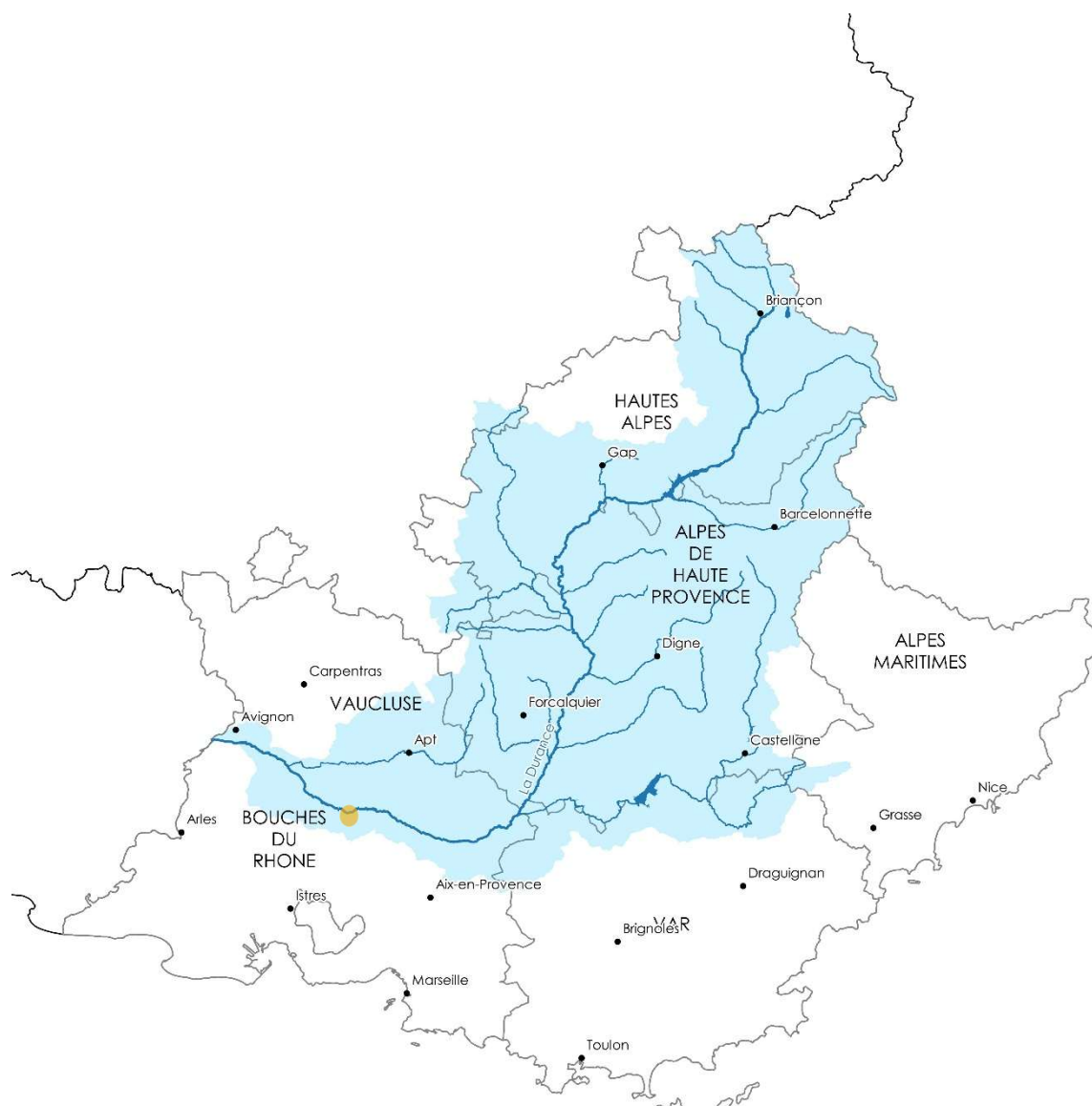




Bo-302| ETUDE MORPHOLOGIQUE ET D'IMPACT HYDRAULIQUE DU SITE DE SANFLA AU PUY- STE-REPARADE

Rev	Rédigé par	Approuvé par	Modifications	Date
D				
C				
B				
A	F. Mercier K. Attignon	K. Méry	Document initial	23/02/2026
Réf.	B0-302_Etude_hydraumorpho_Sanfla.docx			

Table des matières

INTRODUCTION.....	4
1. LOCALISATION DU SITE ET DESCRIPTION DES TRAVAUX ENVISAGES	5
2. INTERET MORPHOLOGIQUE DE L'OPERATION	6
3. ANALYSE DES INCIDENCES DU PROJET SUR LES EMPRISES INONDABLES.....	11
CONCLUSION	14

Table des illustrations

Figure 1: Localisation de la zone humide de Sanfla	5
Figure 2: Extrait des sites de Moyenne et Basse Durance intéressants pour le projet de recharge sédimentaire.....	6
Figure 3: Terrasses latérales analysées sur le secteur de Villelaure, comparaison de l'incision du profil en long d'été de 2017 et du profil en long levé par les Grandes Forces Hydrauliques (extrait du rapport d'Etudes préalables : inventaire des sites potentiels et analyse des enjeux ; B0-206 & B0-302 Recharge sédimentaire en Moyenne et Basse Durance, SMAVD 2020)	7
Figure 4: Photographies aériennes prises en aval du seuil 6	8
Figure 5: Analyse diachronique des profils en long d'été entre le pont de Pertuis et le pont de Cadenet	9
Figure 6 : Comparaison des emprises de l'état initial et l'état projeté à 2000 m ³ /s	11
Figure 7 : Carte d'impact du projet sur les emprises et la hauteur d'eau à 2000 m ³ /s.....	12
Figure 8 : Comparaison des emprises de l'état initial et l'état projeté à 2500 m ³ /s.....	13
Figure 9 : Carte d'impact du projet sur les emprises et la hauteur d'eau à 2500 m ³ /s	13

Introduction

Les espèces végétales et animales associées à la Durance sont étroitement dépendantes du fonctionnement dynamique du lit de la rivière et des nombreux milieux annexes qui l'accompagnent. Historiquement structurés par un lit en tresse actif, ces milieux offraient une grande diversité d'habitats favorables à l'installation d'espèces inféodées aux dynamiques fluviales. Toutefois, l'évolution morphologique du cours d'eau et les interventions anthropiques successives ont profondément altéré ces équilibres. La restauration de ces milieux constitue aujourd'hui l'une des missions essentielles du SMAVD, gestionnaire du Domaine Public Fluvial de la Durance à l'aval de Cadarache.

Sur le secteur de Sanfla, au Puy-Sainte-Réparate, les altérations du fonctionnement morphologique de la Durance se combinent aux effets d'anciennes interventions anthropiques. Des travaux préparatoires réalisés en vue d'une exploitation de granulats ont profondément perturbé le site. La construction d'une digue et de chemins d'accès a enclavé la zone humide, modifiant ses connexions hydrauliques naturelles avec la rivière et altérant son fonctionnement écologique.

Par ailleurs, l'incision progressive du lit sur ce secteur et la diminution des apports solides ont conduit à un déséquilibre du fonctionnement sédimentaire. Le déficit est tel que la rivière s'écoule désormais directement sur le substratum. Cette situation limite la capacité naturelle de réajustement morphologique du lit et accentue la déconnexion des milieux annexes, dont la zone humide de Sanfla. L'alimentation de cette dernière dépend en effet étroitement de la nappe alluviale de la Durance, dont les fluctuations conditionnent le maintien des habitats humides.

Au regard de ce constat, le SMAVD porte un projet de restauration de cette zone humide, accompagné par une opération de recharge sédimentaire visant à restaurer localement un fonctionnement morphodynamique plus équilibré. L'opération consiste à prélever des matériaux alluvionnaires sur le site de Sanfla, où les dynamiques humides tendent à régresser, puis à les réinjecter dans le lit en eau de la Durance. Les investigations menées ont confirmé l'absence de pollution des matériaux ainsi que leur compatibilité granulométrique, dominée par des graviers et des galets adaptés aux conditions hydrauliques du tronçon.

Le site d'injection des matériaux s'est ainsi porté sur ce secteur particulièrement déficitaire, caractérisé par l'affleurement du substratum et l'absence de matériaux mobilisables. L'objectif est de reconstituer un matelas alluvionnaire fonctionnel, susceptible de favoriser le rétablissement d'un transit sédimentaire actif et d'améliorer les conditions morphologiques du lit. Les études complémentaires ont par ailleurs permis de préciser le fonctionnement hydrogéologique de la zone humide de Sanfla, suivie au moyen de piézomètres instrumentés.

Le présent rapport a pour objectif de présenter l'intérêt morphologique d'une opération de recharge sédimentaire sur ce site, ainsi que d'analyser les impacts hydrauliques de cette opération. Il vise à évaluer les modifications potentielles des lignes d'eau et des vitesses d'écoulement en crue, et d'en mesurer les impacts sur les enjeux alentours.

1. Localisation du site et description des travaux envisagés

Le site de Sanfla se situe dans le lit majeur, en rive gauche de la Durance, sur la commune du Puy-Sainte-Réparate, dans un secteur historiquement exploité pour l'extraction de matériaux alluvionnaires. Le périmètre d'intervention matérialisé par un polygone orange sur la cartographie suivante, correspond à une ancienne gravière partiellement remblayée, comprenant des dépressions fonctionnant comme des zones humides, des surfaces recolonisées par une végétation spontanée et des secteurs ponctuellement dégradés ou envahis par des espèces exotiques.



Figure 1: Localisation de la zone humide de Sanfla

Le projet de réinjection sédimentaire repose sur des interventions mécaniques ciblées, visant à restaurer localement le fonctionnement morphodynamique de la rivière. Il consiste tout d'abord à prélever des matériaux alluvionnaires, essentiellement des graviers et galets, dans la zone humide à restaurer. Ces prélèvements sont réalisés de manière sélective afin de limiter l'impact écologique sur les milieux naturels.

Une fois extraits, ces matériaux sont transportés et réinjectés dans le lit vif de la Durance, à proximité immédiate de la digue Ferratière, dans le but de recréer un matelas alluvionnaire. Cette recharge vise à rétablir un volume de sédiments suffisant pour restaurer la topographie du lit, favoriser la mobilité des sédiments réinjectés. L'intervention est conçue pour s'intégrer aux dynamiques hydrauliques existantes, de manière à ne pas générer de contraintes excessives sur les écoulements ou les berges et à permettre une diffusion progressive des matériaux lors des crues.

2. Intérêt morphologique de l'opération

En 2022, des opérations de réinjections sédimentaires ont été menées sur les secteurs de Puyvert et de Charleval. En 2025, une troisième opération de réinjection a été menée sur le site de Mallemort, marquant l'aboutissement de la restauration d'un linéaire cohérent de plus de 20 km de long. Pour chacun des deux 1ers sites, ce sont 100 000 m³ de matériaux et 120 000 m³ pour le 3^{ème}, qui ont été remis à disposition de la Durance, et qui seront désormais remobilisables, même pour des crues modestes.

En première approche, l'analyse des secteurs favorables au projet de restauration sédimentaire a mis en relief plusieurs sites favorables en basse Durance, au regard de critères écologiques, morphologiques et de faisabilité (cf. rapport d'*Etudes préalables : inventaire des sites potentiels et analyse des enjeux ; B0-206 & B0-302 Recharge sédimentaire en Moyenne et Basse Durance, SMAVD 2020*). Parmi ces secteurs favorables figuraient en effet les sites de Puyvert, Charleval et Mallemort, Mais également de Villelaure et du Puy-Ste-Réparate, objet de la présente étude.

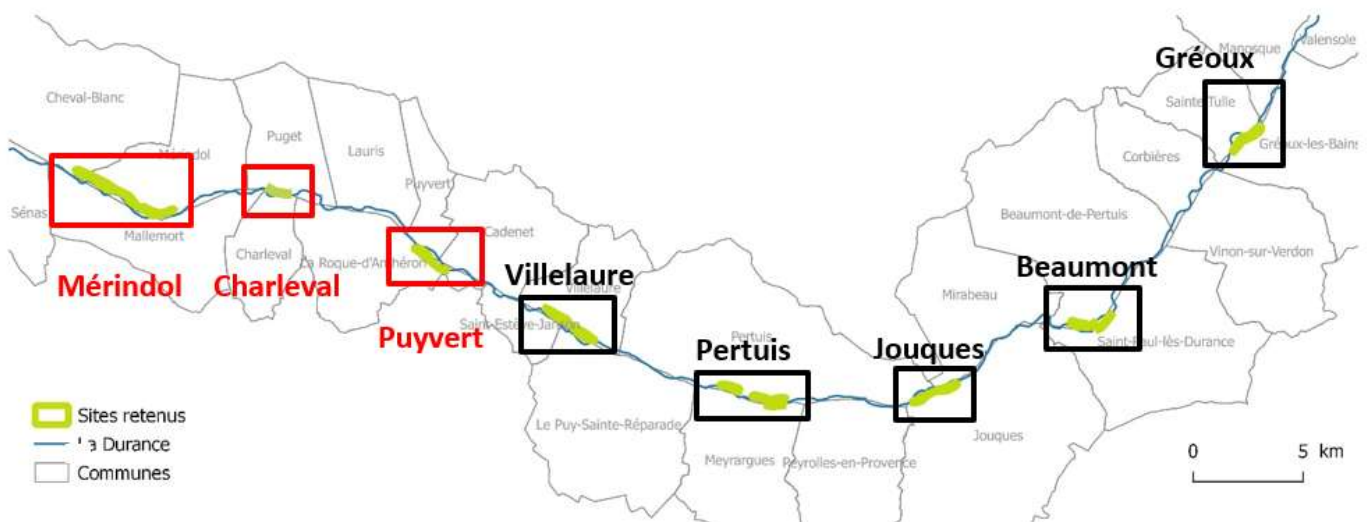


Figure 2: Extrait des sites de Moyenne et Basse Durance intéressants pour le projet de recharge sédimentaire

Sur le secteur de Villelaure, cinq terrasses latérales ont été analysées au regard de leur potentiel intérêt pour la recharge sédimentaire (cf. Figure 3), dont la terrasse de Sanfla. Situé juste en aval des seuils de Pertuis, le lit de la Durance au droit du Puy-Sainte-Réparate présente une incision importante, pouvant excéder 3 m, au droit des terrasses amont. Le secteur présente des bancs perchés dans le lit mineur, sur lesquels l'absence de végétation est assurée par les opérations d'essartement. Représentant des volumes disponibles potentiellement importants, l'intérêt morphologique d'une recharge sédimentaire réalisée à partir d'extractions sur les sites ciblés en lit majeur est fort.



Figure 3: Terrasses latérales analysées sur le secteur de Villelaure, comparaison de l'incision du profil en long d'étiage de 2017 et du profil en long levé par les Grandes Forces Hydrauliques (extrait du rapport d'Etudes préalables : inventaire des sites potentiels et analyse des enjeux ; B0-206 & B0-302 Recharge sédimentaire en Moyenne et Basse Durance, SMAVD 2020)

En effet, le secteur situé entre le pont de Pertuis et le pont de Cadenet a été fortement marqué par des extractions massives. Entre les extractions SOTEM et celles liées à la construction du canal EDF, des prélèvements de l'ordre de 4 Mm³ ont été effectués. L'étude Globale de basse et moyenne Durance rapporte les faits marquants du tronçon : en 1971, l'abaissement atteignait déjà 4 m par endroits. En complément des affleurements du substratum, seuls les seuils du canal de Marseille et du viaduc de Meyrargues (seuil 106) tenaient le lit. La morphologie du lit est restée quasiment inchangée depuis 1978.

Dès 1978, une succession de seuils ont été construits en aval du seuil du canal de Marseille (seuil 5, 6 et 6 bis). Le seuil 5 bis a la particularité de protéger plusieurs canalisations de transfert d'hydrocarbures des sociétés Geosel et Total. Le déficit des apports amont n'a pas permis encore un réalluvionnement : le substratum affleure au pied du seuil du canal de Marseille. Les affleurements rocheux se sont lentement dégradés en aval du seuil du canal de Marseille entre 1980 et 1995, mais ne présentent plus d'évolution depuis.

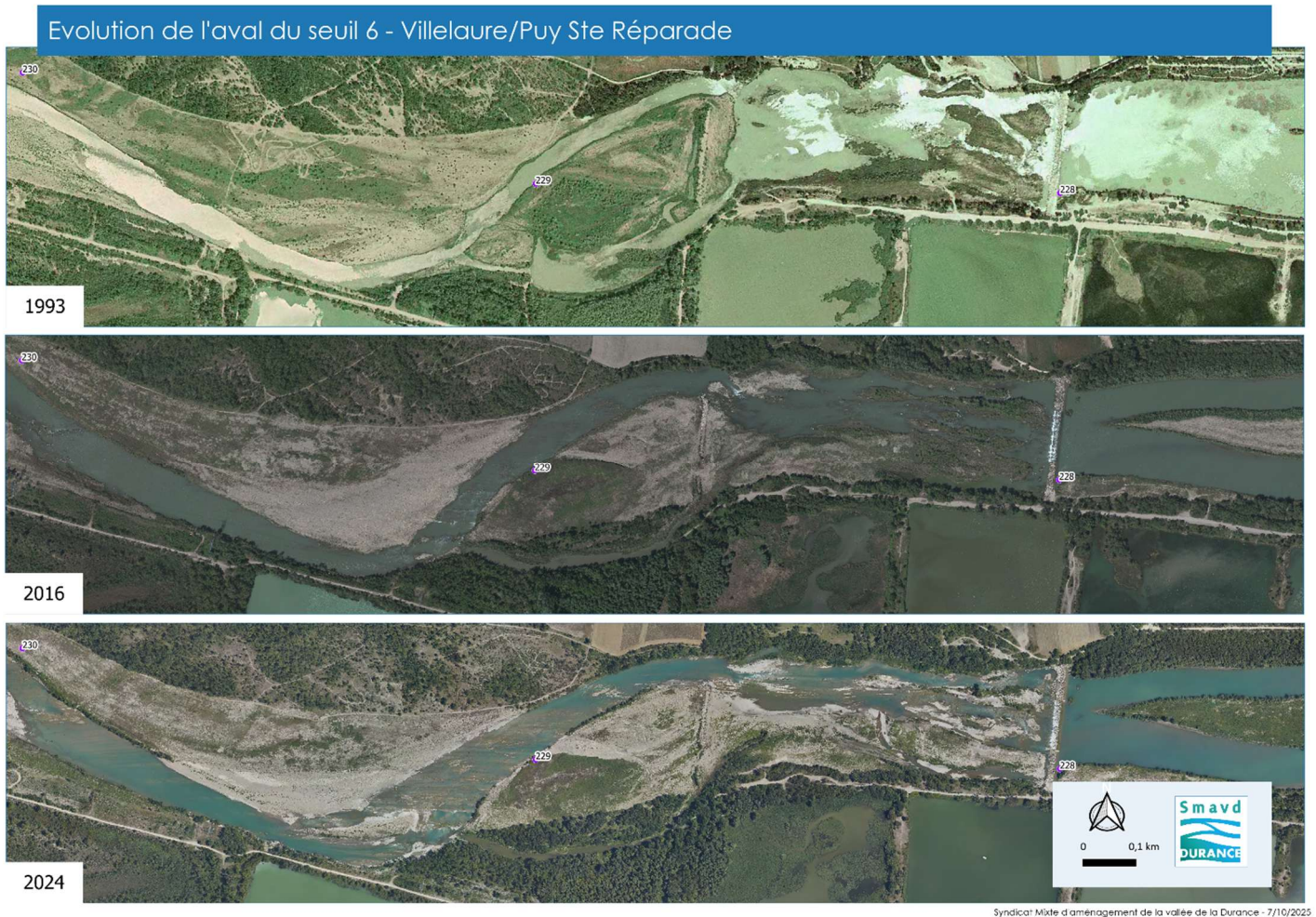


Figure 4: Photographies aériennes prises en aval du seuil 6

Entre le pont de Pertuis et le seuil 6, les profils en longs sont stables et le secteur présente des évolutions très modestes. En aval du seuil 6, jusqu'au seuil 6 bis, l'incision du profil en long d'étiage se poursuit. Les profils de 2016, 2017, 2020 et 2024 ayant été pris exactement au même endroit, avec une morphologie stable du lit. L'incision peut atteindre par endroits 1.5 m par rapport au profil de 2006. Globalement, le profil en long continue à s'abaisser jusqu'à l'épi de la Bastide Neuve. Les affleurements rocheux au droit du plan d'eau de la Ferratière sont d'autant plus apparents en 2020 et en 2024.

Jusqu'à l'épi de la Bastide Neuve, soit environ 3 km en aval du seuil 6, les profils en long d'étiage du début des années 2000 à aujourd'hui sont quasiment tous superposés au sein d'un faisceau d'environ un mètre d'amplitude. Ces profils se situent entre 1.5 et 3 m en dessous des profils de 1971, 1979 et 1995. Cela témoigne, sur l'intégralité de ce tronçon, de l'atteinte du substratum dès le début des années 2000 (confirmé par l'analyse des photographies aériennes), et du blocage total du transit sédimentaire en provenance de l'amont.

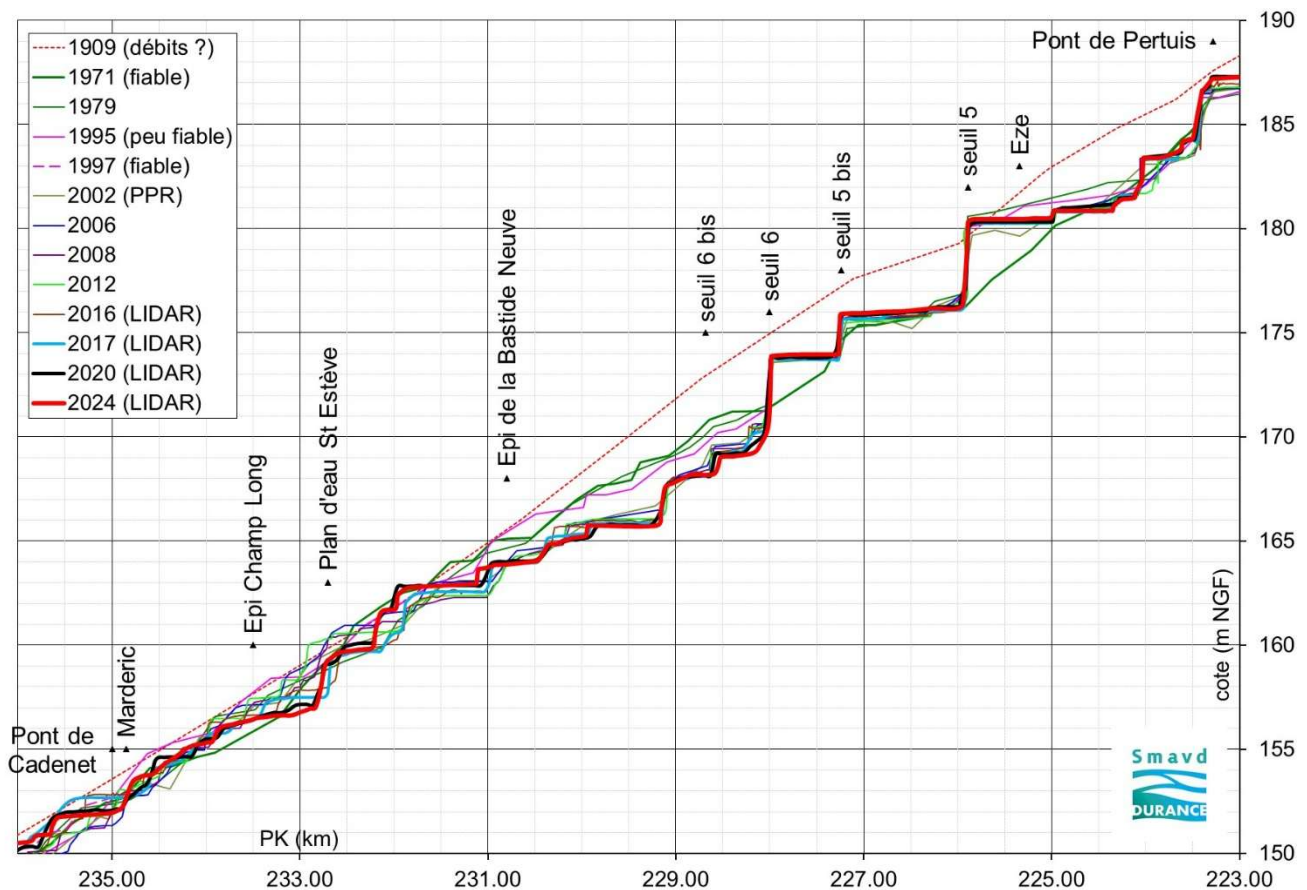


Figure 5: Analyse diachronique des profils en long d'étiage entre le pont de Pertuis et le pont de Cadenet

Pour les trois sites ayant déjà fait l'objet d'une restauration, il était au départ envisagé de prendre les matériaux au sein des deux terrasses boisées attenantes. Il s'avère néanmoins que la topographie des bancs de graviers situés au sein du chenal d'essartement était proche de celle des terrasses boisées adjacentes. En effet, ces terrasses sont artificiellement maintenues ouvertes par le biais d'essartements réguliers.

Plus les terrasses sont déconnectées, moins elles sont inondables et en remobilisant artificiellement les sédiments, la banque de semence du sol tente de s'exprimer mais ne trouve pas les conditions naturelles de maintien, de reproduction effective et de dispersion nécessaires à son renouvellement. Baisser le niveau topographique de certaines terrasses perturbées permet de s'affranchir dans certains cas de la nécessité d'essartement et donc de restaurer une dynamique spatiale et temporelle de végétation plus naturelle.

Pour cette raison, les zones d'emprunt des matériaux des projets de restauration des sites de Puyvert, Charleval et Mallemort étaient situées au sein des bancs essartés du lit de la Durance. Dans le cas du site de Sanfla, l'altimétrie des bancs situés dans le lit mineur est très inférieure (de l'ordre de quatre mètres) aux terrasses situées en rive gauche de la Durance. En effet, l'incision du lit mineur sur ce secteur est nettement supérieure à celle des autres sites.

Ainsi, avec l'opération de restauration morphologique du site de Sanfla, 23 km du linéaire de basse Durance seront restaurés. La pérennité de l'opération est certes intrinsèquement liée aux apports de graviers en provenance de l'amont. Néanmoins, le retour des matériaux depuis l'amont au travers du barrage de Cadarache, notamment grâce aux apports de l'Asse et de la Bléone, mettra a priori plusieurs décennies à se faire sentir en Basse Durance en fonction de l'hydrologie (fréquence et intensité des crues). Dans cette attente, la recharge sédimentaire permettra de gagner quelques années d'apports de matériaux, avec le principe de déblayer ou d'entailler des terrasses latérales ou des bancs perchés au sein du lit mineur afin de remettre en mouvement les matériaux qui les constituent lors des crues.

D'un point de vue morphologique, les attentes vis-à-vis de la restauration de ces 23 km de cours d'eau sont de contribuer au retour d'un profil en long d'équilibre durable du lit (équilibre entre stock de graviers disponibles et énergie de transport hydraulique) et au rétablissement de la continuité du transport solide. Mais la mobilisation de ces matériaux permettra surtout de contribuer à la redynamisation du lit de la Durance sur ce tronçon. Les gains écologiques seront évalués sur le long terme. L'objectif est d'accentuer la trajectoire du lit restauré vers plus de typicité biologique de rivière dynamique méditerranéenne :

- ✓ Renforcement de la dynamique depuis le fond des bras en eau, des berges et éventuellement des bras eux-mêmes jusqu'au lit moyen contribuant ainsi au développement d'espèces pionnières caractéristiques de rivière en tresses méditerranéenne ;
- ✓ Accroissement de la mobilité et de la largeur du lit, avec un remaniement plus fréquent des habitats naturels ;
- ✓ Réduction des risques de formation des bancs enlimonés et des besoins d'essartements.

Sur le site de Sanfla, l'intérêt de mener une opération de recharge sédimentaire en aval des anciennes souilles d'extraction de Pertuis est d'autant plus fort, dans la mesure où une telle opération permettrait de restreindre les effets de l'incision du lit observée. Ces matériaux pourraient ainsi être remobilisés et favoriser la diversification des faciès morphologiques des secteurs situés en aval des seuils de Pertuis.

3. Analyse des incidences du projet sur les emprises inondables

L'analyse des incidences du projet sur les emprises inondables a pour objectif d'identifier et de quantifier les éventuelles modifications du champ d'expansion des crues consécutives à l'opération de recharge sédimentaire sur ce tronçon de la Durance.

Pour ce faire, une comparaison a été menée entre l'état initial et l'état projeté, sur la base des résultats issus de modélisations hydrauliques à fond fixe. Le modèle Telemac-2D Cadarache-Mallemort, basé sur la topographie de 2020, a été utilisé pour simuler des crues de 2 000 et 2 500 m³/s. Ces débits correspondent, sur ce secteur, à une occurrence de l'ordre de 10 ans.

Pour les débits supérieurs, les matériaux rechargés transiteront massivement vers l'aval. Pour cette raison, la comparaison des modélisations à fond fixe n'est effectuée dans la présente étude que pour des débits n'engageant a priori qu'une remobilisation partielle des sédiments.

La comparaison des emprises en eau issues des modélisations de l'état initial et de l'état projeté pour une crue de 2 000 m³/s est présentée Figure n°6. L'emprise en eau correspondant à l'état projeté est représentée en vert, tandis que celle relative à l'état actuel apparaît en bleu dégradé, permettant ainsi une lecture comparative directe des éventuelles évolutions spatiales liées au projet.

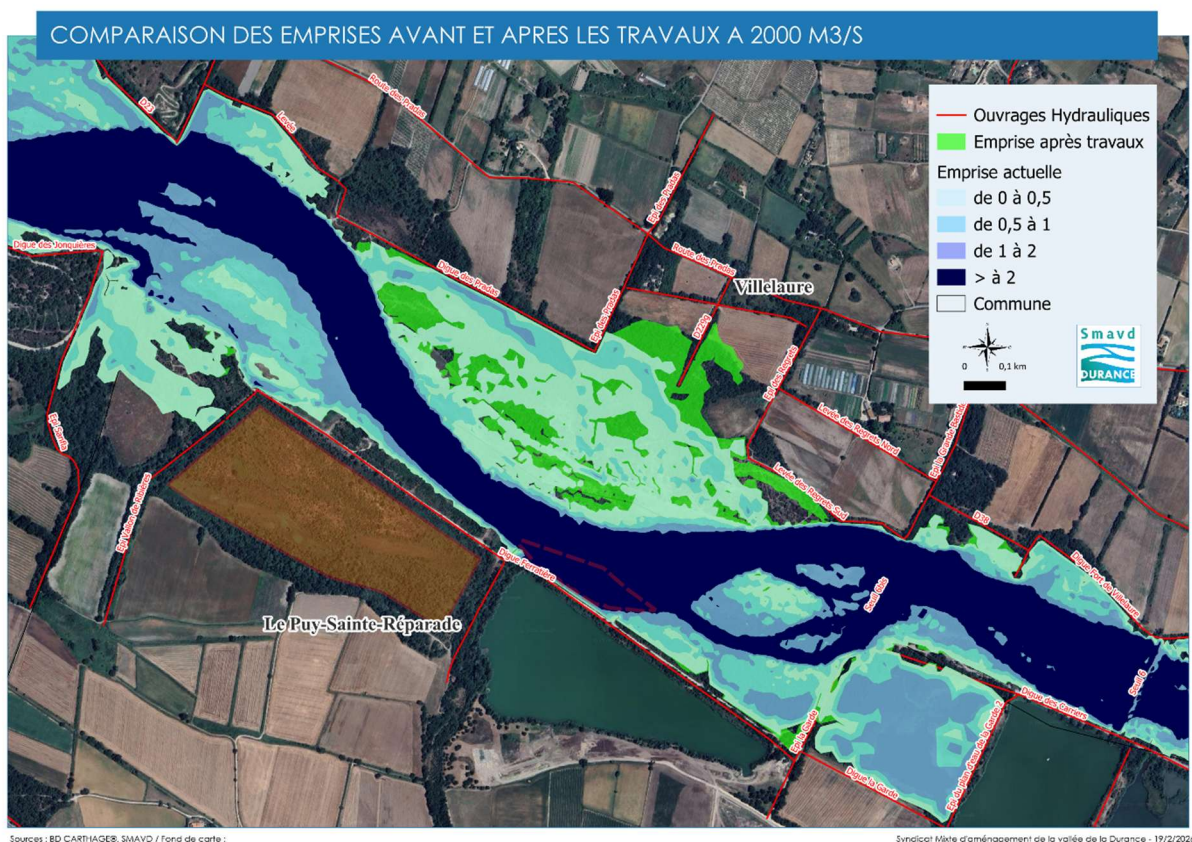


Figure 6 : Comparaison des emprises de l'état initial et l'état projeté à 2000 m³/s

L'analyse des résultats met en évidence une extension modérée et localisée de l'emprise en eau dans l'état projeté par rapport à l'état initial. Cette évolution demeure limitée spatialement et ne concerne pas de secteurs à enjeux à cette occurrence. Elle s'explique par la reconstitution du matelas alluvionnaire, induisant une légère modification des lignes d'eau. Toutefois, la carte d'impact associée (cf Figure 7) montre que, malgré cette différence d'emprise relativement faible, la hauteur en eau a augmenté de manière significative sur certaines zones du lit mineur, avec des variations comprises entre 0,17 et 1,64 m, traduisant l'effet direct de la recharge sédimentaire. Cette évolution reste localisée et, selon les résultats de modélisation, n'entraîne pas d'aggravation notable du risque hydraulique.

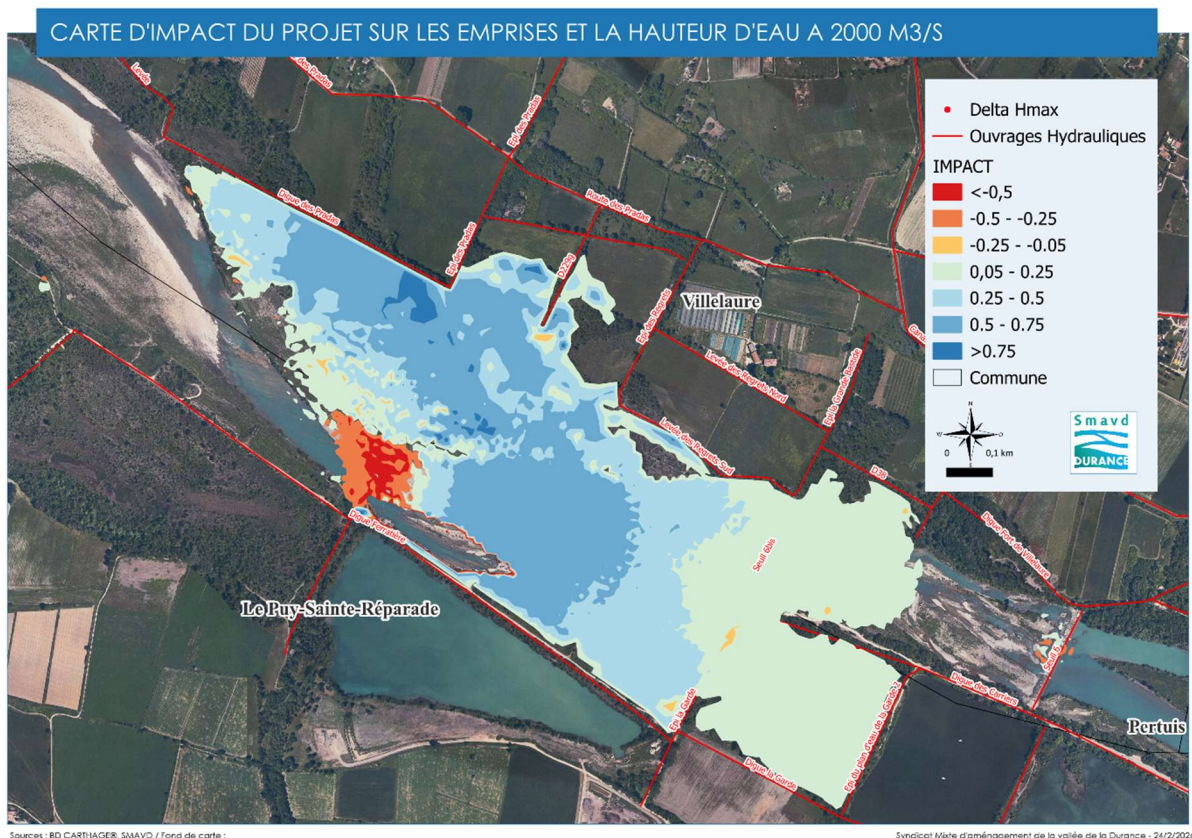
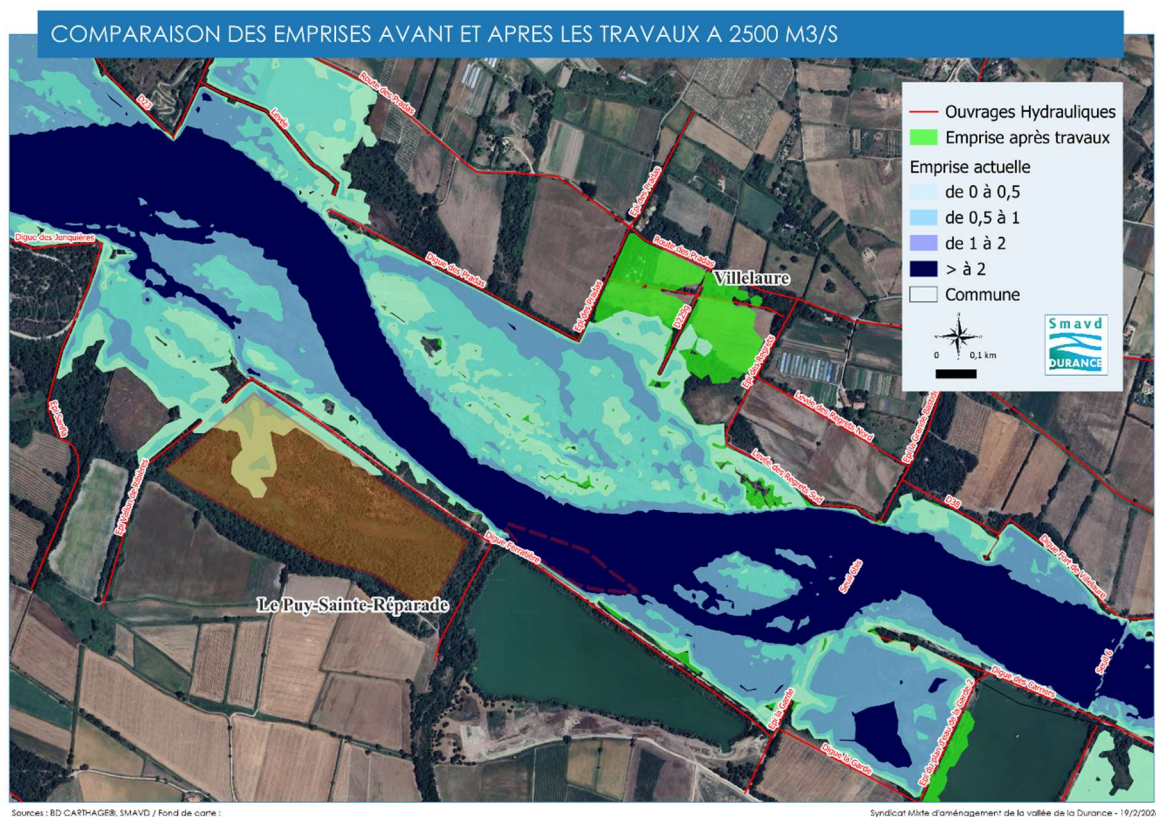
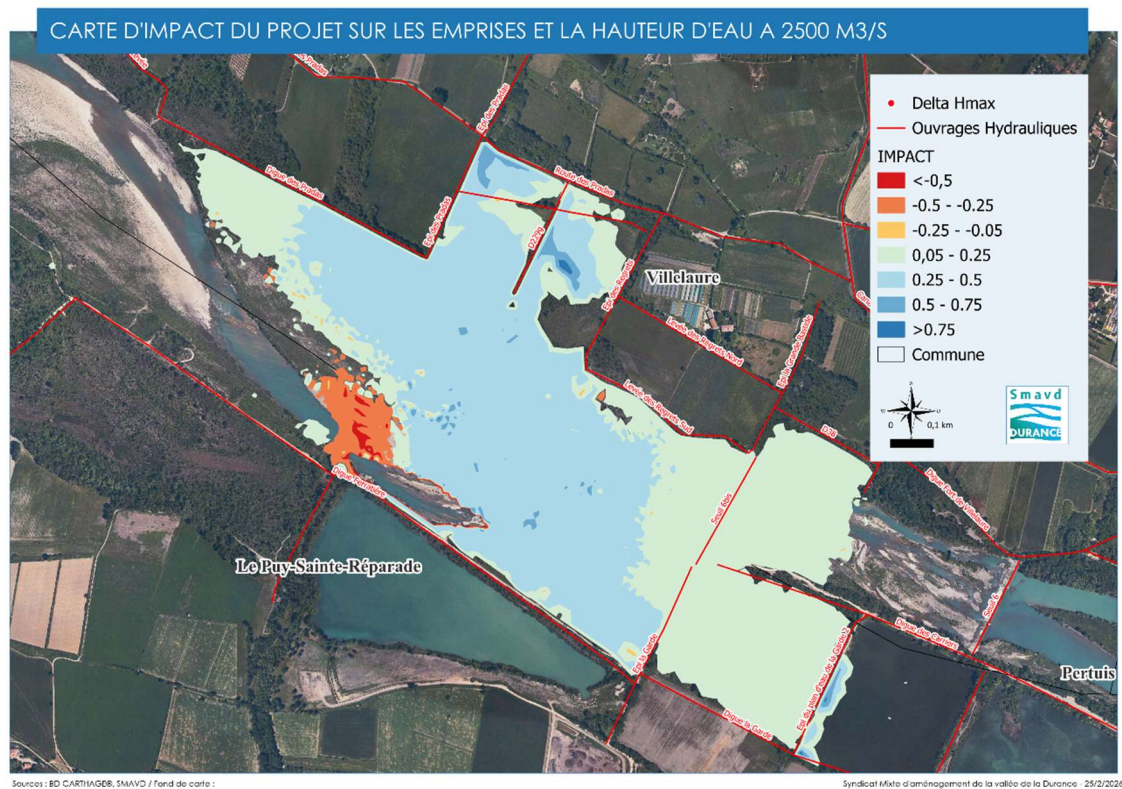


Figure 7 : Carte d'impact du projet sur les emprises et la hauteur d'eau à 2000 m³/s

Pour une crue correspondant à un débit de 2500 m³/s, l'emprise en eau projetée est légèrement plus étendue que celle de l'état initial (cf. Figure 8). La carte d'impact associée (cf. Figure 9) met en évidence une augmentation modérée de la hauteur en eau sur certaines zones localisées, comprise entre 0,20 et 0,45 m au droit des ouvrages constitutifs du futur système d'endiguement de Villelaure. Cette légère augmentation des niveaux d'eau à ce débit ne présente pas d'incidence sur la protection des enjeux du secteur. En effet, le système d'endiguement de Villelaure en rive droite ainsi que les ouvrages de protection de la rive gauche sont dimensionnés pour des débits nettement supérieurs (de l'ordre de 4 000 m³/s pour la rive droite, qui englobe la majorité des enjeux du secteur ; et le niveau de protection apparent des ouvrages de la rive gauche est proche de la crue centennale).

Figure 8 : Comparaison des emprises de l'état initial et l'état projeté à 2500 m³/sFigure 9 : Carte d'impact du projet sur les emprises et la hauteur d'eau à 2500 m³/s

Conclusion

Il ressort des analyses menées ci-dessus que la Durance au droit du site de Sanfla présente un dynamisme fortement réduit depuis les dernières décennies. Le secteur présente un style fluvial chenalisé, avec un bras en eau qui s'est incisé jusqu'à l'atteinte du substratum.

Une opération de restauration morphologique de la Durance sur ce secteur pourrait permettre d'apporter un regain de dynamisme sur le secteur. Aussi, une telle opération permettrait de restaurer un tronçon cohérent de 23 km de Durance, du seuil 6 bis au Puy-Ste-Réparate, jusqu'au pont de Mallemort.

L'analyse globale des modélisations hydrauliques met en évidence que le projet de recharge sédimentaire de Sanfla a des impacts faibles pour les crues courantes, et qui n'affecte pas les enjeux du secteur. Pour les débits supérieurs, la remobilisation importante des matériaux rechargés induira leur transit vers l'aval, et il est probable que le niveau des fonds redevienne très proche du niveau avant recharge.

Dans l'ensemble, le projet permettra donc de restaurer le fonctionnement morphodynamique du tronçon tout en générant des impacts hydrauliques localisés et maîtrisables.