGN – Élaboré par IAU Ile de France
SIRENE	Extraction 19-8- 2021	Données sur les entreprises

Tableau 7 – Bases de données exploitées

En complément de ces bases de données, des reconnaissances de terrain ont été réalisées.

Ces données ont été géoréférencées. La figure ci-après synthétise les enjeux.

Figure n°18
Cartographie de synthèse des enjeux sur le périmètre concerné



Synthèse des enjeux :

Le périmètre d'analyse concerne essentiellement des logements : 194 bâtiments individuels et 17 bâtiments collectifs.

4 entreprises, employant 29 salariés, sont concernées. Elles sont situées sur la commune de Villeneuve-le-Roi.

Aucun établissement public n'est situé sur le périmètre d'analyse.

Base de données Sirene				
Nature de l'activité	Nom de l'entreprise	Tranche d'effectif	Code APE	Effectif retenu
Cabinet d'architecture	BEN HAJ LOTFI	6 à 9 salariés	7111Z	8
Centre médical	Docteur Jean Huet	1 ou 2 salariés	8621Z	2
Laboratoire	Weleda	10 à 19 salariés	2120Z	15
Garage automobile	LAM Auto	3 à 5 salariés	4520A	4

Tableau 8 – Entreprises dans la zone d'étude

Les voies impactées concernent principalement le réseau public qui longe la Seine (Quai Pasteur à Ablon-sur-Seine et quai de Halage et avenue du Front de Seine à Villeneuve-le-Roi – voir la figure de synthèse ci-avant). Le linéaire total de voies concernées est de 3,7 km environ (dont de 2,7 km pour les infrastructures qui longent la Seine).

Le trafic sur la voie sur berge a fait l'objet de comptages³ par le CD94. Le trafic moyen journalier annuel est de 4 000 véhicules par jour dans chacun des deux sens, soit un trafic global moyen de 8 000 véhicules par jour. En cas d'inondation, le trafic de transfert se reporte sur les autres voies parallèles participant à les surcharger. La majeure partie des bâtiments perdent tout accès (car il est constitué par la voie sur berge).

De façon synthétique, le territoire d'étude est composé pour l'essentiel d'habitats individuels (194 bâtiments individuels).

Quelques logements collectifs (17) sont présents ainsi que 4 entreprises. Ces entreprises emploient 29 salariés.

Aucun établissement public n'est concerné.

3,7 km de voirie sont vulnérables. La voirie publique principale longe la voie sur berge sur 2,7 km (trafic de 8000 véhicules jours). En cas d'inondation, le trafic de transfert se reportera sur des voiries plus éloignées parallèles et participera à les surcharger. La majeure partie des bâtiments perdront tout accès car celui-ci est constitué par la voie sur berge.

³ Comptage en mars 2018 au droit du quai de la Baronnie

5.2 Population exposée aux inondations

5.2.1 Méthodologie

La démarche mise en œuvre est la suivante :

- Identification des bâtiments de la couche Densibati situés dans la zone inondée,
- Somme de la population concernée
- Correction de la population tenant compte de l'évolution de la population à l'échelle communale
-

	Ablon-sur-Seine	Villeneuve-le-Roi	Moyenne
Population 2012	5242	19565	
Population 2018	5845	21308	
Evolution 2012-2018	12%	9%	10%
Evolution estimée 2012-2021	16%	13%	15%

Tableau 9 – Correction population

5.2.2 Résultats

La protection actuelle assure la protection de **346 personnes situées sur la commune de Villeneuve-le-Roi** pour des crues de temps de retour 7 ans environ. Après aménagement, l'ouvrage protège **1129 personnes** (20 % sur la commune d'Ablon-sur-Seine et 80 % sur la commune de Villeneuve-le-Roi) pour des crues de temps de retour 14 ans environ.

	Population exposée Etat actuel			Population exposée État aménagé			Population protégée par projet
	Ablon-sur-Seine	Villeneuve-le-Roi	Total	Ablon-sur-Seine	Villeneuve-le-Roi	Total	
Limite premier dommage - situation actuelle	-	-	-	-	-	-	-
Submersion protection actuelle	-	346	346	-	-	-	346
Limite premier dommage - situation projetée	222	907	1129	-	-	-	1129
Submersion protection projetée	231	957	1188	231	957	1188	-
Crue de 1910	231	957	1188	231	957	1188	-
Scénario R1.4 (1,4 x 1910)	231	957	1188	231	957	1188	-

Tableau 10 – Population exposée

5.3 Emplois

5.3.1 Méthodologie

La démarche mise en œuvre est la suivante :

- Identification des entreprises concernées dans la zone inondée.
- Détermination de la gamme d'effectifs à partir des données SIRENE (tranche d'effectif) et des préconisations du guide méthodologique de 2018 (réf. 1).

5.3.2 Résultats

La protection actuelle assure la protection de **12 employés** pour des crues de temps de retour 7 ans environ. Après aménagement, l'ouvrage protège **29 employés** pour des crues de temps de retour 14 ans environ. Les emplois exposés sont tous situés sur la commune de Villeneuve-le-Roi.

	Emplois exposés*		Gain du projet
	Etat actuel	Etat aménagé	
Limite premier dommage - situation actuelle	-	-	-
Submersion protection actuelle	12	-	12
Limite premier dommage - situation projetée	29	-	29
Submersion protection projetée	29	29	-
Crue de 1910		231	-
Scénario R1.4 (1,4 x 1910)		231	-

*Situés sur la commune de Villeneuve-le-Roi

Tableau 11 – Emplois exposés

6 ANALYSE DES COÛTS ET BÉNÉFICES DU PROJET

6.1 Rappel des hypothèses générales

Le périmètre d'analyse

L'analyse est conduite sur le périmètre protégé par le futur aménagement. La zone concernée correspond aux territoires situés :

- En bordure rive gauche de la Seine, le long de la protection actuelle,
- Qui seraient inondés aujourd'hui par des crues qui atteignent l'arase de la protection (soit 33,28 mNGF au droit du point de première intrusion - Profil P9).

(voir la figure n°16 ou 18).

Le scénario de référence

Le scénario de référence retenu pour apprécier les gains du projet est l'ouvrage actuel avec son occupation des sols associée.

La portée de l'analyse

L'ACB concerne les dommages directs et indirects sur le périmètre d'analyse.

L'horizon d'analyse

L'horizon temporel de l'analyse est 50 ans.

Nota : S'agissant d'un ouvrage en génie civil et en référence aux ouvrages construits en bord de Seine, la durée de vie de ce type d'aménagement sera supérieur à 80 ans.

Taux d'actualisation

Le taux d'actualisation est de 2 % jusqu'en 2070 et de 1,5 % au-delà.

L'analyse est réalisée en euros en valeur 2021.

6.2 Les coûts du projet

Coûts d'investissement

L'évaluation des coûts d'investissement est issue de l'étude technique et financière conduite par le CD94. Un élément important dans l'analyse des coûts de l'ouvrage est la possibilité d'utiliser les fondations existantes. Cette hypothèse a été validée par des calculs de structure (cf. réf. 2).

Le coût d'investissement de l'aménagement est de **4 Millions d'euros HT**.

Coûts de fonctionnement

Le retour d'expérience du service de la Direction de l'Environnement et de l'Assainissement du Département du Val de Marne pour des ouvrages similaires conduit à un coût de fonctionnement annuel de 0,3 % de l'investissement total.

L'ouvrage projeté est une rehausse de faible hauteur (30 cm en moyenne). Dans ces conditions, les coûts de fonctionnement (entretien, gestion) de l'ouvrage actuel et projeté sont identiques. Aussi, les coûts de fonctionnement ne sont donc pas un paramètre de l'Analyse Coût Bénéfice.

6.3 Analyse des dommages

6.3.1 Méthodologie générale

La méthodologie générale mise en œuvre suit les préconisations du guide méthodologique de 2018 « Analyse multicritère des projets de prévention des inondations – cf. réf.1 », guide qui détaille aussi les méthodes à mettre en œuvre pour les ACB.

Elle est fondée sur le croisement entre l'aléa hydraulique et l'occupation des sols pour différents scénarios de crues. Les dommages sont appréciés à l'aide de lois d'endommagement qui tiennent compte de la contrainte hydraulique (dans le cas présent, hauteur d'eau et durée de submersion) et de la nature de l'occupation des sols.

Les dommages peuvent être directs ou indirects

- Les dommages directs sont imputables à l'impact physique de l'inondation. Ils peuvent correspondre par exemple à des dégâts matériels (destruction, endommagement) ou à des dommages aux personnes (mortalité, morbidité) ;
- Les dommages indirects peuvent correspondre aux troubles de jouissance subis dans l'attente du remplacement des biens détruits. Ce sont, par exemple, les conséquences des dégâts matériels sur les activités et les échanges (perte d'exploitation d'une entreprise à la suite de la destruction de ses stocks, de la destruction de l'outil de production ou de l'impraticabilité de ses voies d'accès, des problèmes de santé consécutifs à la dégradation de l'état du logement post-inondation, de la perte de temps liée aux coupures des réseaux de transport...). Dans ce cas, le dommage peut se situer en dehors de la zone inondable.

Selon le guide de 2018, les dommages monétaires qui doivent être évalués sont **à minima** :

- M1 : Les dommages aux logements,
- M2 : Les dommages aux entreprises,
- M3 : Les dommages aux activités agricoles,
- M4 : Les dommages aux établissements publics,
- M5 : Les dommages indirects aux réseaux routiers.

Le périmètre d'analyse ne concerne ni enjeux agricoles, ni établissements publics.

Concernant les dommages indirects aux réseaux routiers, l'analyse concerne les pertes associées à l'utilisation d'itinéraires de substitution. Compte tenu des incertitudes, le guide n'en réserve l'usage qu'au cas où la protection de l'infrastructure est l'objet de la mesure analysée.

L'analyse des dommages concernera les indicateurs M1 (dommages aux logements), M2 (dommages aux entreprises). Elle sera complétée par l'analyse des dégâts aux réseaux de transport.

6.3.1.1 Hypothèses hydrauliques

Les hauteurs de submersion sont issues du croisement des cotes atteintes et de l'altimétrie du terrain naturel.

Les cotes sont issues des résultats des études hydrauliques.

L'altimétrie du terrain naturel est celle du Modèle Numérique de terrain au pas de 1 m de l'IGN. Ce levé issu du relevé Lidar de l'IGN correspondant au produit RGE Alti de 2013 (Référentiel à Grande Échelle : base de données altimétrique de l'IGN) est utilisé dans le cadre des études liées à l'application de la Directive Inondation.

Les courbes d'endommagement des dégâts à l'habitat et aux activités sont liées à la durée de submersion (-/+ 48 h).

Compte tenu de la durée des crues de la Seine, des durées de submersion supérieures à 48 h seront retenues.

6.3.1.2 Hypothèses liées à l'évaluation des dommages aux logements

Les dommages sont évalués à l'aide de lois d'endommagement surfaciques proposées dans le guide de 2018. Les lois d'endommagement tiennent compte des dommages au bâti et au mobilier. Les paramètres pris en compte sont les suivants.

Paramètres des dommages au bâti						
Hauteur de submersion	Durée de submersion +/- 48 h	Individuel sans étage	Individuel avec étage	Logement en collectif	Sous-sol individuel	Sous-sol d'un immeuble (cave + garage)

Paramètres des dommages au mobilier				
Hauteur de submersion	Durée de submersion +/- 48 h	Mobilier individuel sans étage	Mobilier individuel avec étage	Mobilier logement en collectif

Tableau 12 - Paramètres des lois de dommages aux logements

Les courbes d'endommagement sont présentées en annexe 4.

De façon pratique, les paramètres pour l'application des lois d'endommagement sont déterminés selon la démarche suivante :

- L'emprise des bâtiments est issue de la BDTopo, en tenant compte d'un abattement de 10 % pour tenir compte des murs. Les bâtiments de faible taille, abris de jardin, etc... (<20 m² environ sont exclus).
- La présence d'étages est issue de la base de données de la BDTopo
- La discrimination Individuel/collectif, la hauteur du premier plancher et la présence de sous-sols résultent des reconnaissances de terrain.
- La hauteur de submersion résulte de la moyenne des submersions au pas de 1 m sur l'emprise du bâtiment.
- Les fonctions de dommages sont en valeur d'euros 2016. Les dommages sont réévalués en valeur 2021 en tenant compte de l'évolution du coût de l'Indice de la Construction

	2016	2021	Variation
Indice du Coût de la construction	1615	1821	+ 13 %

- Les dégâts indirects aux logements sont évalués par un ratio à partir des dégâts directs. Le ratio retenu (12 %) a été estimé à partir des résultats de l'étude « Evaluation des dommages liés aux crues en Région Ile-de-France » (Seine Grands Lacs – réf. 6 – voir annexe 5)

6.3.1.3 Hypothèses liées à l'évaluation des dommages aux activités économiques

Les dommages aux activités économiques sont évalués à l'aide de lois d'endommagement proposées dans le guide de 2018.

Les dommages sont décomposés en :

- Dommages aux bâtiments,
- Dommages aux équipements, stocks et employés.

Dommages aux bâtiments

Il s'agit de lois d'endommagement surfacique.

Paramètres des dommages au bâti		
Hauteur de submersion	Durée de submersion +/- 48 h	Code APE

Dommages aux équipements, stocks et employés

Les lois d'endommagement sont paramétrées par le nombre d'employés.

Paramètres des dommages équipements, stocks et employés		
Hauteur de submersion	Durée de submersion +/- 48 h	Code APE

De façon pratique, les paramètres pour l'application des lois d'endommagement sont déterminés suivant la démarche suivante :

- L'emprise des bâtiments est issue de la BDTopo, en tenant compte d'un abattement de 10 % pour tenir compte des murs.
- La hauteur de submersion résulte de la moyenne des submersions au pas de 1 m sur l'emprise du bâtiment.
- Les données sur les entreprises (code APE, nombre d'employés) sont issues de la base de données SIRENE (extraction août 2021) qui a été géoréférencée.
Dans la base de données SIRENE, les informations sur le nombre d'employés sont fournies par classe. Les valeurs retenues sont celles préconisées dans le guide 2018.

Les fonctions de dommages sont en valeur d'euros 2016. Les dommages sont réévalués en valeurs 2021 en tenant compte de l'évolution des indices appropriés : Indice du Coût de la Construction (ICC) pour les dommages aux bâtis et Indice des Prix à la Consommation (IPC) pour les dommages mobiliers

	2016	2021	Variation
Indice du Coût de la construction	1615	1821	+ 13 %
Indice des Prix à la Consommation	99,07	105,12	+ 6,1 %

- Les dégâts indirects aux logements sont évalués par un ratio à partir des dégâts directs. Le ratio retenu (34 %) a été estimé à partir des résultats de l'étude « Evaluation des dommages liés aux crues en Région Ile-de-France » (Seine Grands Lacs – réf. 6 – voir annexe 5)

6.3.1.4 Hypothèses liées à l'évaluation des dommages directs aux infrastructures routières

Le guide de 2018 sur les ACB ne propose pas encore de méthodologie pour les dommages directs aux infrastructures routières. La méthodologie qui a été mise en œuvre est celle présentée dans le guide « Evaluation de la pertinence des mesures de gestion du risque inondation – Manuel des pratiques existantes » (CEPRI - Juin 2008). La méthode a été développée pour la DIREN PACA.

La méthode s'appuie sur des lois d'endommagement liées à la nature de l'infrastructure et à la hauteur de submersion.

Usage	Type	Unité	Hauteur d'eau (m)	Valeur (€ 2007)			Ratio d'endommagement
				min	moy	Max	
Voiries/ routes	Routes	/m ²	< 0,5m	20 €	60 €	100 €	20 %
			0,5-1m				60 %
			> 1m				100 %
	Voiries avec trottoir		< 0,5m	30 €	70 €	110 €	20 %
			0,5-1m				60 %
			> 1m				100 %

Tableau 13 - Paramètres des lois de dommages aux infrastructures routières

De façon pratique, les paramètres pour l'application des lois d'endommagement sont déterminés suivant la démarche suivante :

- La localisation des voies est issue de la BDTopo. Leurs largeurs ont été déterminées par exploitation de l'orthophotoplan.
- Les montants ont été réévalués en tenant compte de l'évolution du coût de la construction.

	2016	2021	Variation
Indice du Coût de la construction	1385	1821	+ 31 %

Les montants retenus sont les hypothèses minimales des coûts proposés, soit après correction 26 €/m² pour les routes et 39€/m² pour les trottoirs.

- Les hauteurs de submersion puis les dommages sont calculés le long des infrastructures avec un pas de 1 ml.

6.3.2 Résultats

Les tableaux et graphiques ci-après synthétisent les dommages pour les différentes crues.

Les résultats appellent les observations suivantes.

Pour l'essentiel, les dommages sont liés aux logements (65 à 88 %). Les dommages aux infrastructures de transport (8 à 28 %) et à l'économie sont secondaires (4 à 7 %).

Les dommages directs sont très majoritaires (90 %).

Le projet permet d'éviter 2,39 M€ de dommages pour une crue qui atteindrait la limite de protection future (période de retour 10-18 ans).

Crue	Limite premier dommages actuels	Submersion protection actuelle			Limite premier dommage - situation projetée			Submersion protection projetée			janvier 1910			Scénario R1.4		
Z Seine au profil P9 (mNGF)	32,80	32,90			33,28			33,38			35,71			37,50		
Période de retour	6-10 ans	7 - 11 ans			10-18 ans			12-21 ans			115 ans			800 ans		
Etat actuel	Logement - Dommages directs	0 M€	0.55 M€		1.61 M€			2.02 M€			7.44 M€			8.27 M€		
			0.62 M€	65%	1.80 M€	75%		2.26 M€	79%		8.34 M€	87%		9.26 M€	88%	
	Logement - Dommages indirects	0 M€	0.07 M€		0.19 M€			0.24 M€			0.89 M€			0.99 M€		
	Activités économiques - Dommages directs	0 M€	0.05 M€		0.09 M€			0.07 M€			0.32 M€			0.33 M€		
	Activités économiques - Dommages indirects	0 M€	0.02 M€	0.07 M€	7%	0.12 M€	5%	0.09 M€	3%	0.09 M€	3%	0.43 M€	4%	0.45 M€	4%	
		0 M€	0.02 M€		0.03 M€			0.02 M€			0.11 M€			0.11 M€		
Infrastructure - Dommages directs	0 M€	0.26 M€	0.26 M€	28%	0.47 M€	0.47 M€	20%	0.52 M€	0.52 M€	18%	0.83 M€	0.83 M€	9%	0.83 M€	0.83 M€	8%
Total dommages - Etat actuel	0 M€	0.95 M€			2.39 M€			2.88 M€			9.60 M€			10.54 M€		
Etat aménagé	Logement - Dommages directs	0 M€	0 M€		0 M€			2.02 M€			7.44 M€			8.27 M€		
								2.26 M€	79%		8.34 M€	87%		9.26 M€	88%	
	Logement - Dommages indirects	0 M€	0 M€		0 M€			0.24 M€			0.89 M€			0.99 M€		
	Activités économiques - Dommages directs	0 M€	0 M€		0 M€			0.07 M€			0.32 M€			0.33 M€		
	Activités économiques - Dommages indirects	0 M€	0 M€		0 M€			0.02 M€			0.11 M€			0.11 M€		
		0 M€	0 M€		0 M€			0.02 M€			0.11 M€			0.11 M€		
Infrastructure - Dommages directs	0 M€	0 M€		0 M€			0.52 M€	0.52 M€	18%	0.83 M€	0.83 M€	9%	0.83 M€	0.83 M€	8%	
Total dommages - Etat aménagé	0 M€	0 M€			0 M€			2.88 M€			9.60 M€			10.54 M€		
Gains (M € TTC)	0.00 M€	0.95 M€			2.39 M€			0 M€			0 M€			0 M€		

Tableau 14 – Synthèse des dommages

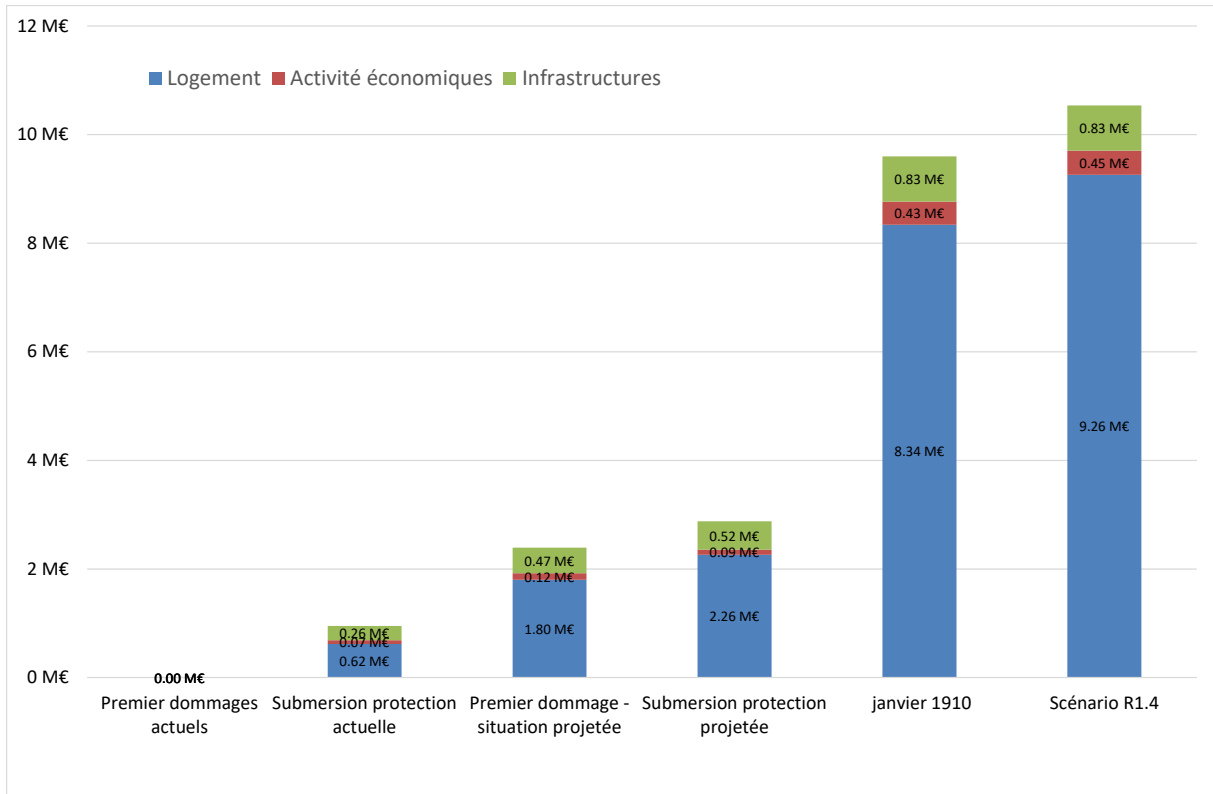


Figure 23 – Dommages par typologie – Etat actuel

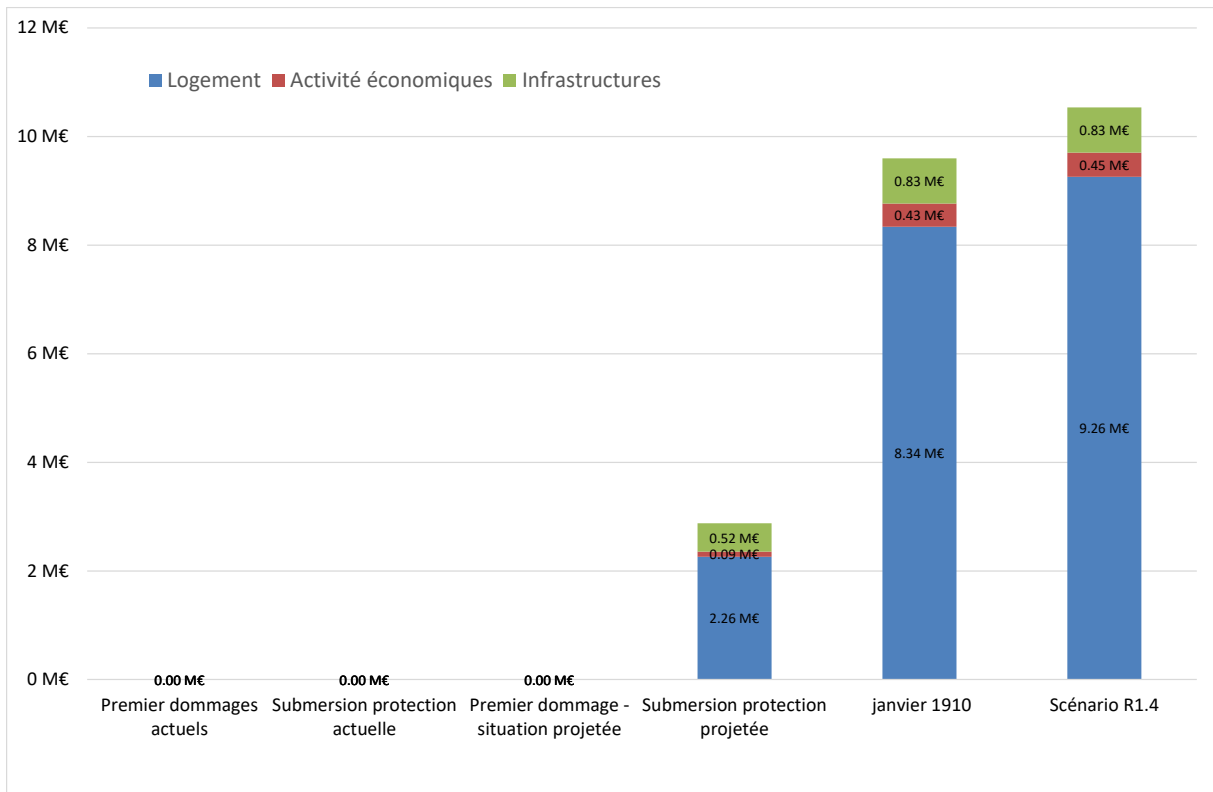


Figure 24 – Dommages par typologie – Etat aménagé

6.4 Estimation des Dommages Evités Moyens Annuels

6.4.1 Introduction

Le Dommage Moyen Annuel (**DMA**) prend en compte les dommages engendrés par toutes les périodes de retour de crues. Il permet d'intégrer les poids relatifs de chaque dommage de crues en fonction de la période de retour. **Le DMA exprime ce que coûte en moyenne par an l'ensemble des crues possibles.**

Les Dommages Evités Moyens Annuels (DEMA) sont évalués par la différence entre le dommage moyen annuel sans mesure et le dommage moyen annuel avec mesure : $DEMA = DMA \text{ (sans mesure)} - DMA \text{ (avec mesure)}$.

Le DEMA permet de déterminer les gains moyens annuels apportés par la mesure.

Concrètement, le DEMA correspond à la surface située entre les deux courbes de dommage (avant et après mesure) exprimé en fonction des périodes de retour de crue (voir graphique ci-après).

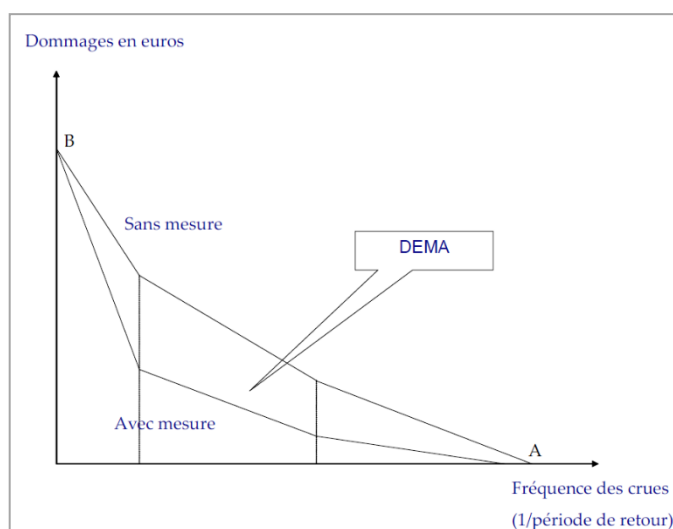


Figure 25 – Définition des Dommages Evités Moyens Annuels

6.4.2 Evaluation du DEMA

L'analyse est conduite sur les scénarios de crues présentés au chapitre 4.3. Les dommages sont ceux déterminés ci-avant.

Le tableau ci-après ainsi que les figures suivantes synthétisent les différentes données.

Dans la situation actuelle, les dommages moyens annuels (DMA) sont de 0,54 M€ pour 0,42 M€ après aménagement. Il en résulte un Dommage Evité Moyen Annuel de 0,123 M€.

Crue	Limite premier dommage - situation actuelle	Submersion protection actuelle	Limite premier dommage - situation projetée	Submersion protection projetée	Crue de 1910	Scénario R1.4 (1,4 x 1910)
Période de retour	7 ans	7.4 ans	14 ans	16.4 ans	115 ans	800 ans
Fréquence	0.154	0.147	0.056	0.048	0.009	0.001
Dommages - Etat actuel	0 M€	1 M€	2 M€	3 M€	10 M€	11 M€
Dommages - Etat aménagé	0 M€	0 M€	0 M€	3 M€	10 M€	11 M€
Dommages Evités	0 M€	1 M€	2 M€	0 M€	0 M€	0 M€

	Actuel	Projeté
DMA (Dommage Moyen Annuel)	0.54 M€	0.42 M€
DEMA (Dommage Evité Moyen Annuel)	0.123 M€	

Tableau 15 – Dommage Moyen Annuel (DMA) et Dommage Evité Moyen Annuel (DEMA)

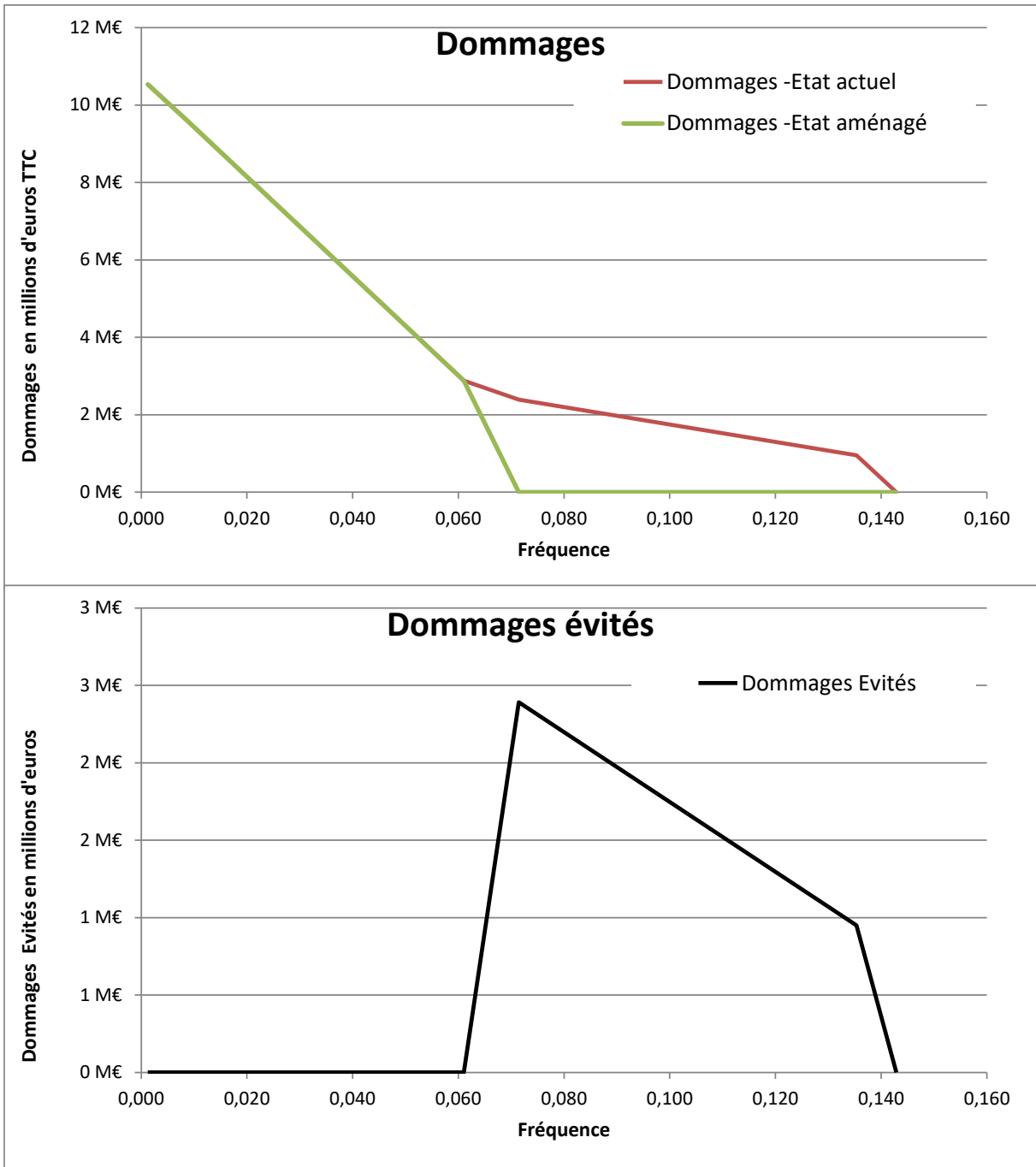


Figure 26 – Répartition fréquentielle – Dommages et dommages évités

6.5 Indicateurs de l'ACB

6.5.1 Rappels des définitions

L'analyse coût-bénéfice est fondée sur deux indicateurs :

- **La Valeur Actualisée Nette (VAN) :**

Le montant de la VAN peut s'interpréter comme la quantité de dommages évités et alors économisés par la société, déduction faite des coûts, grâce aux investissements faits.

$$VAN = \sum_{i=1}^n \frac{1}{(1+r)^i} (B_i - C_i)$$

Avec :

B_i : Bénéfice du projet l'année i

C_i : Coût du projet l'année i

n : durée de vie

r : taux d'actualisation

- **Le rapport DEMA/C :**

Ce rapport peut s'interpréter comme un indicateur de la rentabilité du projet puisqu'il indique « la quantité de dommages évités pour un euro investi dans le projet.

$$DEMA/C = \sum_{i=1}^n \frac{1}{(1+r)^i} (B_i/C_i)$$

6.5.2 Résultats de l'ACB

Les résultats de l'ACB sont synthétisés dans le tableau ci-dessous :

Coût investissement Co (M€TTC)	Coût fonctionnement Ci (M€TTC)	DEMA (M€TTC)	VAN (M€TTC)	DEMA/C
4,8	Non pris en compte car identique EA (voir §6.2)	0,123	-0,88	0,8

Tableau 16 – Résultats - VAN et DEMA/C

Sous les hypothèses retenues, notamment un horizon temporel de 50 ans, le projet se traduit par :

Une Valeur Actualisée Nette (VAN) de -0,88 M€

La réalisation du projet se traduit par une perte de 0,88 M€TTC.

Un DEMA/C de 1,1

Pour 1 € investi, la mesure permet d'éviter 0,8 € de dommages.

6.5.3 Tests de sensibilité

L'analyse de sensibilité consiste à estimer, sur un résultat de modèle, le poids des différents paramètres lorsque ceux-ci sont sujets à des variations.

Les paramètres testés sont les suivants :

- L'horizon temporel,
- Les périodes de retour des crues prises en compte,
- Le coût de l'aménagement,
- Le montant des dommages évités.

Plusieurs approches ont été menées :

- une variation de $\pm 10\%$ des différents paramètres,
- la recherche des paramètres qui conduirait à une VAN nulle, c'est-à-dire à une absence de gain.

6.5.3.1 Tests de sensibilité sur l'horizon temporel

Les hypothèses testées sont :

- H1 : Horizon temporel de 45 ans (-10%),
- H2 : Horizon temporel de 55 ans ($+10\%$),
- H3 : Horizon temporel (68 ans) conduisant à une VAN proche de 0.
- H4 : Horizon temporel de 80 ans - Durée de vie minimale des constructions identiques gérées par le CD94.

Hypothèse	Horizon temporel	Coût investissement Co (M€TTC)	Coût fonctionnement Ci (M€TTC)	DEMA (M€TTC)	VAN (M€TTC)	DEMA /C
Base	50 ans	4,8	Non pris en compte car identique EA (voir §6.2)	0,123	-0,88	0,82
H1	45 ans				-1,18	0,75
H2	55 ans				-0,60	0,87
H3	68 ans				0	1
H4	80 ans				+ 0,52	1,11

Tableau 17 – Test de sensibilité sur l'horizon temporel

La variation de l'horizon temporel :

- de -10% s'accompagne d'une diminution de la Valeur Actualisé Nette (VAN) de -34% ,
- de $+10\%$ s'accompagne d'une augmentation de la VAN de $+46\%$.

La mesure est rentable après 68 ans.

Pour une durée de 80 ans (durée de vie minimale de l'aménagement au regard des constructions identiques gérées par le CD94), la mesure se traduit par une VAN de 0,52 M€. Ainsi, pour 1 € investi, la mesure permet d'éviter 1,1 € de dommages.

6.5.4 Tests de sensibilité sur la période de retour

La détermination de la période de retour présente une double incertitude. Celle habituellement liée à la taille de l'échantillon qui induit une incertitude dans l'analyse statistique (voir § 4.4). La deuxième est associée à la prise en compte de l'influence de la Marne sur les crues de la Seine. Les incertitudes sont rappelées au chapitre 4.3.2.

Les hypothèses testées sont les suivantes :

- H1 : diminution de 10 % de toutes les périodes de retour,
- H2 : augmentation de 10 % toutes les périodes de retour,
- H4 : augmentation de 10 % de l'écart entre surverse actuelle et future (hypothèse favorable)
- H5 : diminution de 10 % de l'écart entre surverse actuelle et future (hypothèse défavorable)

Les tableaux et graphiques ci-après synthétisent les hypothèses retenues concernant les périodes de retour.

	Période de retour retenue	Intervalle variabilité Marne	Intervalle Incertitude analyse statistique	H1	H2	H3	H4
Limite premier dommage - situation actuelle	7 ans	6-10 ans	4-20 ans	6,3	7,7	6,7	7,3
Submersion protection actuelle	7,7 ans	7-11 ans	4-22 ans	6,6	8,1	7	7,8
Limite premier dommage - situation projetée	14 ans	10-18 ans	5-42 ans	12,6	15,4	14,7	13,3
Submersion protection projetées	16,4	12-21 ans	6-51 ans	14,7	18	17,2	15,6
Crue de 1910	115 ans		47-280 ans	103,5	126,5	115	115
Scénario R1.4 (1,4 x 1910)	800 ans		225-2690 ans	720	880	800	800

Tableau 18 – Synthèse des périodes de retour des tests de sensibilités

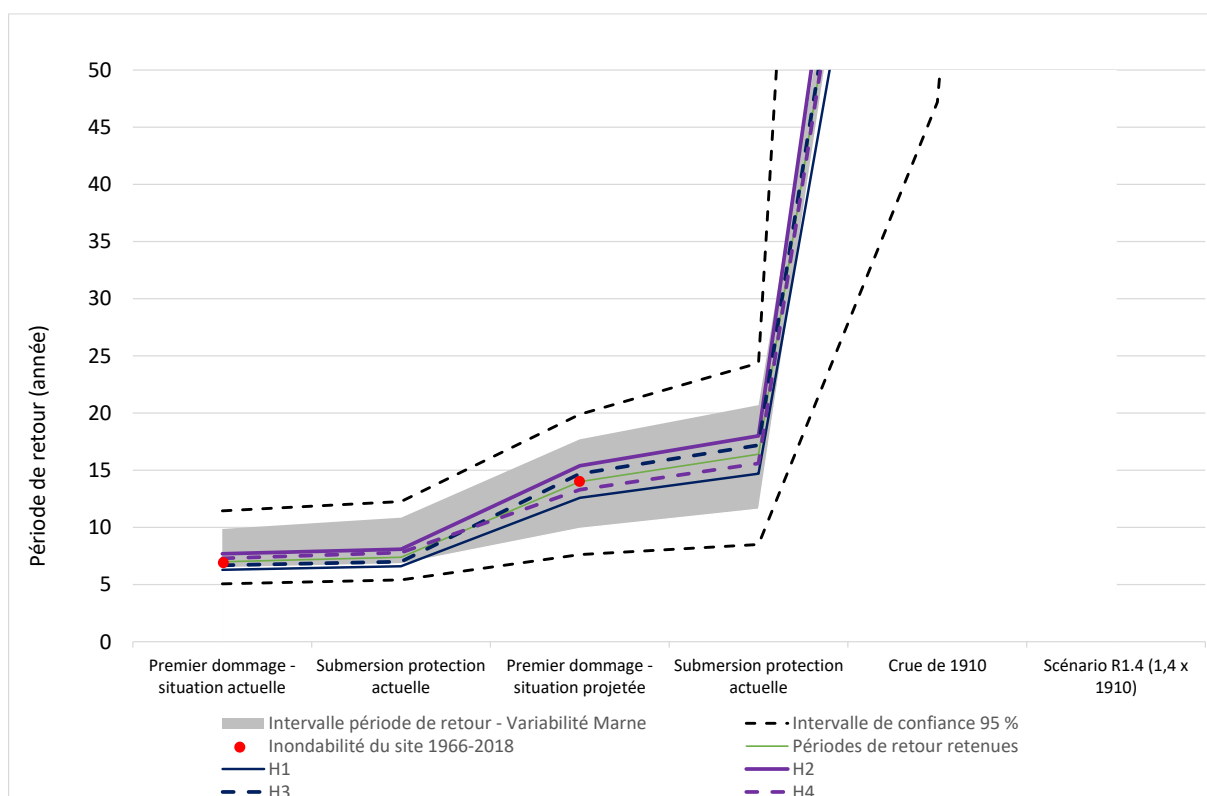


Tableau 19 – Graphique de synthèse des périodes de retour retenues pour les tests de sensibilité

Hypothèse	Horizon temporel	Coût investissement Co (M€TTC)	Coût fonctionnement Ci (M€TTC)	DEMA (M€TTC)	VAN (M€TTC)	DEMA / C
Base	50 ans	4,8	Non pris en compte car identique EA (voir §6.2)	0,123	-0,88	0,82
H1				0,136	-0,45	0,91
H2				0,112	-1,24	0,74
H3				0,140	-0,33	0,93
H4				0,106	-1,41	0,71

Tableau 20 – Test de sensibilité sur les périodes de retour

Sous un horizon de 50 ans, la variation des périodes de retour :

- de -10 % (H1) s'accompagne d'une augmentation de la VAN de 48 %,
- de +10 % (H2) s'accompagne d'une diminution de la VAN de -41 %.

L'augmentation de l'écart entre les seuils des premiers dommages (actuel et projeté) de 10 % (H3 – hypothèse favorable) augmente la VAN de 63 %.

A l'inverse, la diminution de cet écart diminue la VAN de -60 %.

6.5.5 Tests de sensibilité sur le coût de l'aménagement

Les coûts d'entretien sont identiques à ceux de l'ouvrage actuel. Aussi, ce paramètre est pas un paramètre de l'analyse.

Les hypothèses testées sont les suivantes :

- Pour un horizon de 50 ans :
 - H1 : diminution du coût d'investissement C0 de 10 %,
 - H2 : augmentation du coût d'investissement C0 de 10 %,
 - H3 : augmentation du coût d'investissement C0 de 18 %, se traduisant par une VAN nulle.

Hypothèse	Horizon temporel	Coût investissement Co (M€TTC)	Coût fonctionnement Ci (M€TTC)	DEMA (M€TTC)	VAN (M€TTC)	DEMA / C
Base	50 ans	4,8	Non pris en compte car identique EA (voir §6.2)	0,123	-0,88	0,82
H1		4,32			-0,4	0,91
H2		5,28			-1,36	0,74
H3		3,92 (soit une diminution de 18 %)			0	1

Tableau 21 – Test de sensibilité sur le coût de l'aménagement

Sous un horizon de 50 ans, la variation du coût d'investissement de -/+ 10 % s'accompagne d'une variation de -/+ 54 % de la VAN.

Une VAN nulle nécessite une diminution du coût du projet de 18 %.

6.5.6 Tests de sensibilité sur l'évaluation des dommages

Les hypothèses testées sont les suivantes :

- H1 : diminution du DEMA de 10 %,
- H2 : augmentation du DEMA de 10 %,
- H3 : diminution du DEMA de 22 % se traduisant par une VAN nulle – idem H1

Hypothèse	Horizon temporel	Coût investissement Co (M€TTC)	Coût fonctionnement Ci (M€TTC)	DEMA (M€TTC)	VAN (M€TTC)	DEMA /C
Base	50 ans	4,8	Non pris en compte car identique EA (voir §6.2)	0,123	-0,88	0,82
H1				0,111	-1,27	0,73
H2				0,135	-0,49	0,9
H3				0,15	0	1

Tableau 22 – Test de sensibilité sur le coût des dommages

L'analyse est conduite sur une durée de 50 ans.

La variation du coût d'investissement de -/+ 10 % s'accompagne d'une variation de -/+ 44 % de la VAN.

Une VAN nulle nécessite une augmentation des Dommages Evités Moyens Annuels (DEMA) de 22 %.

6.5.7 Conclusion des tests de sensibilité et conséquences

L'analyse de sensibilité est synthétisée dans le tableau ci-après :

Paramètre	Effet d'une variation -/+10 %	Paramètre pour VAN nulle																																			
Horizon temporel	45 ans : VAN=-1,18 M€ (-34%) 55 ans : VAN=-0,6 M€ (+46 %) Nota : Horizon 80 ans : VAN=+0,52 M€	68 ans																																			
Période de retour	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="2">Période de retour en année – premier dommage</th> <th></th> </tr> <tr> <th>Hypothèses</th> <th>Actuel</th> <th>Projet</th> <th colspan="2">VAN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Base</td> <td>7 ans</td> <td>14 ans</td> <td colspan="2">-0,88 M€</td> </tr> <tr> <td>H1</td> <td>6,3 ans</td> <td>12,6 ans</td> <td colspan="2">-0,45 M€ (+48%)</td> </tr> <tr> <td>H2</td> <td>7,7 ans</td> <td>15,4 ans</td> <td colspan="2">-1,24 M€ (-41 %)</td> </tr> <tr> <td>H3</td> <td>6,7 ans</td> <td>14,7 ans</td> <td colspan="2">-0,33 M€ (+63 %)</td> </tr> <tr> <td>H4</td> <td>7,3 ans</td> <td>13,3 ans</td> <td colspan="2">-1,41 M€ (-60 %)</td> </tr> </tbody> </table>			Période de retour en année – premier dommage			Hypothèses	Actuel	Projet	VAN		Base	7 ans	14 ans	-0,88 M€		H1	6,3 ans	12,6 ans	-0,45 M€ (+48%)		H2	7,7 ans	15,4 ans	-1,24 M€ (-41 %)		H3	6,7 ans	14,7 ans	-0,33 M€ (+63 %)		H4	7,3 ans	13,3 ans	-1,41 M€ (-60 %)		
		Période de retour en année – premier dommage																																			
Hypothèses	Actuel	Projet	VAN																																		
Base	7 ans	14 ans	-0,88 M€																																		
H1	6,3 ans	12,6 ans	-0,45 M€ (+48%)																																		
H2	7,7 ans	15,4 ans	-1,24 M€ (-41 %)																																		
H3	6,7 ans	14,7 ans	-0,33 M€ (+63 %)																																		
H4	7,3 ans	13,3 ans	-1,41 M€ (-60 %)																																		
Coût investissement	Coût abaissé de 10 % : VAN=-0,4 M€ (+54 %) Coût augmenté de 10 % : VAN=-1,36 M€ (-54 %)	Coûts abaissés de 18 %																																			
Evaluation des dommages	Dommages abaissés de 10 % : VAN=-1,27 M€ (-44 %) Dommages augmentés de 10 % : VAN=-0,49 M€ (+44 %)	Augmentation des dommages de 22 %																																			

Tableau 23 – Synthèses de l'analyse de sensibilité

Sous un horizon d'analyse de 50 ans, la mesure se traduit par une perte de 0,88 M€ (Valeur Actualisé Nette – VAN). La mesure est rentable après 68 ans. L'expérience de gestionnaire du Conseil Départemental du Val-de-Marne montre que les murettes entretenues ont une durée de vie supérieure à 80 ans. Sur cette durée (80 ans), la mesure se traduit alors par un gain de **0,52 M€**.

Concernant les coûts de réalisation, l'évaluation de cette composante est un poste maîtrisé par les multiples projets de la même nature conduit par le Conseil Départemental du Val-de-Marne. Sur un horizon temporel de 50 ans, la variation des coûts d'investissement de -/+ 10 % s'accompagne d'une variation de -/+ 54 % de la VAN. Une VAN nulle nécessiterait une diminution des coûts de l'aménagement de 18 %.

Pour l'essentiel, les dommages sont liés aux logements. La principale incertitude afférente à l'évaluation des dommages est associée, non à la connaissance hydraulique (cote d'eau) ou topographie mais aux analyses d'endommagements. Les affiner nécessiterait une évaluation de détail de l'ensemble du bâti. Sur un horizon de 50 ans, la variation de -/+ 10 % s'accompagne d'une variation de -/+ 44 % de la VAN. Une VAN nulle nécessiterait une augmentation des dommages évités de 22 %.

Le projet consiste en une amélioration d'une protection existante. Il induit un écart modéré entre les périodes de retour actuelle et projetée de protection. Ce faible écart a pour corollaire d'exacerber l'effet des incertitudes.

Une augmentation (ou une diminution de 10 %) des périodes de retour de premier dommage se traduit par une diminution de la VAN de 41 % (respectivement augmentation de 48 %).

Toutefois, on pondérera cette incertitude en notant que les périodes de retour clefs retenues sont celles observées sur le demi-siècle vécu conduisant à des périodes de retour de 7 et 14 ans respectivement pour la protection actuelle et future.

ANNEXE 1 Bibliographie

Réf.	Intitulé	Maître d'ouvrage	Prestataire	Date
1	Analyse multicritère des projets de prévention des inondations Guide méthodologique 2018	Ministère de la Transition Ecologique et solidaire	Commissariat général au développement durable	2018
2	Harmonisation de la protection contre les inondations Ablon-sur-Seine et Villeneuve-le-Roi DOSSIER DE PRESENTATION TECHNIQUE ET FINANCIER	CD94	CD94	Janvier 2019
3	Projet d'homogénéisation de la protection contre les inondations sur les communes d'Ablon-sur-Seine-sur-Seine et Villeneuve-le-Roi	CD94	Hydro Expertise	9/11 2018
4	Élaboration d'un outil de modélisation des écoulements de la Seine et de ses affluents – Ind D et missions complémentaires MC3 et MC11	EPTB Seine Grands Lac	Artelia	6/11 2020 et 14/10 2020
5	Etudes de Dangers - Seine	CD94	BG21	2021
6	Evaluation des dommages liés aux crues en Région Ile-de-France	Les Grands Lacs de Seine, Agence de l'Eau Seine-Normandie, DIREN IDF, Région IDF	Hydratec	1998
7	Evaluation de la pertinence des mesures de gestion du risque inondation – Manuel des pratiques existantes	CEPRI		Juin 2018
8	Étude de modernisation de la vanne secteur de Joinville-le-pont	CD94	Hydro Expertise	2014
9	PROJET D'AMENAGEMENT DE LA BASSEE CASIER PILOTE Annexe 2	IIBRBS		2013

ANNEXE 2
Hydrologie - globale

1. Objectif de l'analyse

L'analyse conduite a pour objet de définir :

- Les débits et périodes de retour des crues vécues,
- Déterminer les débits et périodes de retour de référence.

2. Données disponibles

La Seine a fait l'objet de nombreuses études hydrologiques. Seules les plus récentes sont rappelées :

Réf.	Intitulé	Maître d'ouvrage	Prestataire ou auteur	Date
A	Évaluation des dommages liés aux crues en Région Ile-de-France	Les Grands Lac de Seine / Diren/ Région Ile-de-France / Agence de l'Eau Seine-Normandie	Hydratec / SIEE / Territoires Conseils	1998
B	Cartographie des zones inondables et des risques d'inondation du TRI Métropole Francilienne	DRIEE		2013 – Mise à jour 2016
C	Analyse de la cohérence des données hydrométriques pour la validation des débits de la crue de 1910 à Paris ou de la valeur de jaugeage	Congrès SHF : «Hydrométrie 2013» Paris,	Yan LACAZE, Emmanuel RAIMBAULT, Sylvain CHESNEAU, Jean-Pédro SILVA, Carine CHALEON	2013

Des données sur une période étendue sont disponibles aux échelles d'annonce de crue et aux stations hydrométriques qui encadrent la zone d'étude : Melun sur la Seine en amont de la confluence avec la Marne, Austerlitz en aval et Chalifert sur la Marne aval. Il s'agit notamment :

- Des observations aux échelles d'annonce de crues qui sont disponibles de façon continue depuis la fin du 19^{ème} siècle,
- De jaugeages anciens dont certains datent de la fin du 19^{ème} siècle,
- Des données plus récentes, depuis les années 1960, archivées dans la banque HYDRO.

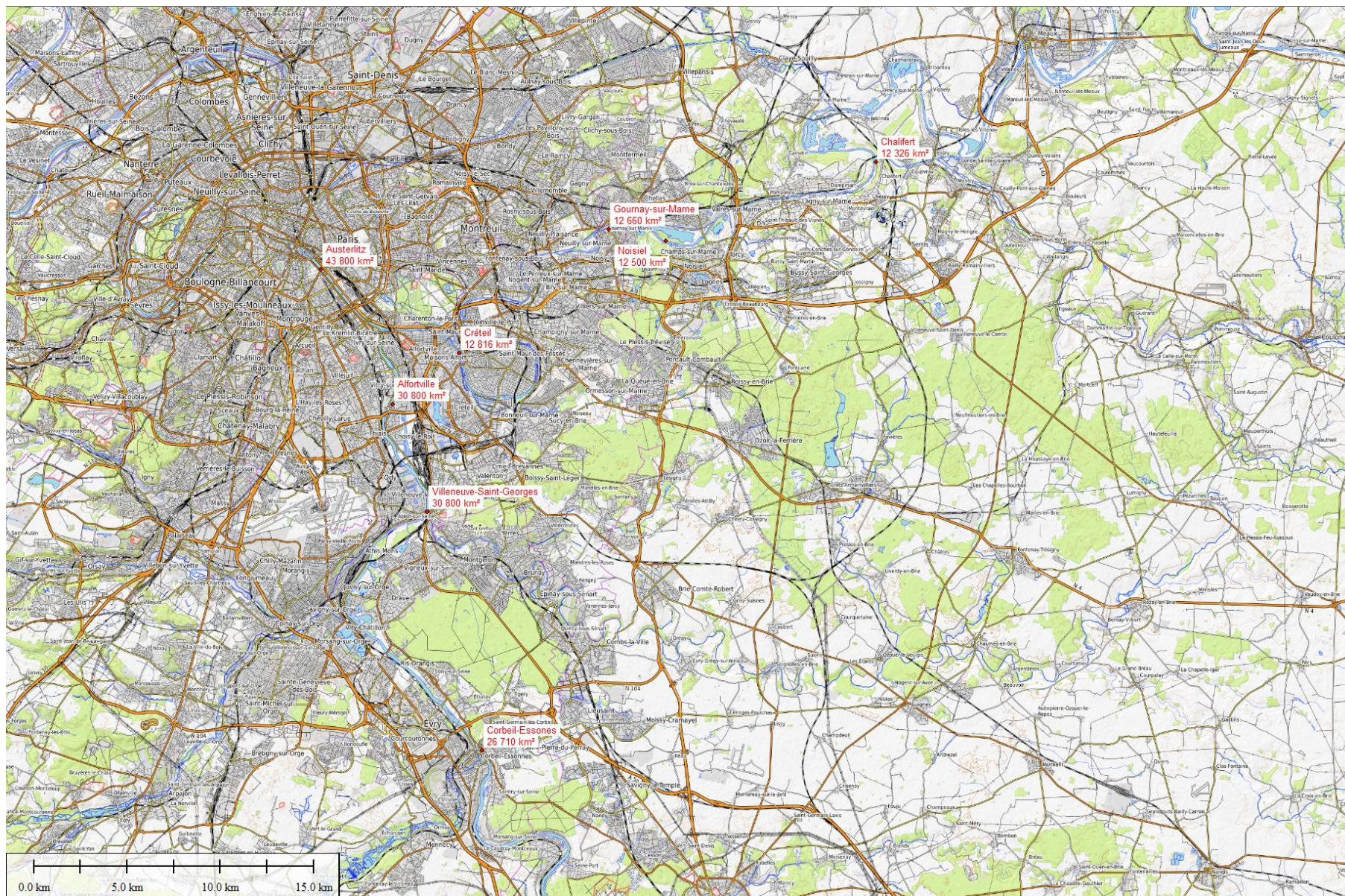
Utilisant l'ensemble de ces données, une reconstitution des chroniques de débits a été réalisée lors de l'étude de 1998 conduite pour IIRBS (réf. A). L'analyse réalisée a permis de reconstituer l'hydrologie naturelle en intégrant l'effet des barrages-réservoirs et de conduire des analyses statistiques sur ces séries.

Cette analyse a été reprise en 2013 par la DRIEE lors des études associées à l'élaboration des cartographies des zones inondables et des risques d'inondation du TRI Métropole francilienne (réf. B). Les données de référence utilisées sont les suivantes :

Données valorisées – Étude DRIEE (2013)

Secteur	Station	Période	Station	Période
Seine amont	Melun	1886-1966 (reconstitution)	Villeneuve-st-Georges puis Alfortville	1966-2011 (banque Hydro)
Marne aval	Chalifert	1876-1960 (reconstitution)	Noisiel puis Gournay	1960-2011 (banque Hydro)
Seine Paris	Austerlitz	1876-2011 (banque Hydro)		

Le débit de la crue de 1910 à Austerlitz a notamment été réestimé. L'estimation antérieure produite par Hydratec (réf. A) était de 2400 m³/s. La nouvelle estimation est d'environ 2600 m³/s (2650 m³/s voir réf. C).



Localisation des stations

3. Débits et hydrogrammes des principales crues vécues

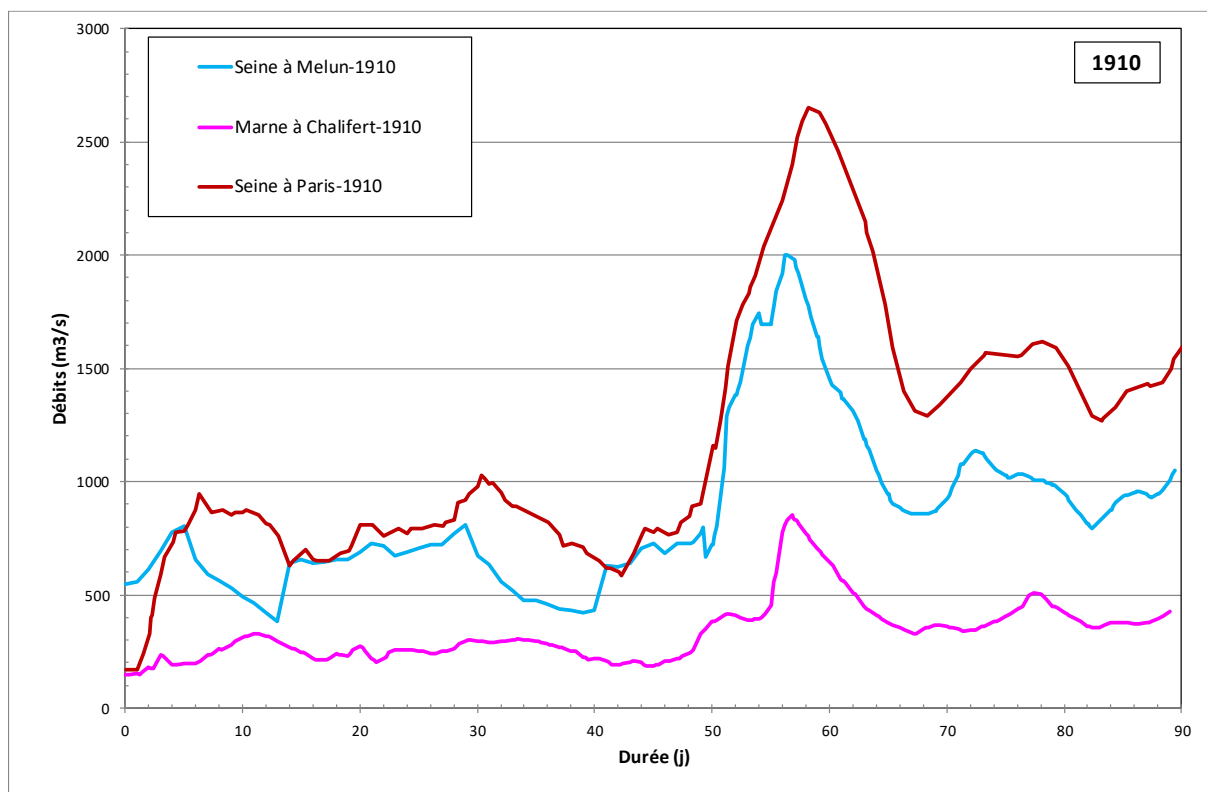
Le tableau ci-après synthétise les débits de pointe des crues caractéristiques du 20^{ème} siècle. Les crues anciennes résultent de l'hydrologie naturelle. Les crues récentes (postérieures à 1949 pour la Seine et 1974 pour la Marne) sont influencées par les barrages-réservoirs.

Débits des plus fortes crues

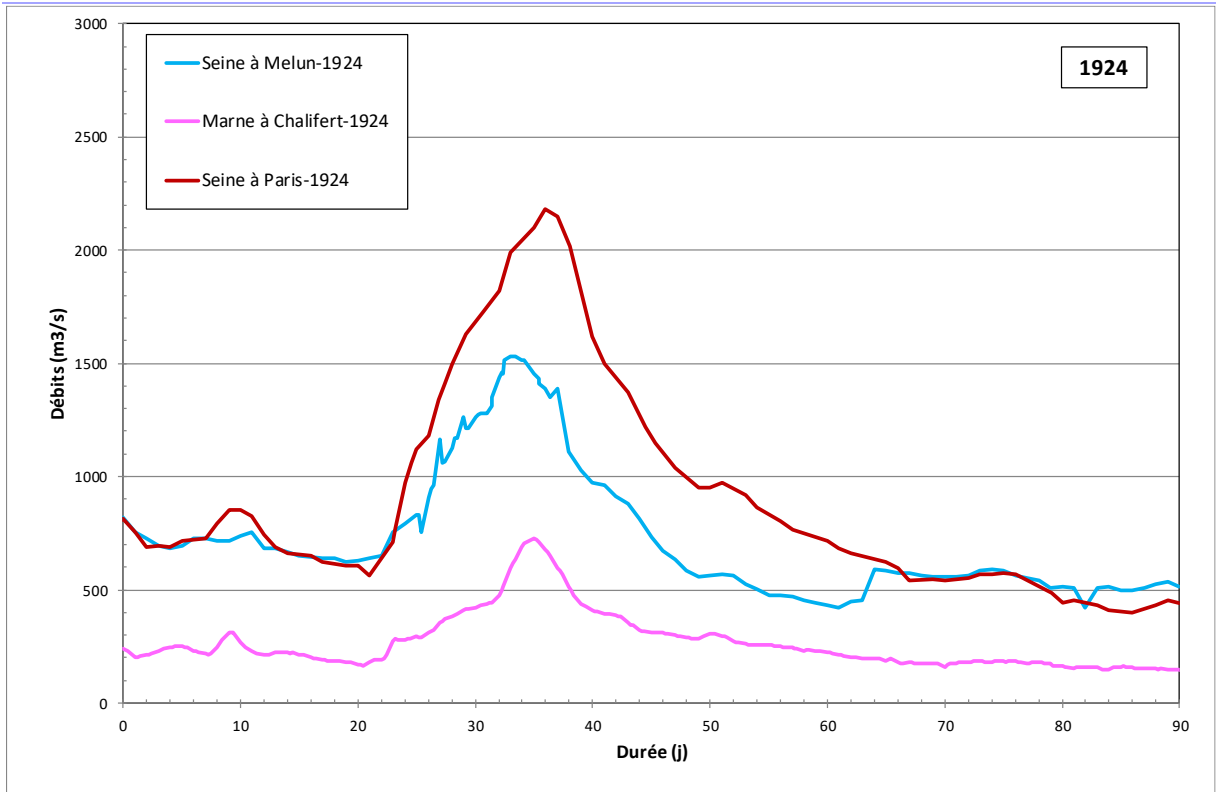
Date crue	Seine aval confluence/Marne Débit à Austerlitz	Seine amont confluence Débit à Alfortville (ou Melun*)	Marne aval Débit à Noisiel- Gournay (ou Chalifert*)
Janvier 1910	2650 m ³ /s	2000 m ³ /s*	850 m ³ /s*
Janvier 1955	2110 m ³ /s	1480 m ³ /s*	820 m ³ /s*
Janvier 1924	2180 m ³ /s	1530 m ³ /s*	730 m ³ /s*
Juin 2016	1750 m ³ /s	1400 m ³ /s	450 m ³ /s
Janvier 1982	1810 m ³ /s	1320 m ³ /s	460 m ³ /s
Janvier 2018	1710 m ³ /s	1240 m ³ /s	577 m ³ /s
Février 1970	1680 m ³ /s	1020 m ³ /s	600 m ³ /s*
Avril 1983	1500 m ³ /s	1050 m ³ /s	550 m ³ /s
Mars 2001	1510 m ³ /s	1050 m ³ /s	545 m ³ /s
Janv-Fev 1995	1430 m ³ /s	943 m ³ /s	479 m ³ /s
Janv 1994	1380 m ³ /s	908 m ³ /s	509 m ³ /s

Source : Banque Hydro et données du TRI (réf. B)

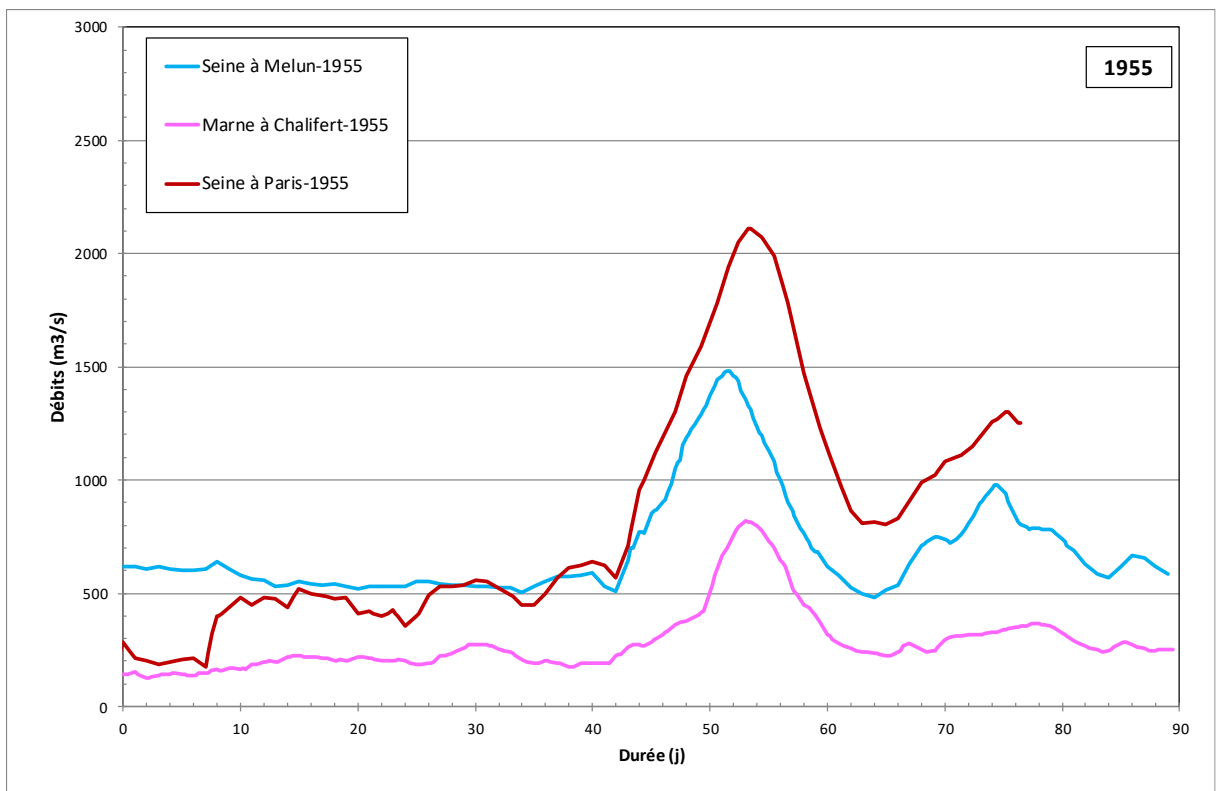
Les hydrogrammes de ces crues sont rappelés ci-après :



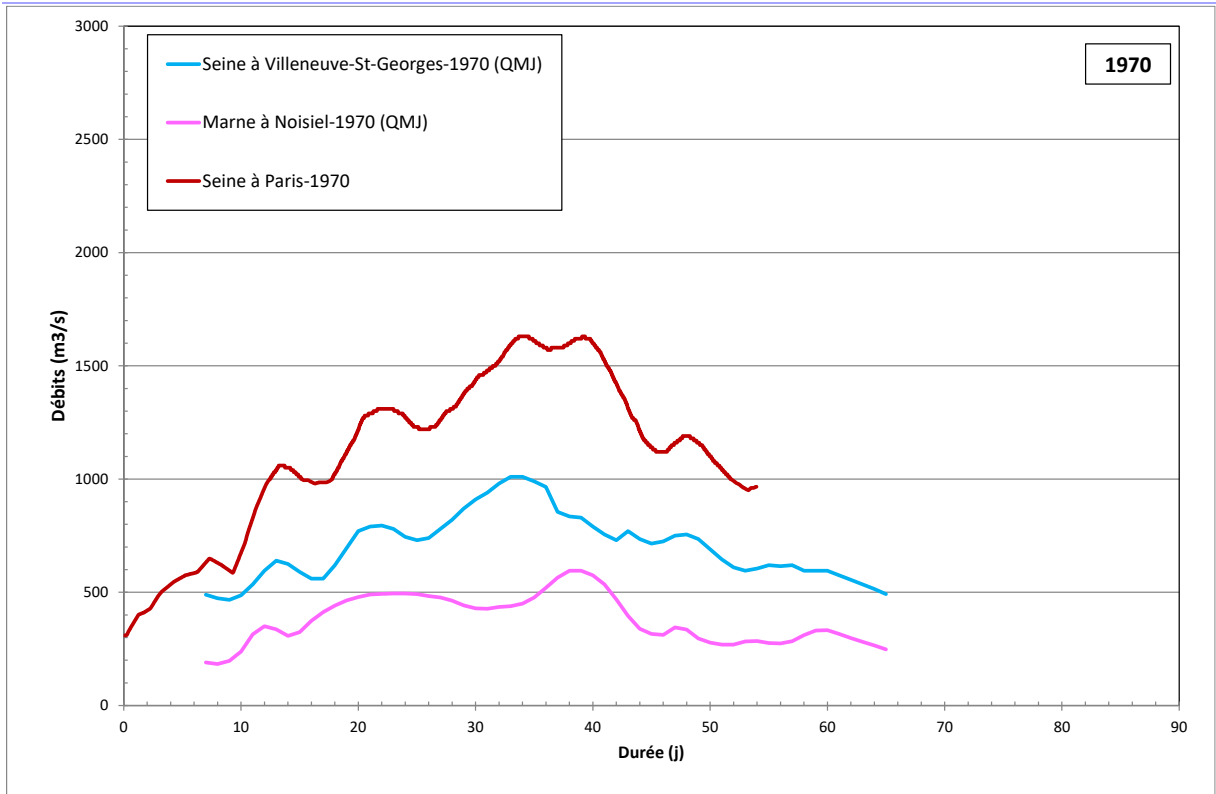
Hydrogrammes de la crue de janvier 1910



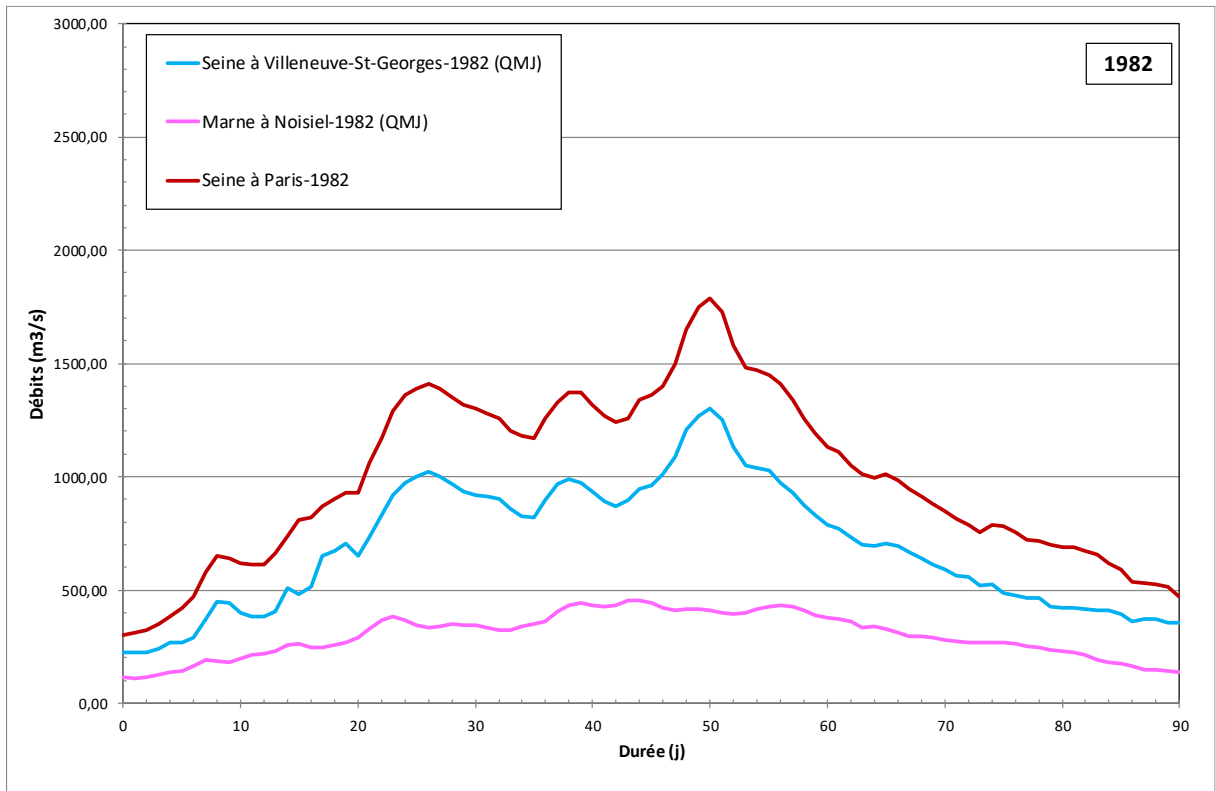
Hydrogrammes de la crue de janvier 1924



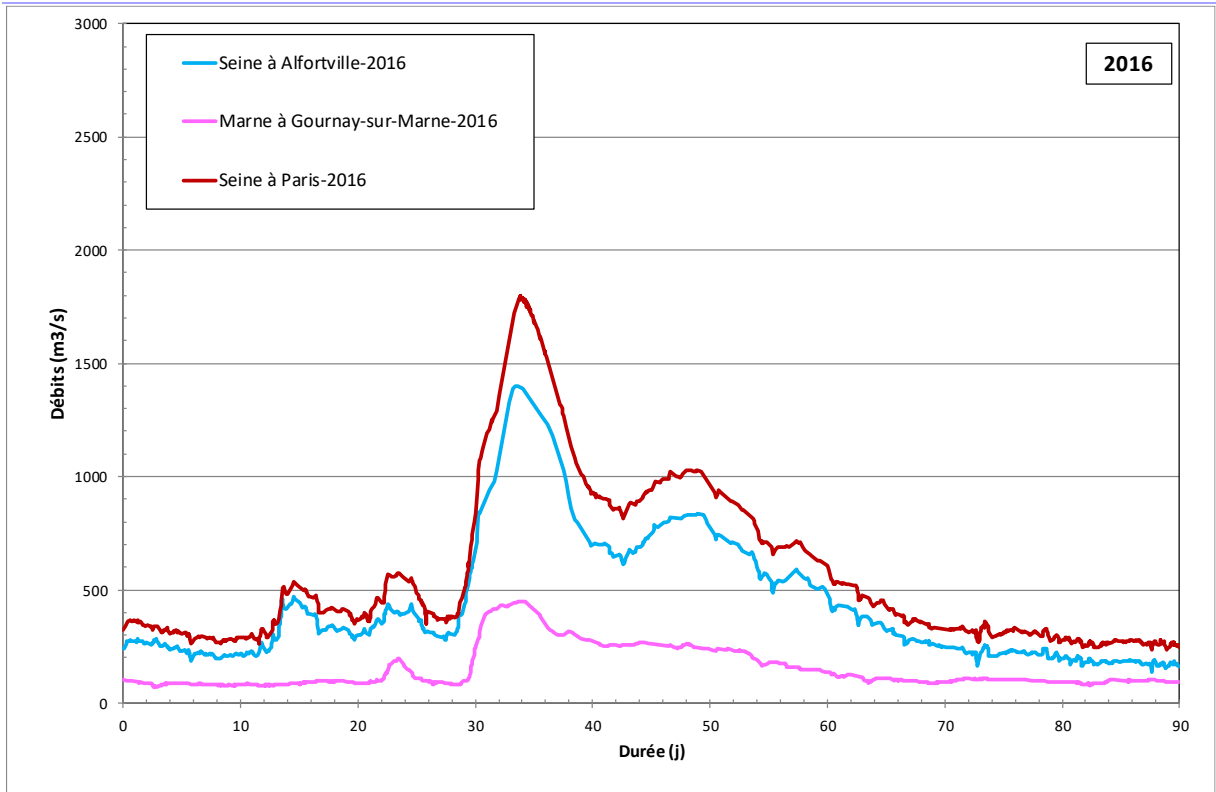
Hydrogrammes de la crue de janvier 1955



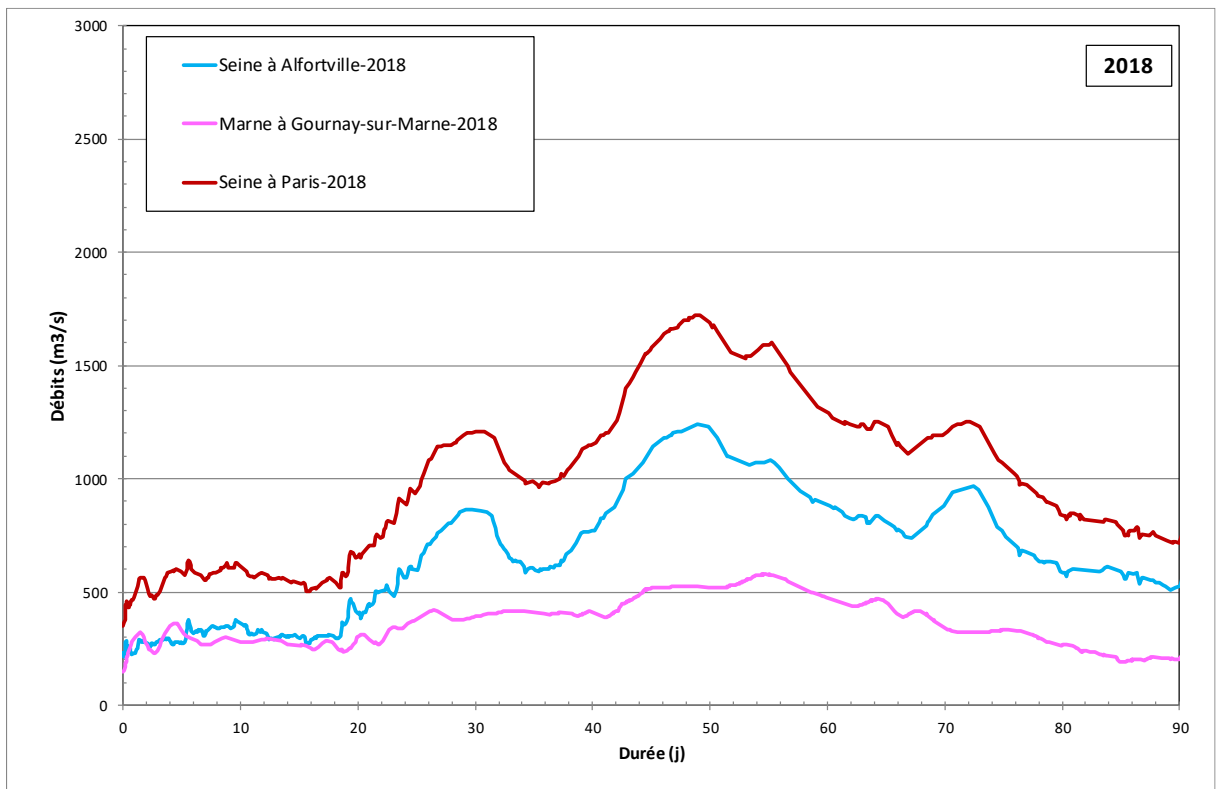
Hydrogrammes de la crue de février 1970



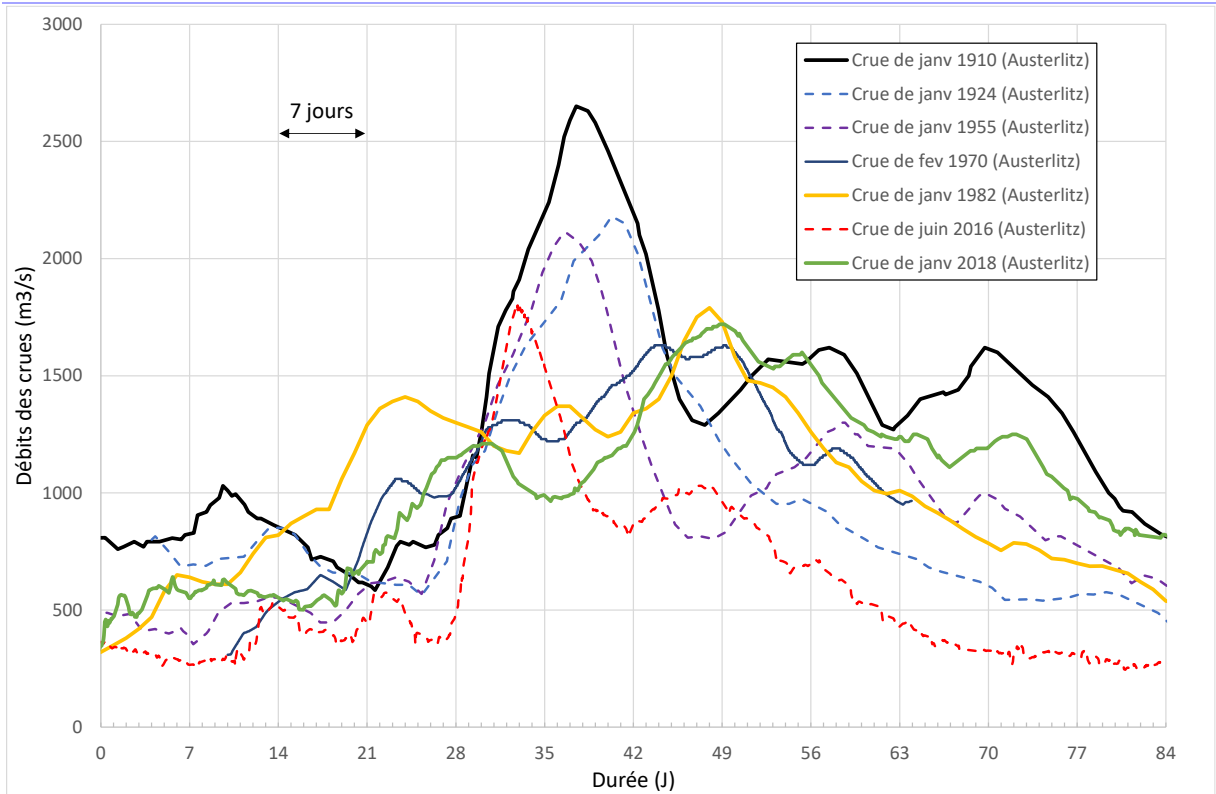
Hydrogrammes de la crue de janvier 1982



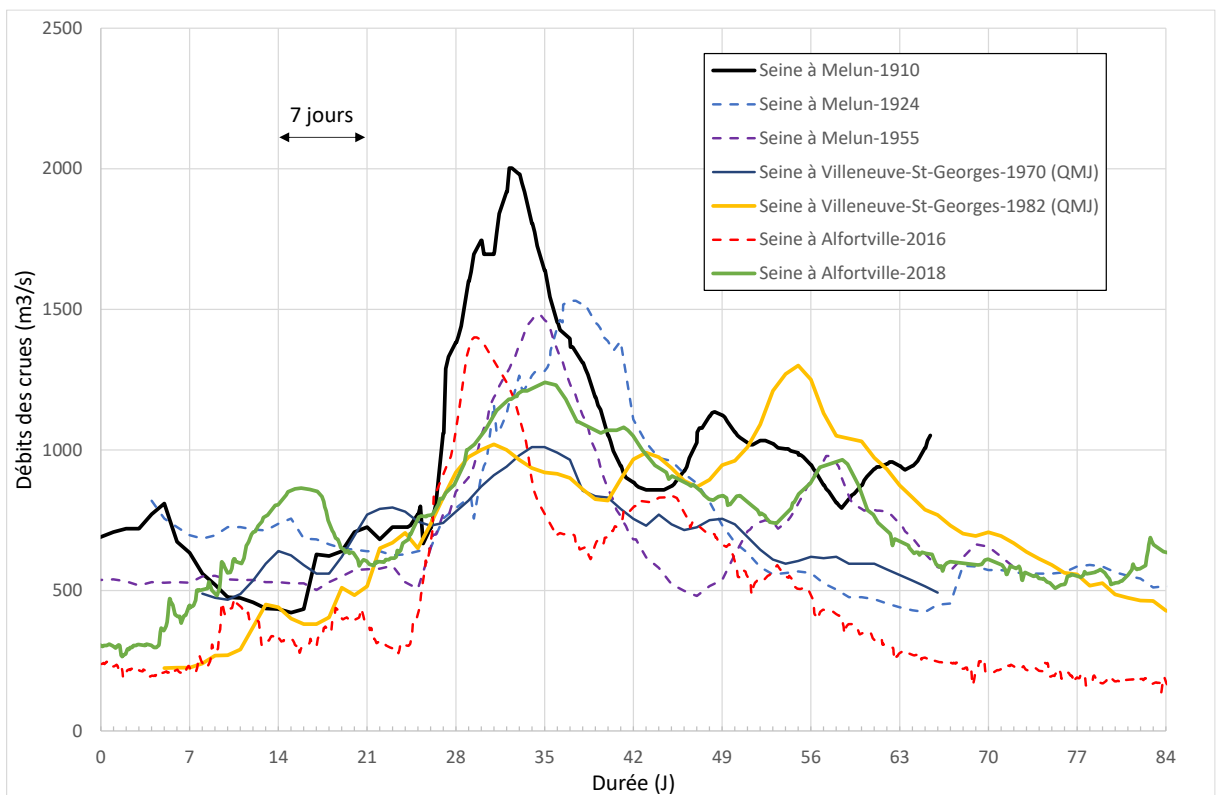
Hydrogrammes de la crue de juin 2016



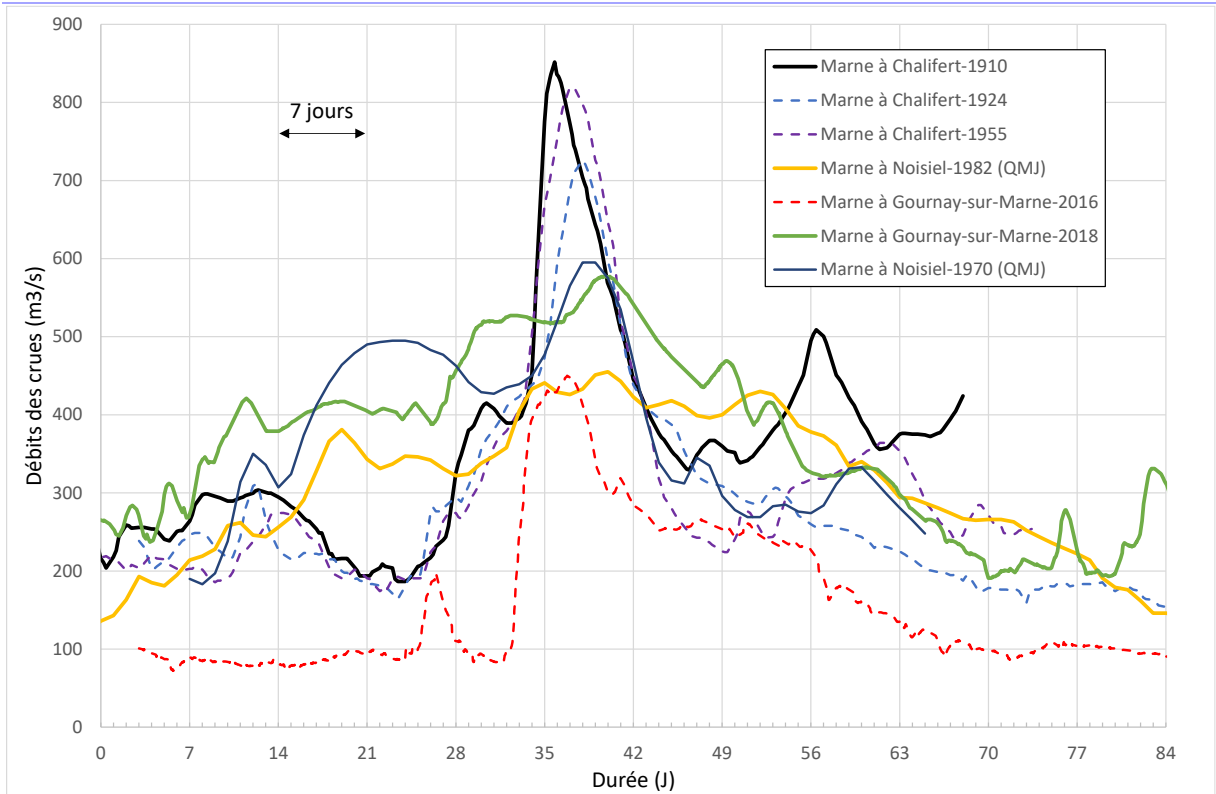
Hydrogrammes de la crue de janvier 2018



Hydrogrammes des principales crues : Seine en aval de la confluence (Austerlitz)



Hydrogrammes des principales crues : Seine en amont de la confluence



Hydrographes des principales crues : Marne en amont de la confluence

4. Débits de références retenus dans le TRI (réf. B)

L'hydrologie de référence a été déterminée dans le cadre du TRI Métropole Francilienne.

L'analyse produite est rappelée ci-après.

Cartographie des surfaces inondables et des risques d'inondation du TRI Métropole francilienne

5.4.1 - Période de retour des crues de la Seine, de la Marne et de l'Oise

Rappelons d'abord la définition d'une période de retour en hydrologie.

La période de retour permet d'apprécier le caractère plus ou moins exceptionnel d'un événement. Un débit de crue décennal (période de retour $T=10$ ans) est par définition un débit qui a une chance sur 10 d'être atteint ou dépassé dans une année donnée. En effet un tel débit est dépassé en moyenne une fois tous les 10 ans sur une très longue période.

De la même façon, un débit centennal (période de retour $T=100$ ans) est un débit qui a une chance sur 100 d'être observé dans une année donnée, un débit annuel (période de retour $T=1$ an) est un débit atteint ou dépassé en moyenne une fois par an, etc...

Il est fondamental de se souvenir que la période de retour d'un événement correspond à une durée moyenne, c'est à dire à une durée statistique ou théorique sans jamais et en aucun cas faire référence à un quelconque cycle. En effet, une crue décennale peut se produire plusieurs fois au cours d'une décennie comme elle peut ne pas se produire pendant plusieurs décennies.

Les période de retour sont établies grâce à des méthodes statistiques basées sur les séries d'observations de débit aux stations étudiées.

Les ajustements statistiques menés sur les maxima annuels sur les secteurs de la Seine amont, la Marne aval, la Seine à Paris et la Seine aval ont été réalisés sur la base des données suivantes :

Secteur	Station	Période	Station	Période
Seine amont	Melun	1886-1966 (reconstitution)	Villeneuve-st-Georges	1966-2011
			Alfortville	(banque Hydro)
Marne aval	Chalifert	1876-1960 (reconstitution)	Noisiel puis Gournay	1960-2011 (banque Hydro)
Seine Paris	Austerlitz	1876-2011 (banque Hydro)		
Seine aval	Mantes	1873-1976 (reconstitution)	Poissy puis Vernon	1976- 2011

Deux types d'ajustement ont été effectués :

- le premier sur la série complète, corrigée après la date de création des Grands Lacs sur la base des données fournies par Seine Grands Lacs, afin de prendre en compte un débit « naturel » sur l'ensemble de la période. Il s'agit donc d'un ajustement effectué sur des débits non influencés par les barrages réservoirs.
- le second sur la série disponible après création des Grands Lacs (1974 sur la Marne et 1966 sur la Seine) afin d'effectuer l'ajustement sur les débits influencés uniquement. Étant donné la taille des séries, seuls les débits correspondant aux périodes de retour 10 et 30 ans ont été déterminés.

Le type d'ajustement retenu est la loi de Gumbel, les résultats, assortis des intervalles de confiance sont fournis ci-dessous.

Cartographie des surfaces inondables et des risques d'inondation du TRI Métropole francilienne

Pour Creil, les débits sont issus de l'étude hydrologique de 2013, basée sur la méthode des courbes enveloppes.

	Débits en m ³ /s associés aux périodes de retour				
	IC 70 % IC 95 %				
	10 ans	30 ans	100 ans	300 ans	1000 ans
Marne aval 1876 - 2011	610 [590 - 640] [570 - 670]	740 [710 - 790] [680 - 830]	890 [840 - 940] [800 - 1010]	1010 [960 - 1080] [910 - 1160]	1150 [1080 - 1240] [1030 - 1330]
Seine amont 1886 - 2011	1210 [1150 - 1270] [1100 - 1350]	1480 [1410 - 1480] [1350 - 1680]	1780 [1680 - 1910] [1600 - 2040]	2050 [1920 - 2200] [1830 - 2370]	2340 [2190 - 2530] [2080 - 2730]
Seine à Paris 1876 - 2011	1750 [1670 - 1840] [1620 - 1930]	2140 [2030 - 2270] [1950 - 2400]	2560 [2420 - 2730] [2310 - 2910]	2940 [2770 - 3150] [2640 - 3370]	3360 [3150 - 3610] [2990 - 3880]
Seine aval 1873 - 2011	2230 [2130 - 2360] [2050 - 2480]	2760 [2620 - 2930] [2760 - 2510]	3330 [3140 - 3560] [2990 - 3800]	3840 [3610 - 4120] [3430 - 4420]	4400 [4120 - 4740] [3910 - 5100]
Oise à Creil	550 [510 - 590] [470 - 660]	640 [600 - 685] [560 - 770]	800 [720 - 890] [660 - 980]	960 [840 - 1080] [800 - 1200]	1150 [1010 - 1290] [960 - 1440]

Ajustement sur les séries complètes de débit non influencés

	Débits en m ³ /s associés aux périodes de retour	
	IC 95 %	
	10 ans	30 ans
Marne aval (1974 - 2011)	500 [470 - 560]	590 [540 - 670]
Seine amont (1966 - 2011)	1160 [1060 - 1320]	1430 [1290 - 1660]
Seine à Paris (1974 - 2011)	1600 [1460 - 1840]	1950 [1760 - 2290]
Seine aval (1975 - 2010)	2130 [1950 - 2450]	2580 [2330 - 3040]

Ajustement sur les débits influencés depuis création des barrages-réservoirs

5. Analyses statistiques complémentaires

L'analyse hydrologique produite dans le cadre du TRI présente les débits de référence dans l'état naturel et avec influence des barrages-réservoirs.

Concernant l'hydrologie naturelle, les échantillons retenus sont de taille importante. Les quelques années disponibles supplémentaires ne sont pas susceptibles d'influencer notablement le résultat.

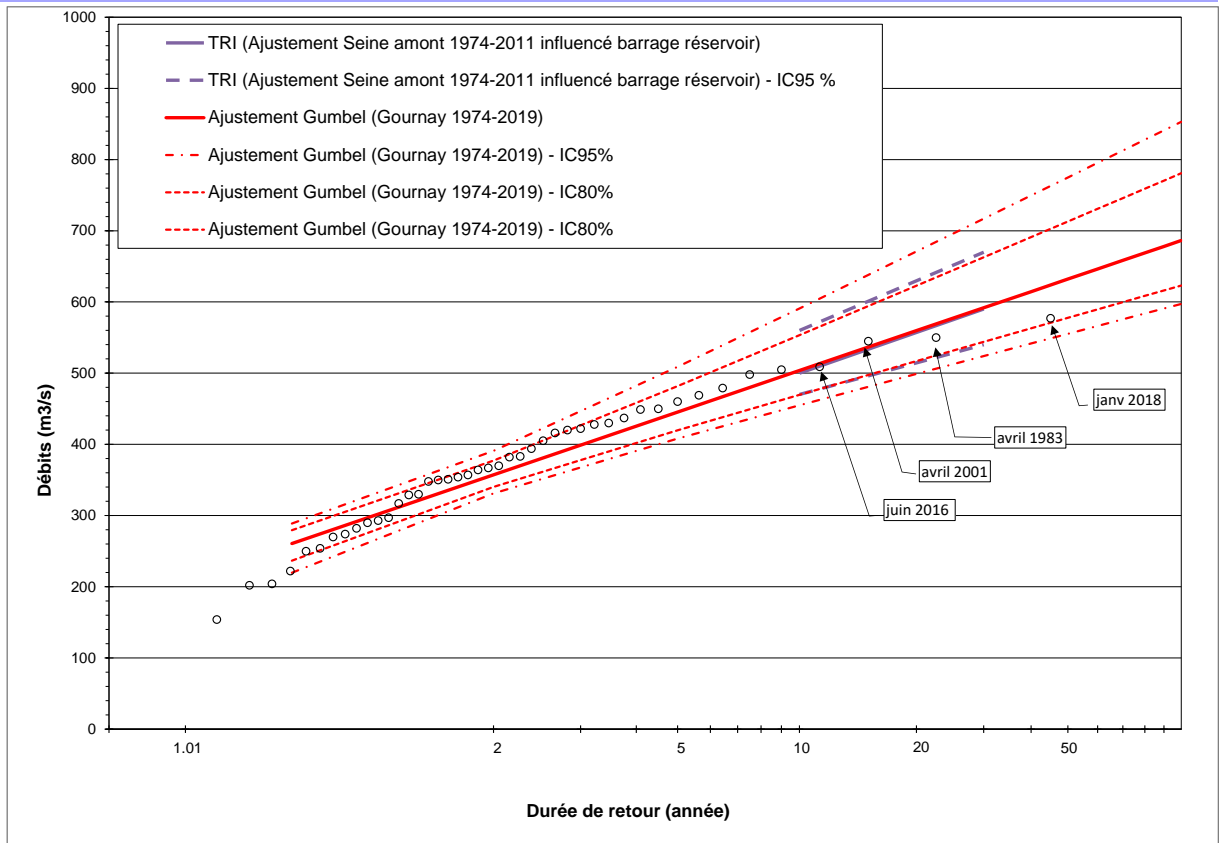
Pour la détermination des débits de référence influencés par les barrages-réservoirs, l'échantillon est nettement plus réduit. Afin de tenir compte des nouvelles observations de débits depuis 2011 (intégrant notamment les crues récentes importantes de 2016 et 2018), de nouvelles analyses statistiques ont été conduites aux stations de :

- Alfortville (Seine amont),
- Austerlitz (Seine aval),
- Gournay (Marne).

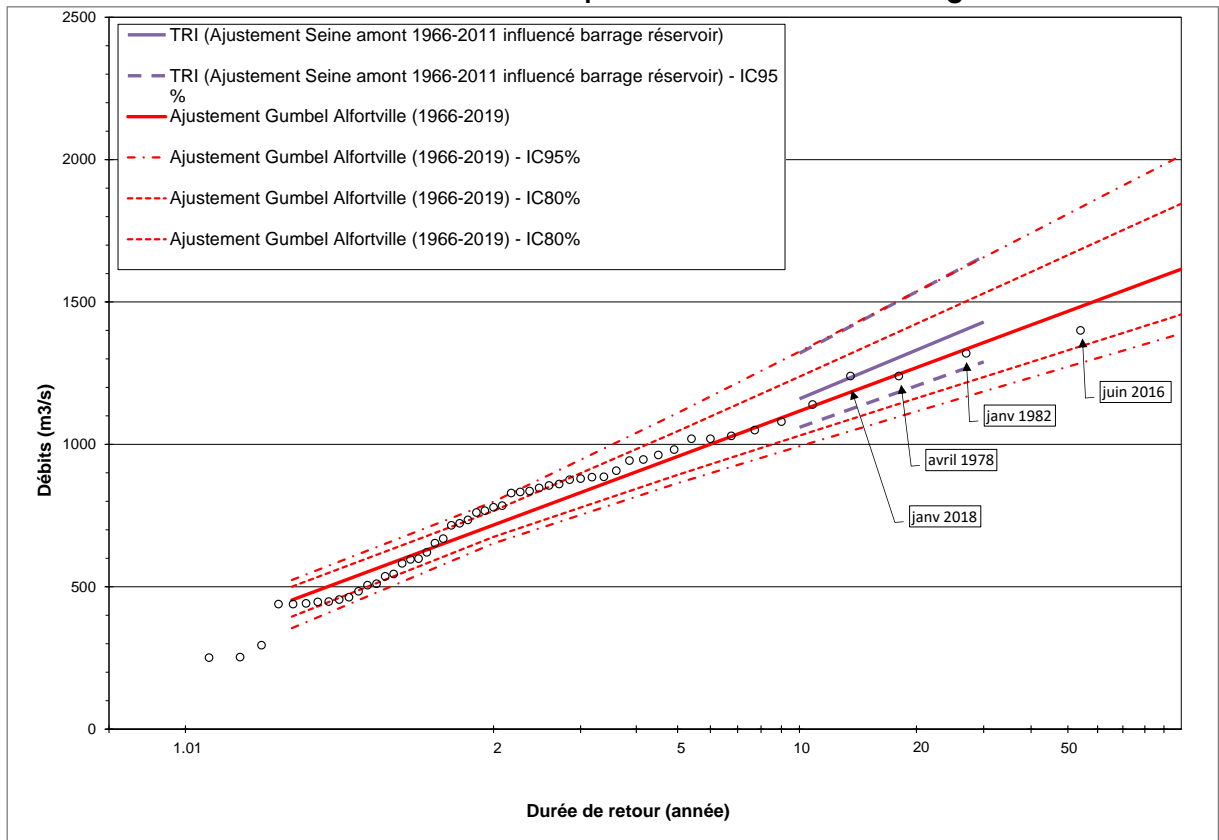
Les analyses ont été conduites en retenant les hypothèses suivantes :

- L'ajustement est réalisé à une loi de Gumbel à l'aide du logiciel Hydrolab (Équipe Gestion et Valorisation de l'Environnement de l'UM.R. 5651 du C.N.R.S – Université de Nice – Sophia Antipolis),
- La fréquence empirique retenue pour la représentation des valeurs observées est celle de Weibull ($i/(n+1)$),
- Pour la station d'Austerlitz, les débits maxi sur la période 1975-2001 sont déterminés à partir des débits moyens journaliers (disponibles dans la Banque Hydro) augmentés de 1 % (valeur moyenne des écarts Q_{max}/Q_{moyen} entre 1886 et 1972).

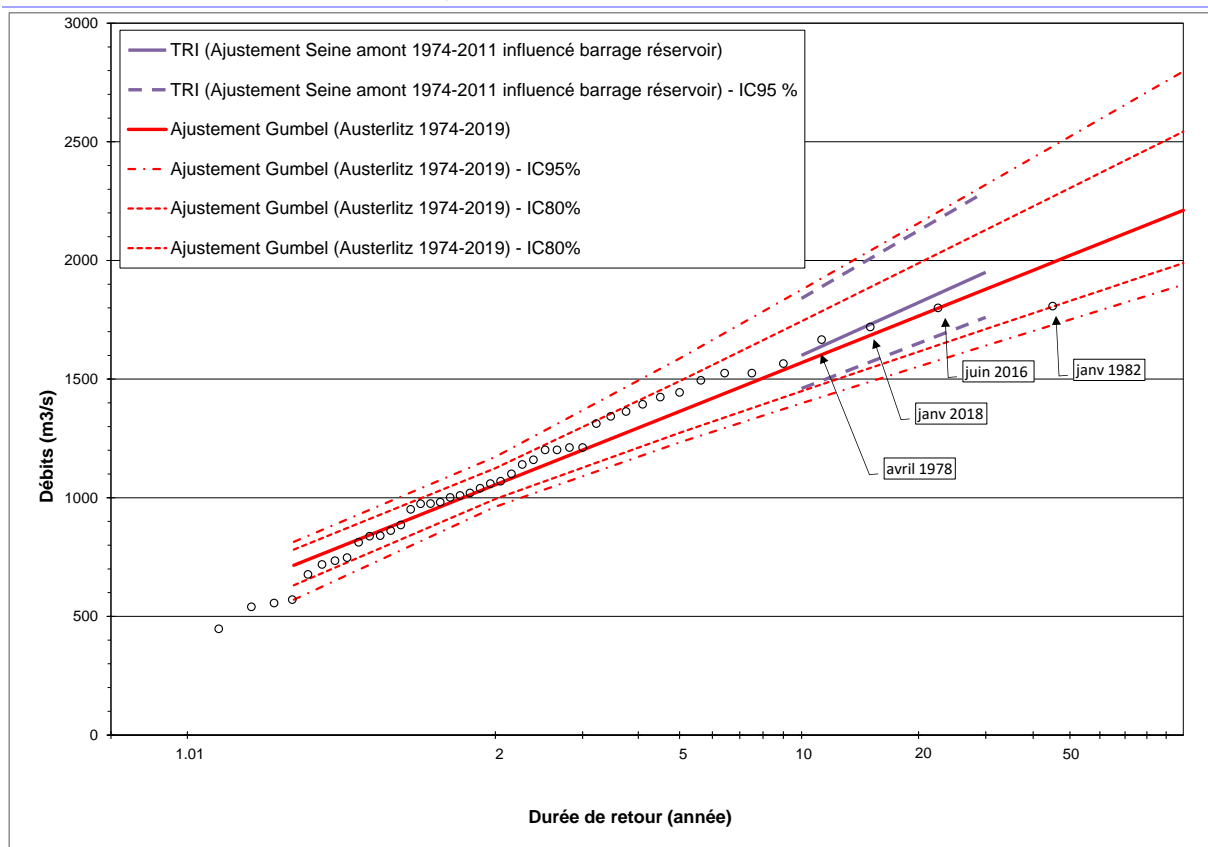
Les ajustements sont présentés ci-après :



Débits de référence de la Marne après création des barrages-réservoirs



Débits de référence de la Seine amont après création des barrages-réservoirs



Débits de référence de la Seine aval après création des barrages-réservoirs

Les écarts entre l'estimation du TRI et la nouvelle estimation sont faibles :

- Pour la Marne, les résultats sont identiques,
- Pour la Seine, les débits de référence sont inférieurs de 2 à 5 % pour des périodes de retour identiques.

Période de retour	Seine amont				Seine aval				Marne			
	TRI	Alfortville	Ecart	Ecart en %	TRI	Austerlitz	Ecart	Ecart en %	TRI	Austerlitz	Ecart	Ecart en %
	1966-2011	1966-2019			1974-2011	1974-2019			1974-2011	1974-2019		
10 ans	1160 m3/s	1117 m3/s	-43 m3/s	-4%	1600 m3/s	1569 m3/s	-31 m3/s	-2%	500 m3/s	504 m3/s	4 m3/s	1%
30 ans	1430 m3/s	1358 m3/s	-72 m3/s	-5%	1950 m3/s	1879 m3/s	-71 m3/s	-4%	590 m3/s	592 m3/s	2 m3/s	0%

Débits des plus fortes crues de la Seine et de la Marne

6. Périodes de retour des principales crues vécues

Les tableaux ci-dessous synthétisent les périodes de retour des principales crues vécues. Les périodes de retour issues des ajustements ainsi que celles correspondant à l'intervalle de confiance à 95 % sont fournies.

Les ajustements utilisés sont ceux correspondant à la situation dans laquelle s'est produite la crue. Ainsi, pour les crues de 1910 à 1955, il s'agit de l'hydrologie naturelle. Pour les crues de 1970 et ultérieures, il s'agit de l'hydrologie influencée.

Hydrologie influencée - avec effet des barrages réservoirs

	Paris			Seine Amont			Marne		
	Ajustement	IC95inf	IC95supp	Ajustement	IC95inf	IC95supp	Ajustement	IC95inf	IC95supp
Jun-16	20	50	7	35	105	15	5	9	3
Jan-82	25	65	9	25	65	10	6	10	3
Jan-18	15	40	7	15	40	8	25	70	9
Feb-70	15	35	6	7	10	4	33	105	10
Apr-83	8	15	4	7	15	4	20	45	7
Apr-01	8	15	4	7	15	4	15	40	7
jan-fév 1995	6	10	3	5	8	3	7	15	4
Jan-94	5	9	3	4	6	3	10	25	5

Hydrologie naturelle - sans effet des barrages réservoirs

	Paris			Seine Amont			Marne		
	Ajustement	IC95inf	IC95supp	Ajustement	IC95inf	IC95supp	Ajustement	IC95inf	IC95supp
Jan-10	130	55	310	245	85	680	70	165	35
Jan-55	30	15	50	30	15	55	55	120	30
Jan-24	35	20	65	35	20	70	30	50	15

Périodes de retour des crues vécues

Nota :

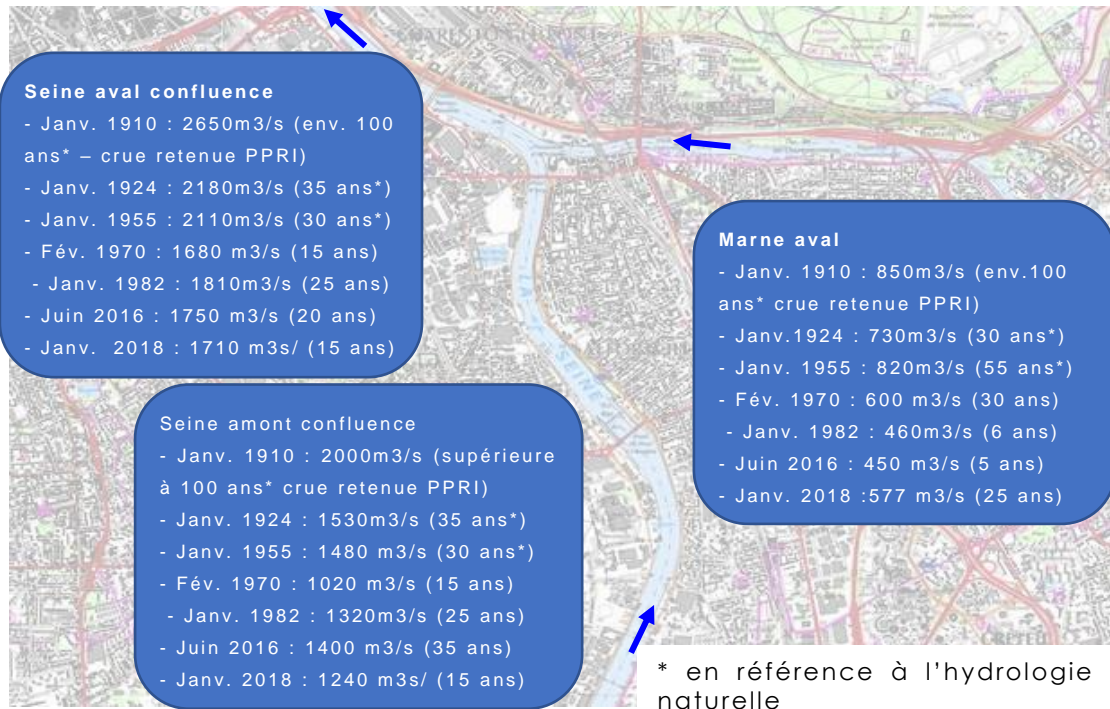
Les débits utilisés pour déterminer les périodes de retour sont ceux présentés au point 3 ci-avant. Il s'agit des débits aux stations hydrométriques au droit desquelles des données historiques anciennes ont permis de reconstituer le débit des crues anciennes.

En particulier, pour la crue de 1910 en amont de la confluence, l'estimation disponible a été réalisée à Melun. Le débit proposé par la DRIEE dans l'étude hydrologique du TRI est d'environ 2000 m³/s à cette station. Ce débit conduit à une période de retour de 245 ans (Intervalle de confiance à 95 % de 85-680 ans).

La modélisation mathématique conduite en 2020 pour l'EPTB Seine Grands Lacs (cf. réf. 4) a reconstitué le fonctionnement de la crue de 1910 dans les conditions d'écoulement actuelles. La simulation avec l'hydrologie retenue se traduit par un débit maximum de :

- 2574 m³/s à Austerlitz (proche des 2600 m³/s proposée par la DRIEE dans le TRI),
- 1816 m³/s au droit du projet (valeur quelque peu plus faible que la valeur proposée par la DRIEE dans le TRI).

Le débit de 1816 m³/s au droit du projet, valorisant l'ajustement de l'hydrologie naturelle, se traduit par une période de retour de 115 ans (intervalle de confiance à 95 % de 47 à 280 ans).



Débits et périodes de retour des principales crues vécues

ANNEXE 3
Hydraulique – Période de retour des protections

1. Objectif de l'analyse

L'analyse conduite a pour objet de définir :

- Les lois hauteurs débits au droit des points bas des protections
- Les périodes de retour associées.

2. L'effet de la confluence Seine-Marne - Contexte

Le territoire couvert par le projet est influencé par la confluence Seine-Marne. L'analyse de la concomitance des crues de la Seine et de la Marne a été conduite lors de l'étude⁴ d'optimisation de la modernisation de la vanne du canal Joinville-Saint-Maur pour le département en 2014. 20 hydrogrammes depuis 1966 ainsi que ceux des crues de Janvier 1910, Janvier 1924 et Janvier 1955 ont été analysés.

Le déphasage moyen est limité à quelques jours, la Seine étant plutôt en avance sur la Marne. Pour des crues de moyenne importance, le déphasage de la pointe de crue à la confluence peut être important : -12 jours à 9 jours mais les crues de la Marne sont alors peu évolutives.

Le débit à Austerlitz est très proche de la somme des débits de pointe des deux affluents. Les écarts constatés sont du même ordre de grandeur que celui de la connaissance des débits soit de 10 % environ.

Au regard des crues vécues, l'importance de la crue à Austerlitz apparaît donc principalement conditionnée par l'importance des crues sur la Marne et sur la Seine plus que par des effets de décalage temporel des pointes de crue.

Les crues récentes de Juin 2016 et de Janvier 2018 induites par des contextes pluviométriques différents témoignent de ces effets :

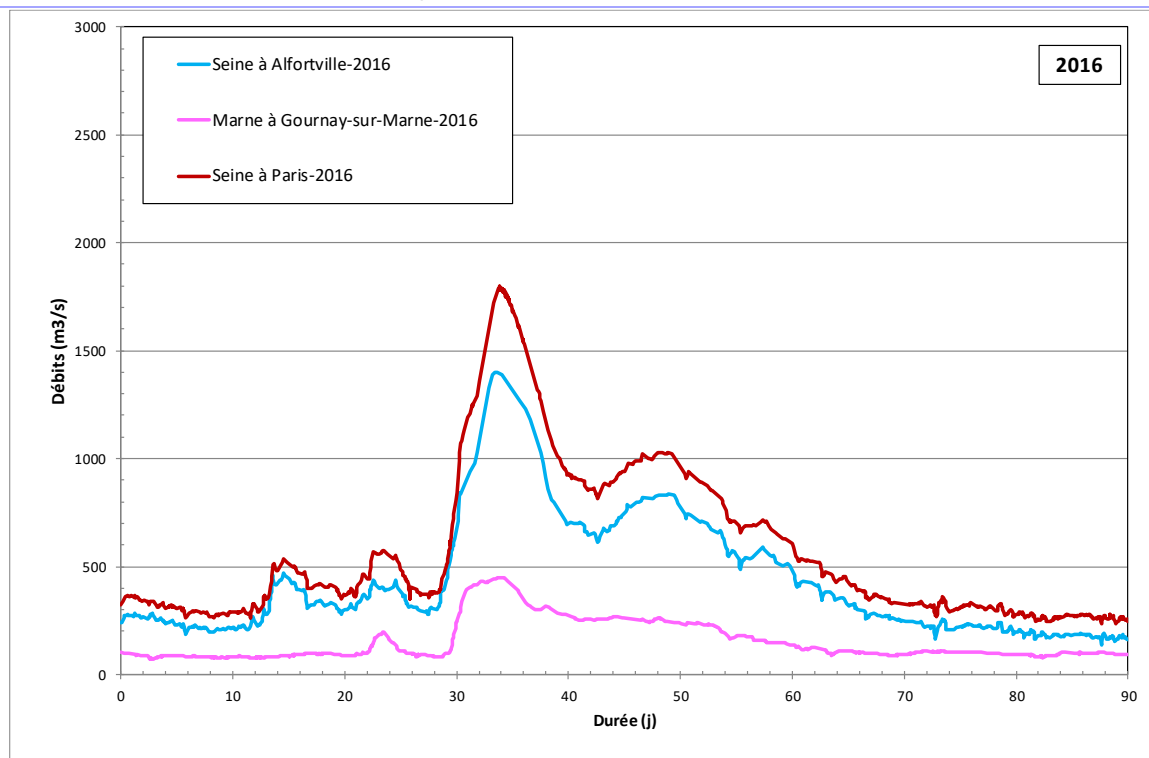
- Les crues de la Marne et la Seine sont fortement concomitantes (Cf. les hydrogrammes ci-après),
- L'intensité des phénomènes sur la Marne et la Seine est contrastée.

	Marne	Seine amont confluence	Seine aval confluence
Juin 2016	450 m ³ /s (5 ans)	1 400 m ³ /s (35 ans)	1 750 m ³ /s (20 ans)
Janvier 2018	770 m ³ /s (25 ans)	1 240 m ³ /s (15 ans)	1 710 m ³ /s (15 ans)

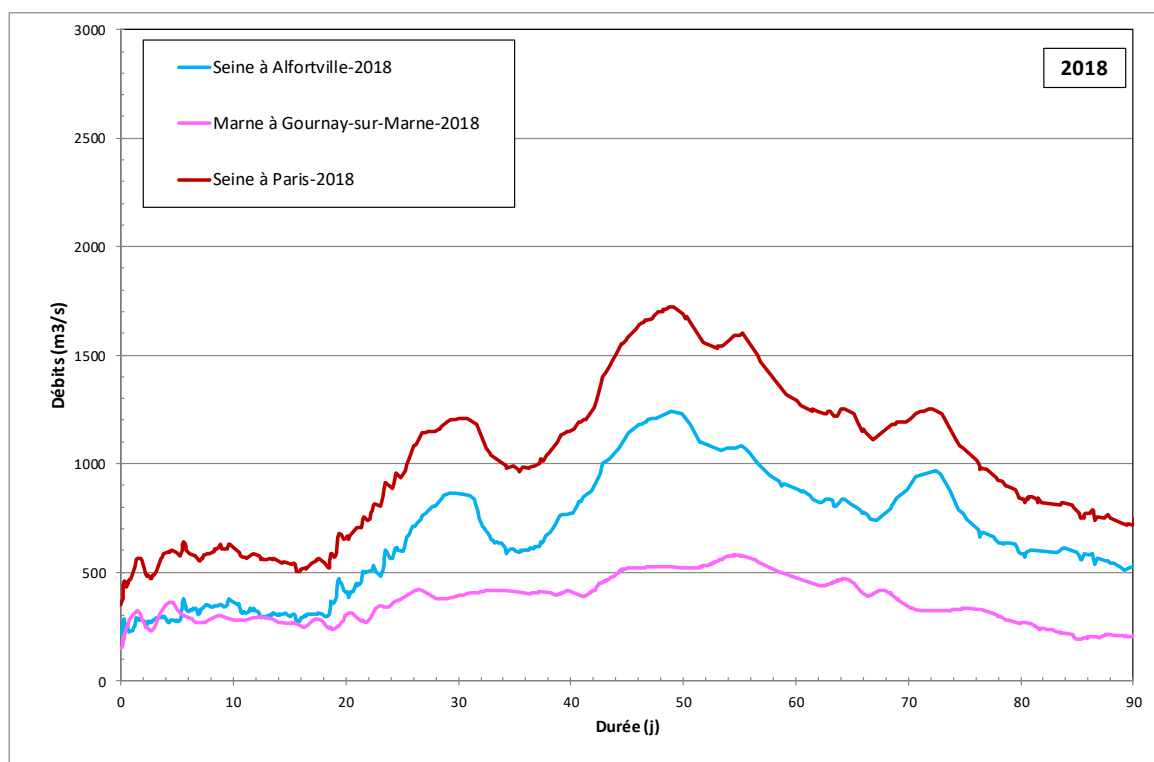
Période de retour amont-aval de la confluence Seine-Marne – Crue de 2016 et 2018

Les crues les plus fortes, celles de 1924, 1955, 1910 se traduisent par des intensités fortes sur la Marne et sur la Seine. Ces crues en amont de Paris ne sont pas strictement equi-fréquentielles mais leurs périodes de retour en amont /aval de la confluence sont similaires (voir périodes de retour ci-avant). La combinaison de crues importantes amont, compte tenu de leur concomitance, est le scénario qui se traduit par les crues majeures en Ile de France.

⁴ Voir réf. 8



Hydrogrammes de la crue de 2016



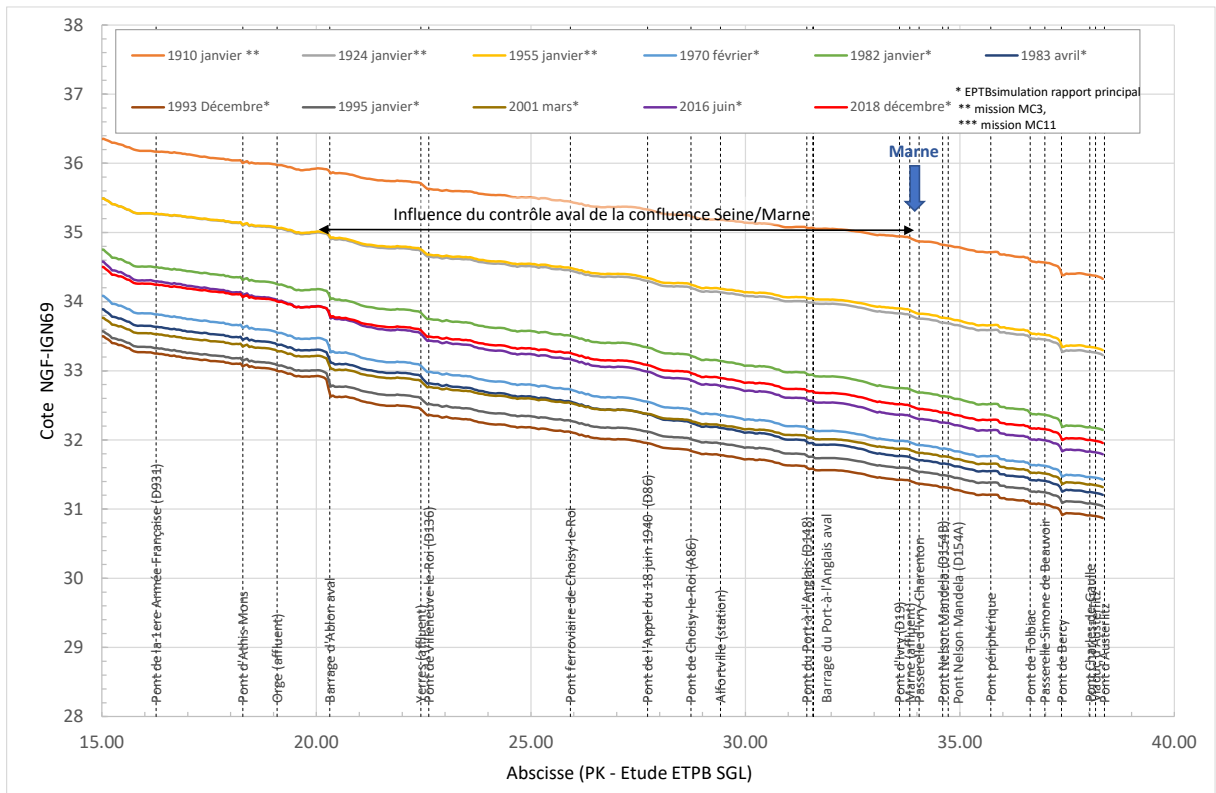
Hydrogrammes de la crue de 2018

À proximité de la confluence, les niveaux d'eau en crue atteints par la Seine en amont de la confluence dépendent du cumul de débit Seine-Marne. L'élévation des niveaux d'eau induits par la Seine en aval de la confluence se propage en amont. Il en est de même pour la Marne.

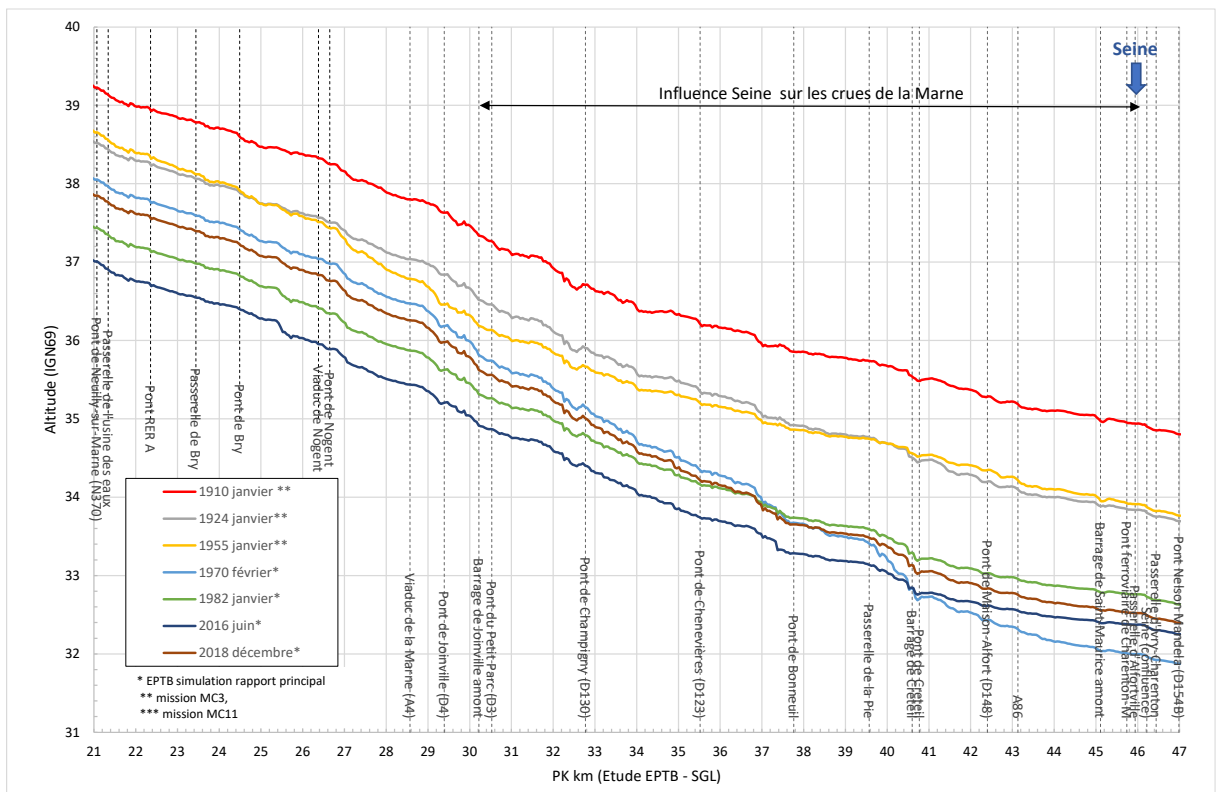
La comparaison des lignes d'eau des crues vécues (voir ci-après) permet d'apprécier l'ampleur de la propagation, vers l'amont, de l'effet de la confluence :

- Pour la Seine, la comparaison des lignes d'eau simulées (1924 et 1955 ou 2018 et 2016) montre que la propagation de l'incidence se développe sur une distance de 15 km environ.
- Pour la Marne, la ligne d'eau de la crue de 1982 à la confluence est 60 cm plus élevée que celle atteinte en 1970. Or, la crue de 1982 présente un débit de 460 m³/s et celle de 1970 de 600 m³/s. L'écart à la confluence tend à s'atténuer vers l'amont. Les lignes d'eau de ces deux crues se croisent 9 km en amont de la confluence.

L'effet de l'influence aval apparaît nettement sur les lois hauteurs-débits qui ne sont plus univoques (voir ci-après). Sur la Seine, l'influence est moins marquée que sur la Marne pour les crues fortes. Pour celles-ci, l'essentiel de la contribution en aval de la confluence provient de la Seine amont (2/3 environ).

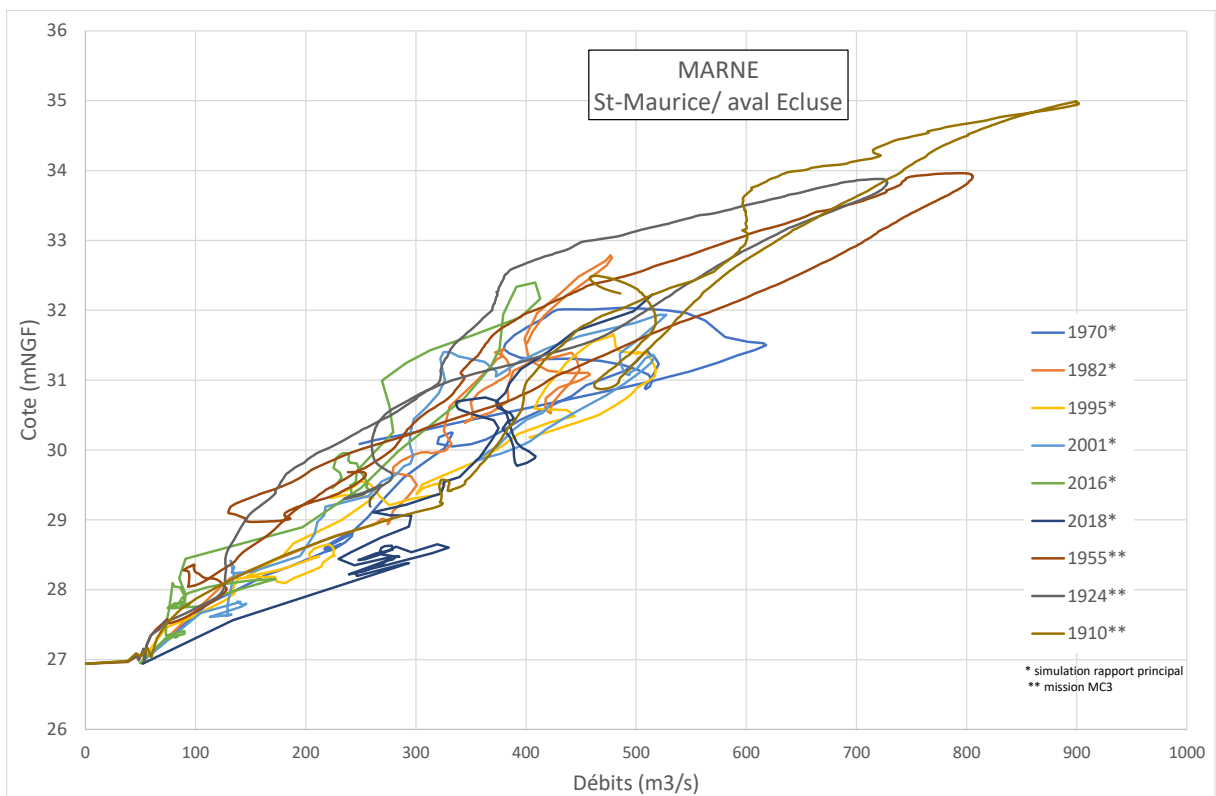
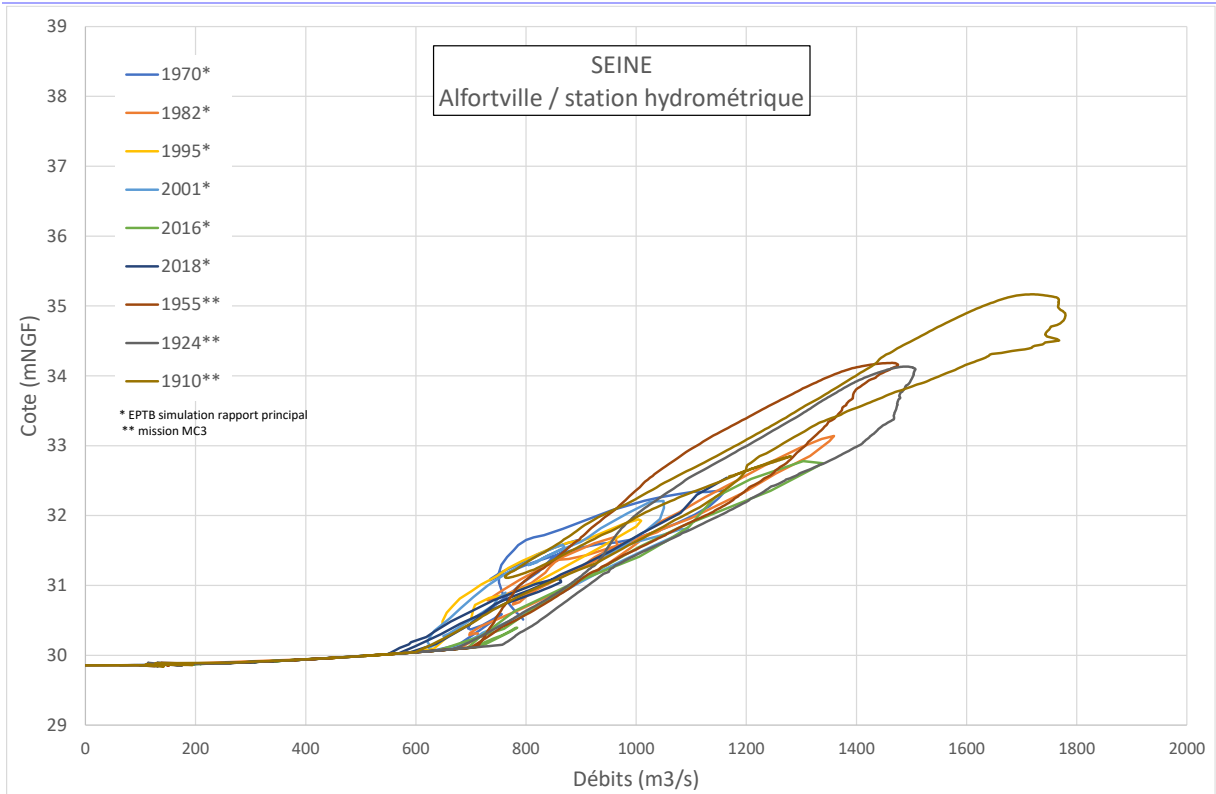


Lignes d'eau simulées⁵ – Seine en amont de la confluence



Lignes d'eau simulées – Marne en amont de la confluence

⁵ Élaboration d'un outil de modélisation des écoulements de la Seine et de ses affluents – ETP Seine Grands Lacs – 2020 – réf. 4.



Loi hauteurs-débits en amont de la confluence – Seine, Marne.

En conclusion, sur 15 km environ en amont de la confluence, les cotes atteintes dépendent du débit du cours d'eau mais également du cumul Seine-Marne en aval de la confluence. L'effet de l'influence aval est plus marqué sur la Marne que sur la Seine.

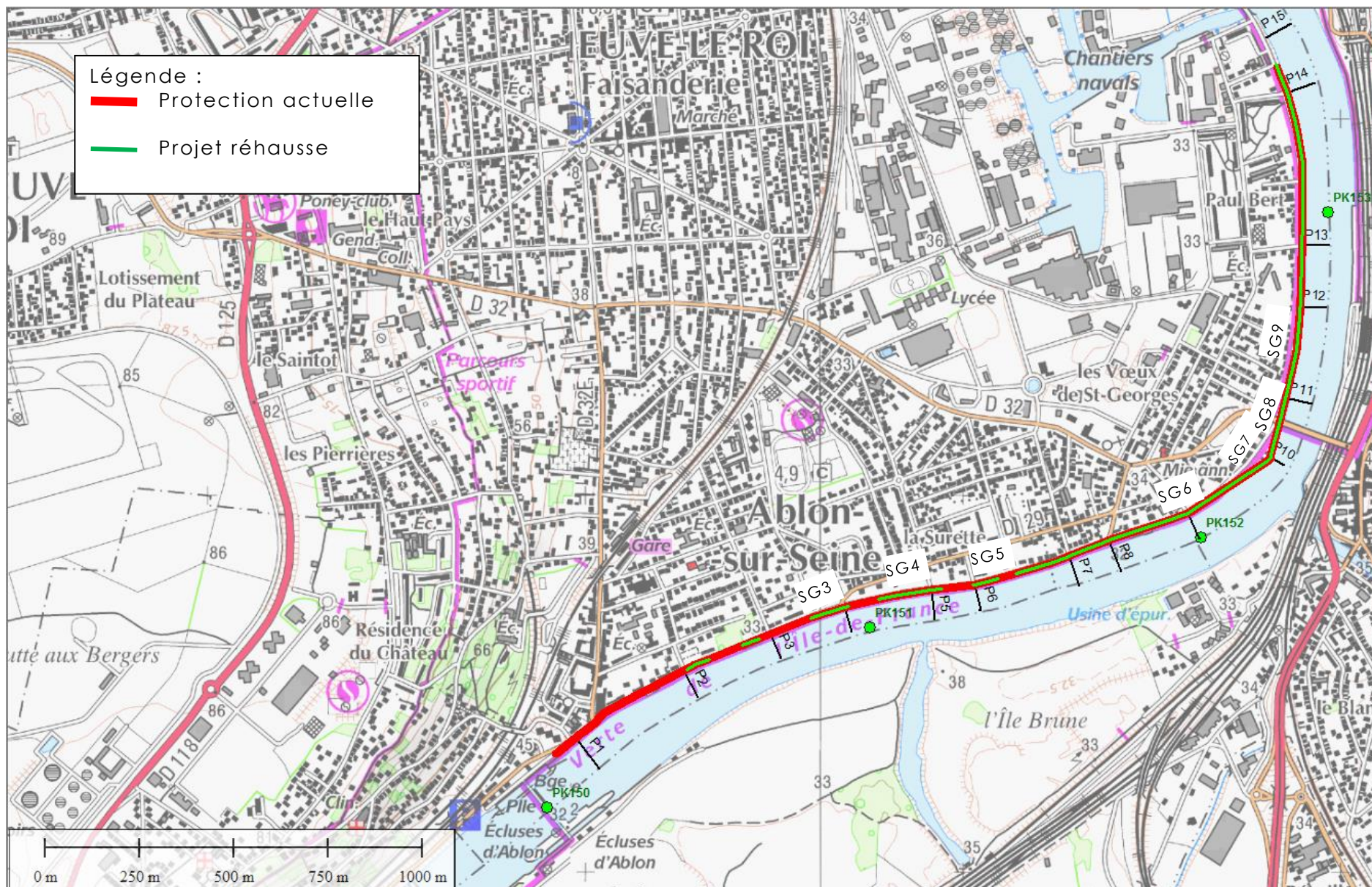
3. **Crues vécues et protections actuelles et futures**

Le profil en long en page ci-après présente les lignes d'eau simulée de crues vécues ainsi que les protections actuelle et projetée. Il s'agit de modélisation fine. Ces modélisations mettent en évidence l'effet des singularités tel l'exhaussement local des lignes d'eau en amont du pont de Villeneuve-le-Roi induit par la courbure marquée du lit, sa réduction et la présence de la confluence de l'Yerres

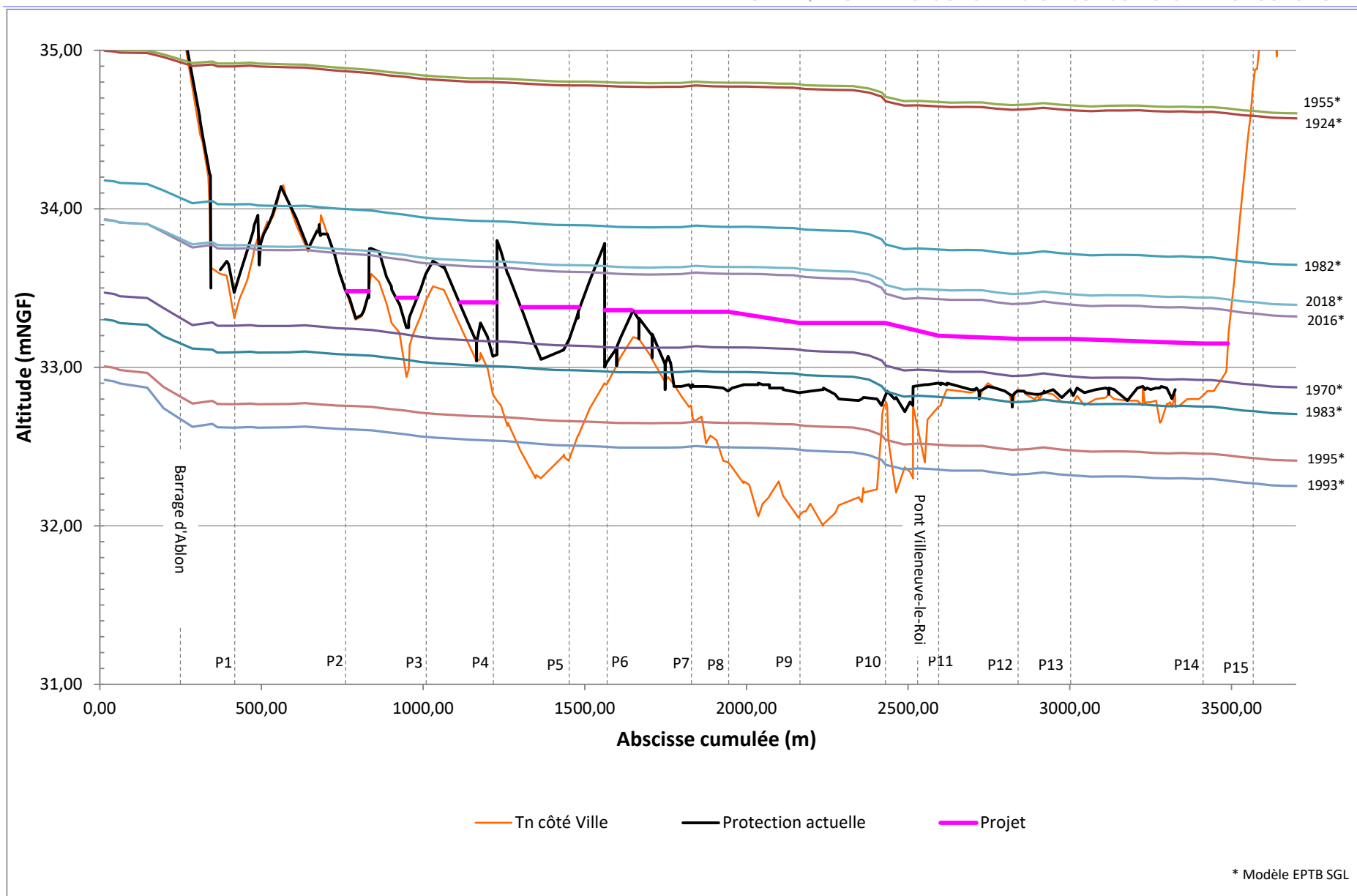
Compte tenu de la morphologie des protection, les premiers débordements s'expriment dans l'état actuel entre le profil P9 et le pont de Villeneuve-le-Roi. Compte tenu de la morphologie de la protection retenue, il en est de même dans l'état projet.

Un indicateur de débordement est la cote au profil P9.

Le seuil de débordement est la cote 32,80 m.NGF dans l'état actuel et de 33,28 m.NGF dans l'état projet.



Profil en long des lignes d'eau



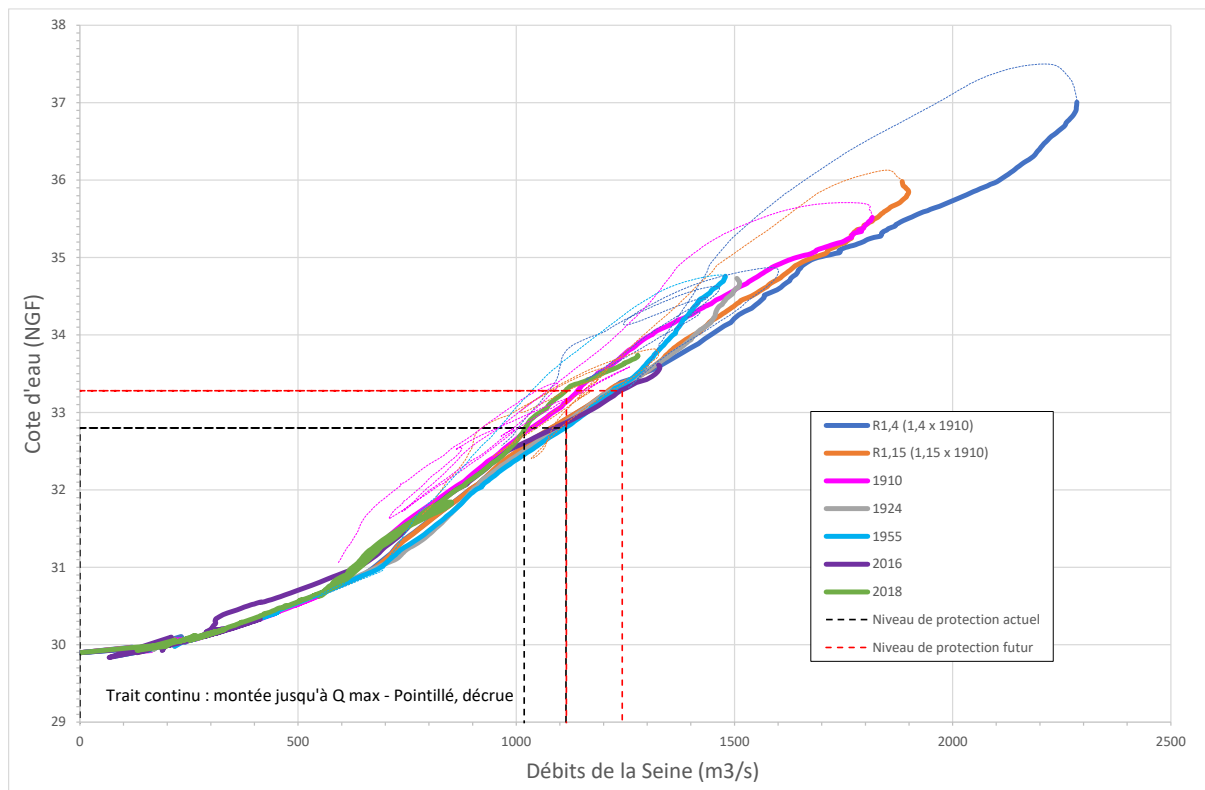
Vue en plan - Murettes actuelles et projetées

* Modèle EPTB SGL

4. Débits – période de retour au droit des points de débordements

Lois hauteurs-débits

La valorisation des résultats des simulations (réf. 4) conduit aux lois hauteurs débits suivantes au droit du profil P9.



Lois hauteurs débits – profils P9

Les lois hauteurs-débits ne sont pas univoques à la montée de la crue. Cet effet retranscrit l'incidence du contrôle aval. Les crues ne sont pas univoques.

Scénario	Cote Seine (au droit du profil P9)	Débits Seine au droit de la section
Limite premier dommage - situation actuelle	32,80 m.NGF	1018 – 1114 m3/s
Submersion protection actuelle	32,90 m.NGF	1030 – 1135 m3/s
Limite premier dommage - situation projetée	33,28 m.NGF	1115 -1243 m3/s
Submersion protection projetée	33,38 m.NGF	1150 – 1227 m3/s
Crue de 1910	35,71 m.NGF	1816 m3/s
Scénario R1.4 (1,4 x 1910)	37,50 m.NGF	2285 m3/s

Débits associés

Périodes de retour associées aux débits des lois hauteurs-débits

Les périodes de retour associées à ces gammes de débits peuvent ensuite être estimées en valorisant les ajustements statistiques des observations à la station hydrométrique d'Alfortville (voir annexe 2).

	Cote Seine (au droit du profil P9)	Débits Seine au droit de la section	Période de retour (années)	IC95% inf. (années)	IC95% supp. (années)
Limite premier dommage - situation actuelle	32,80 m.NGF	1018 m3/s	6	4	11
		1114 m3/s	10	5	20
Submersion protection actuelle	32,90 m.NGF	1030 m3/s	7	4	12
		1135 m3/s	11	5	22
Limite premier dommage - situation projetée	33,28 m.NGF	1115 m3/s	10	5	20
		1243 m3/s	18	8	42
Submersion protection actuelle	33,38 m.NGF	1150 m3/s	12	6	24
		1227 m3/s	21	9	51
Crue de 1910	35,71 m.NGF	1816 m3/s	115	47	280
Scénario R1.4 (1,4 x 1910)	37,50 m.NGF	2285 m3/s	800	225	2690

Intervalle de confiance des estimations des périodes de retour

5. Analyse des crues vécues – inondabilité actuelle et future

Le nombre de submersion de la protection (actuelle et future) depuis la mise en service des barrages réservoirs (1966) a été analysé.

De façon pratique, la démarche suivante a été mise en œuvre :

- Les débits des crues à Alfortville ont permis d'identifier l'ampleur de la crue.
- Enfin, les cotes au droit de la zone de premier débordement ont été déterminées :
 - Soit à l'aide des observations à l'échelle de l'écluse d'Ablon-sur-Seine et des résultats des modélisations, L'analyse des simulations montre que l'écart entre l'échelle d'Ablon (VNF) et la zone de débordement (P9) est de 16 à 18 cm pour les crues qui ont engendré des débordements.
 - Soit à partir des observations à la sonde gérée par le CD94 et située à proximité de la zone de débordement.

Le tableau ci-après synthétise les résultats.

Depuis 1966 (56 ans), la protection actuelle a été inondée 8 fois et la protection projetée aurait été inondée 4 fois. Les périodes de retour empiriques associées sont de 7 ans et 14 ans.

Date	Débit Seine Alfortville (m3/s)	Ecluse Ablon				Simulation SGL				Loi H-Q au droit de P9		CD94 - sonde Ablon (proche P9)	Zzone de débordement estimé (mNGF)	Inondation Etat actuel	Inondation Après aménagement	
		Echelle _amont (mNGF)	Echelle _aval (mNGF)	DH Ecluse (m)	Z-Ablon aval retenu	Simulation GSL - Ablon amont	Simulation GSL - Ablon aval	Simulation GSL - P9	DH-Simulé	Loi HQ min	Loi HQ max					
15 déc. 1966	653															
12 janv. 1968	886															
28 déc. 1968	582															
27 fév. 1970	1020	33,55	33,36	0,19	33,36	33,37	33,27	33,11	0,16	32,46	32,8		33,2	Oui	Non	
29 janv. 1971	295															
16 fév. 1972	251															
16 fév. 1973	448															
23 mar. 1974	537															
30 janv. 1975	511															
18 fév. 1976	506															
24 fév. 1977	1020									32,46	32,8					
04 avr. 1978	1240									33,28	33,71			Oui	Probable	
30 mar. 1979	836															
12 fév. 1980	982															
24 janv. 1981	947															
14 janv. 1982	1320	34,31			34,21	34,12	34,04	33,87	0,17	33,5	34,04		34,05	Oui	Oui	
23 déc. 1982	1080									32,69	33,13			Oui	Non	
avril. 1983	1050	33,27	33,1	0,17	33,1	33,2	33,12	32,96	0,16	32,58	32,98		32,94	Oui	Non	
11 fév. 1984	861															
25 nov. 1984	669															
12 avr. 1986	779															
03 janv. 1987	621															
14 fév. 1988	1140													Oui	Non	
08 déc. 1988	484															
18 fév. 1990	439															
10 janv. 1991	596															
06 avr. 1992	253															
07 déc. 1992	545															
11 janv. 1994	908	32,55	32,48	0,07	32,48	32,74	32,62	32,48	0,14							
30 janv. 1995	943	32,95	32,9	0,05	32,9	32,88	32,77	32,64	0,13							
15 fév. 1996	455															
04 déc. 1996	723															
02 mai 1998	833															
13 mar. 1999	963	32,6			32,5											
31 déc. 1999	1030	32,8			32,7					32,5	32,89		32,54			
19 mar. 2001	1050	32,9			32,8	33,11	33,03	32,88	0,15	32,58	32,98		32,64			
01 janv. 2002	856															
07 janv. 2003	885															
21 janv. 2004	767															
14 fév. 2005	463															
14 mar. 2006	829															
04 mar. 2007	735															
15 avr. 2008	716															
26 janv. 2009	439															
28 fév. 2010	442															
27 déc. 2010	880															
08 janv. 2012	761															
05 fév. 2013	847															
13 nov. 2013	785															
07 mai 2015	876															
03 juin 2016	1400	33,94	33,74	0,2	33,74	33,85	33,76	33,58	0,18	33,83	34,3	33,65		Oui	Oui	
07 mar. 2017	599															
29 janv. 2018	1240					33,86	33,78	33,62	0,16	33,28	33,71	33,52		Oui	Oui	
2 fév 2019	447															
9 mars 2020	797															
9 fév. 2021	868															

Nombre d'inondation	8 fois en 56 ans	4 fois en 56 ans
Fréquence empirique	0,857	0,929
Période de retour empirique	7,0 ans	14,0 ans

ANNEXE 4
Lois d'endommagement

(source Guide méthodologique 2018 – cf. réf.1)

2.1 Indicateur M1 : dommages aux logements

2.1.1 Guide d'utilisation des « fonctions de dommages aux logements »

Les fonctions de dommages aux logements se déclinent en fonctions de dommages au mobilier et fonctions de dommages aux bâtis en fonction de la hauteur d'eau et de la durée de submersion. Les fonctions de dommages aux bâtis des logements sont proposées en fonction du type de logement. Elles sont complétées par des fonctions de dommages au mobilier données en fonction du caractère collectif ou individuel du logement (cf : guide méthodologique 5.1.4.1).

Deux types de fonctions sont proposés :

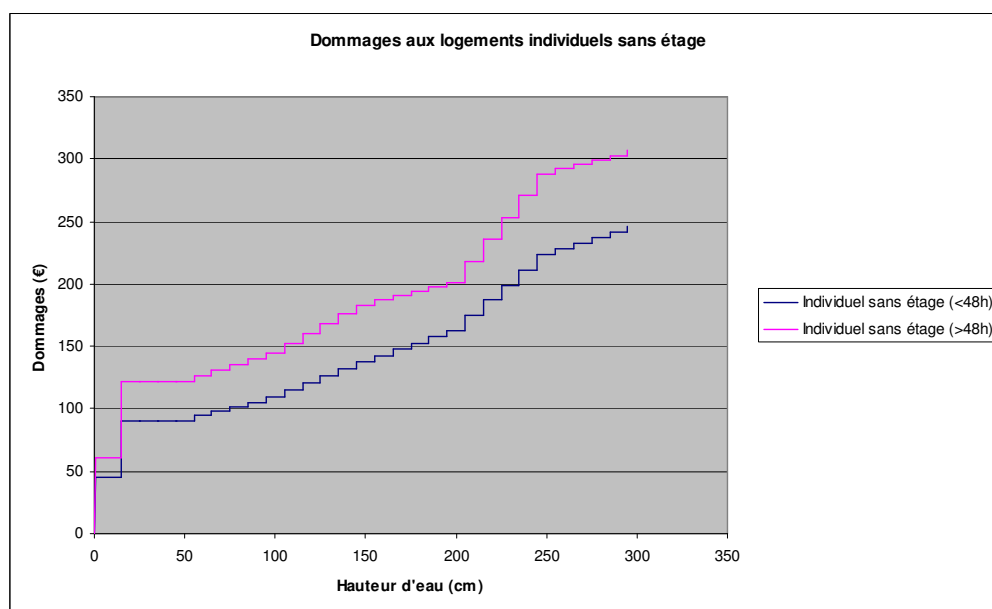
- Fonctions de dommages surfaciques (au mobilier ou au bâti) ;
- Fonctions de dommages à l'entité de bien (au mobilier ou au bâti).

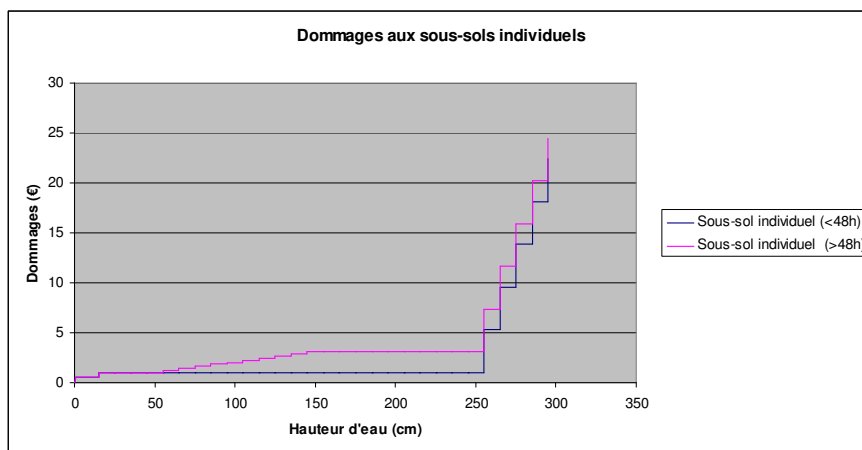
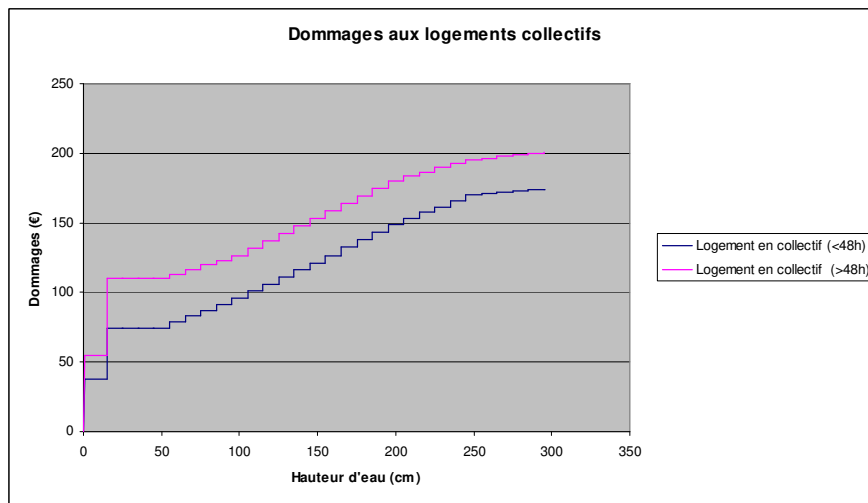
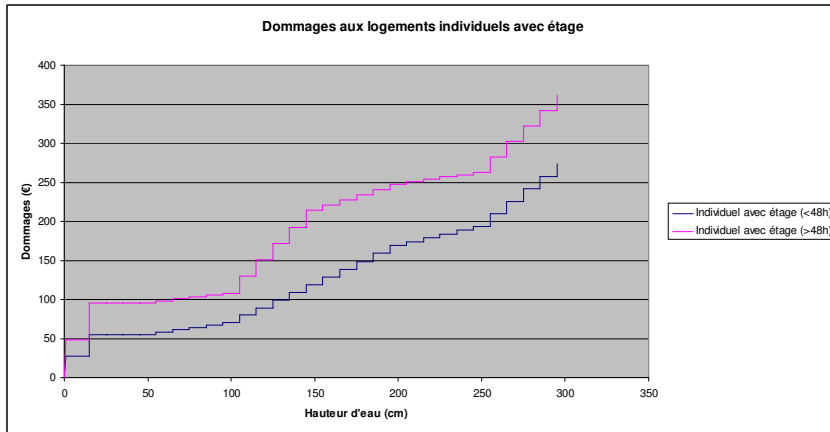
Les dommages sont actualisés en €2016.

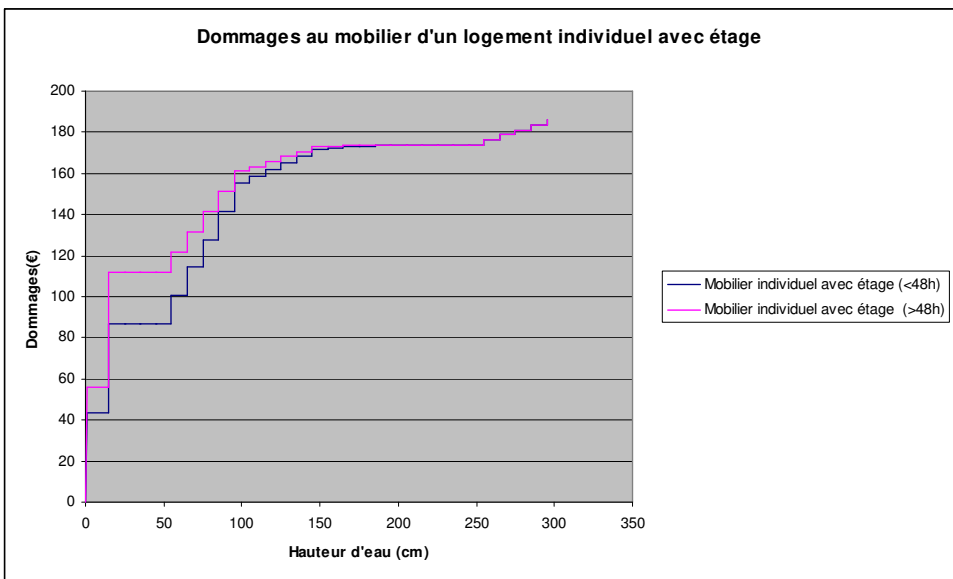
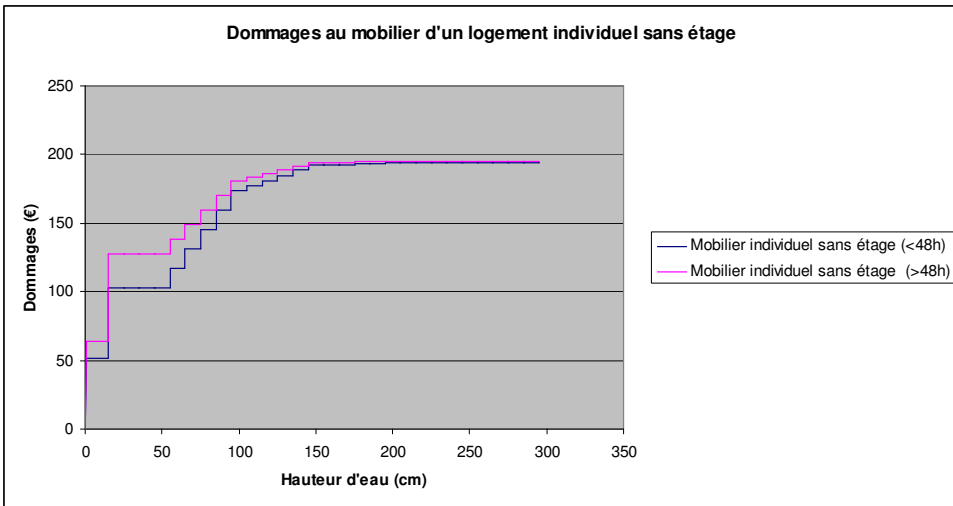
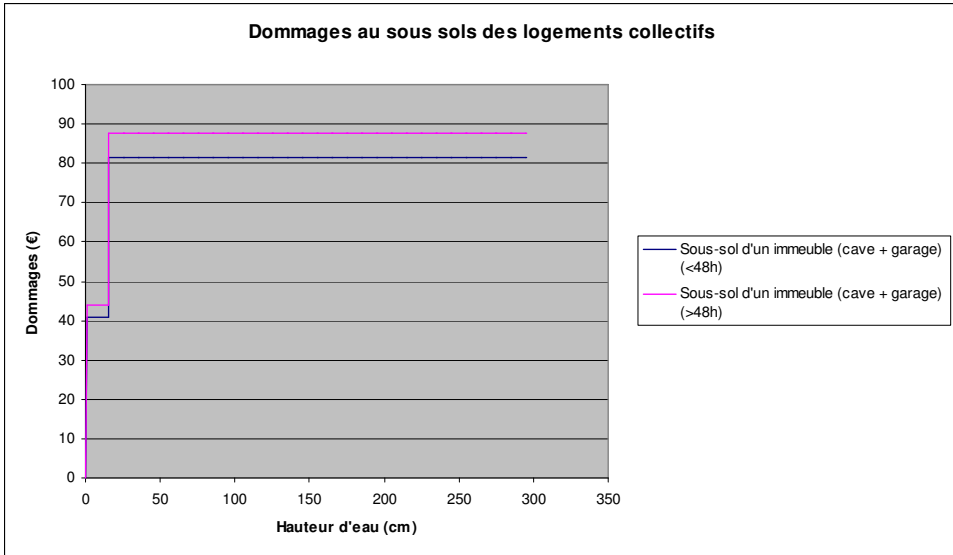
2.1.2 Fonctions de dommages moyennés pour les inondations de plaines

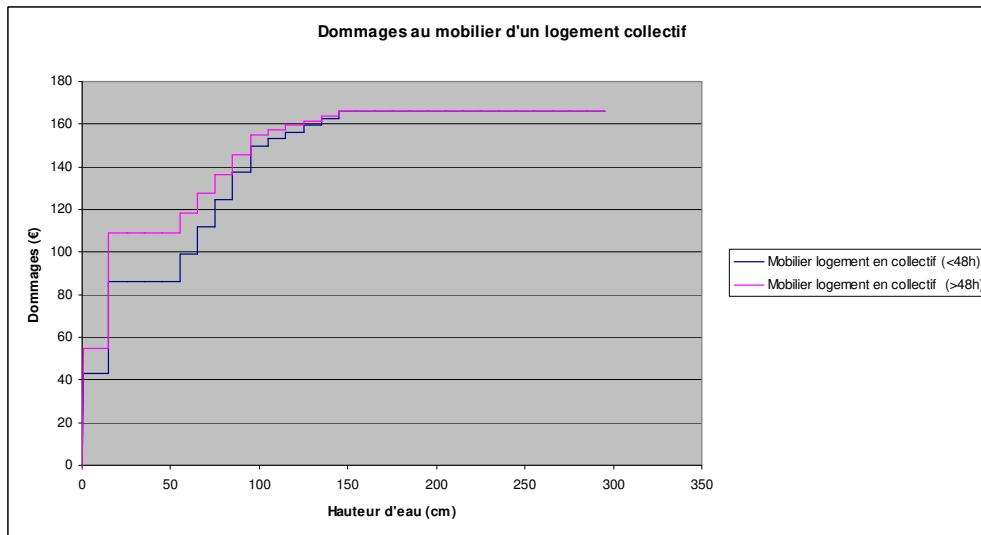
Fonctions de dommages moyennés à l'entité de bien

Dommmages en €2016/logement

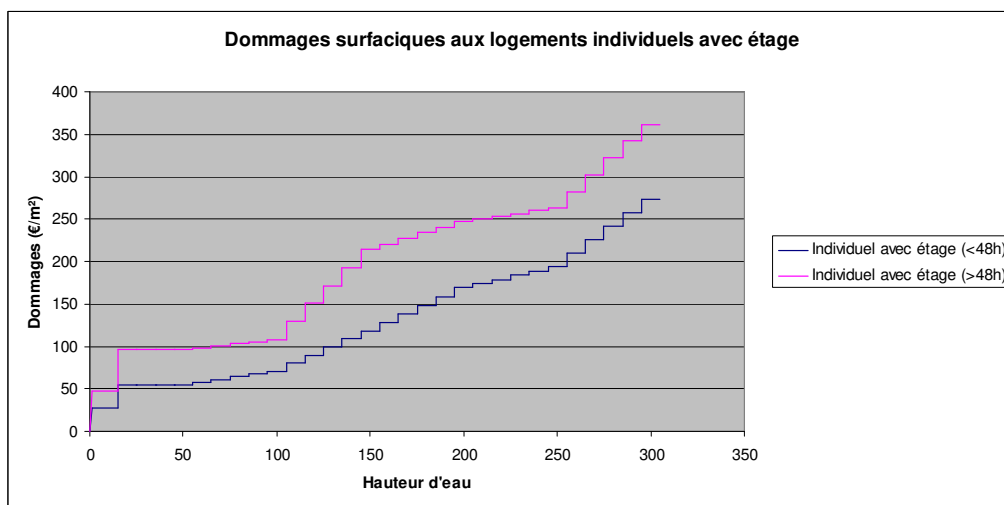
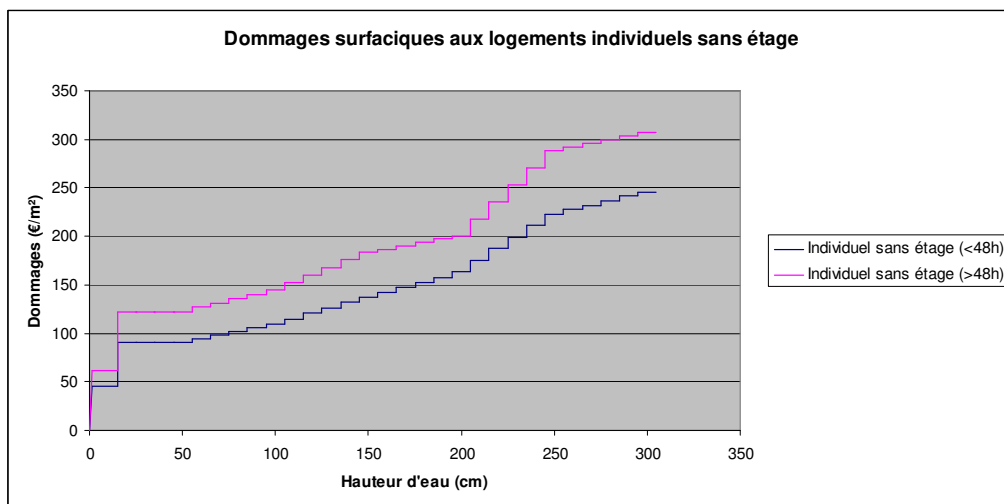


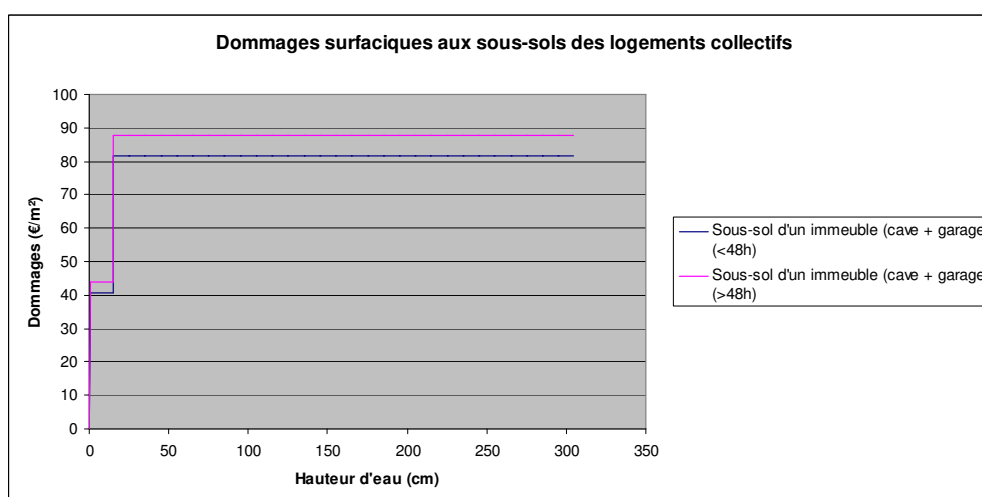
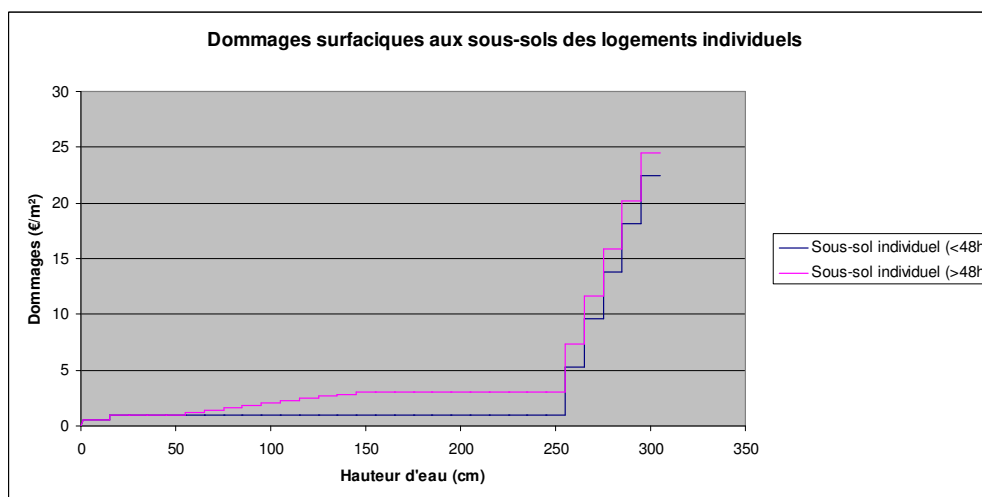
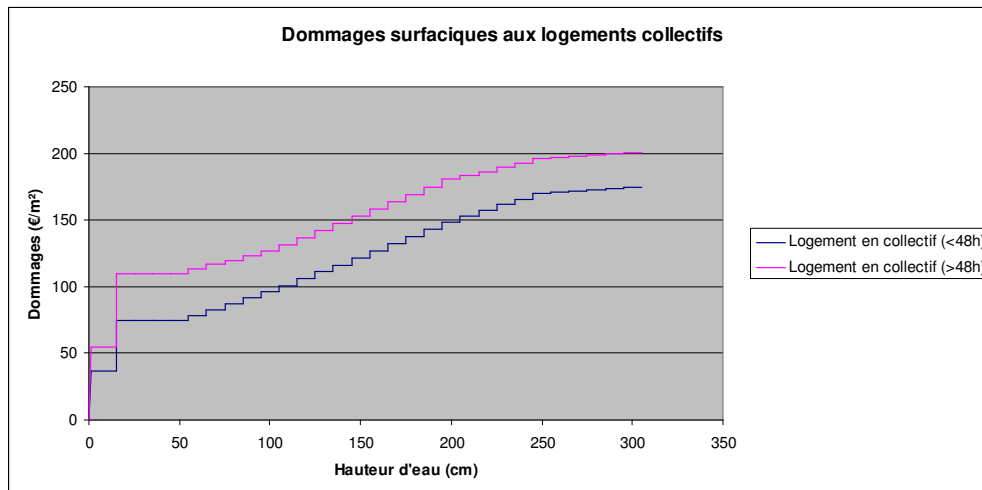


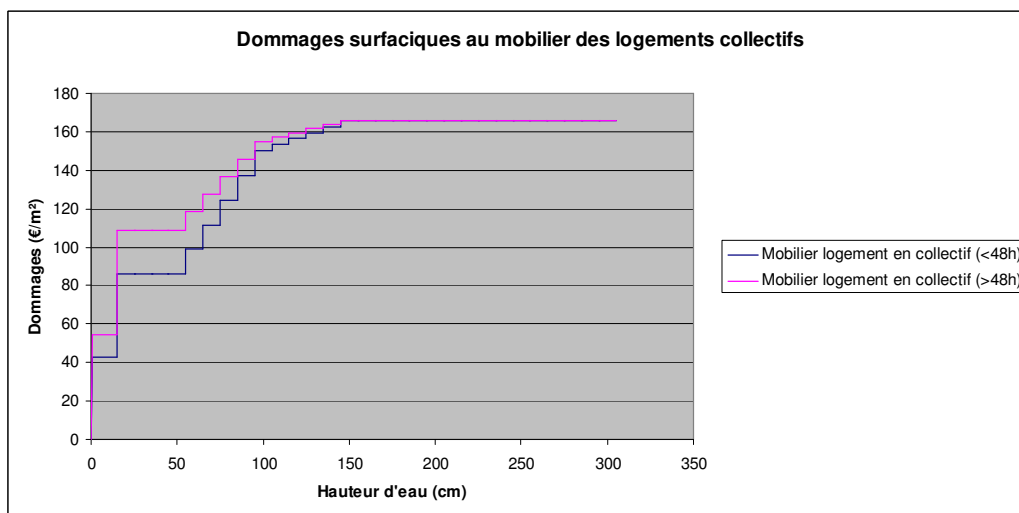
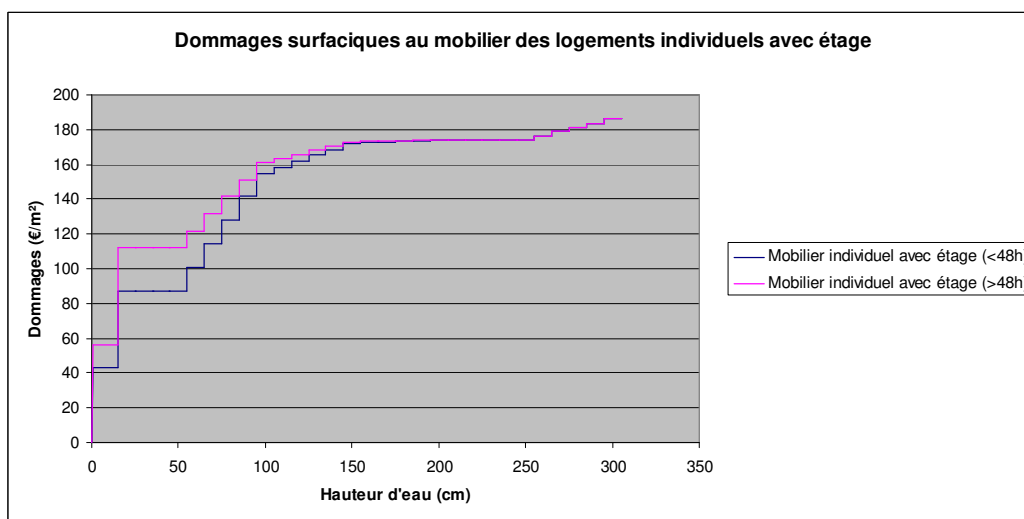
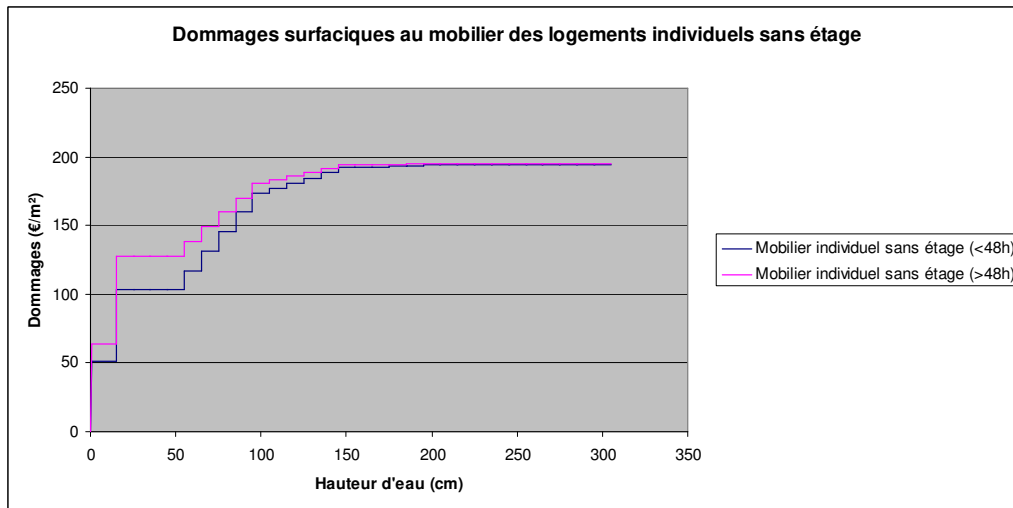




Fonctions de dommmages moyennés surfaciques
 Dommmages en €2016/logement

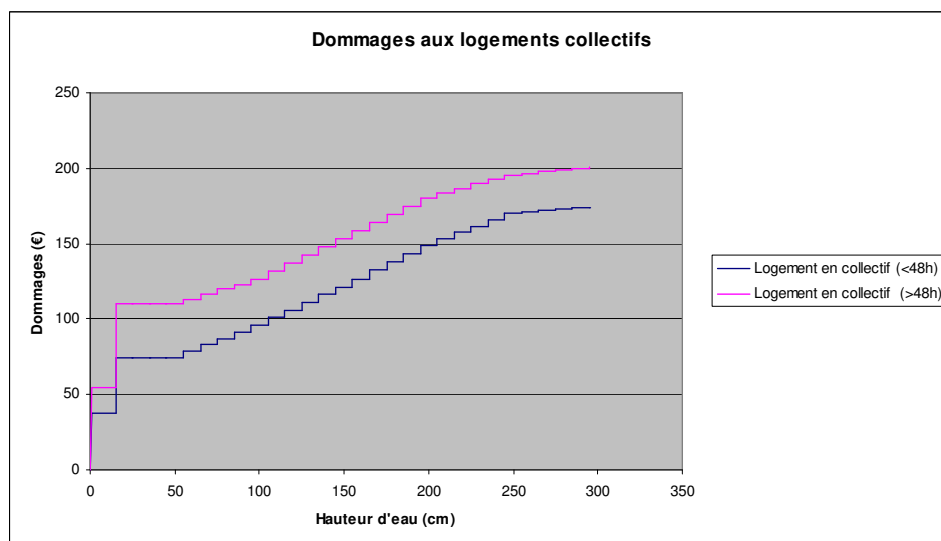
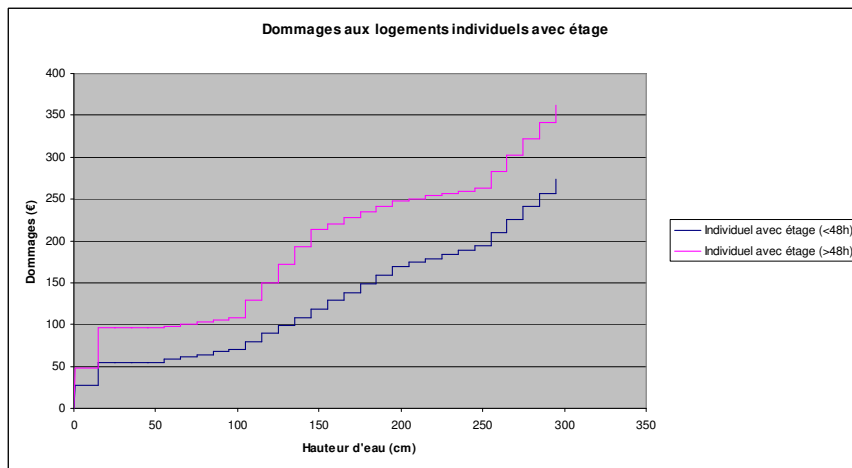
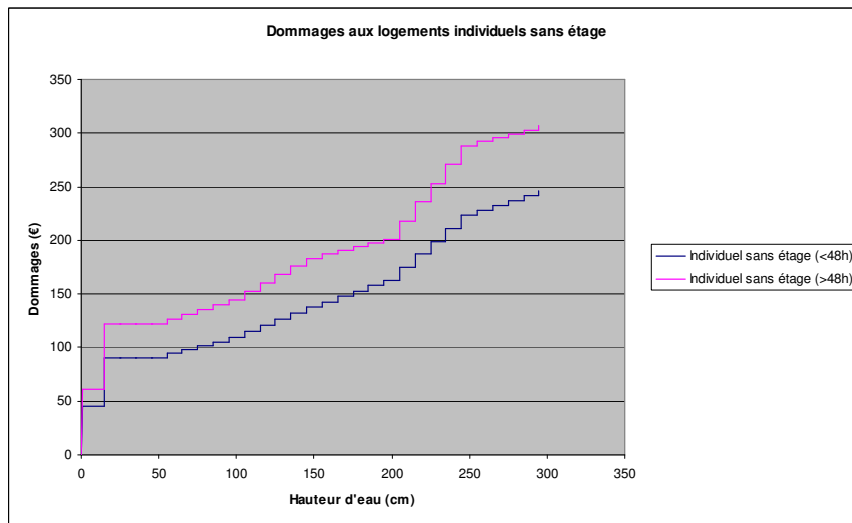


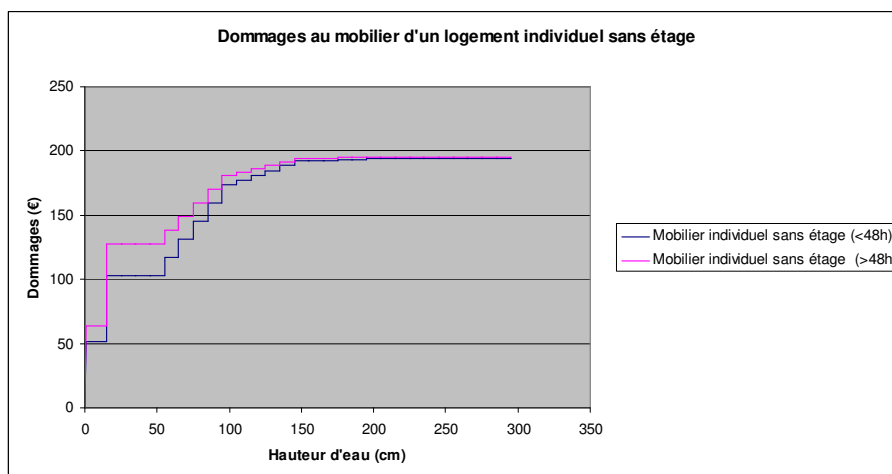
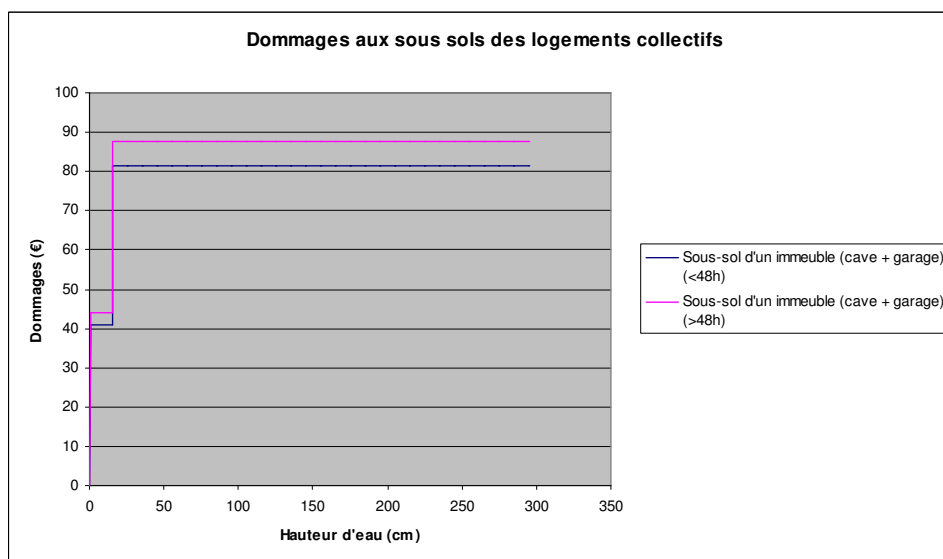
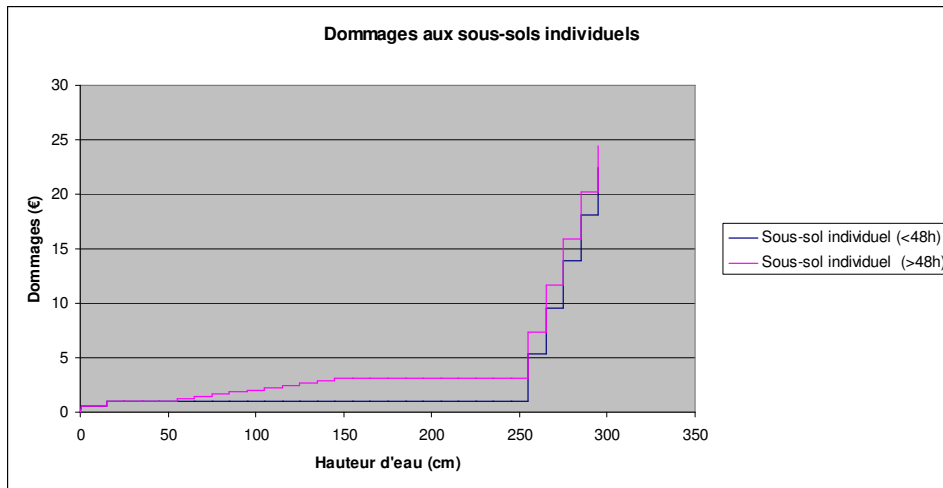


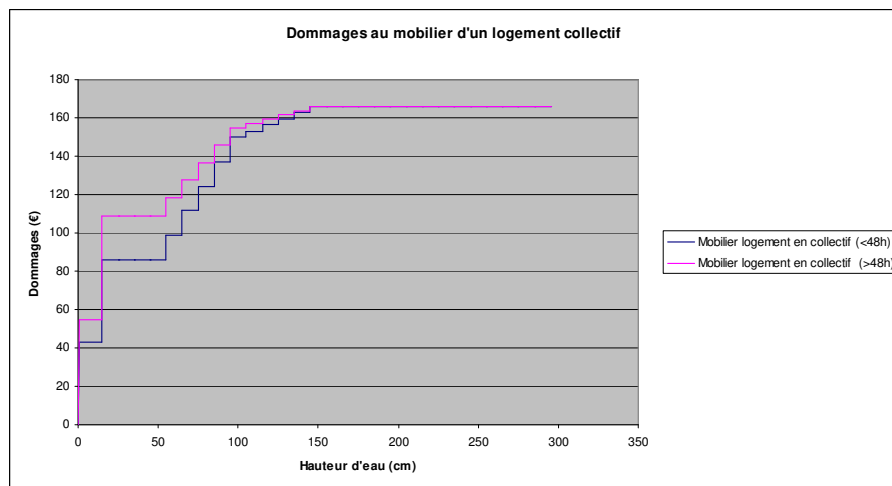
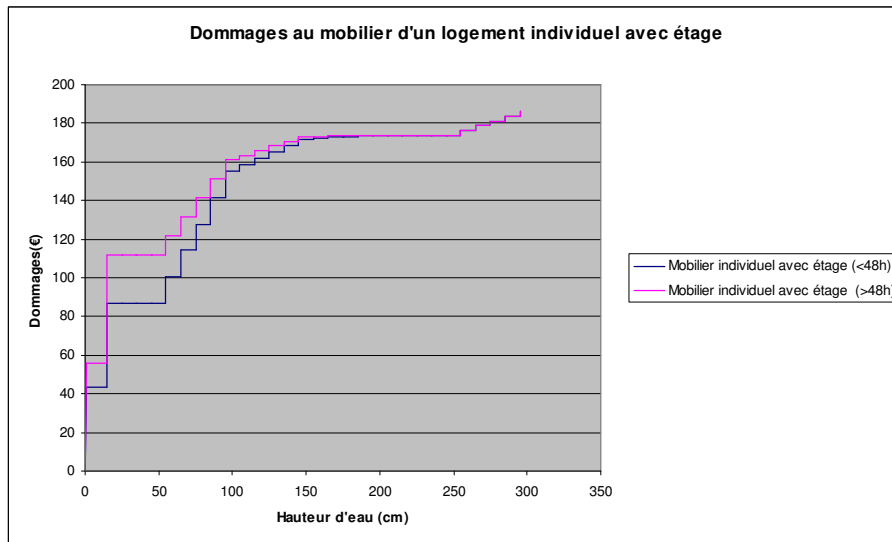


2.1.3 Fonctions de dommages moyennés pour les submersions marines

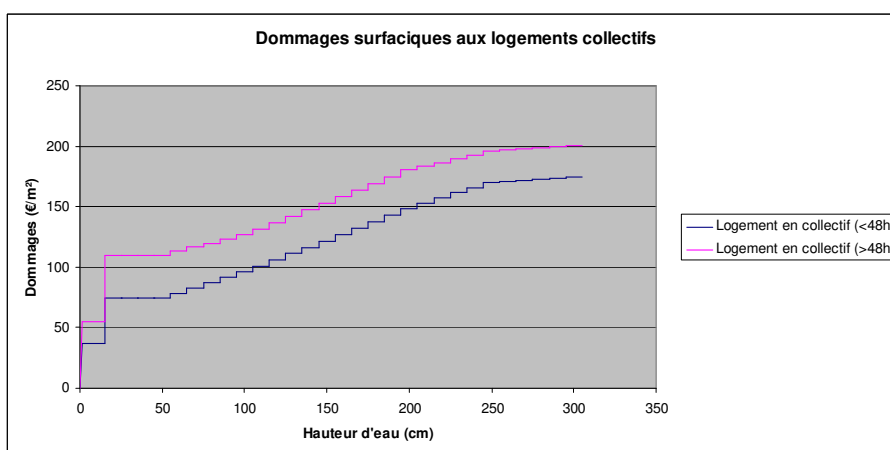
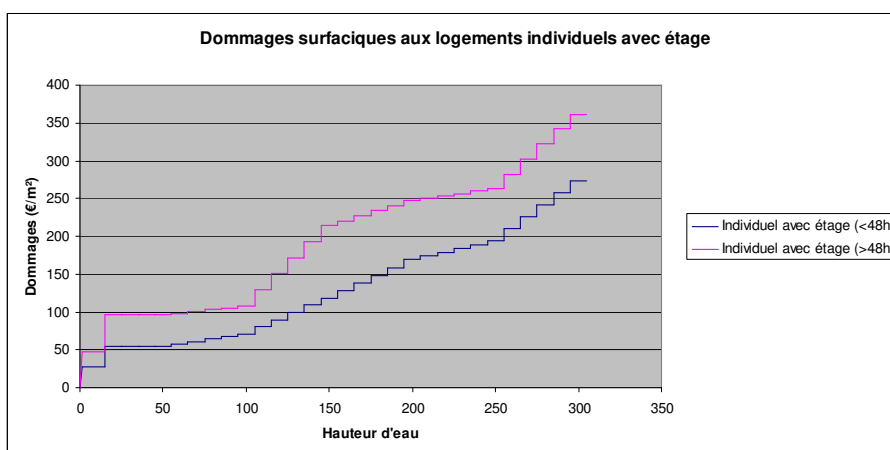
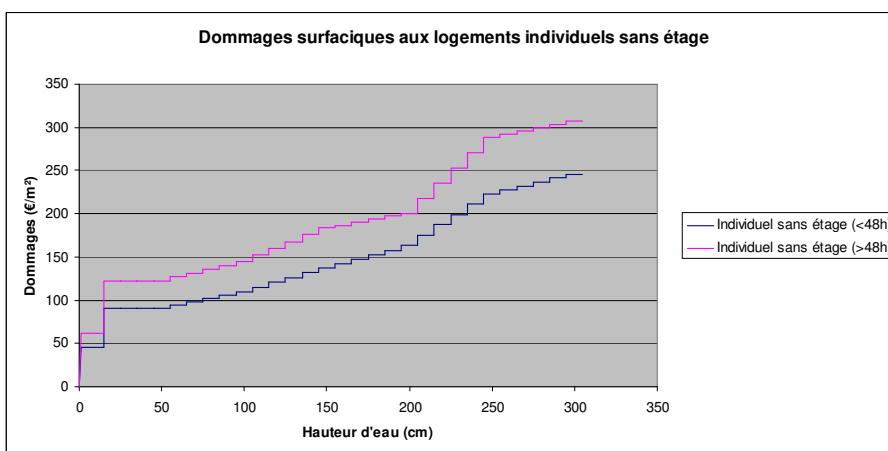
Fonctions de dommages moyennés à l'entité de bien
 Dommages en €2016/logement

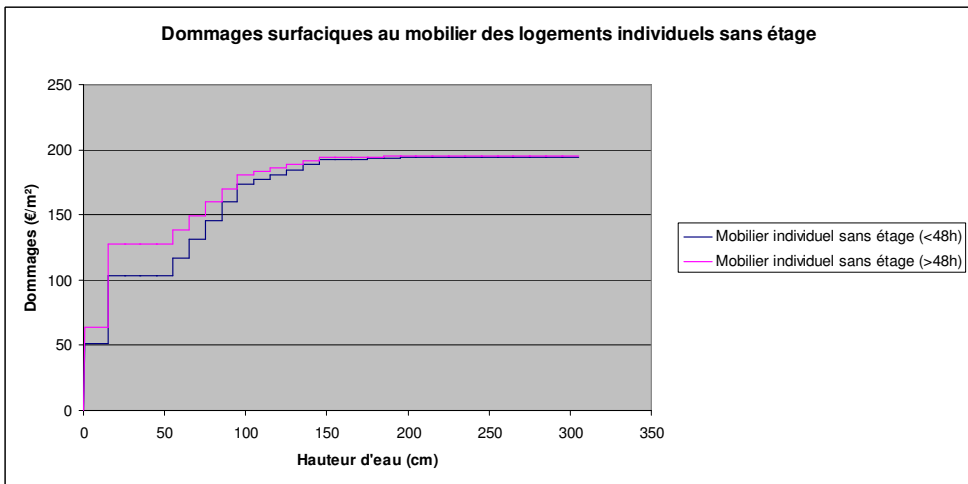
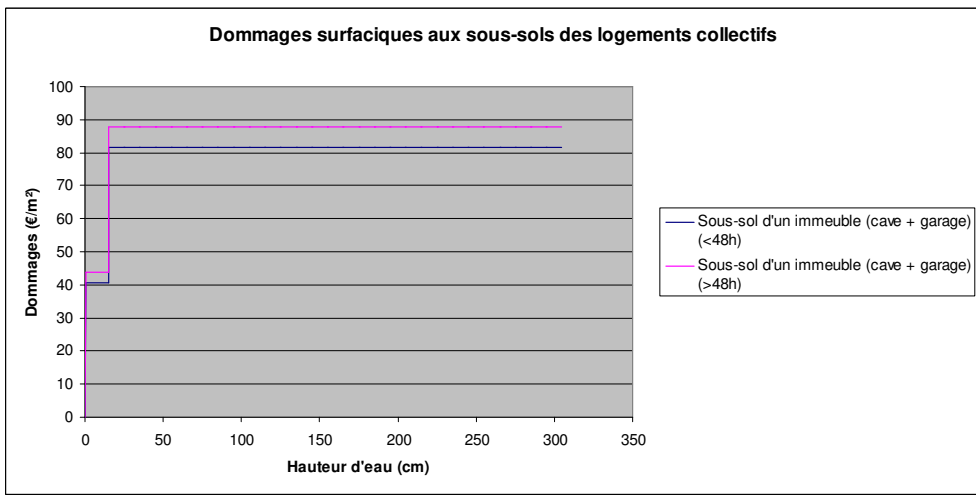
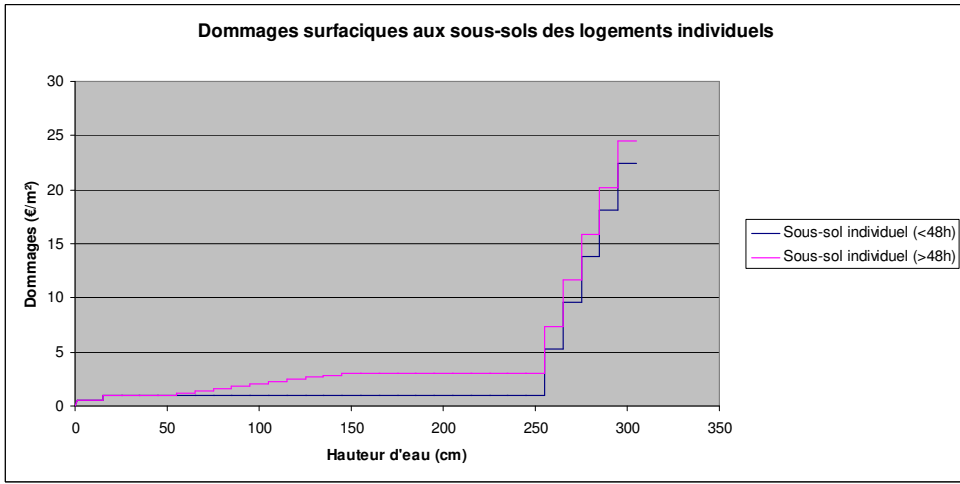


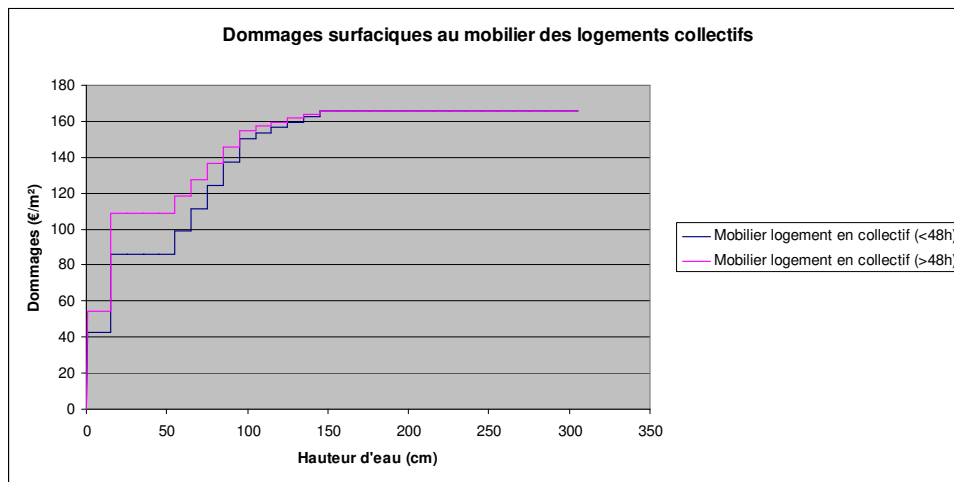
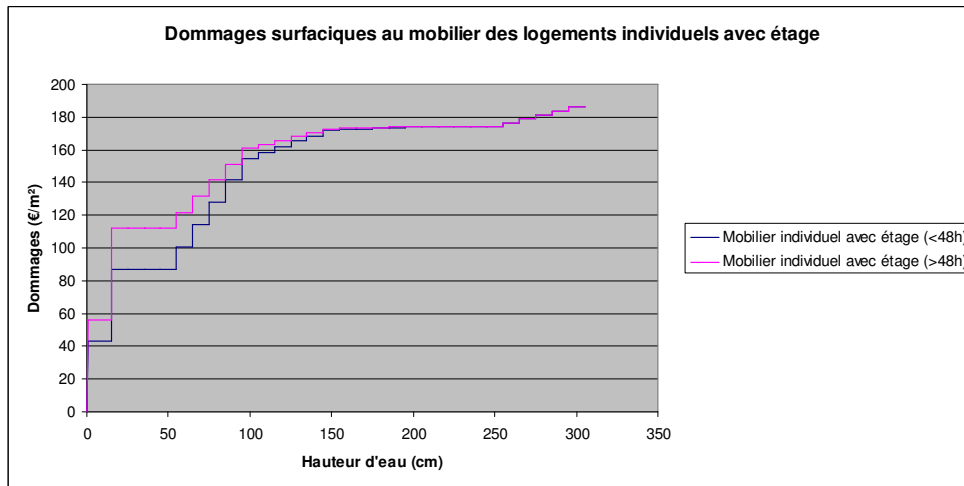




Fonctions de dommages moyennés surfaciques Dommages en €2016/m²







ANNEXE 5
Domages directs et indirects
(Etude Alpee – réf.6)

Lors de l'étude « Evaluation des Dommages liés aux crues en Région Ile-de-France » (cf. réf. 6), une analyse détaillée des dommages a été réalisée.

Les résultats synthétiques sont détaillés ci-après. Ils conduisent à un ratio Dommages indirects/directs d'environ :

- 12 % pour l'habitat,
- 34 % pour les activités.

DOMMAGES A L'HABITAT	
Type de crue	Dommages indirects/dommages directs
1983	11%
1993	12%
1970	12%
1955	11%
1910	12%
200	11%
500	11%
DOMMAGES AUX ACTIVITES	
Type de crue	Dommages indirects/dommages directs
1983	32%
1993	38%
1970	33%
1955	30%
1910	33%
200	34%
500	33%

**Tableaux 4.3 : Calculs des dommages avec les crues influencés
par l'action des réservoirs actuels (en MF)**

DOMMAGES A L'HABITAT

Type de crue	Dommmages directs	Dommmages indirects	Total dommages
1983	323	36	359
1993	324	40	364
1970	393	48	442
1955	1 052	116	1 168
1910	3 600	442	4 042
200	8 331	927	9 258
500	10 481	1 147	11 629

DOMMAGES AUX ACTIVITES

Type de crue	Dommmages directs	Dommmages indirects	Total dommages
1983	617	195	812
1993	800	305	1 106
1970	1 139	376	1 516
1955	2 522	760	3 282
1910	10 376	3 468	13 845
200	25 347	8 602	33 950
500	33 429	11 110	44 540

DOMMAGES AUX EQUIPEMENTS (AUTRES QUE RESEAUX)

Type de crue	Dommmages directs	Dommmages indirects	Total dommages
1983	459	137	596
1993	461	144	605
1970	719	192	911
1955	1 259	279	1 538
1910	2 731	1 007	3 738
200	4 474	1 447	5 921
500	5 546	2 199	7 745

Source réf. 6

ANNEXE 6
Scénario de protection supérieure – Source CD94

Un deuxième scénario a été étudié. Il permet de protéger l'ensemble de ce quartier pour toutes les crues connues sur ce secteur depuis 1982 avec une revanche de 10 cm.

La stabilité de la murette projetée ne peut être assurée en la scellant/ancrant sur les ouvrages existants.

Une démolition du haut du perré avec un décaissement du trottoir est nécessaire pour construire un ouvrage stable, quel que soient les scénarios (crue, décrue, choc ponctuel) et préserver la semelle du gel. Il est aussi nécessaire de purger le fond de forme de la fondation de par des sols avec une faible cohésion et avec une portance faible.

Ce quartier est un ancien marais, remblayé par les déblais du métro parisien au début du précédent siècle. Il présente des sols marneux et argileux.

Une couche de grave/béton concassé d'une épaisseur de 80 cm serait mise en œuvre avec toutes les contraintes de confortement induites pour éviter une instabilité du perré et de la voirie.

Malgré, cette purge, il n'est pas assuré que l'ouvrage resterait stable à tous les scénarios. Aussi, la mise en place de micropieux est une possibilité à envisager. Cela augmenterait sensiblement le montant des travaux.

La présence du TRAPIL (réseau sensible kérosène) pose aussi un problème. Les travaux seront proches de cet ouvrage. Le concessionnaire impose des contraintes strictes qui génèrent des sujétions opérationnelles et ainsi une augmentation du montant des travaux.

Le coût de ce scénario 2 a été estimé à 10 000 000 € HT hors mise en œuvre de micropieux.

Face à toutes ces contraintes et risques de réalisation opérationnelle ce scénario a été abandonné.

Harmonisation du niveau de protection contre les inondations à Ablon-sur-Seine et Villeneuve-le-Roi

