

| RESTAURATION HYDROMORPHOLOGIQUE DE LA DURANCE | Solution fondée sur la nature



B0-206/302 | RECHARGE SEDIMENTAIRE SUR LES SECTEURS DE PUYVERT ET CHARLEVAL

Note d'accompagnement de la demande d'examen
au cas par cas

Rev	Rédigé par	Vérifié par	Approuvé par	Modifications	Date
D					
C					
B					
A	F. Boca P. Le Strat	B. Jacopin	C. Doddoli	Document initial	Février 2021
Réf.	Cas par cas_RS Puyvert et Charleval_Note d'accompagnement + Annexes2à9.docx			Diffusion	EXTERNE

Table des matières

PREAMBULE	4
ANNEXE 2 : LOCALISATION DES PROJETS	6
ANNEXE 3 : PHOTOGRAPHIES DATEES DES ZONES D'IMPLANTATION	7
ANNEXE 4 : DESCRIPTION DES PROJETS ET PLANS	11
ANNEXE 5 : NON CONCERNE	35
ANNEXE 6 : LOCALISATION DES SITES NATURA 2000.....	36
ANNEXE 7 : CONTEXTE GENERAL DU PROJET DE RECHARGE SEDIMENTAIRE EN DURANCE	37
ANNEXE 8 : COMPLEMENTS DE REPONSES AU VOLET 5.....	56
ANNEXE 9 : COMPLEMENTS DE REPONSES AUX VOLETS 6.1 ET 6.4	69

Préambule

Sur le bassin du Rhône, les rivières en tresses ont perdu près de 50% de leur linéaire de tressage au cours des deux derniers siècles. Le bassin de la Durance abrite une grosse part des rivières en tresses de l'arc alpin, et la Durance présente encore de beaux exemples de tressage actif. Ainsi naturellement, cette rivière est en quasi-totalité intégrée au réseau européen Natura 2000 pour ce fort enjeu écologique lié à la biodiversité des rivières en tresses et à leur dynamique alluviale.

Dans ce contexte, le contrat de rivière Val de Durance piloté par le SMAVD s'est traduit par une volonté forte de restauration hydromorphologique de la rivière, en mettant la gestion de la dynamique fluviale et du transit sédimentaire au cœur de cette politique de restauration. Le présent projet de recharge sédimentaire est une des solutions fondées sur la nature de cette ambitieuse politique de restauration de la rivière, traduite dans plusieurs programmes de gestion depuis près de quinze ans : Contrat de rivière Val de Durance 2007-2017, Document d'objectifs des sites Natura 2000 de la Durance, SDAGE Rhône Méditerranée et PAPI d'intention Basse Durance 2019-2022. Le Document d'Objectif Natura 2000 de la Durance rappelle en effet tout l'enjeu de la recharge sédimentaire pour les espèces et habitats à l'origine de son classement dans ce réseau européen de sites protégés. En effet, la recharge sédimentaire est une des actions nécessaires à l'atteinte de l'objectif prioritaire du DOCOB de rétablissement d'un système de tressage de la rivière.

En Durance, les aménagements hydroélectriques et les extractions de graviers dans le lit mineur ont généré un important déficit des apports et du transport sédimentaire. Les aménagements ont également provoqué une modification de l'hydrologie avec une baisse significative de l'occurrence des crues morphogènes.

Dans les secteurs perturbés, le lit a eu tendance à s'inciser profondément par des phénomènes d'érosion régressive et progressive, et à devenir de moins en moins mobile. La bande active s'est en parallèle fortement rétrécie, passant en moyenne de 500 à 250 mètres de largeur. Les bancs de graviers se sont progressivement enlimonés puis végétalisés. Le niveau de la nappe alluviale s'est abaissé, provoquant l'assèchement des ripisylves typiques des rivières méditerranéennes en tresses.

Le retour des matériaux depuis la Moyenne Durance 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 remobiliser 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, le besoin de recharge sédimentaire est de stopper les incisions du lit et 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. La mobilisation de ces matériaux permettra également de contribuer à la

redynamisation du lit et, principalement dans les secteurs de reculs d'épis, à un élargissement de l'espace de mobilité de la Durance.

L'ensemble des opérations de recharge sédimentaire et de reculs d'ouvrages contribueront au bon fonctionnement du lit de la Durance, en accentuant la trajectoire 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, réapparition des formes de tressage avec un remaniement plus fréquent des habitats naturels (secteurs de reculs d'ouvrage) ;
- ✓ Réduction des risques de formation des bancs enluminés et des besoins d'entretien mécanisé de la végétation (essartements).

La recherche de sites opérationnels et leur priorisation (SMAVD, 2020) a fait émerger trois sites prioritaires : Puyvert, Charleval et Mallemort, présentant les meilleures potentialités de recharge sédimentaire dans le cadre d'une analyse multicritères (intérêt morphologique, intérêt écologique, faisabilité opérationnelle). Ces opérations sur trois sites placés en série, sur un même tronçon sans frein à la continuité sédimentaire, produiront ainsi leurs effets sur un linéaire d'au moins 20 km. C'est ainsi à cette échelle que se place cette première opération de restauration de la Durance par recharge sédimentaire et que seront réalisés les suivis éco-morphologiques à grande échelle.

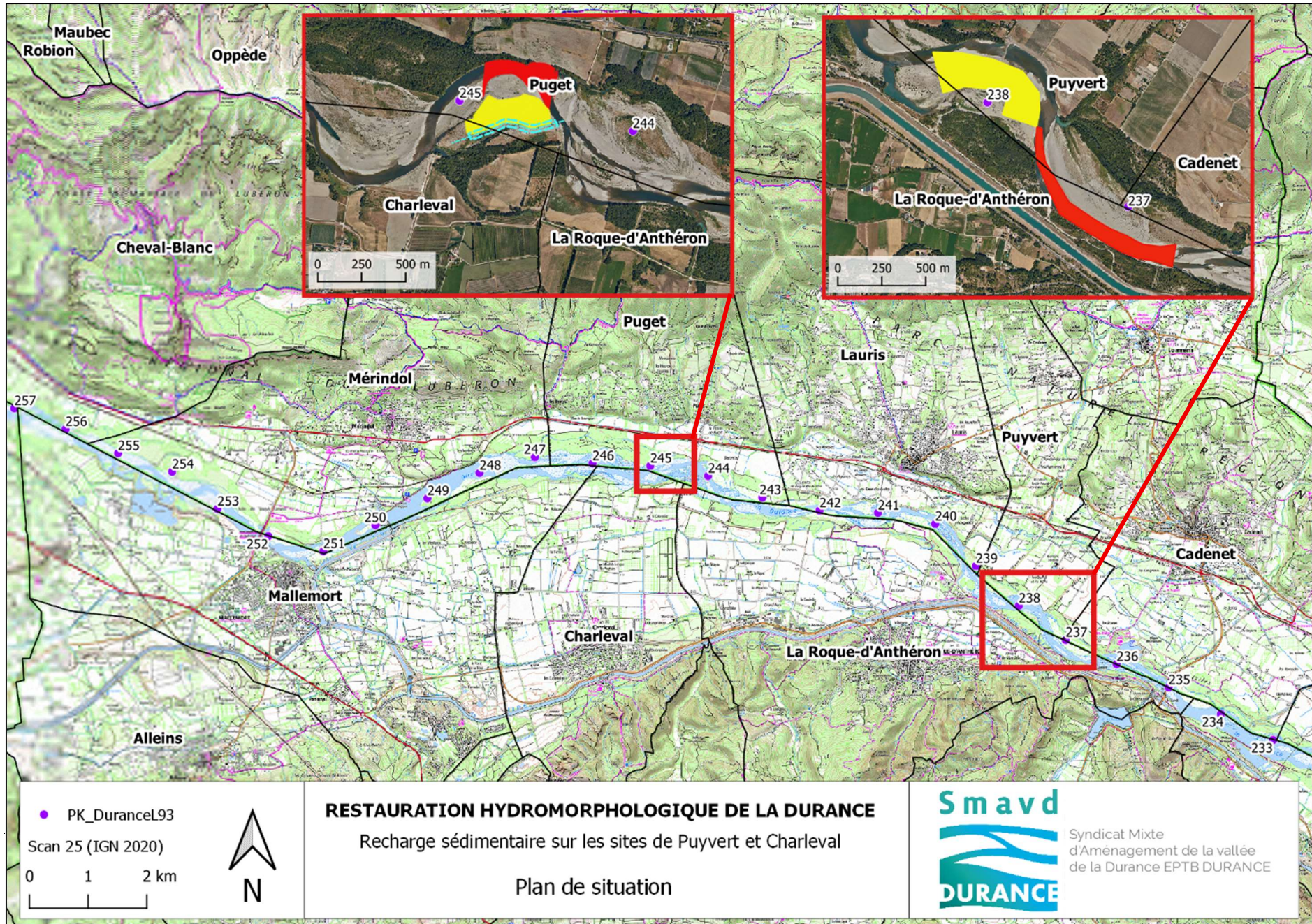
La présente demande d'examen au cas par cas concerne uniquement les projets correspondant aux sites de Puyvert et Charleval.

CONTENU DU DOSSIER

Ce dossier comprend les annexes obligatoires demandées au 8.1 du Cerfa 14734*03 de demande d'examen au cas par cas préalable à la réalisation éventuelle d'une évaluation environnementale (annexes 2 à 6), ainsi que des annexes complémentaires transmises pour améliorer la compréhension du projet et développer les réponses indiquées aux volets 5, 6.1 et 6.4 dudit Cerfa (annexes 7 à 9) :

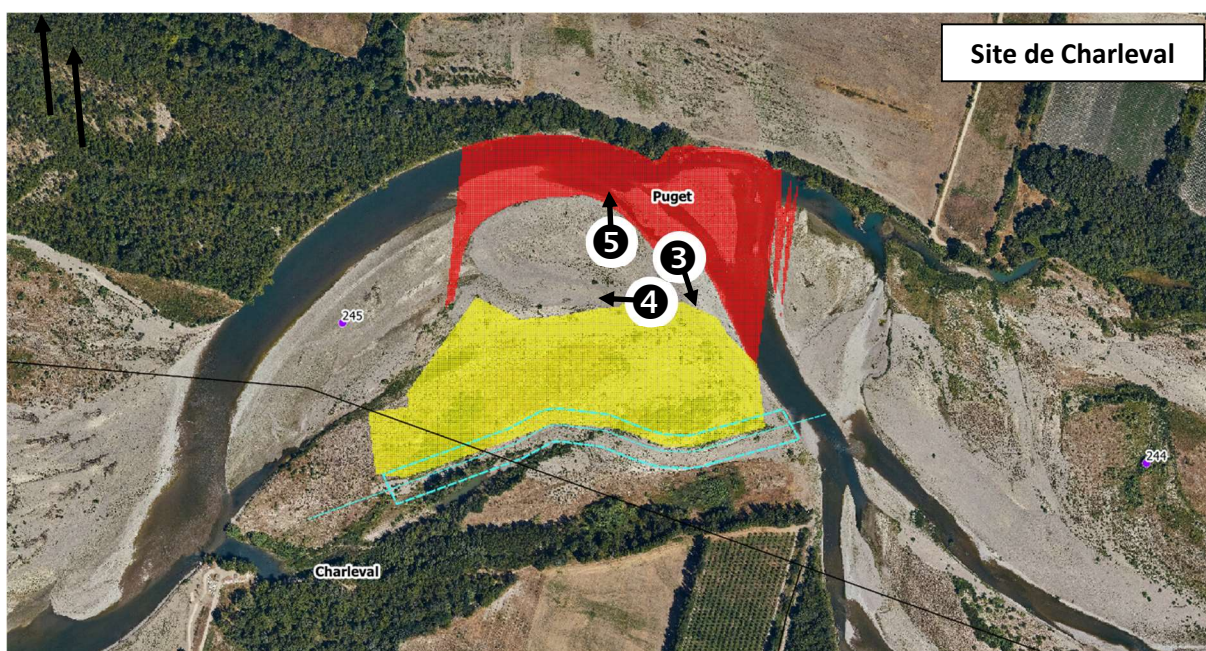
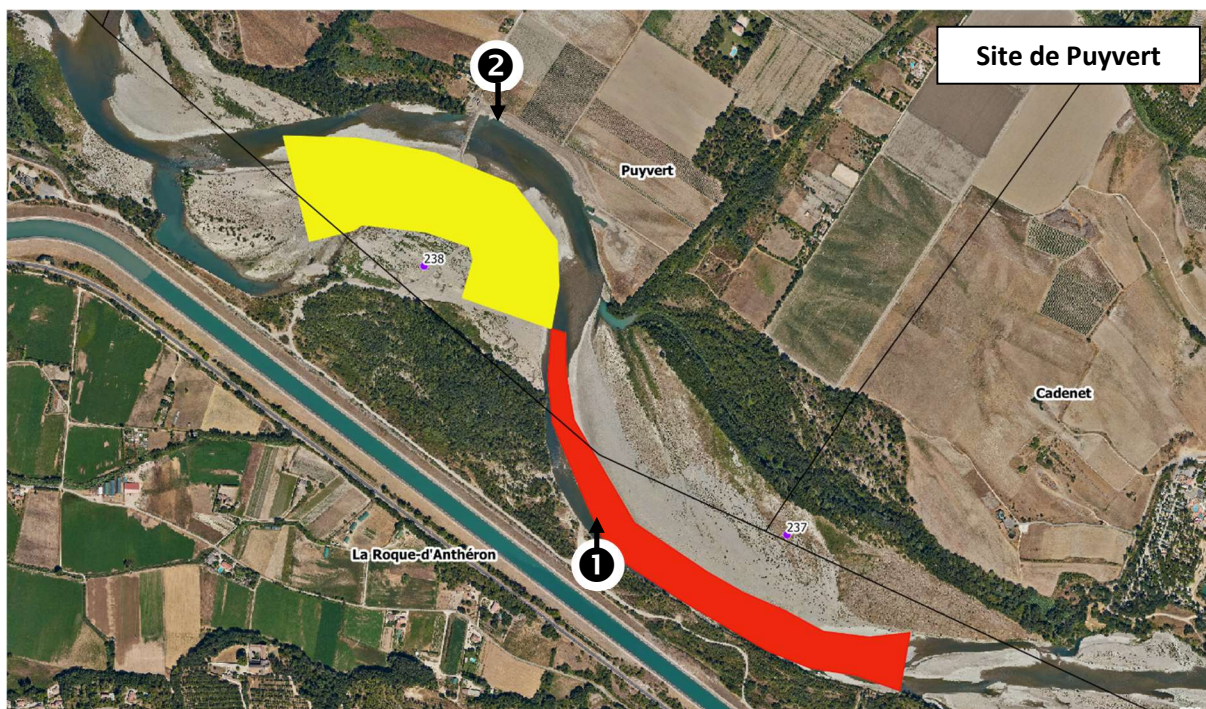
2. Plan de situation
3. Photographies datées de la zone d'implantation, avec cartographie des prises de vue
4. Plan du projet
5. *Non concerné pour les travaux visés à la rubrique n°10*
6. Plan de situation détaillé par rapport au site Natura 2000
7. Contexte général du projet de recharge sédimentaire en Durance
8. Compléments de réponses au volet 5
9. Compléments de réponses aux volets 6.1 et 6.4

Annexe 2 : Localisation des projets



Annexe 3 : Photographies datées des zones d'implantation

Localisation des prises de vues



Site de Puyvert

Photo 1 (Février 2021)



Photo 2 (Février 2021)



Site de Charleval

Photo 3 (Décembre 2020)



Photo 4 (Décembre 2020)



Photo 5 (Décembre 2020)



Annexe 4 : Description des projets et plans

Table des matières

1.	SITE DE PUYVERT	12
1.1.	SPECIFICITES DE L'OPERATION SUR LA ZONE D'ETUDE	12
1.2.	SCENARIOS ETUDIES POUR LA MISE EN ŒUVRE DES MATERIAUX	14
1.3.	DESCRIPTION DES TRAVAUX	16
1.3.1.	<i>Nature des aménagements projetés</i>	<i>16</i>
1.3.2.	<i>Gestion des eaux pendant le chantier.....</i>	<i>17</i>
1.4.	CONDITIONS DE REALISATION DES TRAVAUX	19
1.4.1.	<i>Calendrier et phasage des travaux</i>	<i>19</i>
1.4.2.	<i>Zone d'installation de chantier et accès au chantier</i>	<i>19</i>
2.	SITE DE CHARLEVAL	20
2.1.	SPECIFICITES DE L'OPERATION SUR LA ZONE D'ETUDE	20
2.2.	SCENARIOS ETUDIES POUR LA MISE EN ŒUVRE DES MATERIAUX	24
2.3.	DESCRIPTION DES TRAVAUX	25
2.3.1.	<i>Nature des aménagements projetés</i>	<i>25</i>
2.3.2.	<i>Gestion des eaux pendant le chantier.....</i>	<i>28</i>
2.3.3.	<i>Gestion des espèces piscicoles</i>	<i>31</i>
2.3.4.	<i>Gestion de la végétation et des cannes de Provence</i>	<i>32</i>
2.4.	CONDITIONS DE REALISATION DES TRAVAUX	33
2.4.1.	<i>Calendrier et phasage des travaux</i>	<i>33</i>
2.4.2.	<i>Zone d'installation de chantier et accès au chantier</i>	<i>33</i>

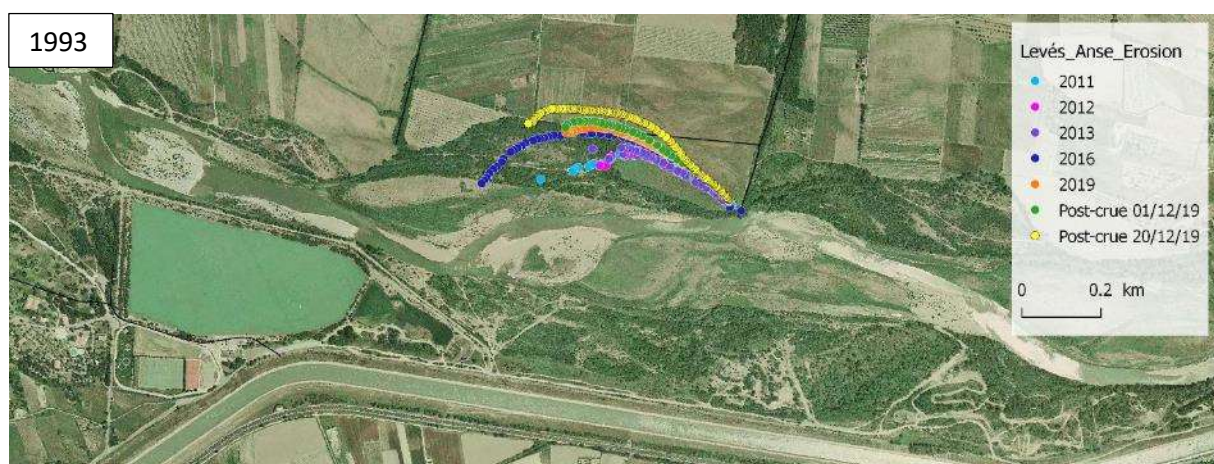
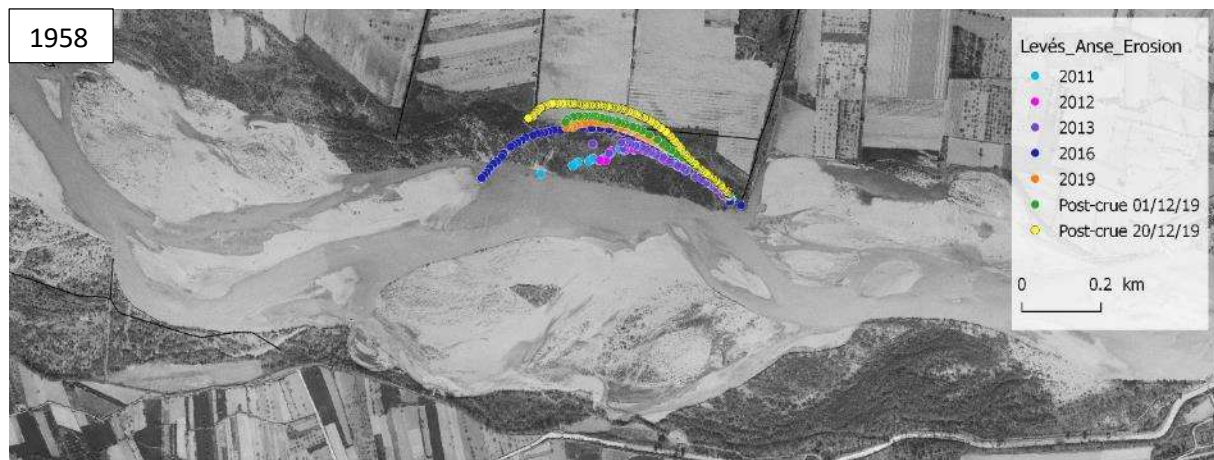
1. Site de Puyvert

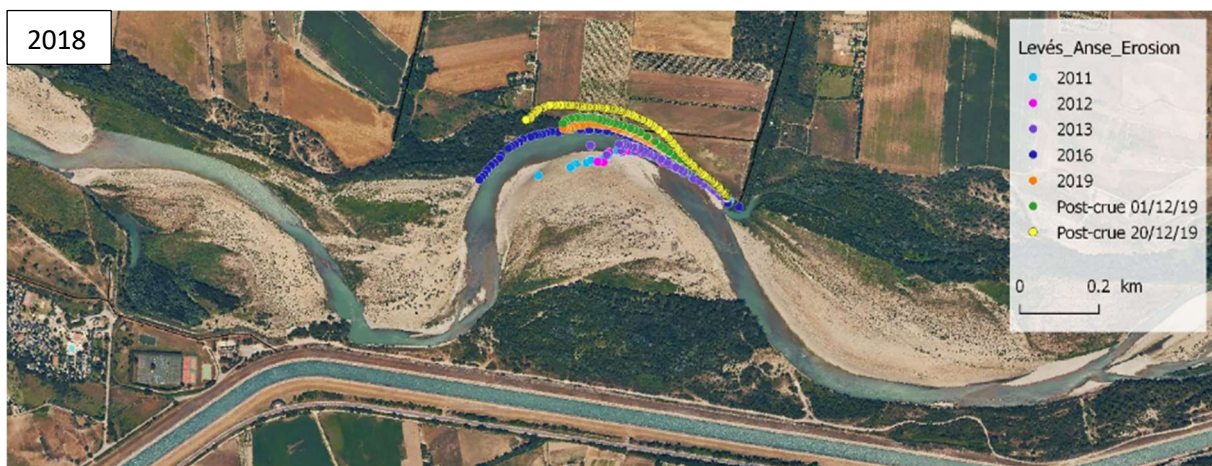
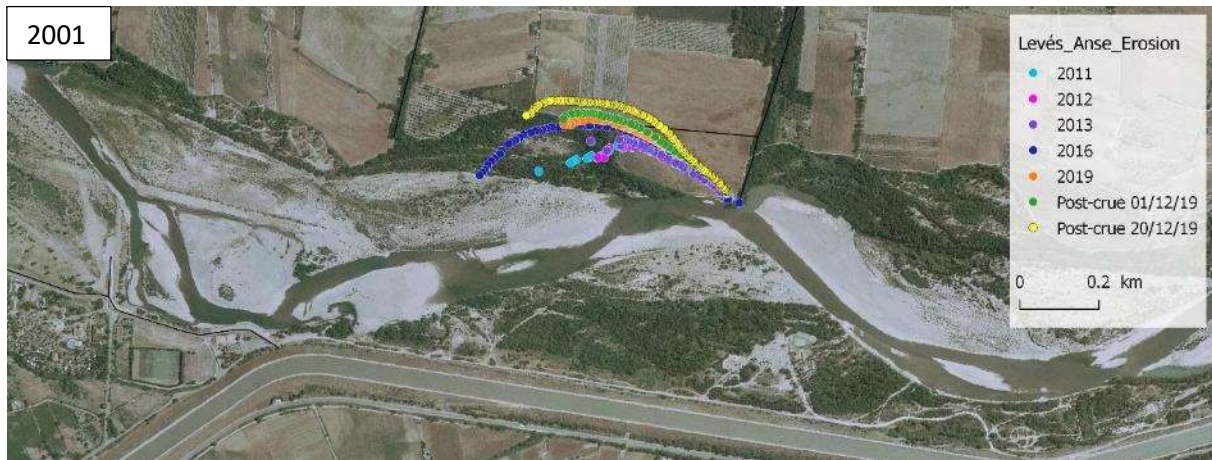
1.1. SPECIFICITES DE L'OPERATION SUR LA ZONE D'ETUDE

En 1958, avant les grands aménagements de la chaîne hydro-électrique et les extractions dans le lit mineur, la morphologie de la Durance dans le secteur de Puyvert était caractérisée par une bande active d'une largeur moyenne de 800 m et par un faciès morphologique en tresses très actif en bon état de conservation.

Pour assurer l'apport en matériaux nécessaire à la construction du canal EDF en 1970, le plan d'eau de la Roque d'Anthéron a été creusé au sein même du lit mineur de la Durance. La largeur du lit vif est alors réduite à moins de 200 m au droit du plan d'eau.

Au cours de la crue de 1994, le plan d'eau de la Roque a été capturé par la Durance, entraînant un blocage du transit sédimentaire vers l'aval (piégeage des matériaux), et des érosions progressives et régressives du lit de la Durance. Petit à petit, les formes de tressages supports d'une grande originalité biologique disparaissent et dès 1996, il a été observé le développement de méandres agressifs, sur plusieurs kilomètres en amont du plan d'eau capturé.





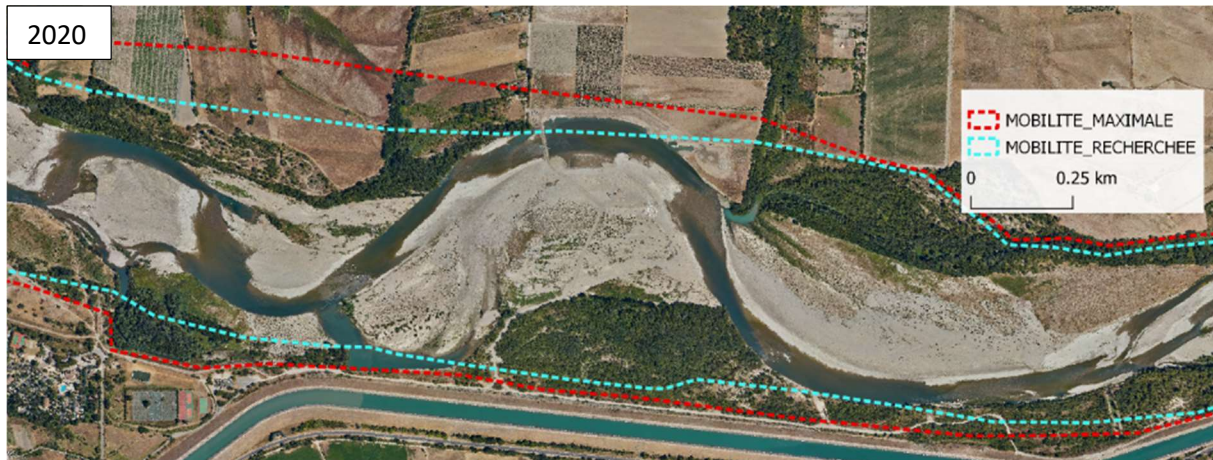
Photographies aériennes de 1958 à 2018, avec levés d'anse d'érosion

Au cours des crues de 2019, le méandre présent au droit de Puyvert s'est montré particulièrement agressif avec un recul de la berge en rive droite d'environ 90m, plaçant le trait de berge à désormais moins de 90 m des premières habitations. A ce jour, le trait de berge sort de l'Espace de Bon Fonctionnement (EBF) défini sur la Durance, par les espaces de mobilité recherchée et de mobilité maximale, dans le cadre du schéma général d'aménagement et de gestion de la Basse et Moyenne Durance.

Pour mémoire, *l'espace de mobilité recherchée* correspond à l'espace considéré comme optimal pour assurer les fonctionnalités de la rivière sur une largeur adaptée à son hydrologie et à ses capacités de transport sédimentaire. *L'espace de mobilité maximale* décrit la bande au-delà de laquelle des érosions commanderaient nécessairement des réflexions de mise en œuvre de protections au regard des enjeux du site.

L'analyse des évolutions morphologiques met en exergue une dynamique d'érosion particulièrement complexe dans ce secteur, car la Durance est contrainte de toutes parts dans ce secteur (en rive gauche, canal EDF et un point dur situé en limite de ripisylve à l'amont du banc de Puyvert, et en rive

droite, présence d'ouvrages transversaux).



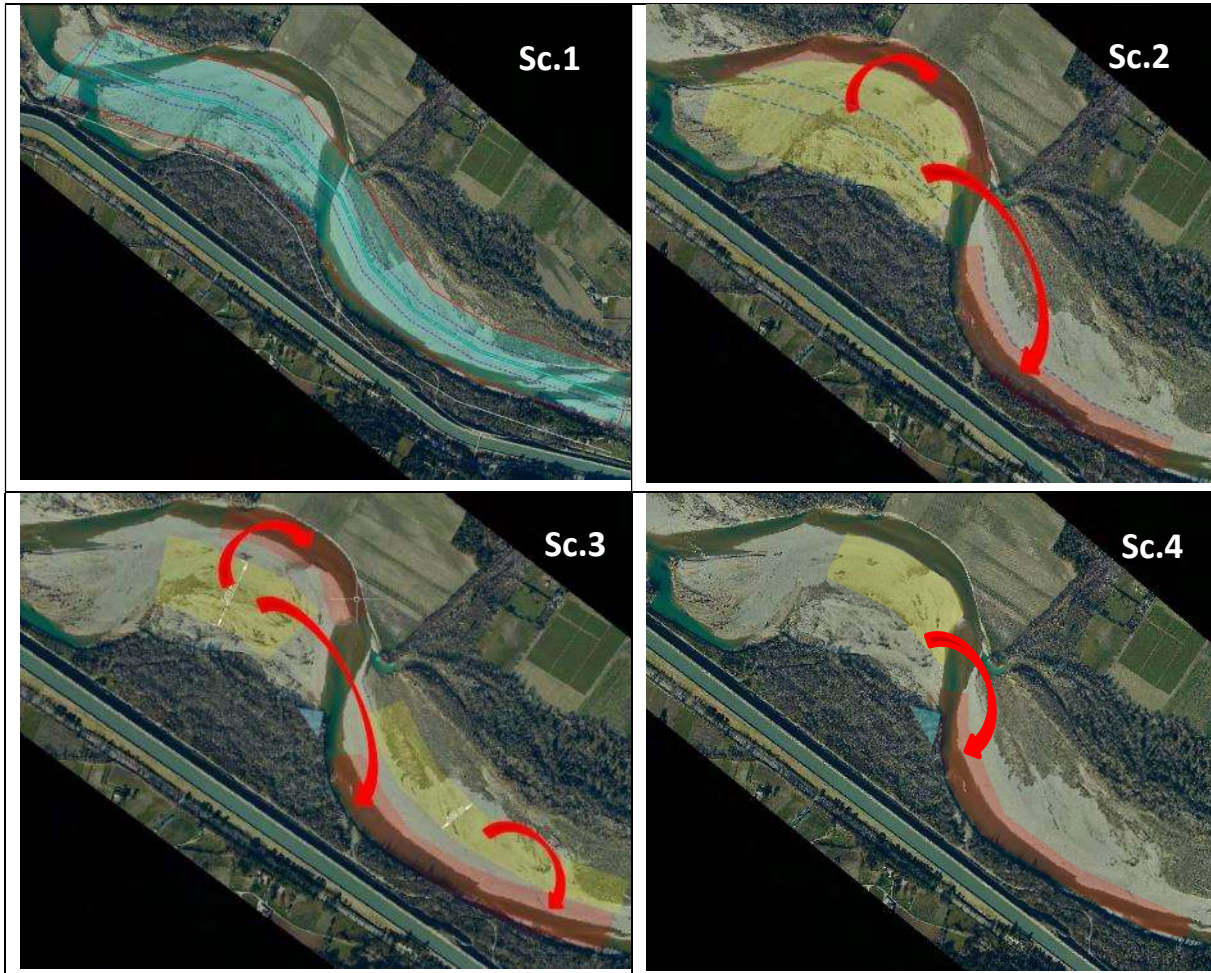
Espaces de mobilité recherchée et maximale sur le secteur de Puyvert

D'un point de vue écologique, le site de Puyvert présente des enjeux écologiques limités au regard des potentialités attendues dans ce type de cours d'eau. La tresse a disparu emportant nombre de micro-milieus liés à la dynamique alluviale et les cortèges caractéristiques des rivières en tresses. Il subsiste un large banc de galet relativement haut, peu diversifié et entretenu artificiellement par EDF dans le cadre des essartements règlementaires, laissant place à une végétation perturbée périodiquement par le passage des machines. Les boisements en rive gauche sont relativement récents car inexistant en 1960 du fait d'une rivière large et dynamique. Cependant, une nappe alluviale encore relativement peu profonde permet à la peupleraie blanche de tendre naturellement vers la Chênaie-Ormaie méditerranéenne, habitat en déclin. Comme désormais beaucoup de tronçons en Durance, le Castor et la Loutre y ont été observés à proximité. A cause du train de méandres engendrant des érosions de berges importantes, la continuité boisée est particulièrement altérée dans ce secteur. Une colonie de reproduction de Guêpier d'Europe et d'Hirondelle de rivage a ainsi élu domicile dans la berge abrupte.

1.2. SCENARIOS ETUDIES POUR LA MISE EN ŒUVRE DES MATERIAUX

Au vu de l'analyse des évolutions morphologiques, quatre scénarios ont été étudiés faisant varier le volume de recharge et la localisation des zones de déblais/remblais :

- **Scénario 1** : mise à plat totale du lit sur un linéaire de 2500 m - Volume rechargé = 500 000 m³
- **Scénario 2** : arasement total du banc aval, et recharge dans le bras en eau (amont et anse d'érosion) - Volume rechargé = 250 000 m³
- **Scénario 3** : arasement partiel des bancs amont et aval, et recharge dans le bras en eau (amont et anse d'érosion) - Volume rechargé = 250 000 m³
- **Scénario 4** : arasement partiel du banc aval, et recharge dans le bras en eau (amont uniquement) - Volume rechargé = 100 000 m³



Plans de principe des scénarios envisagés de recharge sédimentaire sur le site de Puyvert

L'analyse comparative de ces scénarios a mis en avant le **scénario 4** comme étant le plus pertinent pour les raisons suivantes :

- ✓ Volume raisonnable et configuration simplifiée pour une première opération de recharge sédimentaire afin d'analyser au mieux les mécanismes de transit sédimentaire et évaluer l'efficacité de l'opération ;
- ✓ Scénario optimisant le volume de matériaux rendus disponibles au transit sédimentaire (pas de matériaux « perdus » dans le méandre) ;
- ✓ Correction partielle de l'effet du macro-méandre grâce à l'arasement du banc le long du bras vif ;
- ✓ Impact hydraulique très favorable avec une réduction importante des inondations en rive droite jusqu'à 3000 m³/s (en emprise et en hauteur d'eau), et peu d'impacts en rive gauche. L'exhaussement des lignes d'eau en amont ne se fait sentir que très localement au sein du lit mineur sans impact sur le lit majeur.

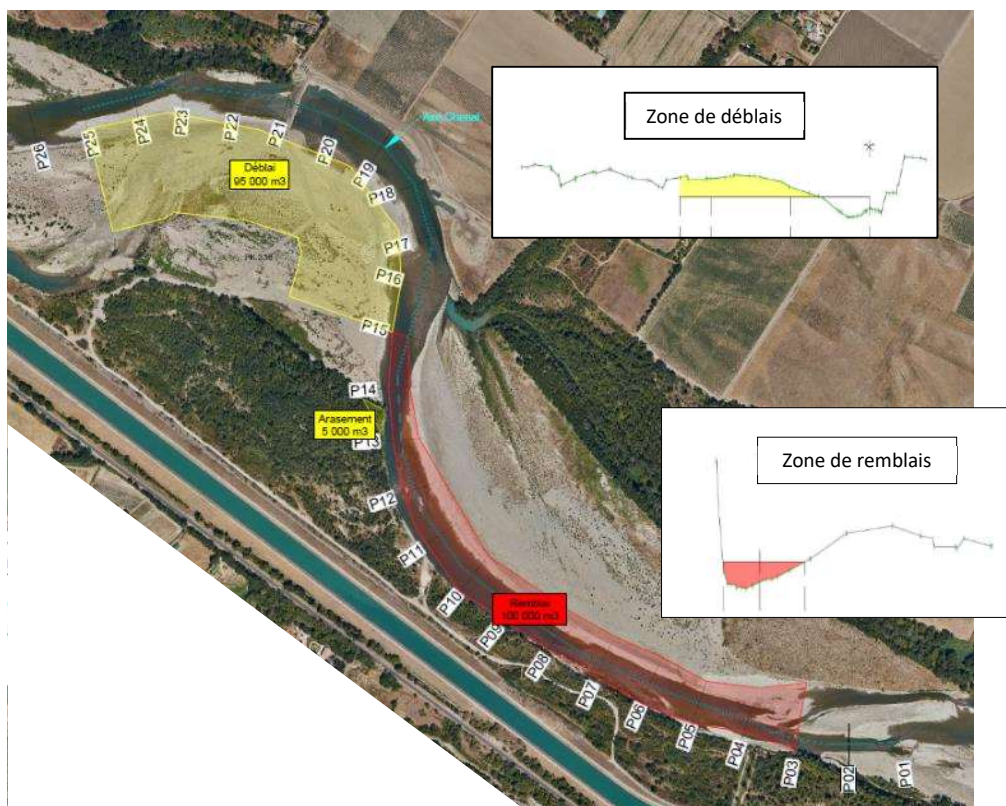
1.3. DESCRIPTION DES TRAVAUX

1.3.1. Nature des aménagements projetés

Les travaux prévoient le déplacement d'environ 100 000 m³ de matériaux depuis le banc positionné en rive gauche vers le bras en eau en amont. La zone à araser sur le banc fait environ 1400 ml de long pour une largeur avoisinant les 160 ml, la profondeur de déblai étant comprise entre 0 et 1,40 m environ. A ces déblais seront ajoutés ceux issus de la suppression d'un point dur, situé en limite de ripisylve à l'amont du banc, bloquant la mobilité de la rivière.

La zone de recharge dans le bras en eau fera environ 1200 ml de long et 70 ml de large (largeur moyenne du lit vif), pour une épaisseur comprise entre 0 et 1,80 m. Sur le secteur rechargé, le lit vif sera mis en œuvre avec une pente longitudinale de 3‰ en moyenne, correspondant à la pente cible recherchée indispensable à l'expression naturelle des habitats caractéristiques.

La zone à araser sera déblayée à la cote altimétrique souhaitée, à l'aide d'engins d'extraction (pelles hydrauliques à chenilles). Les matériaux seront ensuite chargés et transportés, à l'aide de dumper, sur la zone de recharge. La cicatrisation des milieux pourra s'opérer dès les premières crues de l'ordre de 500 m³/s (crues d'occurrence annuelle).



Vue en plan et coupes-types du scénario retenu sur le site de Puyvert

1.3.2. Gestion des eaux pendant le chantier

1.3.2.1. Passage busé

Un passage busé sera mis en œuvre à la jonction entre les zones de prélèvement et de recharge. Il permettra aux engins d'accéder en rive droite sans circuler dans l'eau.

Il sera dimensionné pour écouler un débit de 25 m³/s (débit moyen sur la période estivale, entre Cadarache et Mallemort, variant de 12 à 26 m³/s). Il disposera d'un profil en long lui permettant d'être contourné au-delà.

Les rampes d'accès seront constituées par des matériaux graveleux du site. Les entonnements seront éventuellement renforcés temporairement par des enrochements pour éviter les érosions.

Des panneaux de signalisation seront mis en place de part et d'autre du bras en eau, 200 m en amont du passage busé. Ils indiqueront la présence de travaux dans le lit mineur et l'interdiction de naviguer. Une ligne de vie sera mise en place en amont immédiat du passage busé (corde avec flotteurs par exemple).

1.3.2.1. Batardeaux transversal et longitudinal (casier isolé)

Pour réaliser la recharge dans le bras en eau, il a été retenu une méthodologie permettant d'exécuter le chantier dans un « casier » isolé des écoulements pour ne pas avoir d'engins dans le lit vif. Cette méthodologie permettra de recharger en eaux mortes afin de réduire à leur minimum absolu les impacts sur les milieux au niveau de la zone de travaux mais aussi plus en aval grâce à la réduction des dissipations de MES. Cette solution présente également l'avantage de limiter les impacts sur le milieu en cas de pollution accidentelle (confinement du chantier réalisable immédiatement).

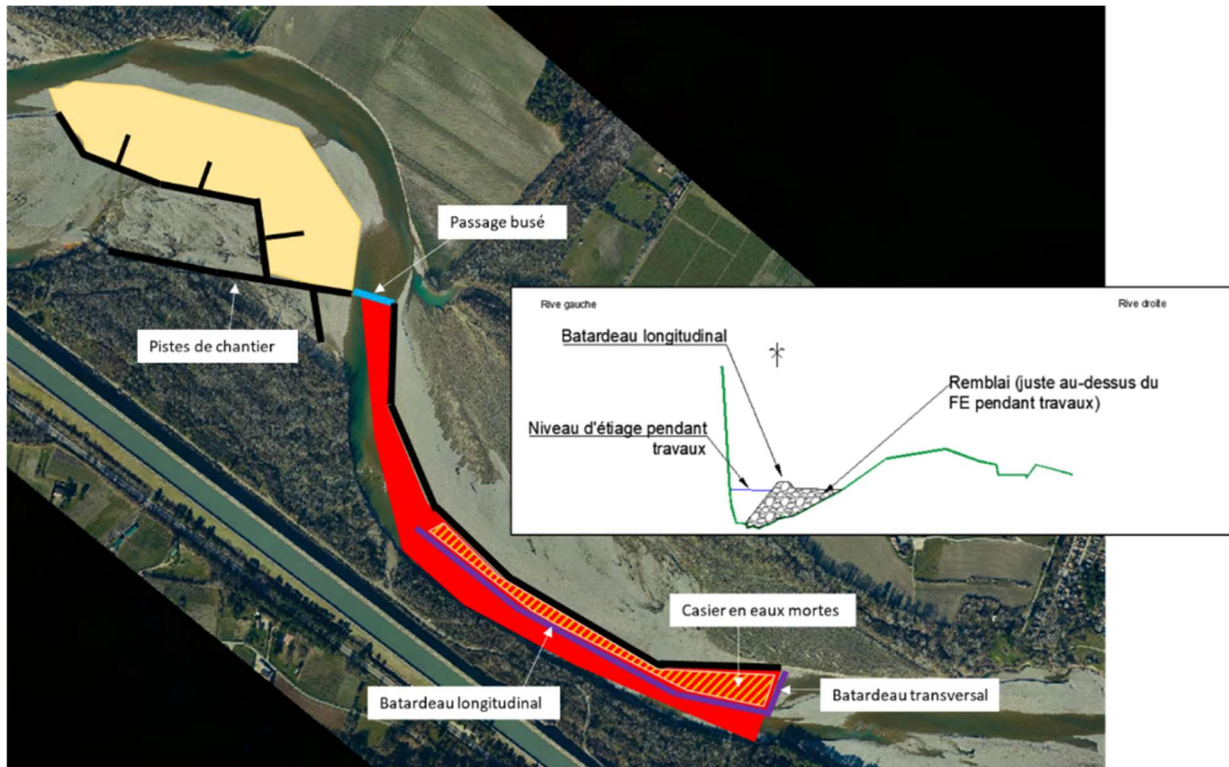
La mise en œuvre des matériaux se fera en deux grandes étapes afin de ne pas travailler en eaux vives :

Etape 1 : recharge du demi-bras en rive droite, de l'amont vers l'aval

Un batardeau transversal sera mis en œuvre sur la demi-largeur droite du lit vif afin de permettre le basculement des écoulements en rive gauche. Ce batardeau transversal sera circulaire en crête.

Un batardeau longitudinal, circulaire en crête, sera ensuite créé à l'avancement du remblai pour former un casier d'isolement de la zone de remblai. Ce dispositif permettra de remblayer en eaux mortes (sans courant).

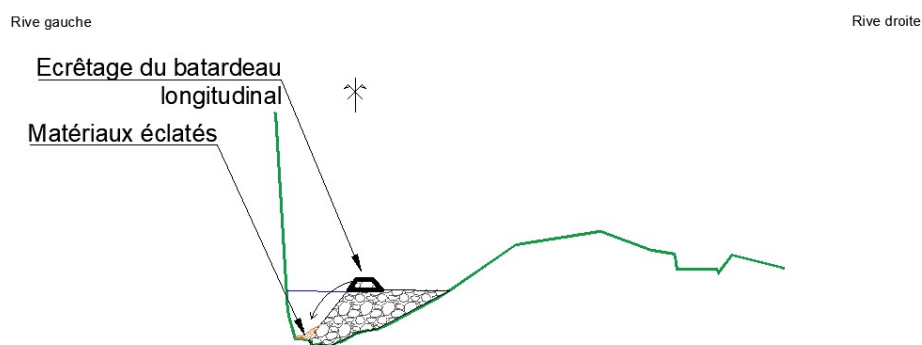
Les matériaux seront rechargés à l'arrière du batardeau longitudinal, à une cote légèrement supérieure au fil d'eau pendant le chantier.



Ouvrages temporaires envisagés sur le site de Puyvert

Etape 2 : recoupe de la crête du batardeau et recharge du demi-bras en rive gauche, de l'aval vers l'amont

Lorsque la demi-largeur du lit depuis la rive droite aura été rechargée, le batardeau longitudinal sera écrêté de l'aval vers l'amont sur toute sa longueur. Les matériaux seront déposés préférentiellement du côté gauche du batardeau. Le choix de travailler cette étape 2 de l'aval vers l'amont permettra aux engins de rester hors d'eau.



Il en sera de même pour écrêter le batardeau transversal en toute fin d'intervention.

1.4. CONDITIONS DE REALISATION DES TRAVAUX

1.4.1. Calendrier et phasage des travaux

Les travaux sont programmés pour être réalisés au prochain étiage, à l'été 2021. Le choix de ce calendrier se justifie par la prise en compte des contraintes suivantes, visant à maximiser l'efficacité du projet et minimiser les risques :

- Hors période de fraie des espèces piscicoles et de reproduction de la faune ;
- Hors période de crue pour la sécurité du chantier comme pour l'optimisation des délais d'intervention sur site

Les travaux seront réalisés selon le phasage suivant :

- **Phase 1** : Travaux préparatoires (création de pistes et passage busé de la Durance, débroussaillage). Durée estimée : 1 semaine, à compter de mi- août 2021.
- **Phase 2** : Terrassements. Durée estimée : 5 semaines, à la suite de la phase 1.
- **Phase 3** : Dépose des ouvrages provisoires, et remise en état du site. Durée estimée : 1 semaine, à la suite de la phase 2. Fin prévisionnelle de la phase 3 projetée à fin septembre 2021.

En considérant les aléas inhérents aux travaux en rivière avec de fortes contraintes écologiques, nous retiendrons au final une **période d'intervention s'étalant d'août à début octobre**.

1.4.2. Zone d'installation de chantier et accès au chantier

L'accès aux installations de chantier se fera par une piste existante, située en contrebas du canal EDF, en rive gauche de la Durance. Depuis les installations de chantier vers la zone de travaux, l'entreprise réhabilitera d'anciennes pistes, communément utilisées pour les essartements et plus récemment dans le cadre du chantier de protection de berge à Puyvert en août 2020.

La zone d'installation de chantier sera implantée sur l'ancienne base vie du chantier de protection de berge à Puyvert en 2020. Elle sera notamment constituée d'une aire étanche, conforme aux exigences réglementaires, sur laquelle sera entreposée les engins de chantier. L'approvisionnement en fioul sera réalisé sur l'aire étanche. En fin de chantier, l'aire étanche sera démontée, les matériaux souillés seront évacués vers une zone de traitement et de recyclage adaptée et les autres matériaux seront restitués dans la zone de remblais.

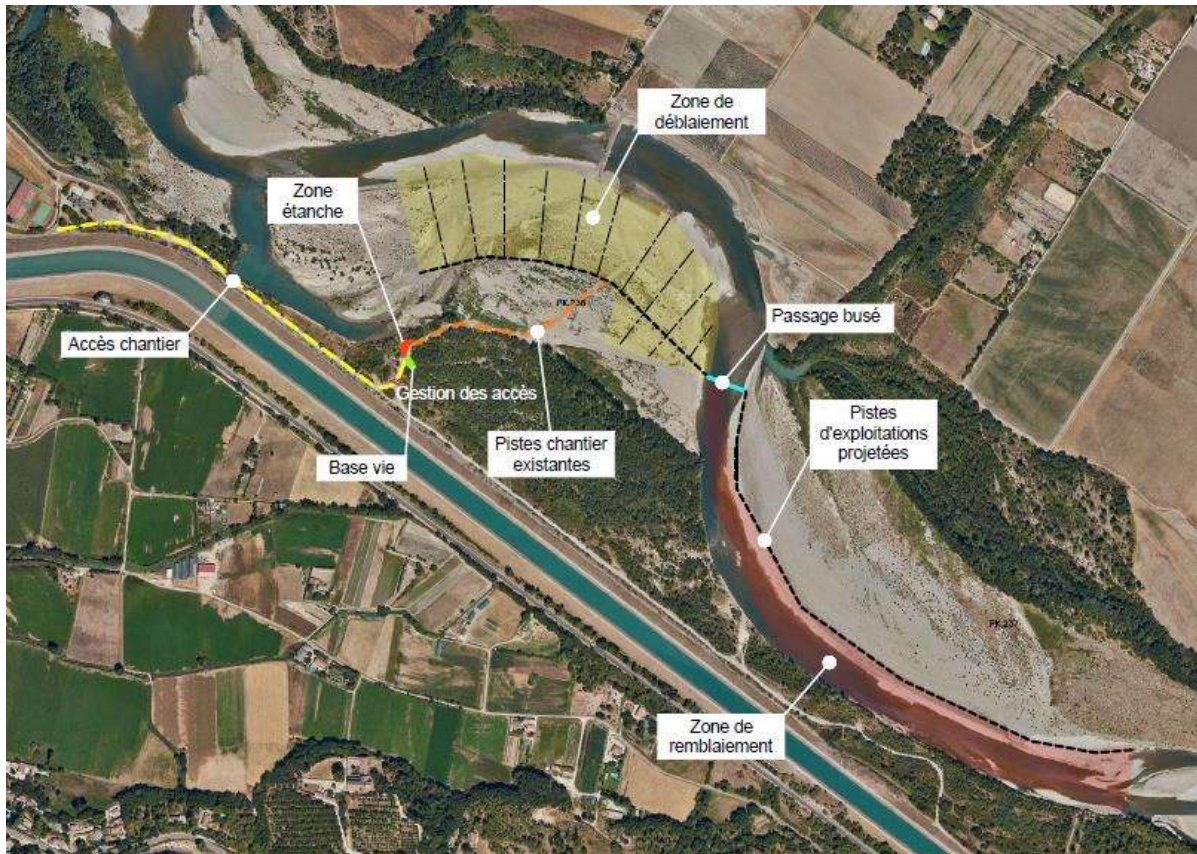


Schéma organisationnel de chantier sur le site de Puyvert

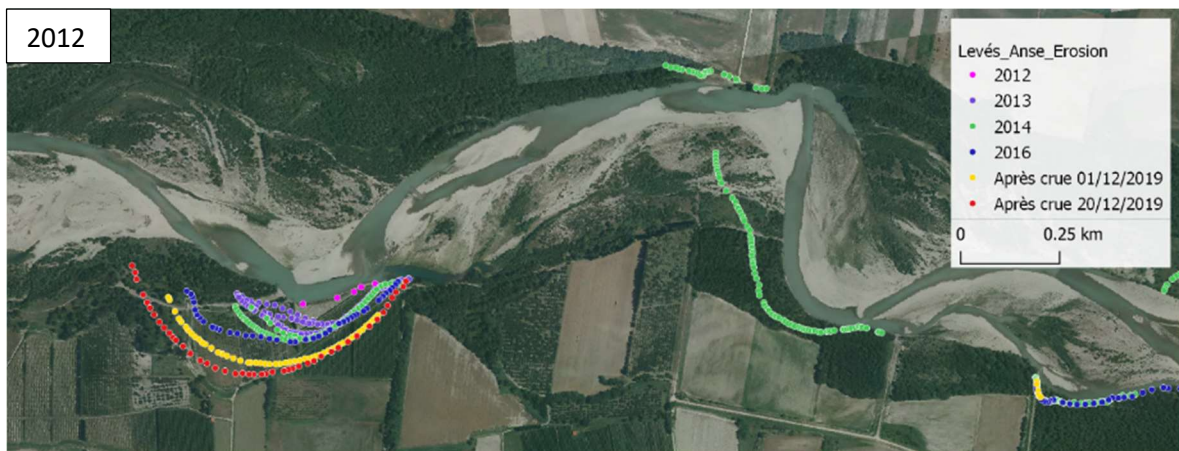
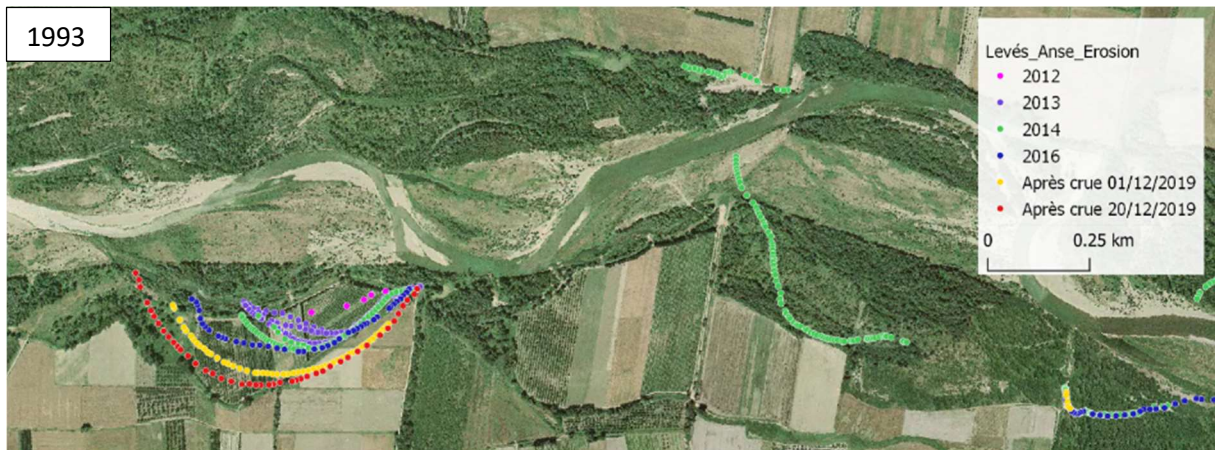
2. Site de Charleval

2.1. SPECIFICITES DE L'OPERATION SUR LA ZONE D'ETUDE

En 1958, avant les grands aménagements de la chaîne hydro-électrique et les extractions dans le lit mineur, la morphologie de la Durance dans le secteur de Charleval était caractérisée par une bande active d'une largeur moyenne de 900 m et par un faciès morphologique en tresses présentant un ou plusieurs chenaux de faibles profondeurs. Cet état de la Durance en 1958, peu anthropisée, est considéré comme état de référence.

Les grandes crues de 1994 sont venues aggraver les perturbations initiées par les aménagements en Durance, en raison de la capture du plan d'eau en amont de La Roque d'Anthéron. Malgré les opérations de recul des épis de conquête situés en partie aval de la commune de La Roque d'Anthéron (SMAVD 1996), une partie du stock alluvionnaire grossier est resté bloqué entre l'épi de Sainte Croix (Rive Gauche) et l'épi du Village (Rive Droite). Ce frein cumulé au déficit d'apport lié à la capture du plan d'eau de La Roque d'Anthéron, a contribué à la mise en place d'un important dysfonctionnement morphologique (train de macro-méandres, érosions latérales au-delà de la limite de mobilité maximale).

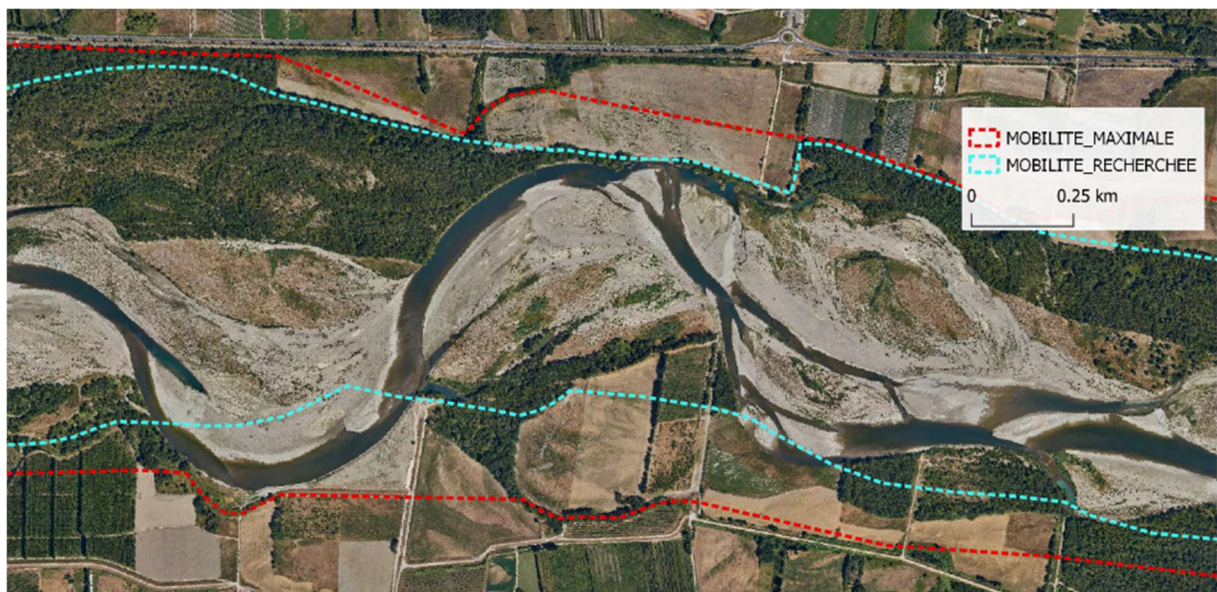
La présence de l'épi de Sainte Croix et le stock de matériaux situés en aval immédiat a eu pour effet d'orienter le bras vif perpendiculairement à l'axe général du lit mineur et d'augmenter fortement la sinuosité du méandre en aval. L'orientation du bras vif conduit ainsi à la formation d'un épi hydraulique, ralentissant fortement le transit sédimentaire en provoquant un exhaussement des bancs et des chenaux en amont, et une incision et un méandrement en aval.





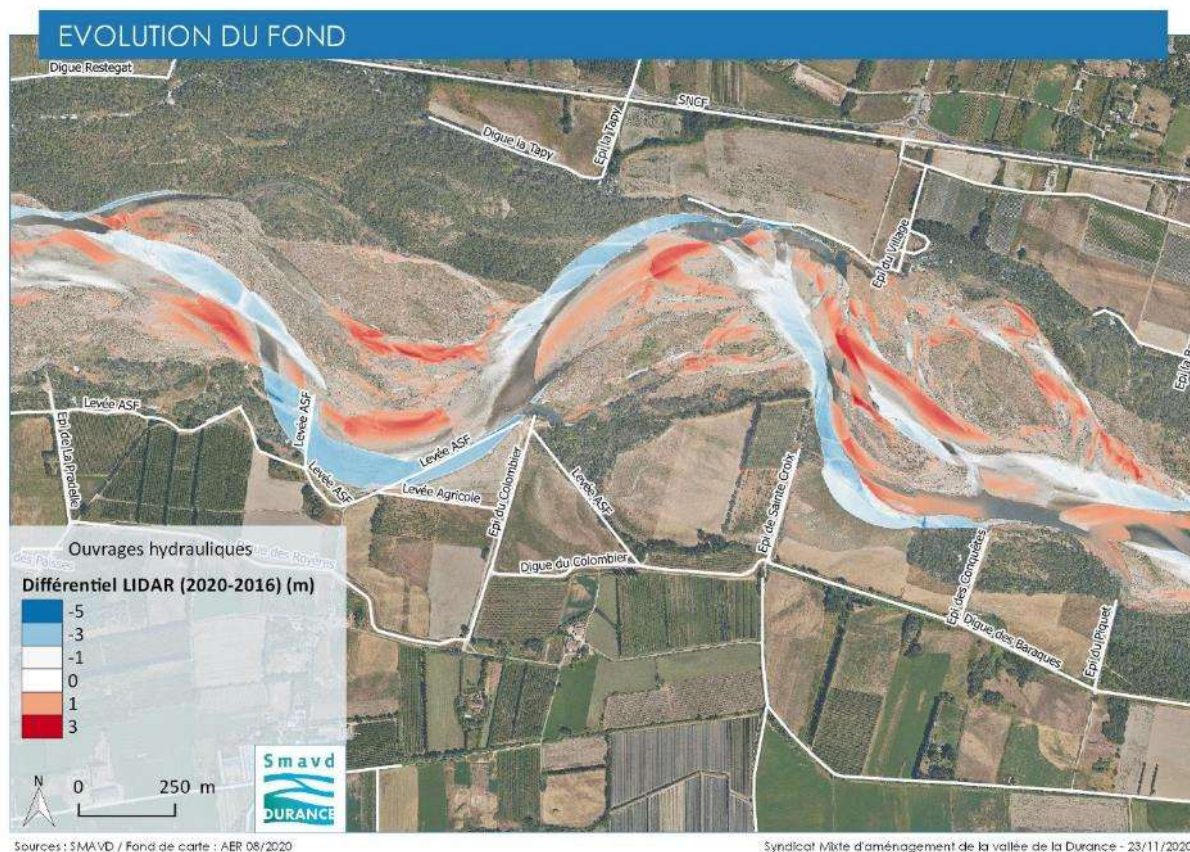
Photographies aériennes de 1958 à 2016, avec levés d'anse d'érosion sur le site de Charleval

A ce jour, plusieurs anses d'érosion dans le secteur de Charleval dépassent de l'espace de mobilité recherchée, et celle située entre les PK245 et 246 atteint quasiment la limite de l'espace de mobilité maximale que s'était fixé le SMAVD dans le cadre de son schéma général d'aménagement et de gestion en 2001.



Espaces de mobilité recherchée et maximale sur le secteur de Charleval

Malgré l'exhaussement du lit en amont de l'épi de Sainte Croix, le lit a développé un faciès morphologique proche d'un faciès en tresses avec la présence de multiples bancs et chenaux peu profonds, soulignant l'abondance de sédiments dans ce secteur alors qu'en aval, la morphologie de la rivière est typique d'un faciès à méandre avec un bras unique très sinueux, soulignant un déficit en matériaux dans ce secteur.



Evolution du fond du lit sur le site de Puyvert (Lidar SMAVD 2020)

Les crues de 2019 ont fait apparaître des enrochements relictuels de la tête d'épi de Sainte Croix. Ces derniers ont été retirés en 2020, laissant espérer un possible glissement du méandre vers l'aval lors des prochaines crues.

D'un point de vue écologique, le site de Charleval présente des enjeux écologiques limités au regard des potentialités attendues dans ce type de cours d'eau. La tresse a disparu emportant nombre de micro-milieus liés à la dynamique alluviale et les cortèges caractéristiques des rivières en tresses. Il subsiste un large banc de galet relativement haut, peu diversifié et entretenu artificiellement par EDF dans le cadre des essartements règlementaires, laissant place à une végétation perturbée périodiquement par le passage des machines. Il est à noter qu'un boisement était en cours de structuration en 1958. Les boisements actuels semblent donc avoir une certaine ancienneté. La fonction de corridor des boisements actuels est quant à elle très importante notamment du fait des méandres très agressifs qui emportent les ripisylves sur de grandes surfaces en amont et en aval. Les boisements relictuels sont ainsi à conserver en vue si possible de recréer de la continuité boisée dans leurs prolongements amont et aval.

Les eaux calmes à proximité (bras morts) accueillent le Potamot fluet (*Potamogeton pusillus*), le Castor d'Europe et la Loure.

2.2. SCENARIOS ETUDIES POUR LA MISE EN ŒUVRE DES MATERIAUX

Au vu de l'analyse des évolutions morphologiques, trois scénarios ont été étudiés faisant varier uniquement la localisation des zones de remblais :

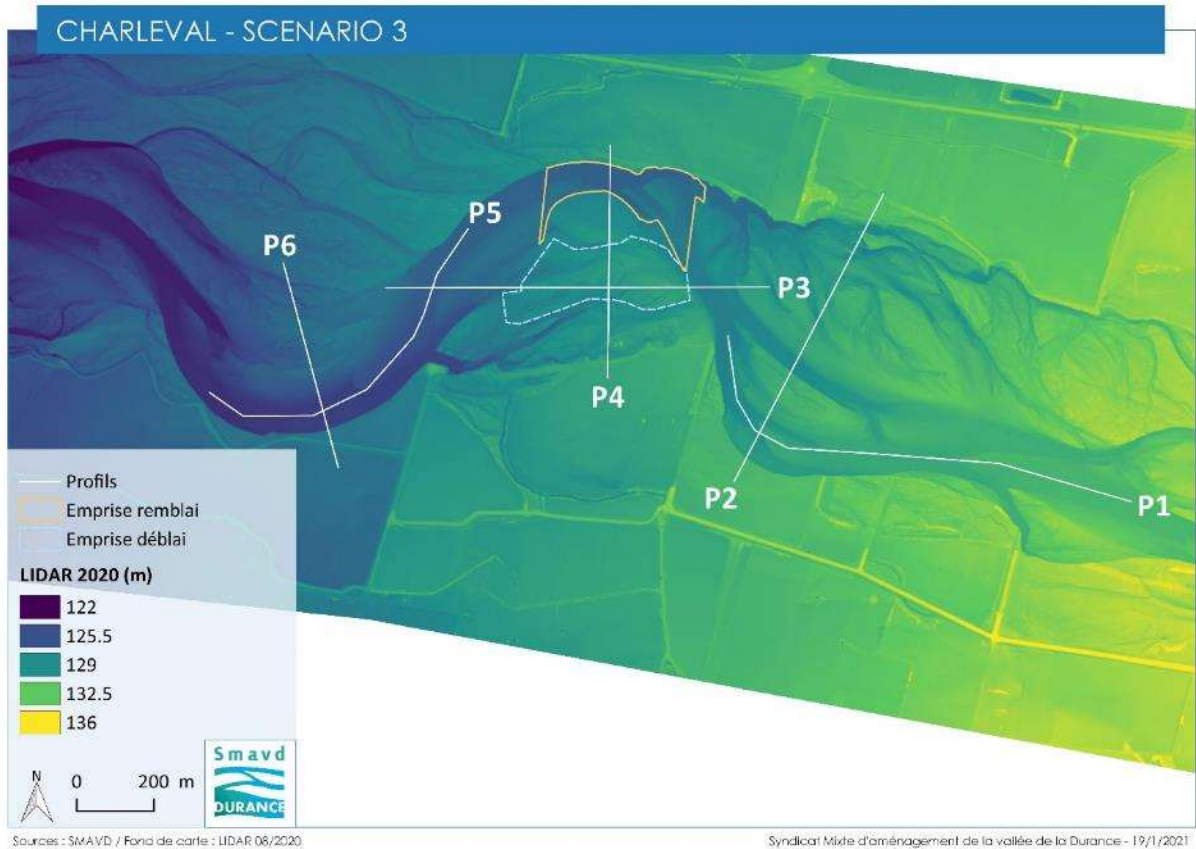
- **Scénario 1** : recharge en amont dans les 2 principaux bras en eau
- **Scénario 2** : recharge en amont et en aval uniquement dans le bras principal
- **Scénario 3** : recharge dans le méandre (anse d'érosion en rive droite)

Pour ces 3 scénarios, la zone arasée est identique : elle est située sur la partie intermédiaire du banc entre les épis de Sainte Croix et du Colombier (PK moyen 244,6). Il s'agit en effet d'un banc non disponible pour le transport sédimentaire dont l'arasement pourra par ailleurs favoriser le glissement du méandre vers l'aval et favoriser la mobilité du lit.

Pour ces 3 scénarios, le volume de matériaux déplacés est équivalent, aux alentours de 100 000 m³, correspondant à un volume raisonnable pour une opération à fort caractère expérimental et un volume adapté à la capacité de recharge dans le secteur.

L'analyse comparative de ces scénarios a mis en avant le **scénario 3** comme étant le plus pertinent pour les raisons suivantes :

- ✓ Scénario permettant possiblement une amélioration pérenne du transit sédimentaire, et favorisant à terme l'exhaussement du lit dans ce secteur et la correction du dysfonctionnement morphologique responsable du blocage des sédiments en amont de l'épi de Sainte Croix ;
- ✓ Scénario permettant possiblement une meilleure diversification de l'écoulement et donc des habitats naturels grâce au maintien d'une partie du banc perché actuel (plus haut de 1 à 2m) entre les zones restaurées, créant ainsi 2 chenaux qui seront en eau en période de crue ;
- ✓ Impact hydraulique favorable puisque les simulations indiquent un abaissement des lignes d'eau en crue dans le lit se traduisant par une réduction du risque inondation en rive droite à 1500 et 3000 m³/s (en emprise et en hauteur d'eau) ;
- ✓ Configuration simplifiée permettant de déterminer au mieux les mécanismes de transit sédimentaire, et évaluer l'efficacité de l'opération.

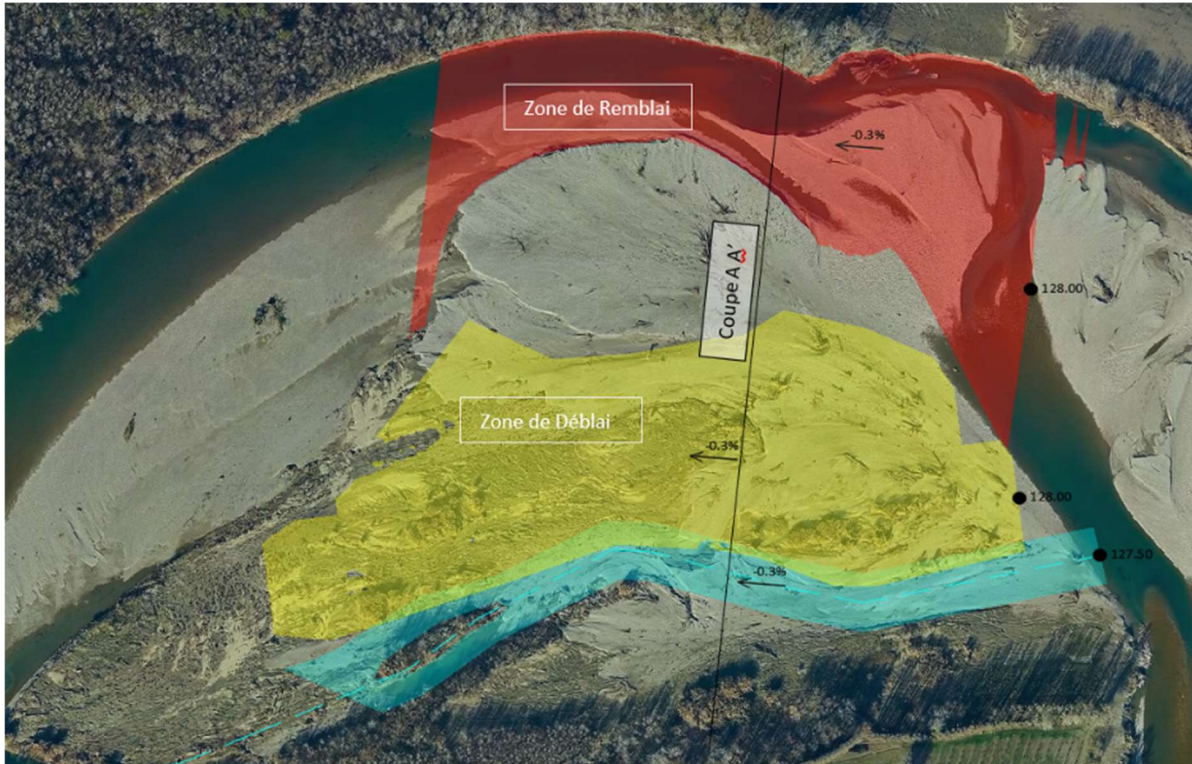


Localisation des zones d'arasement et de recharge pour le scénario retenu (site de Charleval)

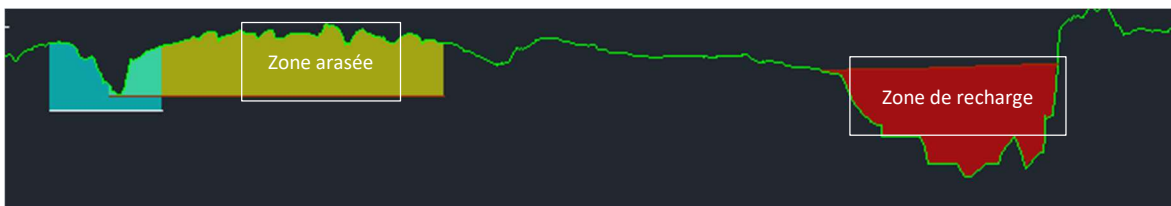
2.3. DESCRIPTION DES TRAVAUX

2.3.1. Nature des aménagements projetés

Les travaux prévoient le déplacement d'environ 100 000 m³ de matériaux depuis le banc positionné en rive gauche vers l'anse d'érosion en rive droite. Cet itinéraire technique a été défini en partenariat avec la Maison Régionale de l'Eau afin de maximiser l'efficacité du projet pour la faune en place, notamment piscicole.



Vue en plan générale du projet (site de Charleval)



Profil en travers des travaux de terrassement (site de Charleval)

2.3.1.1. Travaux d'arasement

La zone d'arasement représente une surface d'environ 80 000 m². Le volume à déblayer est d'environ 85 000 m³. Le terrassement sera réalisé sur une profondeur entre 1 et 2 m.

Caractéristiques de la zone d'arasement :

- Cote altimétrique de l'arase en amont : 128 m NGF,
- Cote altimétrique de l'arase en aval : 127.85 m NGF,
- Pente longitudinale : 0.3%,
- Pente transversale : 0%
- Pente des talus latéraux : 2h/1v.

Un chenal temporaire de dérivation de la Durance devra être organisé en rive gauche, le long de la zone à déblayer pour limiter les écoulements dans la zone à recharger. Un merlon longitudinal de

séparation sera mis en œuvre entre la zone arasée et le chenal de dérivation. Ce merlon sera arasé en fin de chantier.

Les travaux de restauration nécessiteront l'intervention des engins suivants : pelles mécaniques sur chenilles, tombereaux, boueur.

Ces travaux s'effectueront **totalemt hors d'eau** ; la ligne d'étiage étant située sous le niveau d'arasement de la zone de déblais.

2.3.1.2. Travaux de recharge

Le volume à recharger est d'environ 110 000 m³. Les matériaux proviendront de la zone de déblais et des travaux de création du chenal provisoire de dérivation des eaux.

Caractéristiques de la zone à recharger :

- Cote altimétrique de l'arase en amont : 128 m NGF,
- Pente longitudinale (Est/Ouest) : 0.3%,
- Pente transversale : 0%,
- Pente du talus aval en connexion avec le lit d'étiage : entre 1h/1v et 3h/2v.

Le transport des matériaux jusqu'à la zone à recharger sera réalisé par des tombereaux (engins à roues). Des pistes chantiers balisées seront préalablement aménagées entre les sites arasés et de recharge.

La recharge située en rive droite sera réalisée de l'amont vers l'aval, et du Sud vers le Nord, de manière à chasser naturellement les eaux pour ne pas créer d'enclave en eau et piéger d'éventuels poissons.

Cette méthodologie d'intervention permet de s'assurer qu'il n'y ait **aucune circulation d'engins dans l'eau**.

La recharge progressive de l'anse d'érosion permettra ainsi de constituer comme une plateforme hors d'eau sur laquelle les engins pourront évoluer sans risque pour le milieu naturel et en limitant l'émission de MES.

Régulièrement, les zones de travaux seront ajustées par des boteurs de manière à avoir une pente longitudinale régulière de l'amont vers l'aval.

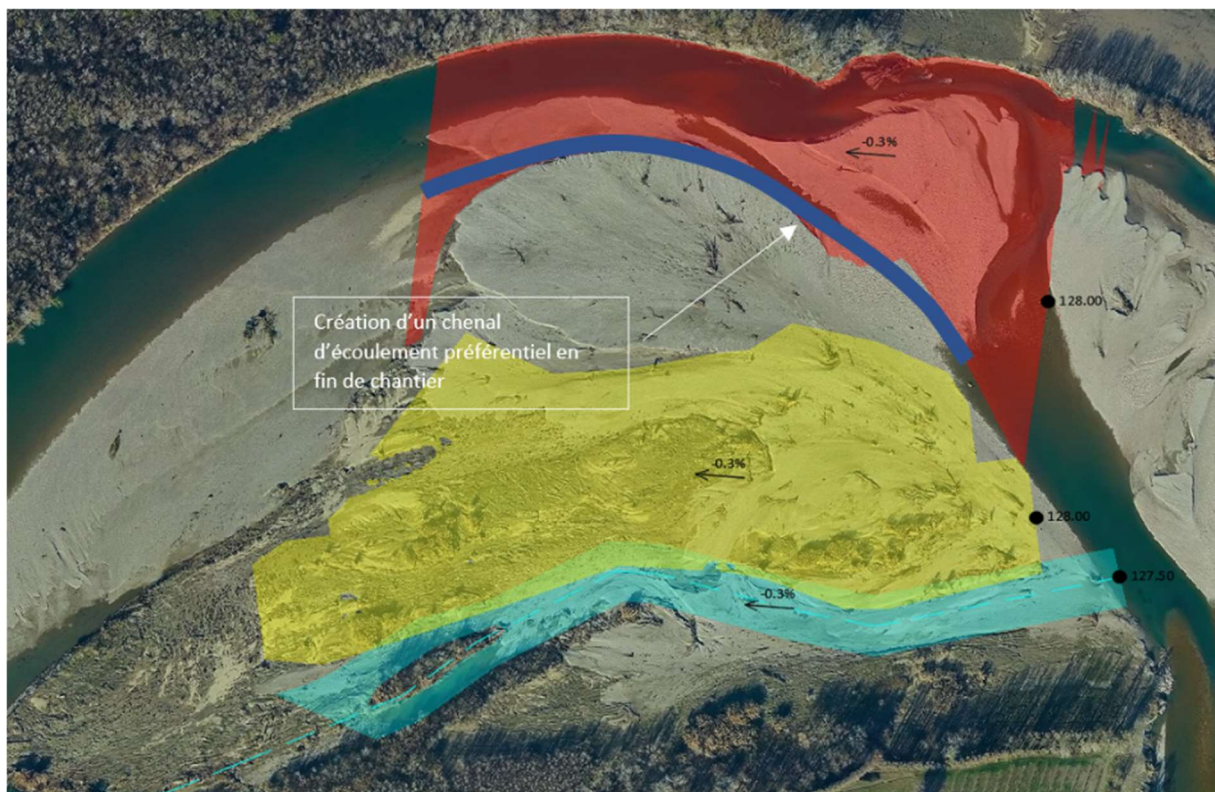
Ces travaux de restauration nécessiteront l'intervention des engins suivants : pelles mécaniques sur chenilles, tombereaux, boueur.

2.3.1.3. Chenal d'écoulement préférentiel

A la fin des travaux de recharge, un chenal d'écoulement préférentiel sera aménagé à la jonction de la zone rechargée et du banc de gravier central conservé en l'état.

Ce chenal aura pour but d'éviter l'étalement artificiel des eaux une fois les travaux terminés et de rétablir l'écoulement de la Durance dans un bras principal.

D'une longueur de l'ordre de 500 m, il sera constitué d'un profil en V de 10 m de large sur 1 m de profondeur. Cette disposition temporaire a vocation à être remodelée et cicatrisée par la Durance lors des premières crues de l'ordre de 500 m³/s (occurrence annuelle).



Vue en plan du chenal d'écoulement préférentiel (site de Charleval)

2.3.2. Gestion des eaux pendant le chantier

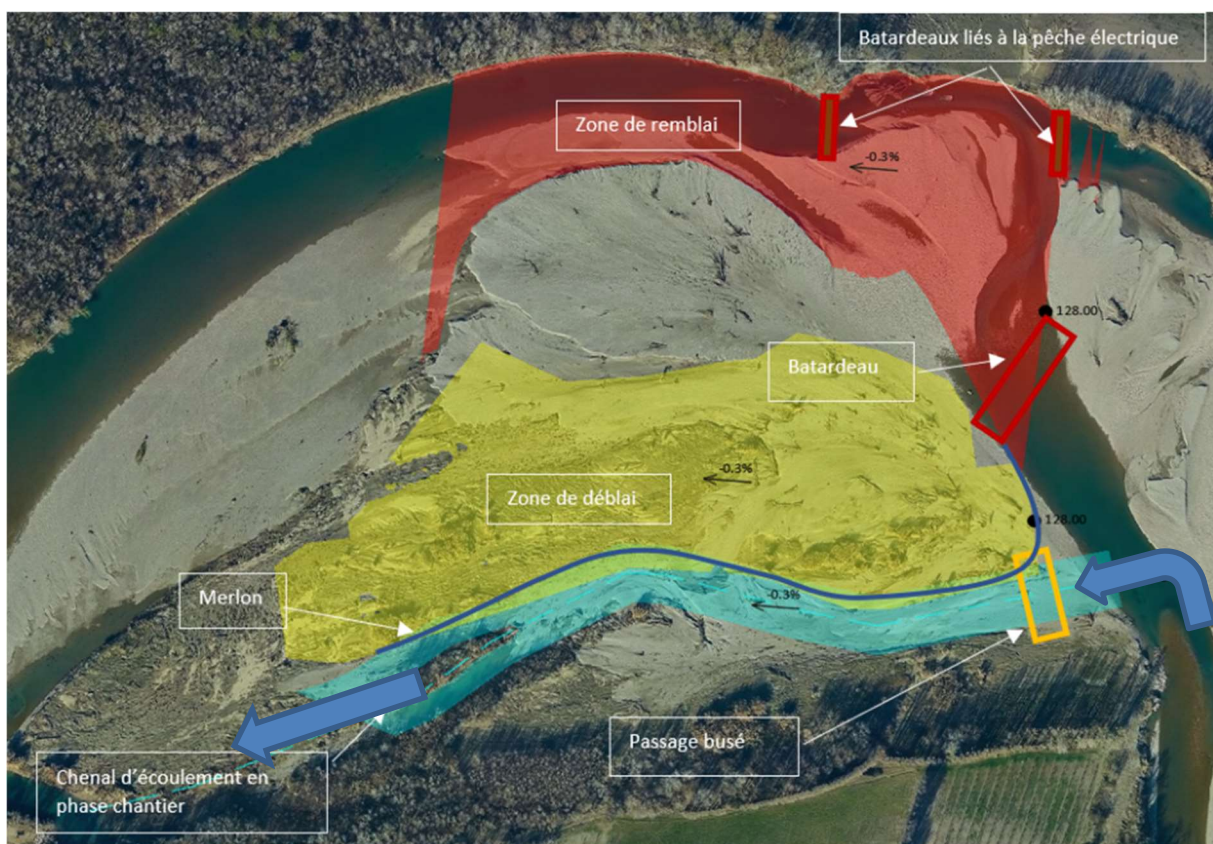
Afin d'éviter de réaliser ces travaux dans des bras vifs de la Durance (bras en eau écoulant le débit réservé de la rivière), la mécanique du chantier prévoit la mise en place d'ouvrages provisoires permettant la dérivation des écoulements permettant de travailler dans des zones en eaux mortes (très faibles hauteurs d'eau, sans courant). La forte perméabilité des matériaux de recharge permettra par ailleurs aux eaux de la nappe de circuler en souterrain à travers les matériaux de recharge et sans inonder le chantier.

Ces ouvrages sont les suivants :

- Réalisation d'un chenal provisoire de dérivation des eaux en rive gauche,
- Confection d'un batardeau amont permettant de dériver les eaux vers le chenal,
- Passage busé nécessaire à la circulation des engins de la base vie à la zone de terrassement.

D'autres ouvrages provisoires seront également réalisés pour faciliter la réalisation du chantier :

- Batardeaux d'isolement de la zone de pêche de sauvegarde,
- Merlon longitudinal de séparation entre le chenal de dérivation et la zone de déblai.



Vue en plan des ouvrages provisoires (site de Charleval)

2.3.2.1. Passage busé

Le passage busé se situera en amont de la zone arasée. Il permettra aux engins d'accéder au chantier sans circuler dans l'eau.

Le passage busé sera dimensionné pour écouler un débit de 25 m³/s (débit moyen sur la période estivale, entre Cadarache et Mallemort, variant de 12 à 26 m³/s). Il disposera d'un profil en long lui permettant d'être contourné au-delà.

Les rampes d'accès seront constituées par des matériaux graveleux du site. Les entonnements seront

éventuellement renforcés par des enrochements temporaires pour éviter les érosions.

Des panneaux de signalisation seront mises en place de part et d'autre du bras en eau, 200 m en amont du passage busé. Ils indiqueront la présence de travaux dans le lit mineur et l'interdiction de naviguer. Une ligne de vie sera mise en place en amont immédiat du passage busé (corde avec flotteurs par exemple).

2.3.2.2. Chenal provisoire de dérivation des eaux

Un chenal de dérivation de la Durance devra être organisé en rive gauche, le long de la zone à araser. Il a pour but de supprimer les écoulements dans la zone à recharger.

Le chenal devra permettre d'assurer une capacité d'évacuation de l'ordre de 20 m³/s (débit réservé de la Durance : 10 m³/s). D'un point de vue hydraulique, étant donné que la pente moyenne est de 3/1000, la section du chenal devra faire au minimum 20 m².

L'analyse du terrain naturel met en évidence la présence d'anciens chenaux en rive gauche, qui pourraient faire office de chenal naturel. La dépression existante nécessite toutefois un reprofilage sur les 200 m amont du chenal. Afin d'éviter la mise en eau de la zone à araser, un merlon de séparation sera constitué avec les matériaux du site entre la dérivation et la zone de déblais.

Le volume de terrassement nécessaire à la création du chenal est estimé à environ 22 000 m³. Les matériaux issus du terrassement seront utilisés soit dans le cadre de la réalisation des ouvrages provisoires soit transportés vers la zone à recharger.

2.3.2.3. Batardeaux

Batardeau amont

Le batardeau amont a pour but de dériver les eaux vers le chenal. Il sera constitué d'un remblai alluvionnaire du site.

D'une largeur de 4 m en crête, la côte supérieure du batardeau sera calée à minimum 1 m au-dessus de la ligne d'eau. D'une longueur de l'ordre de 100 m, le volume de matériaux nécessaire est estimé à environ 1500 m³.

Le batardeau fera l'objet d'une surveillance et d'un entretien nécessaire au bon maintien de cet ouvrage. Il sera remis en état en cas de surverse de la Durance.

Le batardeau amont sera réalisé en 2 temps :

- Avant la pêche de sauvegarde, l'entreprise réalise la totalité du batardeau en laissant une échancrure de 5 m. L'objectif est de réduire le débit pour faciliter la mise en œuvre de la pêche de sauvegarde sur la zone avant assèchement complet,
- Une fois la pêche réalisée, le batardeau est totalement fermé.

Batardeaux associés à la pêche de sauvegarde

La pêche de sauvegarde aura pour objectif de déplacer l'intégralité des poissons présents sur la radier à remblayer avant sa mise à sec et son isolement du reste du cours d'eau. Pour ce faire, l'opération comprendra la constitution de deux batardeaux complémentaires pour empêcher la faune piscicole de recoloniser la zone de pêche. Il pourra s'agir de merlons de pré-remblai dans la zone à remblayer.

Les trois batardeaux seront ensuite intégrés à la zone de remblai.

2.3.2.4. Démontage des ouvrages provisoires et remise en état du site

Une fois les travaux de recharge terminés, les ouvrages provisoires restants seront démontés : batardeau amont, passage busé et merlon longitudinal du chenal provisoire. Le chenal provisoire sera lui déconnecté des écoulements amont mais ne fera pas l'objet d'un remblaiement complet laissant ainsi une certaine hétérogénéité dans le lit.

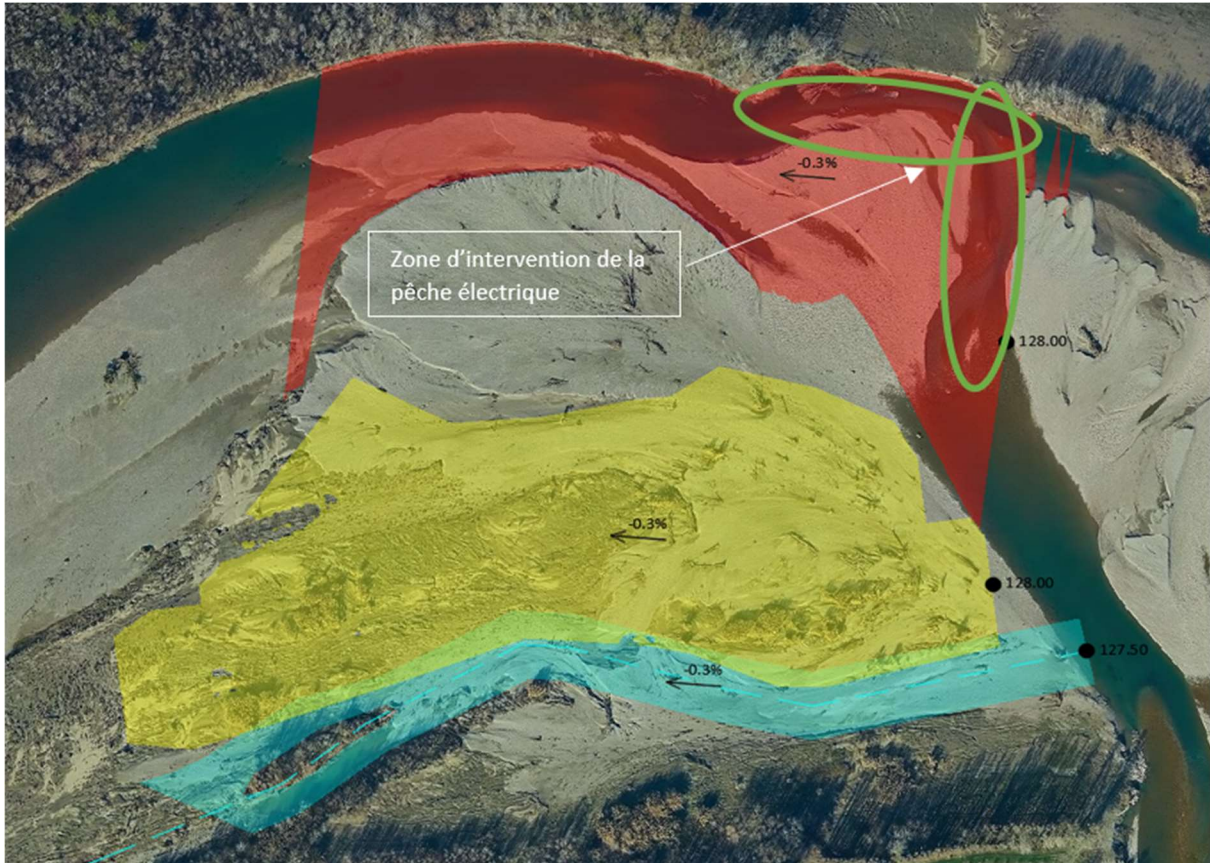
Les zones de circulation des engins seront décompactées sans charruage afin d'éviter de former des sillons anthropiques, la zone d'installation de chantier évacuée. Les premières crues de la Durance (à partir de 500 m³/s) permettront de commencer cicatrisation de la zone de travaux.

2.3.3. Gestion des espèces piscicoles

Une pêche de sauvegarde sera réalisée en coordination avec la réalisation des batardeaux.

Elle sera réalisée dans les zones du cours d'eau peu profond (voir plan ci-dessous). La surface à couvrir est estimée à environ 5000 m². Les secteurs situés en eaux plus profondes ne peuvent techniquement pas faire l'objet d'une pêche.

Afin de faciliter le déroulement de la pêche, un arrêt des travaux au droit des zones de pêche sera imposé à l'entreprise sur deux demi-journées et elle mettra à disposition une pelle mécanique et un tombereau pour faciliter les opérations.



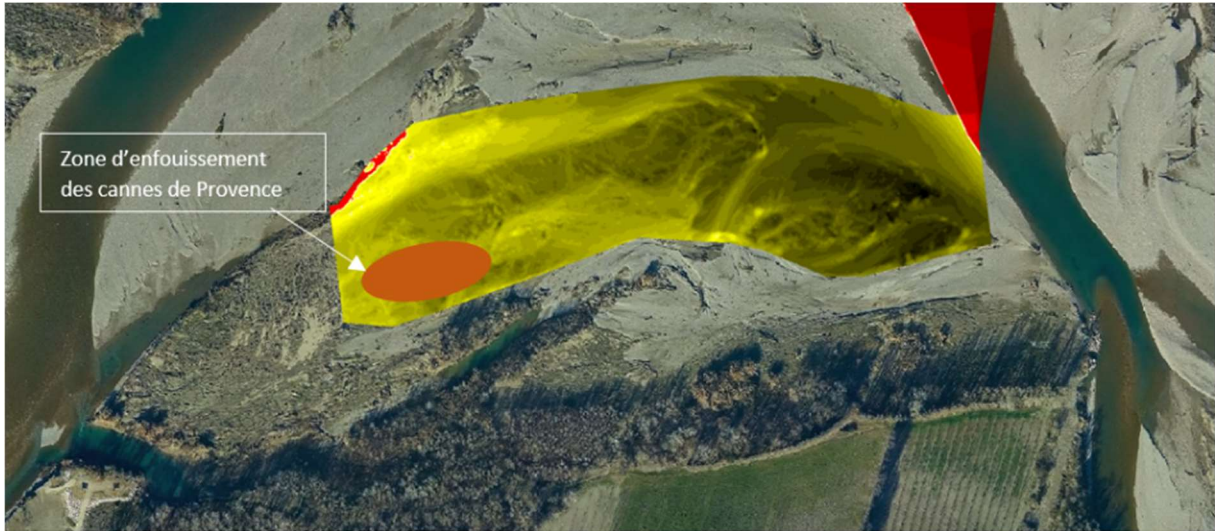
Plan de la pêche électrique (site de Charleval)

2.3.4. Gestion de la végétation et des cannes de Provence

Aucun déboisement n'est nécessaire pour réaliser le chantier.

Les rares zones végétalisées depuis les derniers essartements sur la zone à raser feront l'objet d'un débroussaillage au démarrage du chantier.

Une surface estimée à 4000 m² est couverte de Cannes de Provence, espèce au caractère envahissant préjudiciable aux milieux duranciens. Ces secteurs seront identifiés et balisés au démarrage du chantier. Les parties aériennes de la canne de Provence seront broyées. Les matériaux contenant les rhizomes seront soigneusement terrassés, stockés séparément et évacués en site de dépôt autorisé ou feront l'objet d'un enfouissement à 3/4 m sous le terrain naturel, sous la ligne d'eau et hors des terrains pouvant être rapidement érodables. Cette méthodologie appliquée lors des campagnes d'essartements donne de bons résultats.



Zone d'enfouissement des cannes de Provence (site de Charleval)

2.4. CONDITIONS DE REALISATION DES TRAVAUX

2.4.1. Calendrier et phasage des travaux

Les travaux sont programmés pour être réalisés au prochain étiage, à l'été 2021. Le choix de ce calendrier se justifie par la prise en compte des contraintes suivantes, visant à maximiser l'efficacité du projet et minimiser les risques :

- Hors période de fraie et de reproduction de la faune ;
- Hors période de crue pour la sécurité du chantier comme pour l'optimisation des délais d'intervention sur site

Les travaux seront réalisés selon le phasage suivant :

- **Phase 1** : Travaux préparatoires (création de pistes et passage busé de la Durance, débroussaillage, chenal de dérivation, passage busé et batardeau) et **pêche électrique**. Durée estimée : 1 semaine, à compter de mi- août 2021.
- **Phase 2** : Terrassements et création du chenal d'écoulement préférentiel final. Durée estimée : 5 semaines, à la suite de la phase 1.
- **Phase 3** : Dépose des ouvrages provisoires, et remise en état du site. Durée estimée : 1 semaine, à la suite de la phase 2. Fin prévisionnelle de la phase 3 projetée à fin septembre 2021.

En considérant les aléas inhérents aux travaux en rivière avec de fortes contraintes écologiques, nous retiendrons au final une **période d'intervention s'étalant d'août à début octobre**.

2.4.2. Zone d'installation de chantier et accès au chantier

La zone d'installation de chantier sera implantée sur la berge rive gauche de la Durance (voir plan ci-dessous). Elle sera notamment constituée d'une aire étanche, conforme aux exigences réglementaires,

sur laquelle seront entreposés les engins de chantier. L'approvisionnement en fioul sera réalisé sur l'aire étanche. Le terrain en place est constitué de matériaux limoneux, un apport en matériaux graveleux issus de la zone de déblai sera nécessaire pour surélever l'aire étanche et assurer la portance.

Les bungalows pourront être positionnés sur la crête de l'épi de Sainte Croix.

En fin de chantier, l'aire étanche sera démontée, les matériaux souillés seront évacués vers une zone de traitement et de recyclage adaptée et les autres matériaux seront restitués dans la zone de remblais.

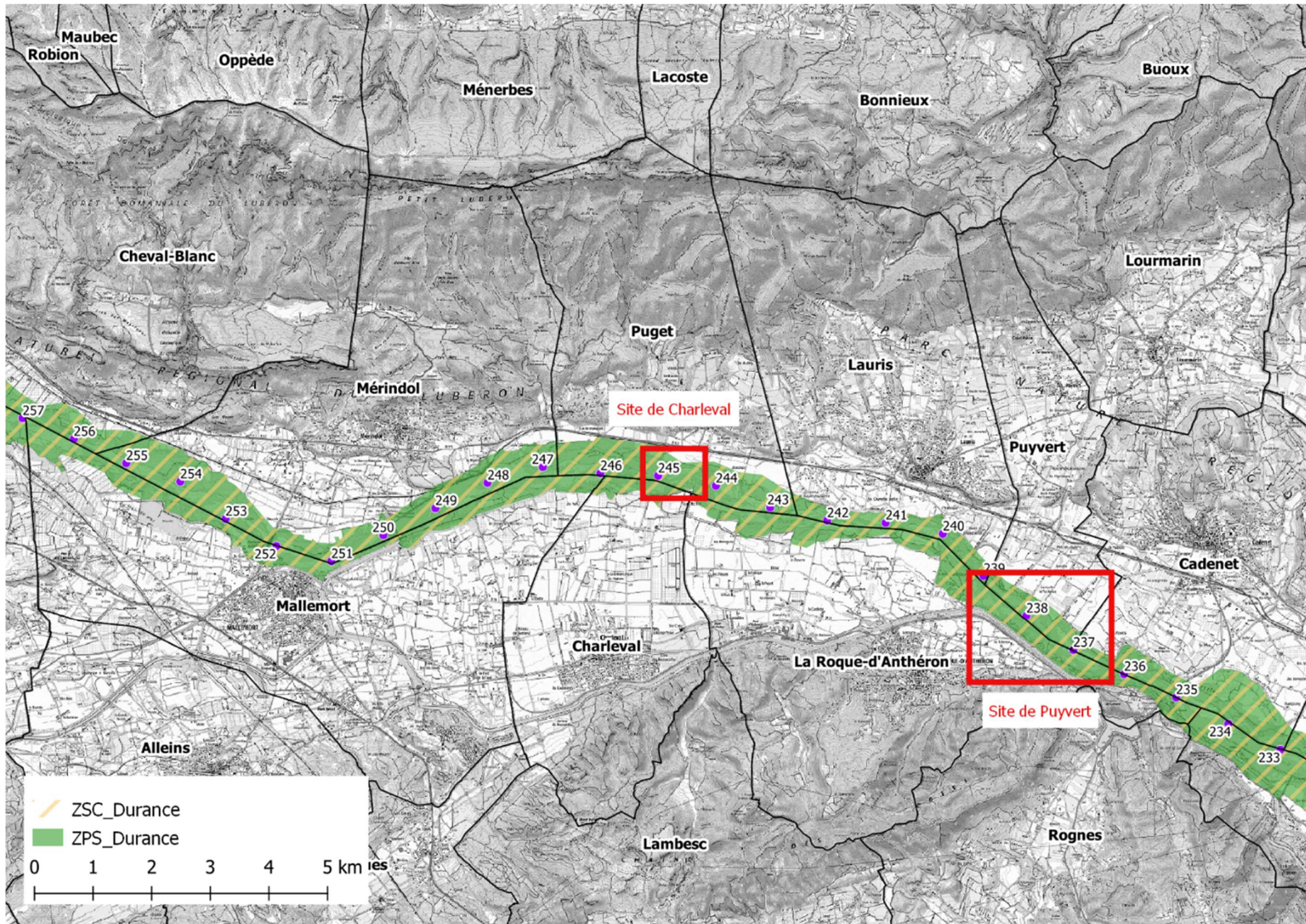
Il a été retenu d'accéder au chantier depuis la rive gauche via la piste positionnée en crête de l'épi de Sainte Croix. Cette piste est existante jusqu'à la zone d'installation de chantier. L'entreprise réalisera un confortement de la piste d'accès avec la mise en place de matériaux graveleux issus de la zone à araser. La piste sera entretenue sur tout son linéaire pendant toute la durée du chantier.



Plan d'accès au chantier et zone d'installation de chantier (site de Charleval)

Annexe 5 : Non concerné pour la catégorie n° 10

Annexe 6 : Localisation des sites Natura 2000



Annexe 7 : Contexte général du projet de recharge sédimentaire en Durance

Table des matières

1.	CONTEXTE GENERAL DU PROJET DE RECHARGE SEDIMENTAIRE EN DURANCE.....	38
1.1.	INTRODUCTION ET OBJECTIFS GENERAUX	38
1.2.	LA RECHARGE SEDIMENTAIRE COMME ACTION DE RESTAURATION ECO-MORPHOLOGIQUE	39
1.2.1.	<i>Etat actuel du transport sédimentaire en Durance.....</i>	<i>39</i>
1.2.2.	<i>Quelques effets du déséquilibre sédimentaire</i>	<i>42</i>
1.2.3.	<i>La trajectoire écologique recherchée.....</i>	<i>48</i>
2.	SYNTHESE A RETENIR SUR LES ETUDES REALISEES.....	54
2.1.	ETUDES PREALABLES.....	54
2.2.	ETUDES MORPHOLOGIQUES SPECIFIQUES.....	55
2.3.	ETUDES D'AVANT-PROJET.....	55

1. Contexte général du projet de recharge sédimentaire en Durance

1.1. INTRODUCTION ET OBJECTIFS GENERAUX

Sur le bassin du Rhône, les rivières en tresses ont perdu près de 50% de leur linéaire de tressage au cours des deux derniers siècles. Le bassin de la Durance abrite une grosse part des rivières en tresses de l'arc alpin, et la Durance présente encore de beaux exemples de tressage actif. Ainsi naturellement, cette rivière est en quasi-totalité intégrée au réseau européen Natura 2000 pour ce fort enjeu écologique lié à la biodiversité des rivières en tresses et à leur dynamique alluviale.

Dans ce contexte, le contrat de rivière Val de Durance piloté par le SMAVD s'est traduit par une volonté forte de restauration hydromorphologique de la rivière, en mettant la gestion de la dynamique fluviale et du transit sédimentaire au cœur de cette politique de restauration. Le présent projet de recharge sédimentaire fait partie des actions structurantes de cette politique.

En Durance, les aménagements hydroélectriques et les extractions de graviers dans le lit mineur ont généré un important déficit des apports et du transport sédimentaire. Les aménagements ont également provoqué une modification de l'hydrologie avec une baisse significative de l'occurrence des crues morphogènes.

Dans les secteurs perturbés, le lit a eu tendance à s'inciser profondément par des phénomènes d'érosion régressive et progressive, et à devenir de moins en moins mobile. La bande active s'est en parallèle fortement rétrécie, passant en moyenne de 500 à 250 mètres de largeur. Les bancs de graviers se sont progressivement enlimonés puis végétalisés. Le niveau de la nappe alluviale s'est abaissé, provoquant l'assèchement des ripisylves typiques des rivières méditerranéennes en tresses. Par ailleurs, dans certains secteurs perturbés, le déficit sédimentaire contribue à des évolutions morphologiques extrêmes (reculs massifs de berge, basculement de bras, ...), révélant parfois des formes morphologiques tout à fait anormales pour la Durance (trains de macro-méandres très agressifs, érosions au-delà de la limite de mobilité maximale, ...).

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.

La mobilisation de ces matériaux permettra d'amorcer un changement de dynamique alluviale, et contribuer ainsi à restaurer des fonctionnalités naturelles de la Durance, en accentuant la trajectoire vers plus de typicité biologique de rivière dynamique méditerranéenne :

- ✓ Rétablissement de la continuité du transport solide par retour d'un profil en long d'équilibre durable du lit (équilibre entre stock de graviers disponibles et énergie de transport)

hydraulique) ;

- ✓ 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, réapparition des formes de tressage avec un remaniement plus fréquent des habitats naturels ;
- ✓ Réduction des risques de formation des bancs enlimonés et des besoins d'essartements.

1.2. LA RECHARGE SEDIMENTAIRE COMME ACTION DE RESTAURATION ECO-MORPHOLOGIQUE

1.2.1. Etat actuel du transport sédimentaire en Durance

1.2.1.1. *Perturbation du transport solide*

Une réduction du transport solide liée aux aménagements hydroélectriques

Depuis les aménagements hydro-électriques des années 60, les débits transitant dans la rivière Durance ont considérablement diminué par rapport à son régime naturel antérieur, du fait de la dérivation d'une grande partie de l'eau dans le canal usinier d'EDF et de l'amortissement des crues fréquentes par les grandes retenues EDF. Par conséquence directe, le transit sédimentaire a lui aussi été notoirement réduit, du fait de la moindre capacité de transport solide en crue.

A l'état naturel (première moitié du XXe siècle) le transit de matériaux est estimé à 250 000 m³/an au droit de Cadarache-Mirabeau. Aujourd'hui il a été divisé par un facteur supérieur à 10 et se situe entre 10 et 20 000 m³/an sur la période 1972-2015 (moyenne 12 000 m³/an), pour laquelle on peut distinguer deux sous périodes contrastées :

- ✓ Période 1972-1994, caractérisée par de faibles crues : <10 000 m³/an
- ✓ Période 1994-2015, avec 4 fois plus d'eau enregistrée : 20 000 m³/an

A noter qu'en aval du barrage de Mallemort, depuis la mise en œuvre des restitutions en 1994, la capacité de charriage a globalement doublé, passant à environ 40 000 m³/an. Ces valeurs doivent être considérées comme des ordres de grandeurs et sont pertinentes en relatif (comparaison amont/aval Mallemort et comparaison de périodes entre elles).

Par ailleurs, la construction des ouvrages hydrauliques transversaux a formé des barrières plus ou moins infranchissables au transit des graviers de l'amont vers l'aval. Ainsi, en amont de la zone d'étude, deux aménagements bloquent le transit de graviers vers l'aval :

- ✓ La retenue de Saint Lazare à Sisteron est gérée de manière à ce que les matériaux grossiers n'y entrent pas, pour pouvoir conserver le profil en long d'objectif défini par l'Etat cible et ne plus avoir à effectuer de curage en eau de la retenue. Un dispositif de piège à graviers a ainsi été mis en place sur la branche Büech, qui fait l'objet de curages réguliers par EDF (procédure de prélèvements contrôlés en lit mineur), les apports grossiers issus de la branche Durance étant actuellement faibles. En pratique, le franchissement de cette retenue par les graviers est donc très fortement limité.
- ✓ Le barrage de l'Escale, dont la très faible pente du fond dans la retenue, n'autorise pas le transit sédimentaire des éléments grossiers, et ce quel que soit le débit. Ce barrage est cependant géré de manière à maximiser les débits déversés en crue (arrêt des turbinages au-delà d'un débit seuil) dans l'objectif d'améliorer la mobilité sédimentaire à l'aval (autre action du volet B0 du contrat de rivière).

Le barrage de Cadarache est quant à lui mis en transparence pour le passage des graviers à partir d'un certain débit de crue (débit entrant dans la retenue de 500 m³/s). Il en est de même pour celui de Mallemort.

En aval de Mallemort, les restitutions d'eau du canal usinier dans la Durance depuis 1994 accroissent la capacité moyenne de charriage. Cet apport de débits liquides sans apport solide se traduit par une tendance marquée à l'incision du lit, particulièrement entre l'ouvrage de restitution et le pont de Mallemort.

Les potentielles sources d'apports significatifs de graviers en aval du barrage de l'Escale sont :

- ✓ la Bléone, avec un capacité de transport maximale estimée entre 50 000 et 90 000 m³/an à sa confluence avec la Durance, d'après les études de SOGREAH 2007 et HYDRETTUES 2013 ;
- ✓ l'Asse, avec une capacité de transport moyenne estimée à 50 000 m³/an au niveau de sa confluence avec la Durance au droit de Valensole.

Des extractions massives de matériaux en lit mineur

Outre la dérivation des débits, et les blocages sédimentaires des barrages de l'Escale et de St Lazare, les extractions de graviers en lit mineur constituent le deuxième phénomène majeur ayant fortement influencé le transit sédimentaire en moyenne et basse Durance. Les extractions en lit mineur ont sévi durant les années 60 à 80 et se sont définitivement arrêtées en 1994. Elles ont été notamment motivées par la réalisation des grandes infrastructures routières et ferroviaires.

On estime que 50 à 60 millions de m³ de matériaux ont été extraits entre l'Escale et le Rhône durant cette période. Comparés aux apports naturels, cette quantité représente 1 à 2 siècles de transit des graviers. A noter que sur de nombreux secteurs, l'extraction s'est opérée en fouilles profondes jusqu'à atteindre la roche mère (substratum calcaire ou marneux).

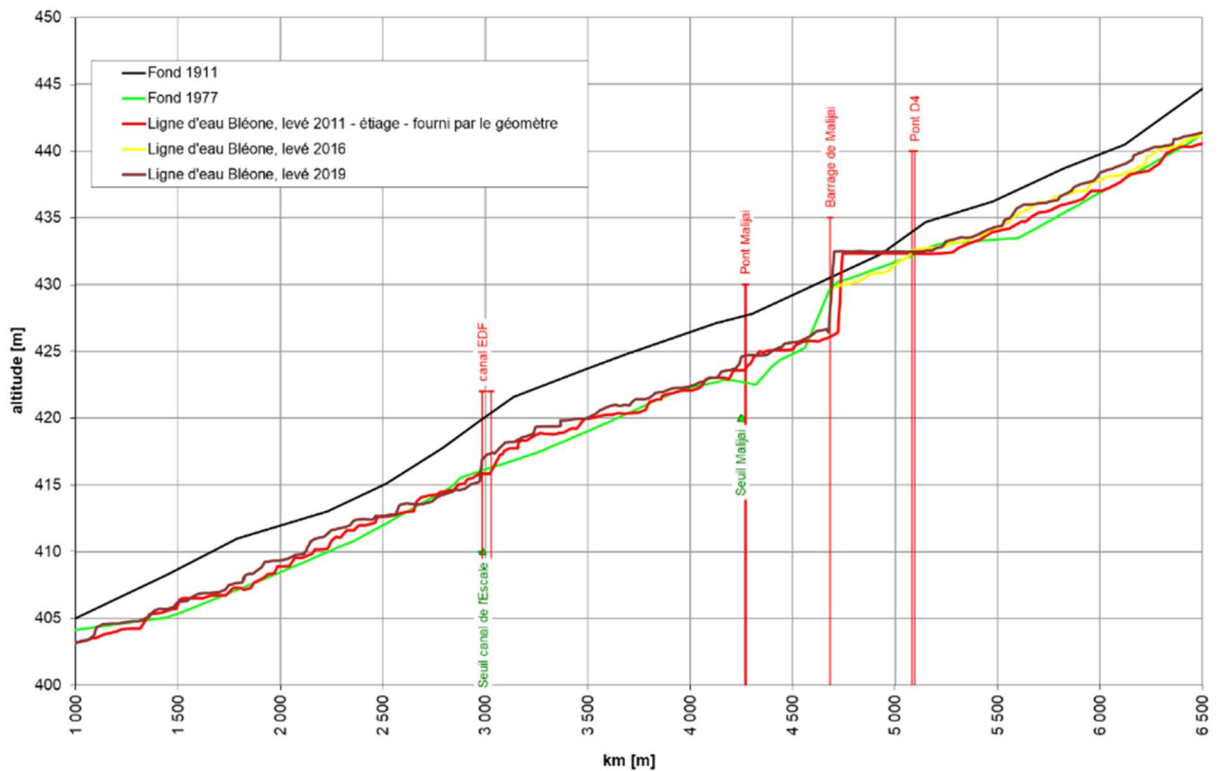
Ces extractions ont conduit à une situation de fort déficit global en matériaux, dont la conséquence la plus visible a été un abaissement progressif et général du lit de la rivière. Entre Cadarache et Pertuis, cet abaissement oscille entre -3 et -4 mètres. En aval de Pertuis il avoisine les - 2 mètres. Durant les extractions, on a tenté de limiter l'impact des abaissements du lit en construisant des seuils en rivière, avec selon les sites, soit deux seuils encadrant les souilles, soit plus généralement un seul seuil en amont de manière à stopper toute érosion régressive.

1.2.1.2. Apports actuels de matériaux

Dans le lit de la Durance, les apports naturels par charriage ont été diminués de plus de 50% du fait de l'aménagement de la chaîne hydroélectrique. Actuellement, les apports de graviers les plus significatifs sont ceux de l'Asse (estimés à 50 000 m³/an). L'Asse est effectivement l'une des rivières les plus préservées du bassin, très peu aménagée, le cours d'eau a fait l'objet de peu d'extractions de graviers.

Les apports de la Bléone étaient et restent fortement réduits par des extractions majeures dans le lit (entre 1970 et 2004) et l'aménagement de plusieurs seuils de Dignes à la confluence. Plusieurs barrages sont également présents sur la Bléone : le barrage de Trente-Pas qui n'est plus en fonctionnement et partiellement démonté, et le barrage de Malijai. Le barrage de Malijai est rapidement mis en transparence en crue (dès 50 m³/s), et ne représente pas un obstacle important au transit sédimentaire sur la partie aval de la Bléone.

Depuis le début des années 2000, la Bléone a fait l'objet d'un important programme de rétablissement des continuités piscicole et sédimentaire, passant en premier lieu par l'arrêt des extractions dans le lit mineur. Dans la traversée de Dignes, l'abaissement de certains seuils contribue également à la restauration morphologique du cours d'eau. Ainsi, depuis l'arrêt des extractions et la mise en œuvre d'actions de reconquête, le SMAB observe depuis 2011 une réhausse des profils en long, de Dignes à la confluence avec la Durance. La conséquence attendue est un exhaussement potentiel du lit de la Durance au niveau de la confluence Bléone-Durance jusqu'aux Mées.



Analyse diachronique des profils en levés sur la Bléone entre 1911 et 2019 (source SMAB)

1.2.2. Quelques effets du déséquilibre sédimentaire

1.2.2.1. Incision du lit

Le blocage du transit sédimentaire par les infrastructures hydroélectriques, la diminution d'occurrence des crues morphogènes ainsi que les extractions massives réalisées dans le lit de la Durance ont durablement transformé le lit de la Durance. Les évolutions en altitude du lit depuis le milieu du siècle dernier sont très contrastées, comme l'illustre la figure suivante.

Aval immédiat de l'Escale	↘	érosion progressive (- 1m)
Les Mées - La Brillanne	→(↗)	stabilité (voire léger exhaussement),
La Brillanne - confluent de l'Asse	↘	abaissement (-1m à -2m le plus souvent)
Confluent de l'Asse - Largue	→	stabilité
Autour de Manosque	↘	abaissement généralisé (-2m) en raison d'extractions
Entrée de Cadarache	→	stabilité
Cadarache - Mirabeau	↘	réduction de la pente (jusqu'à -2,5 m) en raison d'extractions et d'un déficit d'apports
Jouques - Pertuis	↘	abaissement généralisé dû à des extractions massives (-3 à -5 m)
Pertuis - Le Puy-Ste-Réparate	↘	extractions massives en souilles entre seuils
Le Puy - Cadenet	↘	réduction de la pente (2,4 ‰) (jusqu'à -2 m)
Cadenet - la Roque-d'Anthéron	↘	abaissement (-1 m) lié à la capture du plan d'eau,
la Roque - Mallemort	↗	léger exhaussement compensé par un curage récent
Mallemort - Orgon	↘(↗)	abaissements modérés avec quelques zones d'exhaussement possible.
Cavaillon	↘ →	abaissements à l'entrée de Cavaillon (-1,5 m), stabilité au droit du pont
Cavaillon - Cabannes	↘	abaissement généralisé en cours (1,5 m) suite à des extractions
Bonpas et Châteaurenard	↘	léger abaissement
Au droit d'Avignon	↘	extractions massives en souilles

*Analyse de l'évolution du lit de la Durance depuis les aménagements de la chaîne hydro-électrique
(d'après l'Etude Globale de la Basse et de la Moyenne Durance 2004)*

Certains tronçons de Durance sont caractérisés par une incision marquée du lit (cf. figure suivante). Au pied du barrage de Cadarache, l'incision du lit est estimée à près de 4.5 m par rapport à la situation avant aménagements. Entre l'aval du barrage de Cadarache et Pertuis, l'incision du lit excède 3 m. L'analyse visuelle témoigne sur ce tronçon d'un grand nombre des secteurs sur lesquels les affleurements du substratum rocheux sont apparents.

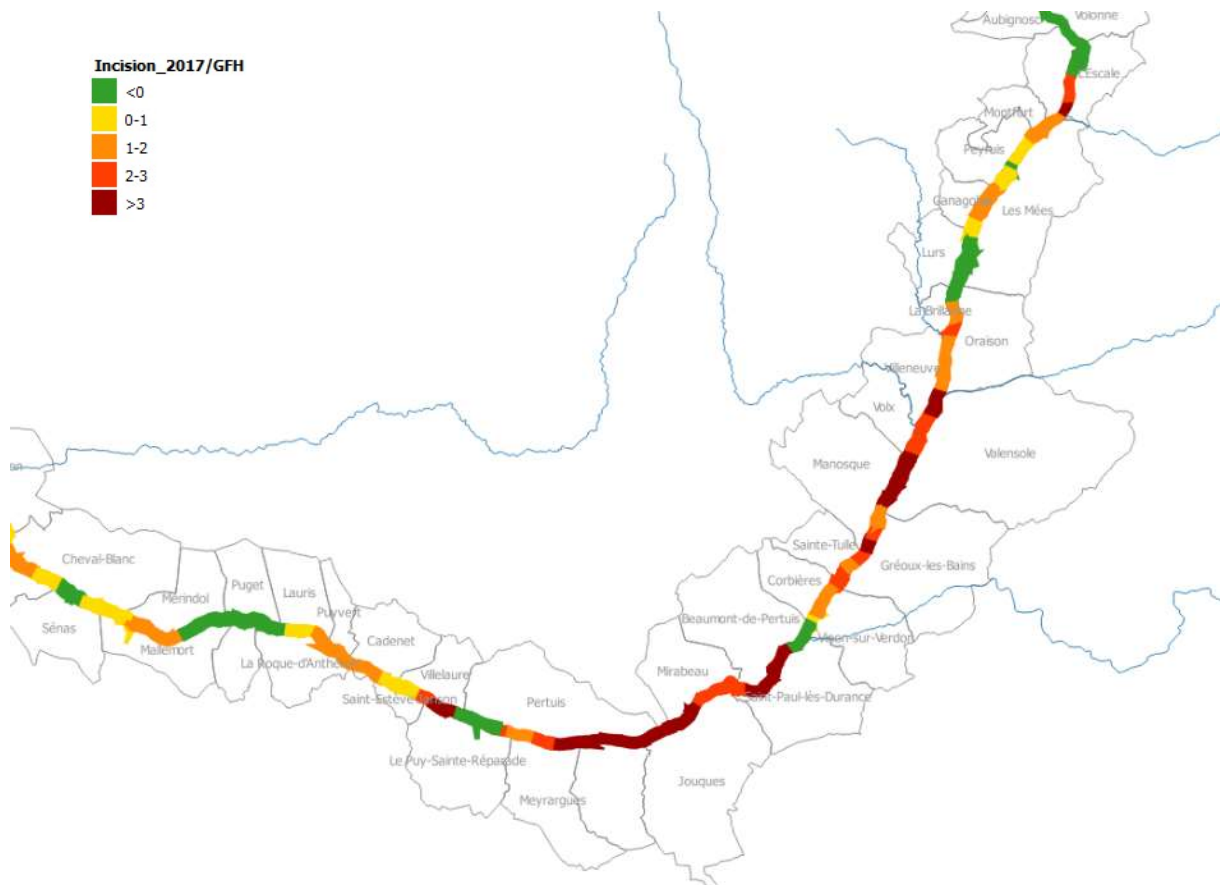
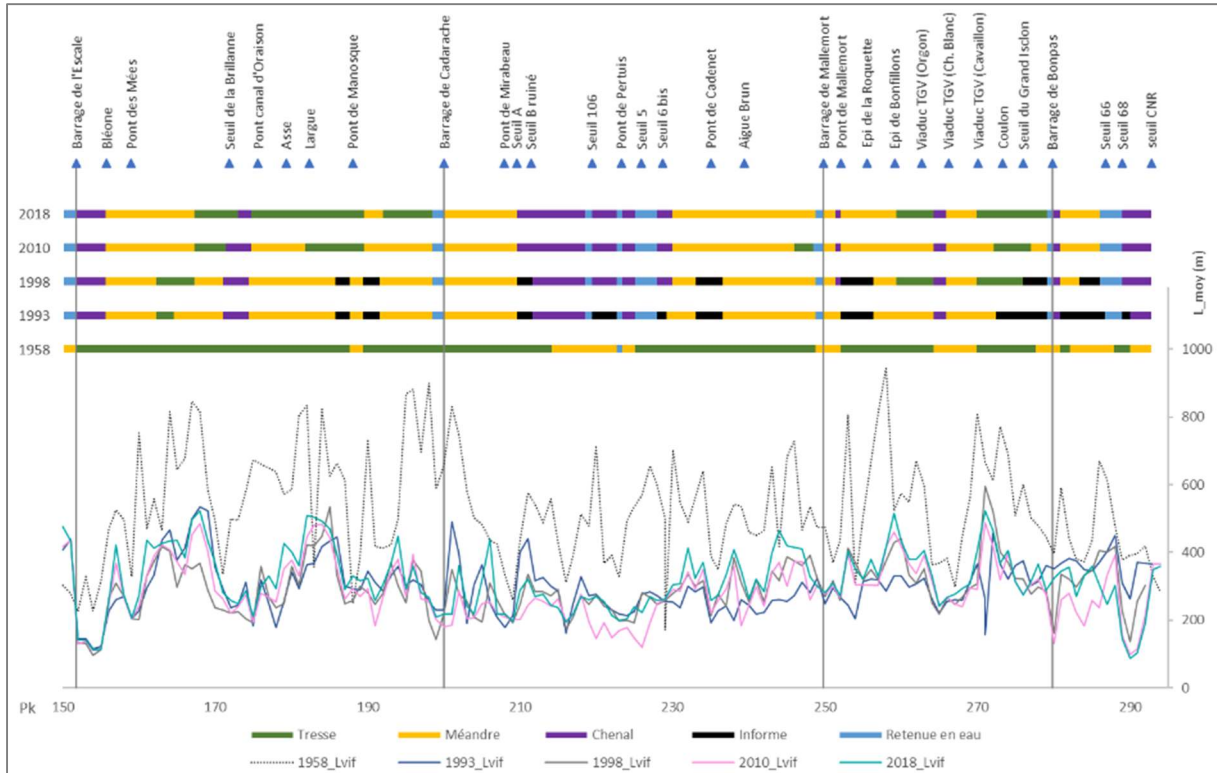


Illustration de l'analyse de l'incision du fil d'eau d'étiage de 2017 par rapport au profil en long des Grandes Forces Hydrauliques de 1907

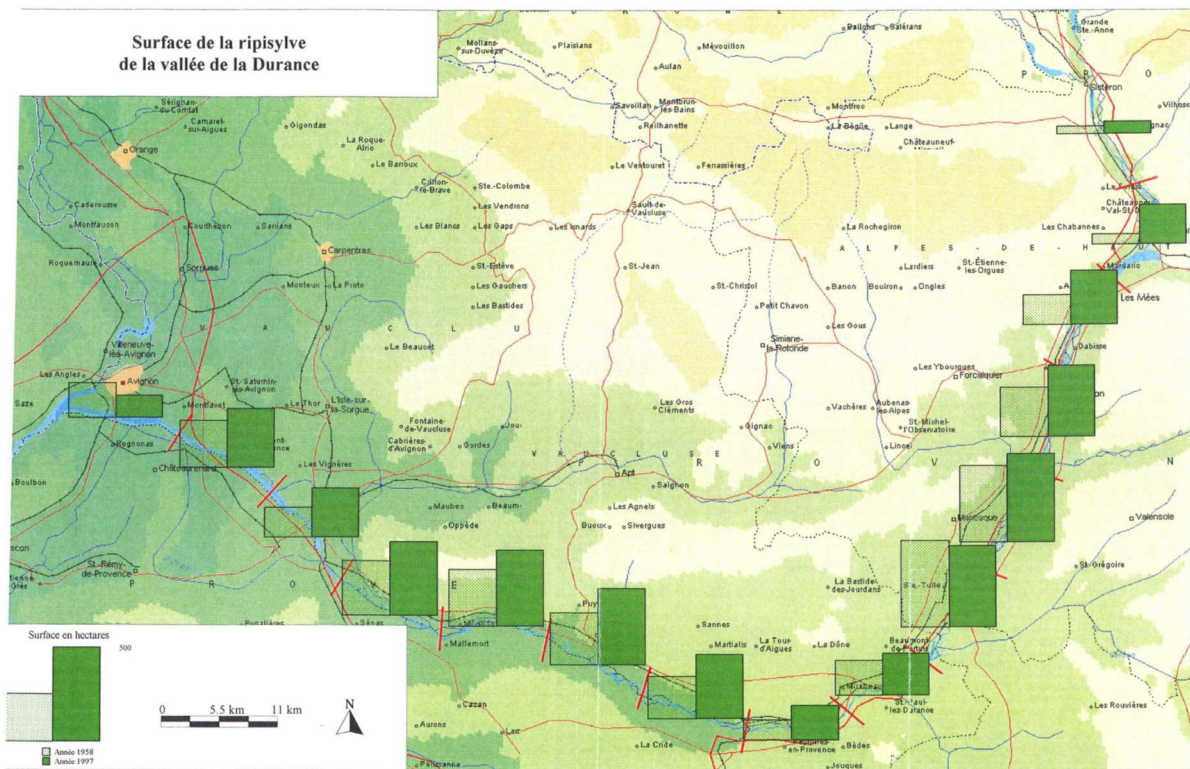
1.2.2.2. Contraction de l'espace de mobilité

La construction de nombreux épis très près du lit mineur, souvent reliés par des digues ou levées de terres longitudinales, a progressivement contraint la mobilité du lit et rogné le lit actif au profit de l'expansion de terres agricoles. Ce phénomène, débuté au milieu du XIXe siècle s'est accentué avec la raréfaction des crues liées aux aménagements hydroélectriques des années 60, et la végétalisation progressive du lit qui s'en est suivie (accompagnée d'un enlimentement des bancs).

Entre 1960 et 1994, en Moyenne et Basse Durance, on a constaté une diminution sous l'effet de différents types d'empiètement (digues et épis prolongés largement dans le lit mineur, défrichements, aménagements routiers et ferroviaires, etc ...) de 20 % de la superficie de l'espace alluvial global au sein duquel : une diminution de l'ordre de 50 % de la largeur moyenne du lit vif et une augmentation de 30 % des superficies boisées (cf. figures suivantes).



Analyse diachronique des faciès d'écoulement et des largeurs du lit vif de l'Escale au Rhône (SMAVD 2018)



Evolution de la surface de la ripisylve entre 1958 et 1997 (Etude Globale 2004)

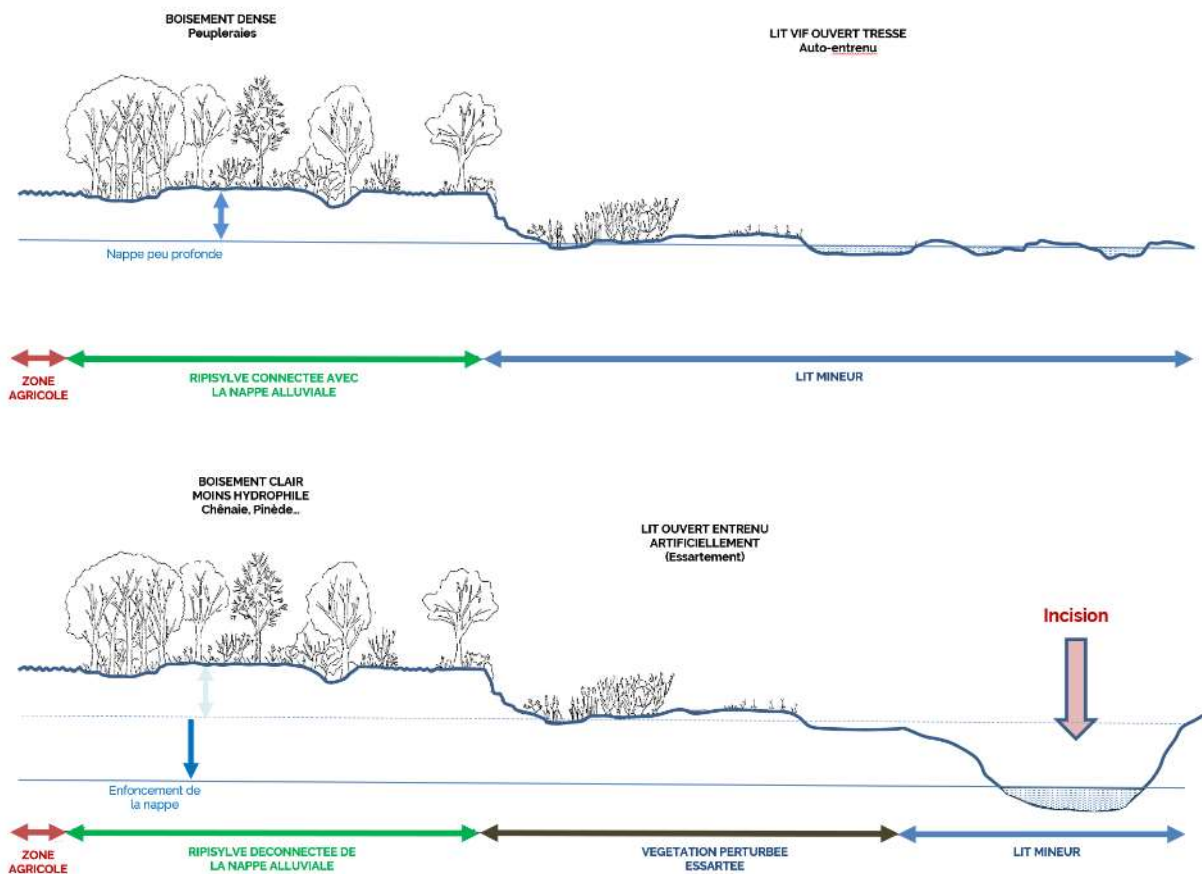
1.2.2.3. Des impacts écologiques forts

Des boisements déconnectés de la nappe alluviale

Le transport solide engendré par les crues est à la base du fonctionnement de l'écosystème durancien. Les désordres physiques causés par les perturbations de ce transport solide génèrent naturellement des impacts forts sur les habitats naturels et les cortèges d'espèces associées.

L'incision du lit provoque l'enfoncement de la nappe alluviale (cf. figure suivante). Les ripisylves se retrouvent déconnectées de la nappe et évoluent vers des boisements plus clairs et moins hygrophiles avec des essences de bois durs (chênaies pubescentes, pinèdes). Ces boisements xérophiles déconnectés sont les seuls habitats forestiers duranciens à ne pas être d'intérêt communautaire.

La littérature est riche de publications sur l'intérêt biologique des ripisylves fonctionnelles. Par exemple, l'étude RIPIMED (Buono, 2019) a récemment démontré que les ripisylves méditerranéennes hygrophiles sont trois fois plus attractives pour les chiroptères en chasse que les forêts sèches.



Perte de fonctionnalité des habitats naturels

L'enjeu de conservation pour les boisements duranciens est donc de les reconnecter autant que faire se peut à la nappe alluviale.

Des terrasses artificiellement maintenues ouvertes

Depuis les aménagements hydroélectriques de la Durance, les essartements sont devenus une obligation réglementaire pour EDF afin d'éviter des réhausses de niveaux d'eau en crue dues à la végétation ligneuse. Les séries évolutives de végétation sont ainsi stoppées par arrachages réguliers des ligneux.

Plus les terrasses sont déconnectées, moins elles sont inondables et les stigmates des essartements peuvent perdurer longtemps. 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 permettrait de s'affranchir dans certains cas de la nécessité d'essartement et donc de restaurer une dynamique spatiale et temporelle de végétation plus naturelle.



Milieux particulièrement perturbés par les essartements présentant peu d'enjeux écologiques

1.2.3. La trajectoire écologique recherchée

Plus qu'un état écologique, c'est bien une trajectoire de fonctionnement plus naturel de l'hydrosystème durancien qui est recherchée. Cette trajectoire tend vers plus de fonctionnalité et donc plus de typicité biologique des rivières en tresses tant sur les compartiments floristiques, faunistiques que sur les habitats naturels. Les études préalables au contrat de rivière ont montré qu'il était impératif de définir une politique ambitieuse de reconquête de l'espace alluvial de la Durance, passant par un élargissement de l'espace de mobilité de la rivière, partout où cela est possible, impliquant notamment le recul de certains ouvrages existants beaucoup trop avancés dans la rivière.

Il s'agit d'un objectif majeur du contrat de rivière Durance et du Document d'Objectif Natura 2000, qui vise à retrouver et à favoriser la mobilité du lit, synonyme d'une plus grande typicité des milieux et des espèces inféodés à la rivière.

Le Document d'Objectif Natura 2000 de la Durance rappelle également tout l'enjeu de la recharge sédimentaire pour les espèces et habitats à l'origine de son classement dans ce réseau européen de sites protégés. En effet, la recharge sédimentaire est citée dans le panel d'actions nécessaires à l'atteinte de l'objectif prioritaire du DOCOB de rétablissement d'un système de tressage de la rivière.

Ainsi, la déclinaison des actions prévues dans le tome 2 du DOCOB propose une action A.4 « Suivre les secteurs d'érosion latérale préférentiels pour la recharge sédimentaire ». Cette action répond aux 3 objectifs de conservation du DOCOB :

- ✓ Restaurer la mobilité de la rivière
- ✓ Conserver la fonction de corridor
- ✓ Favoriser la fonction de « réservoir de biodiversité »

Elle répond également à 6 des 21 objectifs de gestion du document d'objectif :

- ✓ Rétablir la continuité sédimentaire des graviers
- ✓ Recréer une dynamique naturelle d'entretien de la mosaïque de milieux de la bande active
- ✓ Elargir l'espace de mobilité de la rivière (à l'aval de l'Escale)
- ✓ Préserver ou rétablir un réseau de zones humides favorables à la biodiversité
- ✓ Améliorer les habitats de la Cistude
- ✓ Améliorer la continuité longitudinale pour les mammifères aquatiques

En définitive, cette typicité biologique des rivières en tresses se traduit particulièrement par sa végétation et son lot d'espèces emblématiques des rivières dynamiques.

1.2.3.1. Une végétation dynamique dans l'espace et dans le temps

L'organisation des milieux naturels en Durance est en grande partie conditionnée par la dynamique des crues, qui rajeunit périodiquement les formations végétales et entretient la prédominance des groupements pionniers. La diversité des milieux (iscles graveleux, sablonneux ou limoneux, mares, lônes, adoux, terrasses surélevées...) se traduit par des mosaïques végétales formant « l'écocomplexe rivulaire ».

Une grande part des habitats humides (représentant environ 40 % de la surface totale du site) est directement liée au maintien d'un tressage actif du lit de la rivière :

Code Habitats Natura 2000	Libellé Habitats élémentaires
3230-1	Saulaies pionnières à Myricaire d'Allemagne des torrents alpins
3240-1	Saulaies riveraines à Saule drapé des cours d'eau des Alpes et du Jura
3250-1	Végétation pionnière des rivières méditerranéennes à Glaucière jaune et Scrophulaire des chiens
3270-1	Bidention des rivières et Chenopodion rubri
3280-1	Communautés méditerranéennes d'annuelles nitrophiles à Paspalum faux-paspalum
3280-2	Saulaies méditerranéennes à Saule pourpre et Saponaire officinale
7240-2 *	Formations riveraines à Petite massette de l'étage collinéen des régions alpine et péréalpine et d'Alsace

Habitats humides liées au maintien d'un tressage actif

On peut décrire plusieurs voies dynamiques naturelles, en fonction de la position des biotopes par rapport à l'axe de la rivière :

Sur les iscles et sur les berges, les habitats sont constamment remaniés par les crues, qui entraînent un décapage des horizons de surface ou une érosion latérale des formes, avec transport des matériaux et dépôts vers l'aval. Les groupements végétaux pionniers sont détruits et se reconstituent après chaque événement hydrologique sur les nouveaux dépôts. Leur composition est essentiellement liée à la granulométrie des substrats :

- ✓ Groupements à Pavot cornu et Mélilot sur iscles graveleux (3250),
- ✓ Groupements à Bidens triparti et Lampourde sur limons secs (3270),
- ✓ Groupements du Paspalo-Agrostidion sur limons humides (3280),

- ✓ Cuvettes limoneuses à Petite massette (7240*),
- ✓ Cannaias à Canne de Ravenne ou pelouses ouvertes à Corisperme sur sables....

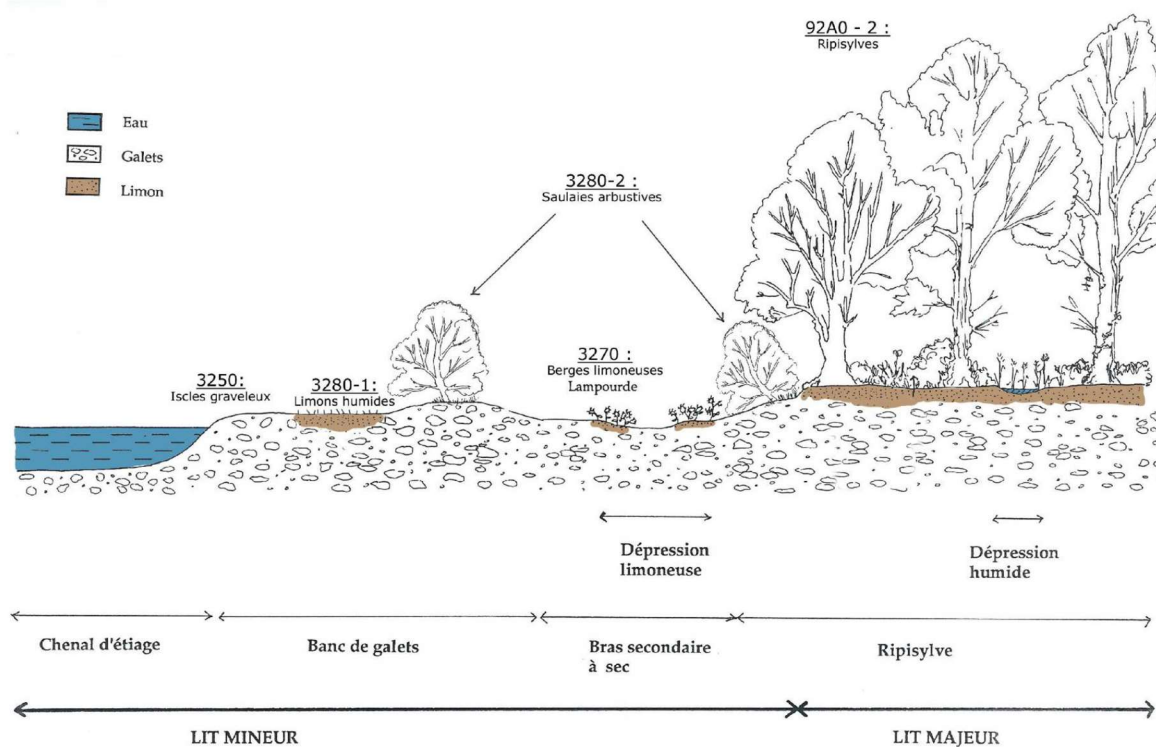
Le maintien de ces mosaïques pionnières herbacées est conditionné par la répétition des processus de rajeunissement lors des crues, à un pas de temps très court (1 à 3 ans).

En marge du lit mineur, dans les zones qui ne sont pas rajeunies à fréquence rapprochée, les végétaux ligneux peuvent s'installer. Les fourrés arbustifs à Saule pourpre (3280) en Basse Durance, et les fourrés à Saule drapé et Myricaire (3240) en Moyenne Durance peuvent alors coloniser le milieu. Par piégeage des limons à chaque montée des eaux, ces rideaux arbustifs participent au rehaussement des berges et préparent l'installation des ripisylves arborées à peuplier noir et peuplier blanc. La conservation des habitats arbustifs est conditionnée par la récurrence des perturbations, avec des révolutions de 5 à 10 ans.

Au niveau des bras morts, chenaux et eaux stagnantes, les surfaces en eau sont colonisées par les Characées et les Potamots (3140/3150/3260), tandis que les berges accueillent des peuplements héliophiles à scirpes, laïches, massettes et roseaux, disposées en ceintures en fonction de l'exigence des végétaux vis-à-vis de l'humidité du substrat. Ces espèces disposent d'une capacité constructive importante et colonisent progressivement les plans d'eau. Les ceintures de grandes herbes hygrophiles piègent périodiquement des éléments fins qui contribuent à un assèchement progressif du milieu. Le biotope devient alors propice à l'installation des végétaux ligneux tolérants vis-à-vis de la période d'inondation des sols : l'aunaie blanche (91E0) et la saulaie-aulnaie (92A0-1) peuvent se développer en mélange avec la roselière, avec présence de l'Aulne glutineux sur sols asphyxiques à gley.

Les peuplements forestiers résultent des stades tardifs des dynamiques naturelles sur les iscles ou en bordure des annexes hygrophiles : aulnaies-saulaies (92A0-1) au niveau des bras morts et des anciennes roselières, peupleraies noires (92A0-2/92A0-3) et peupleraies blanches (92A0-6) au niveau des berges et des dépôts graveleux ou limoneux. Avec le temps, et en l'absence de perturbations, ces ripisylves se diversifient : par infiltration des essences de bois dur (92A0-6) dans les secteurs encore proches de la nappe ou par développement des forêts xérophiles (chênaie verte, chênaie blanche, pinède) sur les terrasses alluviales perchées, déconnectées de la nappe (non communautaire).

La Figure suivante illustre la diversité et l'imbrication de la végétation des systèmes en tresses, entretenues par les mouvements constants du bras vif.



Coupe schématisant l'imbrication de la végétation dans les systèmes en tresses

La résilience de ces forêts est variable. Les boisements pionniers (aulnaies-saulaies, peupleraies noires) caractérisent des stations régulièrement perturbées : les peuplements floristiques s’y reconstituent très rapidement et la structure du boisement est acquise en une vingtaine d’années. Les boisements de stabilisation (Peupleraies blanches et surtout forêts de bois durs) fonctionnent avec des pas de temps plus longs. La reconstitution des cortèges forestiers nécessite en effet des temps importants de maturation des stations.

La diversité des temps de réponse aux perturbations est une caractéristique importante des rivières méditerranéennes en général et de la Durance en particulier. Cette diversité indique une excellente aptitude de réponse de l’écosystème aux perturbations. La composante temporelle est par ailleurs un élément important qui intervient dans le déterminisme des groupements et dans leur répartition au sein des mosaïques de l’espace alluvial.

Formations pionnières	Formations de résistance	Formations de stabilisation
<i>Temps de reconstitution : 1 à 3 ans</i>	<i>Temps de reconstitution : 3 à 20 ans</i>	<i>Temps de reconstitution : 20 à 50 ans</i>
Isclès graveleux	Saulaies arbustives	Peupleraies blanches
Isclès limoneux	Saulaies blanches	Forêts à bois dur
	Peupleraies noires	

Ordre de grandeur de la période de résilience des différentes formations végétales



Comparaison du lit vif et de la ripisylve en 2012 et en 1958 avant les aménagements hydroélectriques

1.2.3.2. Une faune et flore adaptées à la dynamique alluviale

Les crues régulières de la Durance entretiennent une diversité d'habitats naturels en perpétuel mouvement : iscles graveleux, sablonneux ou limoneux, mouilles, lônes, etc. Ces habitats accueillent une faune et une flore particulièrement adaptées à cette dynamique.

Parmi elles, les oiseaux sont très emblématiques. Le lit vif constitue un milieu fondamental pour l'avifaune en tant que zone d'alimentation de la plupart des espèces (ardéidés, rapaces, martin-pêcheur, sternes, guépriers, hirondelles...). Les berges limoneuses abruptes régulièrement érodées ont une importance vitale, comme lieu de nidification du Martin pêcheur, du Guépier d'Europe, de l'Hirondelle de rivage notamment. Les plages de galets nus sont des sites de reproduction recherchés par l'Œdicnème criard, la Sterne pierregarin, le Petit gravelot, le Chevalier guignette notamment. Les iscles peu végétalisés (herbacées) sont encore des milieux convoités par des oiseaux de milieux

steppiques tels que l'Alouette calandrelle, le Pipit rousseline, l'Œdicnème criard... L'Alouette calandre aujourd'hui disparue devait également s'y reproduire.

L'Apron du Rhône affectionne le lit en tresse de la Durance où il y trouve les radiers nécessaires à sa reproduction.

La flore des milieux pionniers est également remarquable (Corisperme de France, Petite Massette, Polygale grêle, Petite Centaurée de Favarger...).

Une récente bioévaluation du patrimoine naturel durancien par le CEN PACA, la LPO, le GCP et la MRE (SMAVD, 2018) a également mis en lumière un certain nombre d'espèces d'invertébrés terrestres à très fort enjeu de conservation et étroitement liées au tressage actif (milieux liés à la dynamique alluviale : tressage actif, bancs de limons humides, bancs de sables, bancs de graviers, retours d'eau, radiers...). C'est le cas d'espèces terrestres méconnues telles que la Cicindèle des rivières ou le Tridactyle panaché.

Espèces liées au lit vif tressé	
Enjeux MAJEURS	Enjeux FORTS
Apron du Rhône	Castor
Toxostome	Sterne pierregarin
Alouette calandre	Petit gravelot
Hirondelle de rivage	Leptopus hispanicus
Cicindèle des rivières	Alexanor
Agrion bleuâtre	Canne de Ravenne
Sympetrum déprimé	Faux Riz
Tridactyle panaché	Fléole rude
Criquet des iscles	Potamot coloré
Œdipode des torrents	Utriculaire citrine
Centaurée de Favarger	Zannichellie des marais
Corisperme de France	Impératrice cylindrique
Jonc de Desfontaine	
Polygale nain	
Petite massette	

Espèces liées au tressage actif de la Durance

2. Synthèse à retenir sur les études réalisées

2.1. ETUDES PREALABLES

Méthodologie employée

Le projet de recharge sédimentaire en moyenne et basse Durance présente un important caractère expérimental et exploratoire, tant pour le choix des sites et la méthodologie de mise en œuvre que pour l'évaluation du projet à moyen terme.

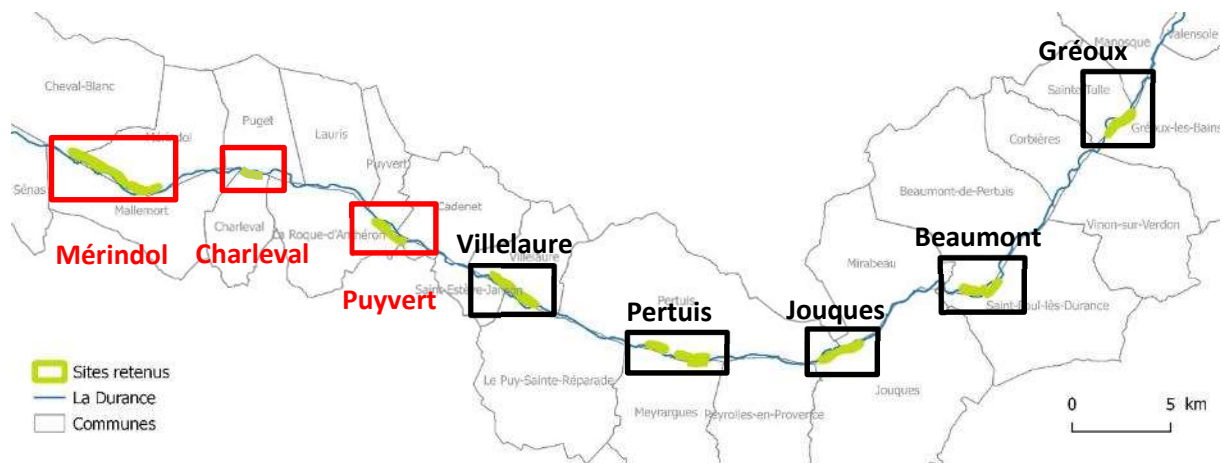
Après une analyse bibliographique sur les expériences de recharges sédimentaires en France et à l'international, la méthodologie générale des études préalables a consisté à inventorier l'ensemble des sites potentiels en moyenne et basse Durance, à évaluer l'intérêt morphologique et les enjeux opérationnels pour chaque site, puis à identifier les enjeux écologiques présents sur les sites favorables, au regard des interventions de recharge sédimentaire.

Les sites jugés favorables sont ceux qui présentent à la fois les meilleures potentialités écomorphologiques et opérationnelles, mais également les moindres impacts écologiques des interventions de travaux. Au final, huit secteurs ont été retenus avec une priorité donnée aux trois sites suivants : Gontard-Puyvert, Charleval et Mallemort-Mérindol. Les sites jugés moins prioritaires ne sont pas exclus définitivement et pourront être mis en œuvre dans le cadre de prochaines programmations.

L'ensemble de ces analyses ont fait l'objet d'un rapport d'étude dédié, validé par le comité de pilotage rassemblant l'ensemble des partenaires techniques et financiers.

Trois sites pilotes retenus pour réaliser les premières tranches de travaux

Parmi les huit secteurs favorables, trois sites ont été priorisés pour y réaliser les premières opérations de travaux : 1) Gontard-Puyvert, 2) Charleval et 3) Mallemort-Mérindol.



Sites favorables de recharge sédimentaire (en rouge, les trois sites pilotes retenus)

Les raisons de cette priorisation sont les suivantes :

- ✓ Secteurs en déficit sédimentaire formant des espaces de fort dysfonctionnement écomorphologique (train de macro-méandres à Puyvert et Charleval, incision forte et rapide en aval des restitutions à Mallemort) ;
- ✓ Gisements importants de matériaux sur des bancs perchés dans le lit mineur, non repris lors des dernières crues décennales ;
- ✓ Matériaux disponibles dans des secteurs déjà essartés, permettant d'éviter tout déboisement ;
- ✓ Trois sites en série permettant d'envisager une continuité de la restauration écomorphologique sur un linéaire d'une vingtaine de kilomètres ;
- ✓ Dysfonctionnements situés au droit d'enjeux locaux (habitations, agricoles) favorisant l'acceptation locale par les riverains et élus.

2.2. ETUDES MORPHOLOGIQUES SPECIFIQUES

Ces études ont eu pour objectif principal de définir, pour chaque site, les spécificités de mise en œuvre de la recharge sédimentaire au regard des évolutions et des caractéristiques morphologiques locales, ainsi que d'évaluer les impacts hydrauliques associés et le devenir des matériaux rechargés.

Pour les sites de Puyvert et Charleval, il a été retenu de recharger directement dans le bras vif, un volume d'environ 100 000 m³ de matériaux alluviaux, prélevés sur des bancs perchés à proximité, peu ou pas mobilisés lors des crues décennales.

2.3. ETUDES D'AVANT-PROJET

Les conditions et modalités précises de mise en œuvre des travaux de recharge sédimentaire ont été définies en phase d'avant-projet, dans l'optique d'éviter et réduire les impacts des travaux sur les milieux.

Les calendriers de réalisation des travaux pour les sites de Puyvert et Charleval sont synchronisés sur la même période : **à l'étiage estival 2021**, sur une période s'étalant d'août (après la fin de la période sensible de reproduction) à **début octobre** (avant le démarrage de la période hydrologique active).

Annexe 8 : Compléments de réponses au volet 5

Table des matières

1.	INVENTAIRES DES ZONAGES REGLEMENTAIRES	57
1.1.	INVENTAIRES DES ESPACES REGLEMENTAIREMENT PROTEGES	57
1.2.	INVENTAIRES DES ESPACES REMARQUABLES.....	59
1.3.	INVENTAIRE DES ZONES HUMIDES.....	62
1.4.	PLACE DU SITE DANS LA TRAME VERTE ET BLEUE	62
2.	POTENTIALITES ECOLOGIQUES	63
2.1.	CONFORTEMENT DES VIEUX BOISEMENTS	64
2.2.	CONFORTEMENT DES CONTINUITES ECOLOGIQUES BOISEES	65
2.3.	MAINTIEN DES ESPECES A ENJEUX PEU RESILIENTES	65

1. Inventaires des zonages réglementaires

L'inventaire des zonages naturels permet de vérifier que le projet concourt bien aux objectifs ayant conduit à leur classement.

1.1. INVENTAIRES DES ESPACES RÉGLEMENTAIREMENT PROTÉGÉS

ZPS FR9312003 La Durance

Fréquentée par plus de 260 espèces d'oiseaux, la vallée de la Durance est certainement l'un des sites de France où la diversité avifaunistique est la plus grande. La plupart des espèces françaises (à l'exception de celles inféodées aux rivages marins ou aux étages montagnards) peut y être rencontrée. La Durance est régulièrement fréquentée par plus de 60 espèces d'intérêt communautaire, ce qui en fait un site d'importance majeure au sein du réseau NATURA 2000.

Le site présente un intérêt particulier pour la conservation de certaines espèces d'intérêt communautaire, telles que le Blongios nain, le Milan noir, l'Alouette calandre et l'Outarde canepetière.

Les ripisylves, largement représentées, accueillent plusieurs colonies mixtes de hérons arboricoles (Aigrette garzette, Bihoreau gris, Héron garde-boeufs...). Les roselières se développant en marge des plans d'eau accueillent de nombreuses espèces paludicoles (Héron pourpré, Butor étoilé, Blongios nain, Marouette ponctuée, Lusciniole à moustaches, Rémiz penduline...). Les bancs de galets et berges meubles sont fréquentés par la Sterne pierregarin, le Petit Gravelot, le Guêpier d'Europe et le Martin-pêcheur d'Europe.

Les zones agricoles riveraines constituent des espaces ouverts propices à diverses espèces patrimoniales (Alouette lulu, Pipit rousseline, Pie-grièche écorcheur, etc.) et sont régulièrement fréquentées par les grands rapaces (Percnoptère d'Égypte, Circaète Jean-le-Blanc, Aigle de Bonelli, Aigle royal, Grand-duc d'Europe, Faucon pèlerin) nichant dans les massifs alentour (Luberon, Verdon, Alpilles, Lure ...).

La vallée de la Durance constitue un important couloir de migration. Ses zones humides accueillent de nombreux oiseaux hivernants (canards, foulques...) et migrants aux passages printanier et automnal.

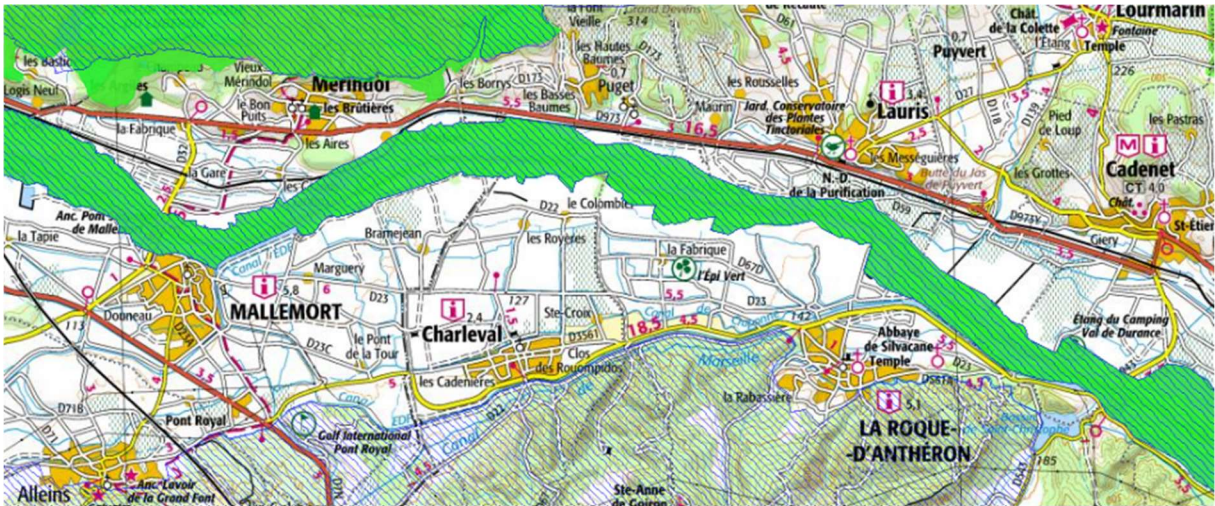
ZSC FR9301589 La Durance

La Durance constitue un bel exemple de système fluvial méditerranéen, présentant une imbrication de milieux naturels plus ou moins humides et liés à la dynamique du cours d'eau.

Le site présente un intérêt particulier puisqu'il concentre, sur un espace réduit, de nombreux habitats naturels d'intérêt communautaire à la fois marqués par les influences méditerranéenne et montagnarde.

La Durance assure un rôle fonctionnel important pour la faune et la flore : fonction de corridor (déplacement des espèces, tels que certains poissons migrateurs, chiroptères, insectes...), fonction de diversification (mélange d'espèces montagnardes et méditerranéennes) et fonction de refuge (milieux naturels relictuels permettant la survie de nombreuses espèces).

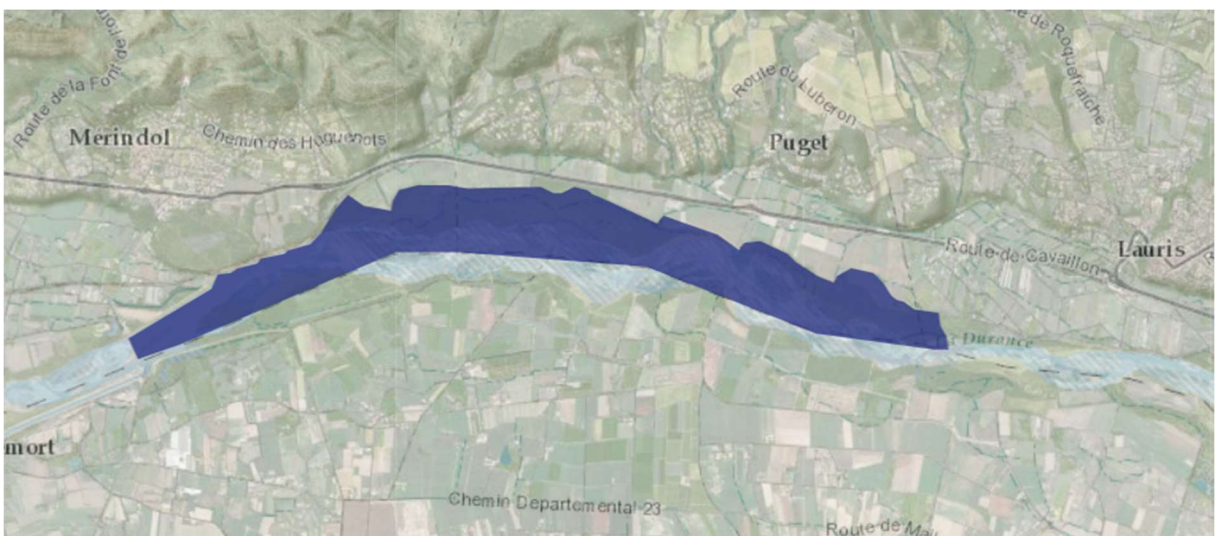
Concernant la faune, la Durance présente un intérêt particulier pour la conservation de diverses espèces de chauves-souris et de l'Apron du Rhône, poisson fortement menacé de disparition.



Extrait Site N2000 La Durance (ZPS et ZSC)

Arrêté Préfectoral de biotope FR3800161 Lit de la Durance, lieu-dit Restegat

Seul le site de Charleval est concerné par un APPB qui prévoit de favoriser le rôle biologique des milieux naturels. Ainsi, le projet de restauration hydromorphologique de ce tronçon s'intègre bien dans cet objectif, et ne nécessite pas de faire formellement l'objet d'une présentation pour avis au Conseil Scientifique du SMAVD.



APPB Lit de la Durance, lieu-dit Restegat

1.2. INVENTAIRES DES ESPACES REMARQUABLES

ZNIEFF I (930012395) : La basse Durance, de la Roque hauturière au barrage de Mallemort

Entre la Roque Hauturière en amont, et le barrage de Mallemort en aval, la Durance devient de plus en plus méditerranéenne. La ripisylve à peupliers blanc et noir, frêne oxyphylle, aulnes et saules blancs, remarquablement bien développée, s'enrichit par place de chênes, noyers et merisiers. Elle apparaît luxuriante au niveau des Borrys. Dans ces boisements, des milieux plus ouverts arrivent à se maintenir avec genévriers et pin d'Alep. Ils abritent encore de petites dunes fluviatiles fossiles (Isclès Saint Marcellin, en bordure du cours). Mais cet espace se caractérise également par un important enchevêtrement de lînes et de mares comportant une végétation remarquable de marais et de roselières. Celle-ci est particulièrement bien développée en queue du barrage de Mallemort. En amont, les plages de galets s'avancent vers le lit central et sont propices au développement d'une saulaie pionnière. À proximité du barrage de Mallemort et tout près du petit Luberon, le contact entre les formations caducifoliées de la vallée de la Durance, et les formations sempervirentes à chêne kermès et à pin d'Alep de la Romane/les Martines à Mérindol est brutal et saisissant.

ZNIEFF II (930020485) : La Basse Durance

La Durance, rivière longue de plus de 300 kilomètres, prend sa source au col du Montgenèvre, à l'est de Briançon, à 2 300 m d'altitude et se jette dans le Rhône à la hauteur d'Avignon, à 13 m d'altitude. Cours d'eau le plus important de la région méditerranéenne française, il est provençal sur environ 100 km. Entre l'usine électrique de Beaumont de Pertuis et les Rochers Rouges, l'apport du Verdon en fait encore une rivière à très fortes affinités montagnardes. En revanche, à l'aval du défilé de Mirabeau, ces influences, bien que toujours présentes, se réduisent et l'élément méditerranéen y prend de plus en plus d'importance. C'est d'ailleurs à ce niveau-là que le tracé de son cours s'infléchit pour prendre une orientation nettement est ouest.

La Durance, rivière en tresse de type alpin, possède un régime torrentiel excessif avec un débit de 35 m³/s en période d'étiage contre 5 000 à 6 000 m³/s lors des plus fortes crues. Elle avait autrefois un lit large parfois de plus d'un kilomètre, dans lequel elle déplaçait régulièrement son cours, déterminant des lînes et isolant des isclès, zones caillouteuses ou sableuses régulièrement inondées. Les berges fluctuaient, colonisées plus ou moins rapidement par la végétation. Les torrents et les ruisseaux se jetant dans la Durance, créaient un réseau de canaux et de fossés s'ajoutant encore à la diversité des milieux aquatiques.

Extrêmement redoutées, ses crues soudaines et violentes, représentaient néanmoins une source de richesse d'une part pour la pêche et la chasse, grâce à la quantité de poissons et de gibiers qu'elles engendraient et d'autre part, pour l'agriculture, par les limons qu'elles charriaient et qui, venant des Alpes, fertilisaient les basses terres.

Elle a pendant des siècles constitué un danger pour l'homme et ses biens. Et certains auteurs, parmi

les plus célèbres, en ont parlé en des propos peu amènes. Déjà, à l'époque romaine, Pline la méprisait beaucoup : « La Durance inconstante, sans borne, sans lit et sans retenue » ! Et beaucoup plus tard, F. Mistral ne lui était guère plus favorable : « Le mistral, le Parlement et la Durance sont les trois fléaux de la Provence. »

Mais depuis, la terrible Durance aux crues dévastatrices a fait l'objet d'un ensemble d'aménagements, commencés dès le XVI^e siècle, poursuivis au XIX^e siècle avec l'avènement du chemin de fer et achevés au XX^e par la construction d'infrastructures hydroélectriques (la construction du premier barrage de Serre Ponçon date de 1959 suivie plus tard par celle de 7 autres barrages) et d'un réseau dense de canaux artificiels à des fins agricoles et industrielles. D'autres agressions ont eu lieu dans son lit même, où les terres agricoles ont peu à peu grignoté les espaces naturels inondables. D'importants travaux d'endiguements ont eu pour conséquence l'assèchement des zones marécageuses et le défrichement des iscles. Le développement du tourisme et l'emprise de nouvelles voies de communication ont également provoqué de profondes perturbations dans le fonctionnement écologique de cette rivière. Enfin l'exploitation de gravières gagne sur la forêt riveraine et induit une pression importante en agissant sur la hauteur de la nappe phréatique. Aussi, la majeure partie des milieux naturels originels a disparu.

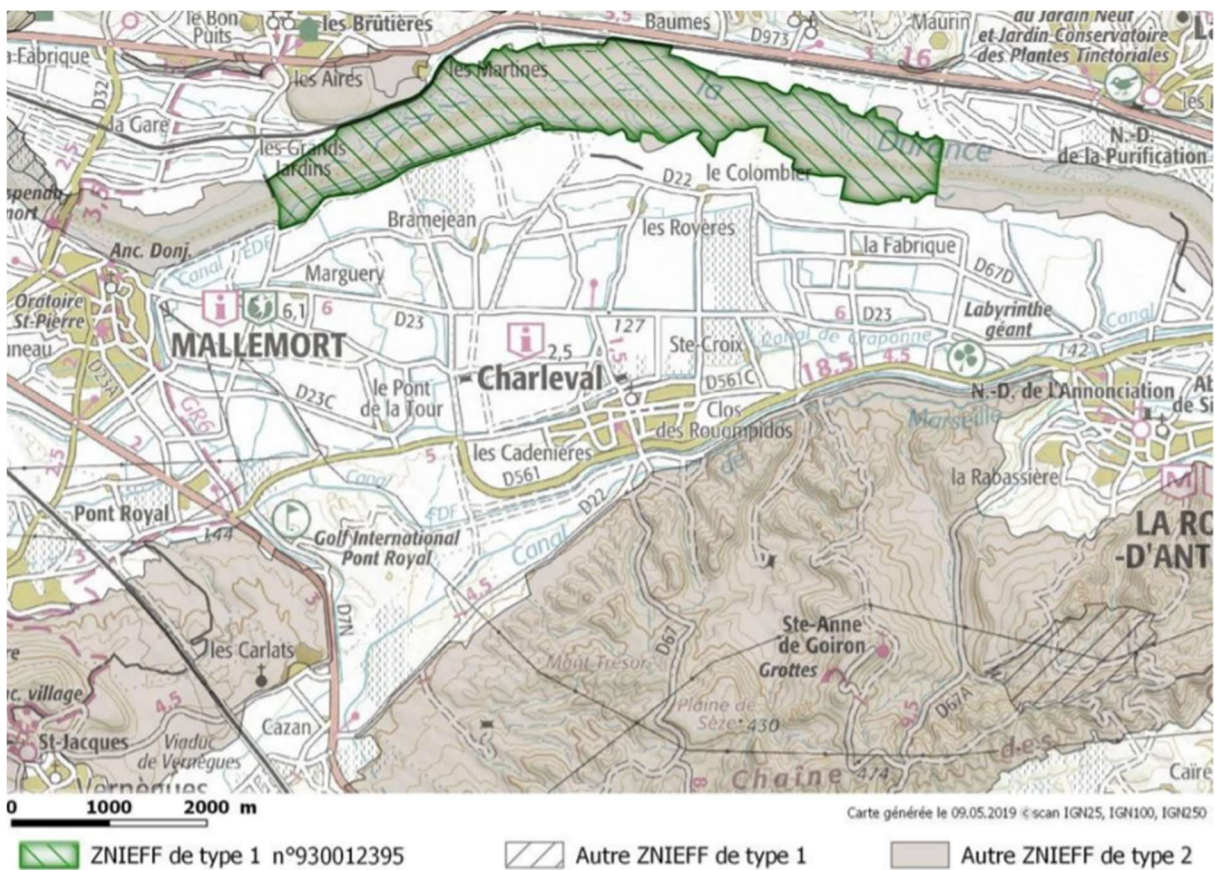
Mais malgré tous ces bouleversements, l'espace durancien offre toujours une très grande biodiversité de biotopes et d'espèces et constitue une zone d'intérêt considérable sur le plan écologique.

Cette biodiversité s'inscrit dans une structuration transversale de la végétation qui s'organise selon un gradient hydrique décroissant entre les eaux plus superficielles du lit mineur et le système hydrique des nappes souterraines du lit majeur. C'est ainsi que l'espace durancien permet d'individualiser :

- ✓ des groupements aquatiques d'eaux courantes ou stagnantes (lônes, mares, étangs, etc.) qui offrent une grande diversité spécifique d'hydrophytes. Ces peuplements s'étendent à l'ensemble de la Durance. Ils se développent généralement à la pointe amont des bancs de sable et des iscles issus de la division du cours d'eau ;
- ✓ des groupements à héliophytes. Ce sont des milieux très fertiles qui permettent une croissance rapide de la végétation. Ce type de formation est observé en de nombreux points tout le long de la basse Durance ;
- ✓ des groupements pionniers terrestres qui comportent des groupements herbacés, arbustifs et arborescents. Les groupements herbacés colonisent le lit moyen, étendue de galets et de sable généralement surélevée par rapport au cours d'eau et donc sèche. Ils sont constitués de plantes annuelles et bisannuelles, aux racines puissantes qui permettent la fixation du sol. Les groupements pionniers arbustifs sont étroitement associés aux précédents car ils colonisent les sols limoneux ou sableux parsemés de galets et consolidés par les groupements herbacés. Il s'agit de saussaies basses à saule pourpre, à saule drapé et à saule à trois étamines auxquelles s'ajoutent de jeunes pousses de peuplier noir. Ces saussaies se rencontrent tout au long du cours d'eau en bandes étroites le long des berges ou en taches disséminées. La zone

d'atterrissement du bassin de Mallemort héberge, sur des substrats très fins (limono argileux) des groupements à saule cendré et à saule blanc venant enrichir la biodiversité de la Durance. Exerçant un rôle majeur dans la fixation des berges, ces groupements possèdent une qualité biologique intéressante. Le lit majeur est le domaine de la forêt riveraine, essentiellement pionnière à peuplier noir et peuplier blanc. Si la succession des crues ne permet pas à des stades matures de s'installer durablement, des éléments de cette forêt existent néanmoins, dans les sites les plus protégés avec aulne blanc, frêne oxyphylle et parfois même chêne pubescent. Le platane semble s'y installer et constitue, localement, des peuplements significatifs. Sur le cours aval, au fur et à mesure que l'on se rapproche de l'embouchure, la ripisylve évolue vers une formation plus thermophile dans laquelle le tamarix apparaît ;

- ✓ des groupements herbacés caractéristiques des « dunes fluviales fossiles », les iscles à Canne de Ravenne. Ils sont situés en retrait des autres formations, et dominant de un à deux mètres les plages de galets et de sable du lit central. Ils s'étendent sur pratiquement l'ensemble du cours de la basse Durance, mais ils sont très rares sur les rives des autres systèmes fluviaux méditerranéens.



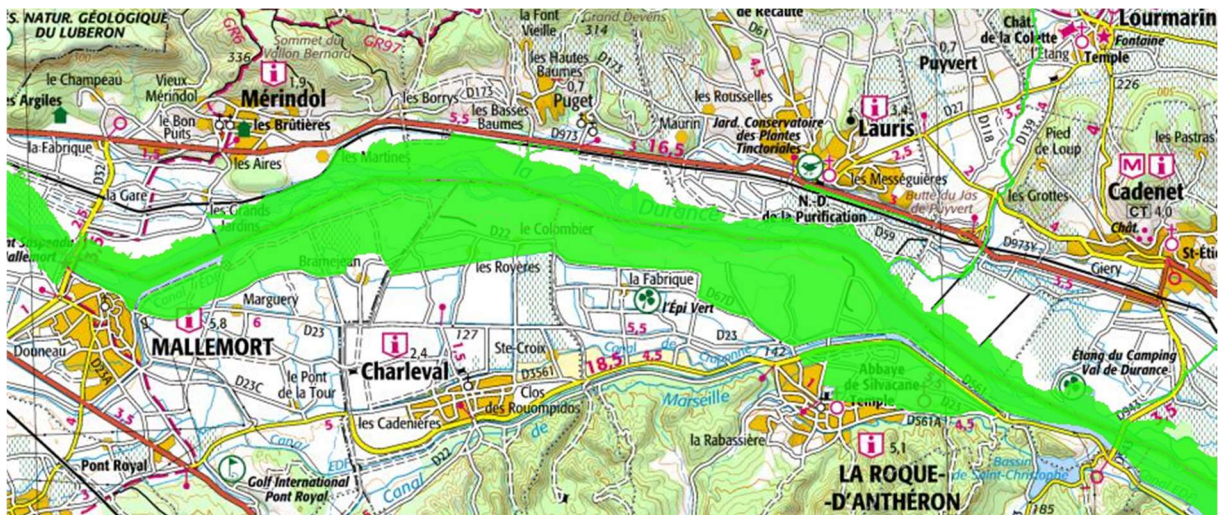
ZNIEFF Type I et II

1.3. INVENTAIRE DES ZONES HUMIDES

L'inventaire des zones humides réalisé par le Conservatoire d'espaces naturels de Provence-Alpes-Côte d'Azur recense, caractérise et cartographie les zones humides en répondant aux critères actuels de définition et de délimitation des zones humides (arrêté ministériel du 24 juin 2008 modifié le 1er octobre 2009 et la méthodologie Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse), afin de mieux connaître la localisation, le fonctionnement et le rôle des zones humides. Naturellement, la Durance et ses marges font parties de cet inventaire décliné par département.

Vaucluse : La Durance Vauclusienne (84CEN0296)

Bouches-du-Rhône : Basse Durance du plan d'eau de la Roque d'Anthéron au barrage de Mallemort (13TDV067)



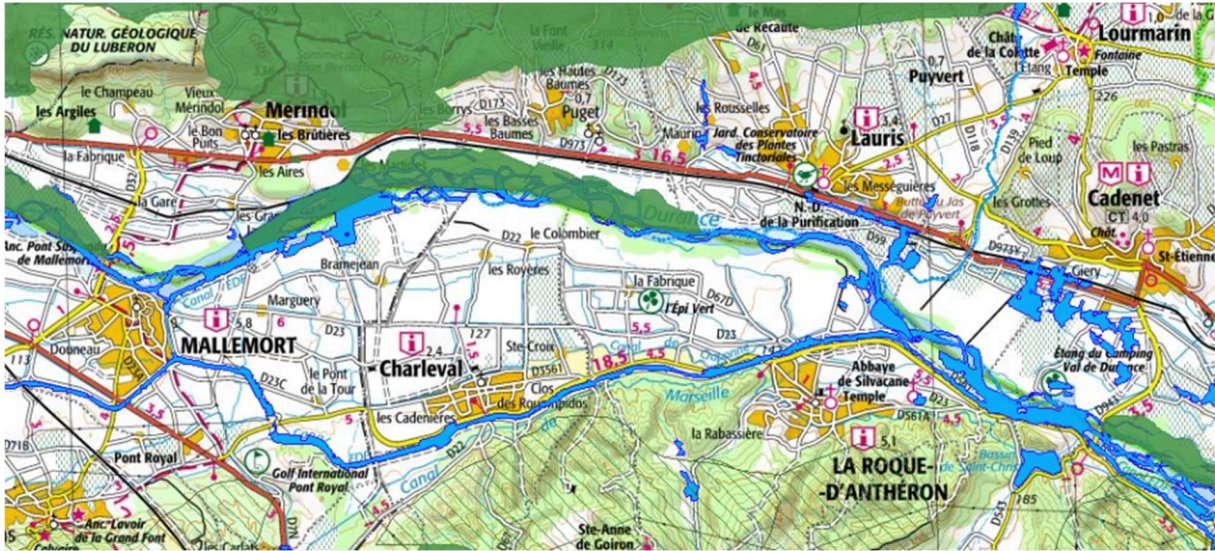
Inventaire des Zones Humides

1.4. PLACE DU SITE DANS LA TRAME VERTE ET BLEUE

Le Schéma Régional de Cohérence Écologique (SRCE) constitue l'outil régional de la mise en œuvre de la trame verte et bleue dont l'objectif est de préserver et restaurer les continuités écologiques et paysagères nécessaires au bon état de la biodiversité.

Le « Schéma Régional de Cohérence Écologique » (ou SRCE) est en France un nouveau schéma d'aménagement du territoire et de protection de certaines ressources naturelles (biodiversité, réseau écologique, habitats naturels) et visant le bon état écologique de l'eau imposé par la directive cadre sur l'eau. Il constitue l'outil régional de la mise en œuvre de la Trame Verte et Bleue.

Le SRCE PACA a été arrêté par le préfet de Région le 26 novembre 2014. Ce dernier identifie plusieurs éléments de continuités écologiques sur l'aire d'étude.



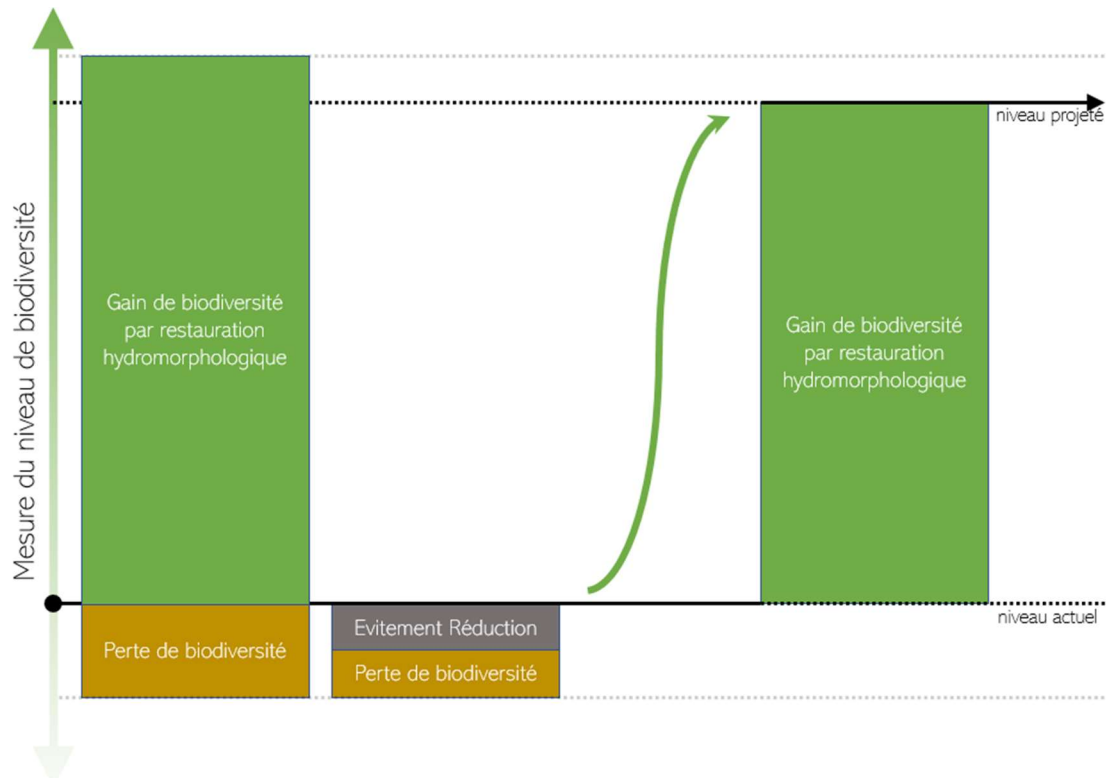
Réservoirs de Biodiversité SRCE et Cours d'eau SRCE

2. Potentialités écologiques

Même si les bénéfices écologiques attendus de la recharge sédimentaire sont élevés, ceux-ci ne doivent pas occulter d'autres enjeux de biodiversité moins dépendants de l'hydrosystème Duranc pour leur conservation à large échelle.

La première analyse réalisée dans le Document d'Objectif Natura 2000 a déjà mis en lumière le risque d'impact à court terme sur certains milieux et espèces. Tout travaux de restauration écologique est en effet susceptible d'engendrer des impacts qu'il convient d'éviter ou de réduire afin de maintenir une forte plus-value écologique des travaux de restauration par rapport aux objectifs fixés.

Les gains attendus en termes de biodiversité sont néanmoins sans commune mesure avec les pertes possibles de biodiversité (Cf figure suivante).



Plus-value écologique du projet de restauration après mesures d'évitement et de réduction

Pour conforter l'ambition écologique du projet, il nous semble important de réussir à concilier ces enjeux parfois contradictoires. Tel est l'objectif de cette expertise qui a permis d'abandonner complètement certains sites à trop fort enjeu de biodiversité avant d'aboutir au choix des sites de Puyvert et Charleval.

L'expertise s'est basée sur trois règles :

- ✓ Confortement des vieux boisements ;
- ✓ Confortement des continuités écologiques (une largeur de 30 mètres de linéaire boisé) ;
- ✓ Maintien des espèces à enjeux peu résilientes.

2.1. CONFORTEMENT DES VIEUX BOISEMENTS

L'étude RIPIMED (Buono, 2019) a confirmé l'intérêt des boisements âgés par rapport aux boisements jeunes pour les chauves-souris comme beaucoup d'études l'ont déjà démontré sur d'autres compartiments biologiques par le passé.

Aucun déboisement n'étant prévu sur les deux sites concernés, ces boisements anciens seront donc conservés.

2.2. CONFORTEMENT DES CONTINUITES ECOLOGIQUES BOISEES

Les continuités boisées le long de l'axe Durance sont essentielles pour la circulation de nombreuses espèces, d'autant plus en plaine méditerranéenne où les ripisylves sont souvent les derniers éléments linéaires structurant le paysage. L'homme a réalisé de nombreuses conquêtes agricoles ou urbaines sur la ripisylve impactant cette continuité boisée. Dès quelques dizaines de mètres de coupures, la continuité n'est plus assurée pour certaines espèces de chiroptères. L'étude RIPIMED a également montré corrélation entre l'activité des chiroptères et la largeur du cordon boisé avec un décrochement fort autour de 30 mètres.

Aucun déboisement n'étant prévu sur les deux sites concernés, la continuité boisée sera maintenue. Le SMAVD porte par ailleurs un autre projet de restauration écologique dans le cadre de l'appel à projet lancé par la Région et qui prévoit de conforter la continuité boisée le long de la Durance. Des plantations pourront être prévues à terme.

2.3. MAINTIEN DES ESPECES A ENJEUX PEU RESILIENTES

Comme rappelé précédemment, ce projet de recharge sédimentaire est un choix de gestion assumé vers les espèces de rivières dynamiques. Comme tout travaux de restauration écologique, les choix de gestion entraînent l'apparition ou la réapparition d'habitats d'espèces au détriment de ceux ayant pu évoluer dans un contexte dégradé. Certaines espèces parfois menacées peuvent persister.

Sans vouloir remettre en cause ce choix de gestion, nous avons souhaité avoir une approche très fonctionnelle des habitats d'espèces tout en mettant en lumière des potentiels impacts sur certaines espèces à enjeux. Pour estimer ces impacts potentiels, nous avons considéré ces travaux de restauration écologique comme des impacts temporaires sur les milieux et espèces. En effet, nous sommes partis du principe que les milieux restaurés rentreront à nouveau dans les séries de végétations dynamiques au gré des crues de la Durance à qui ils seront rendus.

Néanmoins, il nous a semblé important de vérifier la présence de certaines espèces patrimoniales qui pourront orienter certaines modalités de restauration. A l'échelle du site étudié, les impacts sur les habitats et espèces patrimoniales devront être non significatif une fois les travaux réalisés et les sites cicatrisés. Au-delà de l'aspect réglementaire, les espèces et habitats non protégés mais patrimoniaux et en situation particulièrement précaire où chaque unité (individu d'espèce ou surface d'habitat) compte pour leur conservation seront éviter (*Typha minima*, *Corispermum gallicum*...). Pour d'autres (*Erianthus ravennae*...), c'est bien à l'échelle du site restauré avec une vision fonctionnelle que la plus-value écologique devra être jugée.

La base de données consolidée lors de l'élaboration des bilans du patrimoine naturel durancien a pu être analysée afin de mettre en lumière ces enjeux écologiques. Cette base de données rassemble près de 300000 données brutes. Elle est issue d'une consolidation de la base SILENE, FaunePACA, du GCP et d'une bancarisation des données poissons.

Afin de produire une cartographie des enjeux et accompagner le dire d'expert, plusieurs filtres ont été réalisés, d'abord de manière automatique afin de ne retenir que les espèces à enjeux, puis en supprimant des espèces à dire d'expert en fonction de leurs traits de vie. Par exemple, les données d'espèces en migration active n'ont pas été retenues. Aussi, certaines espèces jugées résilientes par rapport à une perturbation temporaire (crues, travaux...) n'ont pas été non plus retenues.

Premier filtre sur les espèces retenues :

- Les données d'espèces postérieur à 2000 ;
- Les données d'espèces classées au moins EN ou CR sur une des listes rouges UICN publiées (régionale, nationale, européenne ou mondiale) ;
- Les données d'espèces jugées d'enjeux fort à majeur en Durance (SMAVD, 2017) ;
- Les données d'espèces végétales à enjeux de conservation fort à très fort en PACA (CBN, 2017) ;
- Les données d'espèces prioritaires pour les actions nationales de conservation (score ≥ 6) (MNHN, 2015).

Second filtre à dire d'expert sur les espèces patrimoniales non retenues :

- Les données d'espèces patrimoniales manifestement en migration, en halte migratoire ou en stationnement (non reproducteur en milieu naturel en Durance) : Plongeurs, Harles, Grèbe à cou noir, Grand Cormoran, Ardéidés (sauf Butor, Blongios et colonies connues), Cigognes, Spatule blanche, Ibis falcinelle, Flamand rose, Oie cendrée, Macreuses, Grue cendrée, Rapaces non reproducteurs, Limicoles non nicheurs, Glaréole, Laridés (sauf colonies de Sterne pierregarin connues), Crave à bec rouge, Tarier des prés, Tichodrome, Grive mauvis, Hirondelle rousseline, Locustelle lusciniöïde, Rousserole verderolle, Phragmite aquatique, Pie-grièche grise...
- Les données d'espèces patrimoniales résilientes pour qui le projet de recharge va assurément profiter : Petit gravelot, Chevalier guignette, Hirondelle de rivage (sauf colonies connues), Bruant des roseaux, Tetrix tuerki, Xya variegata...
- Les anatidés et apparentés (Grèbes, Nette rousse, Canards) nicheurs en gravières annexes ainsi que ceux en stationnement
- Les données de chauves-souris en chasse (les colonies sont à considérer mais aucune n'est connue dans le lit ou ses marges boisées)
- Les données poissons qui seront traitées dans un paragraphe spécifique.

Il est à noter que certaines observations issues des bases de données ne sont pas toujours renseignées avec précision sur leur localisation sans qu'il soit toujours possibles de déceler ce biais (notamment par rapport à l'écologie du taxon). S'agissant d'un pré-diagnostic, ces informations restent intéressantes car renseignent sur les potentialités du site. C'est bien le diagnostic écologique complémentaire prévu au printemps 2021 qui permettra d'identifier précisément les enjeux afin de les éviter au maximum. La période d'inventaire choisie juste avant les travaux permettra de bien prendre en compte les enjeux écologiques en s'affranchissant au maximum du caractère dynamique

des espèces et habitats duranciens.

Le tableau ci-dessous présente la liste des espèces à enjeux résiduelles à l'échelle des 49 sites de recharge dans lesquels figurent les sites de Puyvert et Charleval. Nous pouvons considérer que même non mentionnées à ce stade du projet, elles peuvent potentiellement être présentes sur les 2 sites en projet. Un commentaire par espèce sur le statut de l'espèce en Durance, son écologie et quelques éléments sur la sensibilité de l'espèce vis-à-vis du projet. On y trouve des espèces de zones humides qui peuvent subsister dans ou à proximité immédiate des terrasses alluviales considérées, souvent alimentées de manière artificielle par des canaux d'irrigation. Les autres espèces bénéficient d'un état de dégradation des habitats (terrasses de plus en plus sèches) qui correspondent mieux à leur écologie.

Nom vernaculaire	Directive Habitat	Directive Oiseaux	Enjeux duranciens SMAVD 2017	Enjeux flore PACA CBN 2017	Liste Rouge Monde	Liste Rouge Europe	Liste Rouge France	Liste Rouge PACA	Priorisation nationale (6 à 17) SPN 2015	Protection Nationale	Protection Régionale
Campagnol amphibie			Enjeu moyen		VU	VU	NT		6	NM2	
Canne d'Italie			Enjeu fort	Enjeu fort			LC				
Castor d'Eurasie	CDH2		Enjeu fort		LC	LC	LC			NM2	
Laîche des rives				Enjeu fort	LC	LC	LC				
Loutre d'Europe	CDH2		Enjeu majeur		NT	NT	LC			NM2	
Moineau friquet			Enjeu moyen		LC	LC	EN	VU	6	NO3	
Scabieuse simple			Enjeu faible	Enjeu fort			NT		4		

Liste des espèces à enjeux résiduelles à l'échelle de 49 sites, potentiellement présentes sur les sites de Puyvert et Charleval

Aussi, il faut rappeler que les sites de recharge se situent dans le chenal d'essartement. Ces sites sont alors impactés par des travaux d'arrachage d'arbustes tous les 3 à 4 ans. La campagne d'essartement suivant les travaux sera alors repoussée.

Le Campagnol amphibie est une espèce liée aux zones rivulaires humides riches en végétation herbacée. Il est sans doute sous prospecté étant donné sa discrétion. De par son écologie, il est absent des bords de la Durance en gravier cru sans végétation. Il nous semble envisageable d'éviter les zones de présence éventuellement découvertes lors des inventaires préalables.

La Canne d'Italie, même si elle n'est pas réglementairement protégée, est sans doute l'espèce à enjeux la plus problématique car la plus répandue sur les terrasses retenues. En effet, elle y trouve des conditions tout à fait favorables. La plante occupe principalement le bord de dépressions humides et les substrats sablonneux drainants à proximité de rivières (bancs de sables et pelouses sablonneuses). L'incision du lit et la déconnexion des terrasses l'ont sans doute favorisée ces dernières décennies. L'espèce apparaît globalement peu menacée (PIRES, 2018). Même si certaines stations seront sans doute évitables, il apparaît peu probable de pouvoir toutes les éviter. Vu sa répartition en Durance, notamment sur des bancs exondés du lit vif, l'impact nous paraît relatif par rapport au gain écologique global du projet.

Le Castor d'Eurasie est une espèce patrimoniale renforcée par sa forte popularité. Protégé localement en 1909 puis intégralement en 1976, il initie alors une recolonisation de la Durance depuis la basse vallée du Rhône où subsistent quelques dizaines d'individus. Au début des années 2000, il a recolonisé

l'ensemble du linéaire jusqu'au barrage de Serre-Ponçon. Les milieux restaurés devraient lui être plus favorables par la présence d'habitats mieux connectés avec la nappe et donc plus propices aux développements des Salicacées qui constituent l'essentiel de son alimentation. Compte tenu des habitats en place très peu végétalisés, il apparaît peu probable la présence du Castor en forte concentration sur les sites. L'évitement systématique des terriers sera effectué au regard des résultats d'inventaire.

La Laïche des rives une plante des bords des eaux. Elle est largement répandue en France bien que plus rare en région PACA. Elle n'est inscrite sur aucune liste rouge mais est considérée comme enjeu fort de conservation en PACA par les conservatoires botaniques. L'ensemble des stations éventuellement découvertes pendant les inventaires préalables pourront être évitées.

La Loutre d'Europe est présente partout en France jusqu'au début du 20ème siècle. Elle commence à régresser à partir des années 1930. L'espèce est devenue extrêmement rare à partir de 1950-60 en région méditerranéenne, et à la fin du 20ème siècle aucune population ne semble avoir survécu en basse vallée du Rhône et en Provence. A partir de 1985, un phénomène de recolonisation se met en place depuis le Massif central. Elle apparaît en Basse Durance à partir de 2013 et jusque Espinasse en 2017. L'irrégularité des indices de présence montre que la population n'est pas encore bien établie. Vu la configuration des sites d'intervention, il sera assez simple de garantir son absence au droit des travaux.

Le Moineau friquet est une espèce dont les populations ont drastiquement diminué ces dernières décennies. Largement répandu mais rarement abondant, on le trouve dans les zones rurales très diversifiées. Il aime aussi les berges de rivière à condition de trouver des vieux arbres épars pour implanter ses colonies. Les terrasses sèches à végétation épars ponctuées d'arbres sénescents lui sont particulièrement favorables. S'agissant d'un oiseau pouvant se déplacer, l'impact des travaux sur cette espèce sera temporaire sur ses habitats. Elle pourra très vite regagner les lieux restaurés après travaux.

La Scabieuse simple est une plante de pelouses thermophiles arides. Les milieux drainant de certaines terrasses déconnectées de la nappe lui sont donc particulièrement favorables. Non protégée, elle est quasi menacée sur la Liste Rouge France. Elle n'est connue en Durance que d'une terrasse sèche sur Villelaure et de la plaine steppique de l'aérodrome de Vinon. Un programme de renforcement de population, avec récolte de graines, pourra être envisagé assez facilement pour cette plante annuelle si elle venait à être découverte sur les lieux.

Annexe 9 : Compléments de réponses aux volets 6.1 et 6.4

Table des matières

1.	IMPACTS DES AMENAGEMENTS SUR LES ECOULEMENTS A L'ETIAGE	70
2.	IMPACTS DES AMENAGEMENTS SUR LES ECOULEMENTS EN CRUE	70
3.	IMPACTS DES AMENAGEMENTS SUR LES MILIEUX BIOLOGIQUES	75
4.	MESURES D'EVITEMENT ET DE REDUCTION DES IMPACTS EN PHASE CHANTIER	75
4.1.	SUR LE MILIEU PHYSIQUE	75
4.2.	SUR LES MILIEUX BIOLOGIQUES TERRESTRES ET AQUATIQUES	76
4.2.1.	<i>Choix du calendrier d'intervention</i>	77
4.2.2.	<i>Premières mesures d'évitement envisagées.....</i>	77
4.2.3.	<i>Mobilisation d'experts pour la définition des mesures d'évitement</i>	77
4.2.4.	<i>Inventaires écologiques préalables</i>	77
4.2.5.	<i>Comité de suivi environnemental.....</i>	78
4.2.6.	<i>Intégration du suivi des espèces à enjeux dans le protocole de suivis</i>	78

1. Impacts des aménagements sur les écoulements à l'étiage

Sur le site de Puyvert

A l'issue des travaux, le tracé du bras vif ne sera pas modifié. La ligne d'eau sera localement réhaussée au droit de la zone remblayée.

Au droit de la zone remblayée, les écoulements à l'étiage seront principalement concentrés en rive gauche (demi-bras en rive gauche ayant été peu remblayé). Un très léger étalement du bras est possible en rive droite sur le banc amont, du fait de la réhausse de la ligne d'eau d'étiage induite par les travaux.

Plus en aval, en arrivant à proximité de la zone de déblai, l'écoulement se maintiendra dans le chenal d'étiage existant car la cote du déblai (146.25 m NGF) est plus haute d'environ 1 m que la ligne d'eau à l'étiage.

Sur le site de Charleval

A l'issue des travaux, le tracé du bras vif ne sera pas modifié. Il sera localement élargi au droit de la zone remblayée dans l'anse d'érosion du méandre du fait de la mise à plat du lit dans ce secteur.

Afin d'éviter un étalement de la lame d'eau dans ce secteur, préjudiciable aux espèces aquatiques et piscicoles, un chenal d'écoulement préférentiel sera réalisé en fin de chantier au sud de la zone remblayée. D'une longueur de l'ordre de 500 m, il sera constitué d'un profil en V de 10 m de large sur environ 1 m de profondeur, et sera raccordé au chenal d'étiage actuel à chacune de ses extrémités (cf détail dans l'annexe 4, paragraphe 2.3.1.3).

2. Impacts des aménagements sur les écoulements en crue

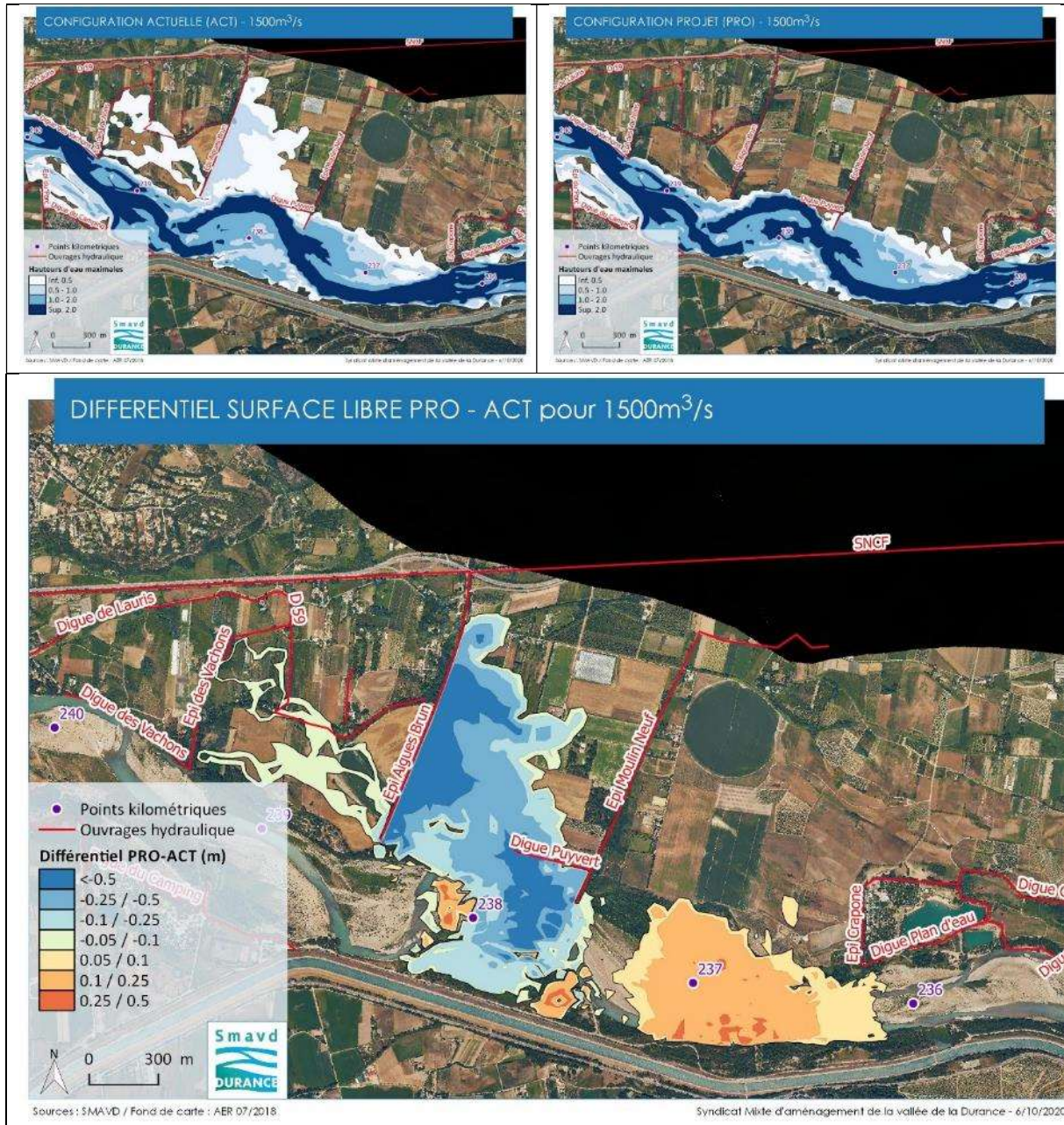
Pour évaluer l'impact hydraulique de la recharge sédimentaire sur l'inondabilité, des simulations de l'état actuel (ACT) et de l'état projet (PRO) ont été réalisées pour des crues comprises entre les occurrences décennale (1500 m³/s) et trentennale (3000 m³/s). Il est considéré pour les occurrences supérieures, que le fond du lit sera trop significativement modifié par rapport à la configuration post-chantier pour que celle-ci continue à être modélisée.

Sur le site de Puyvert

Le modèle utilisé est celui du tronçon Eze-La Roque, dont l'emprise s'étend en longueur sur environ 16,5 km depuis le pont de Pertuis jusqu'à La Roque d'Anthéron.

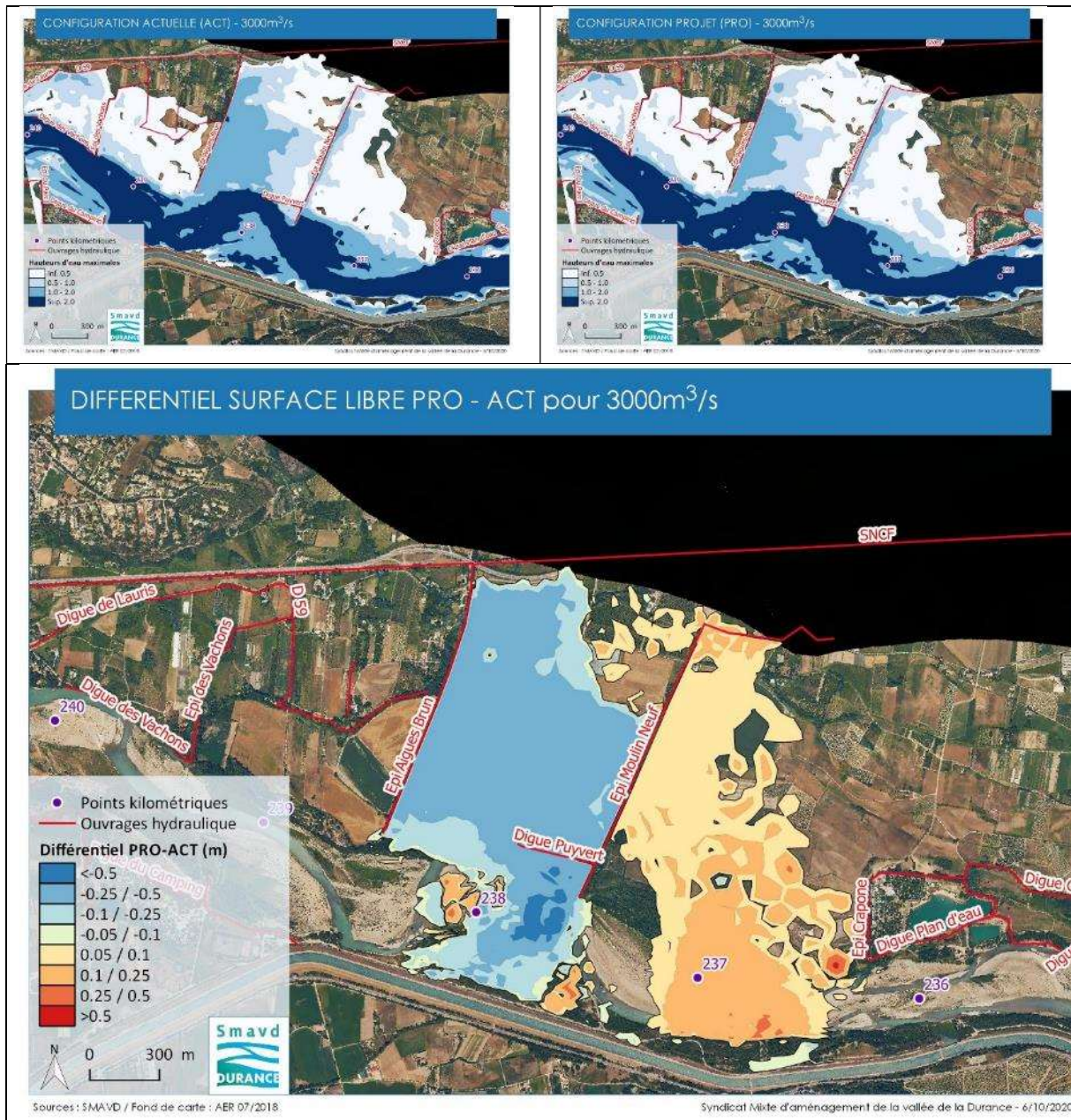
Pour une crue de 1500 m³/s, avec la configuration PRO, les élévations de surface libre (SL) supérieures à 50 cm ne sont quasiment jamais observés en amont, alors qu'en aval, la diminution de la SL de plus de 50 cm est observée sur environ 22 hectares. Cette forte diminution correspond plus précisément à

l'absence d'eau dans le lit majeur avec la configuration PRO, alors qu'avec la configuration ACT une partie des habitations sont inondées. La diminution de la SL induite par le déblai sur le banc aval (Gontard) permet ainsi de réduire significativement l'inondabilité dans l'anse de Puyvert où les premières habitations sont à moins de 100 m de la berge.



Pour une crue de 3000 m³/s, la comparaison avec la configuration ACT indique des écarts maximaux compris entre -50 et +22 cm dans le lit majeur. En amont, les écarts entre ACT et PRO sont majoritairement inférieurs à 10 cm à proximité des habitations, là où les hauteurs d'eau maximales simulées en PRO sont déjà importantes (entre 0,90 et 1,35 m). En aval, la SL dans le lit majeur est beaucoup plus faible dans la configuration PRO, particulièrement le long des digues d'Aigues Brun et de Puyvert où les écarts sont compris entre -30 et -50 cm. Ces observations suggèrent donc un impact très faible du remblai sur l'élévation de la SL en amont et un impact fort sur la diminution de la SL en

aval.

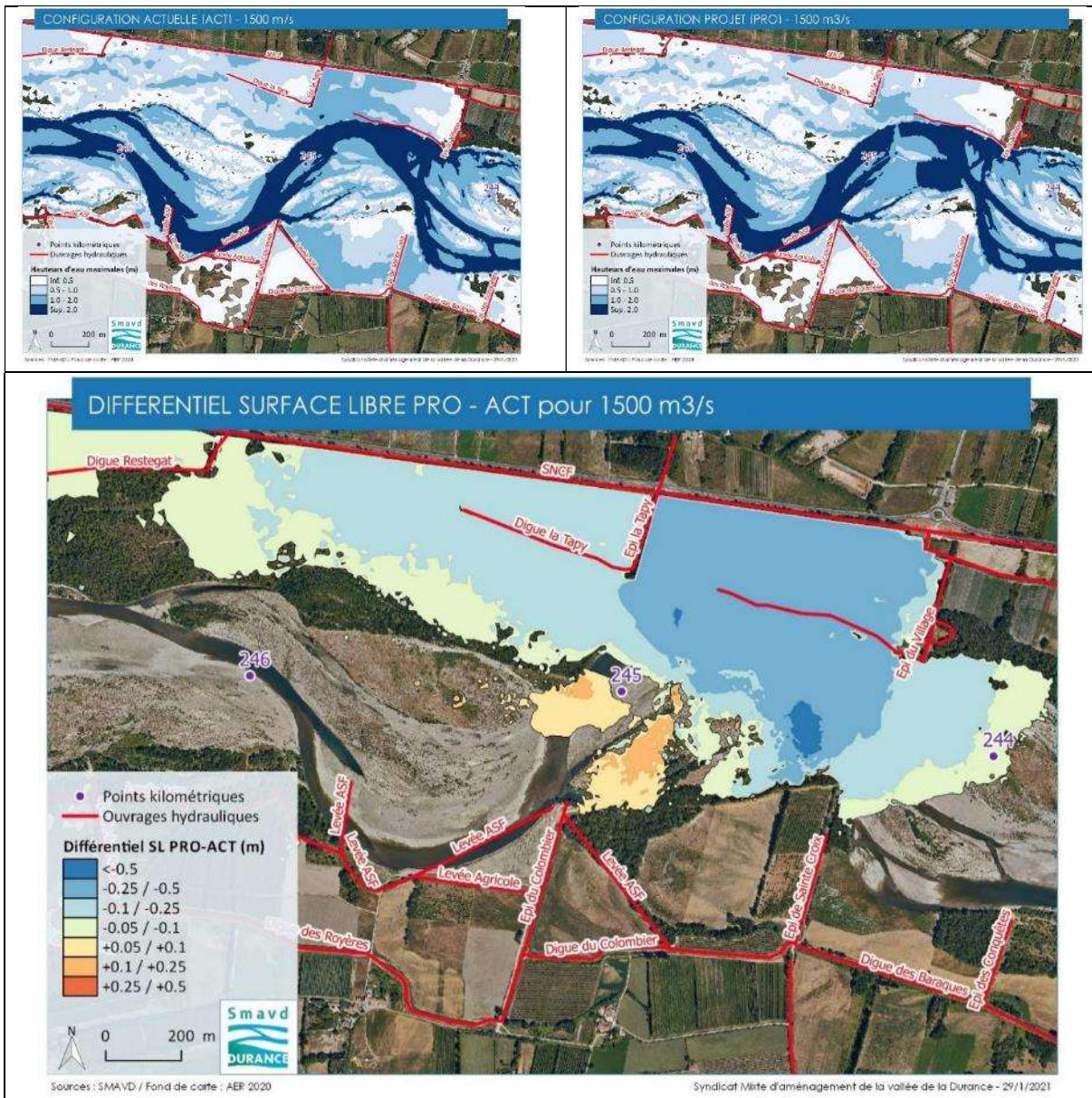


En conclusion sur le site de Puyvert, le projet de recharge sédimentaire est globalement favorable à un meilleur écoulement des crues, avec une réduction des impacts au droit des zones à enjeux.

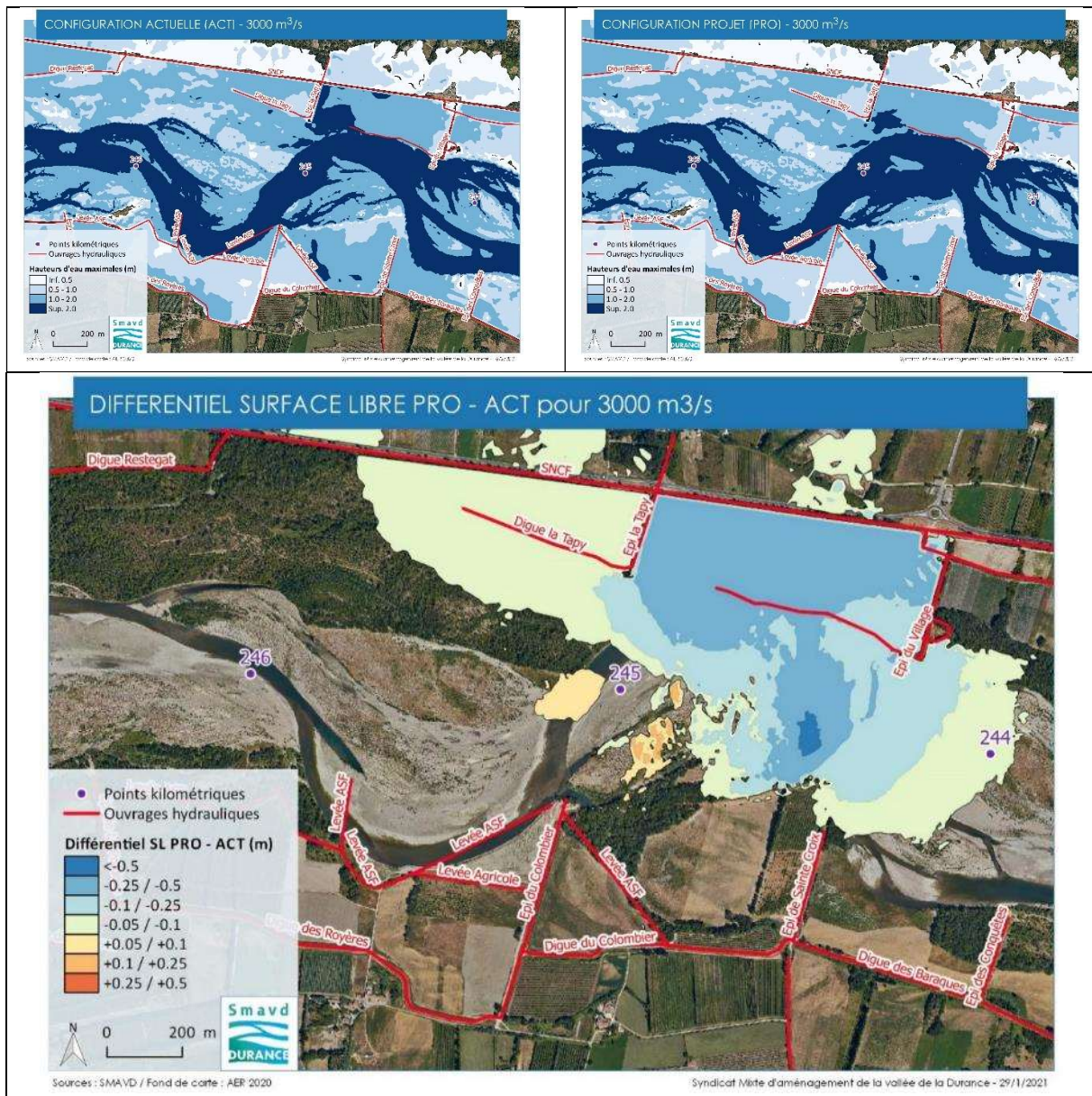
Sur le site de Charleval

Le modèle utilisé est celui de La Roque – Mallemort, dont l’emprise s’étend en longueur sur environ 16,5 km depuis Gontard-Puyvert jusqu’au barrage de Mallemort.

Pour une crue de 1500 m³/s, avec la configuration PRO, la surface libre est réduite en rive droite sur une surface avoisinant 1,17 km². L’abaissement observé varie entre 25 et 50 cm entre les épis du Village et de la Tapy, et entre 10 et 25 cm entre l’épi de la Tapy et la digue du Restegat. En rive gauche, les surfaces et la hauteur des zones inondées sont identiques après travaux.



Pour une crue de 3000 m³/s, avec la configuration projet, la surface libre est réduite sur une surface de 0,83 km². L'abaissement observé varie entre 25 et 50 cm entre les épis du Village et de la Tapy, et entre 5 et 10 cm au-delà de l'épi de la Tapy. En rive gauche, les surfaces et la hauteur des zones inondées sont identiques après travaux. Une élévation de la surface libre est observée uniquement dans la partie aval du banc à proximité de l'épi du Colombier et sur une surface restreinte de 0,07 km², dans une zone sans enjeu.

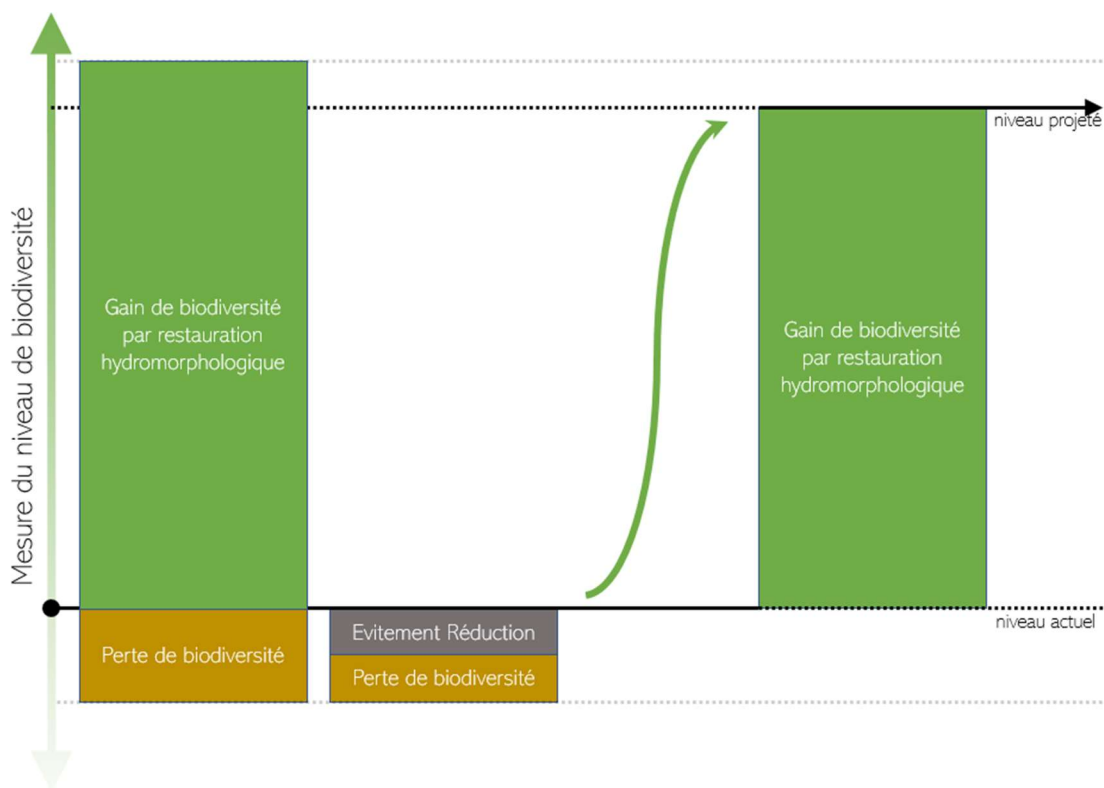


En conclusion sur le site de Charleval, le projet de recharge sédimentaire est très favorable à un meilleur écoulement des crues et une réduction des impacts au droit des zones à enjeu.

3. Impacts des aménagements sur les milieux biologiques

Les bénéfices écologiques attendus du projet de recharge sédimentaire sont élevés dans la mesure où il s'agit d'une opération de restauration hydromorphologique, dont l'ambition est de rendre la Durance la plus fonctionnelle possible, de manière globale et durable.

Les opérations de travaux seront menées dans une logique d'évitement à tout prix des enjeux écologiques présents, elles n'auront donc **pas d'impacts sur les espèces protégées et les espèces patrimoniales à enjeux**. Les éventuels micro-impacts résiduels sur la biodiversité ne seront que temporaires dans le temps et l'espace, et seront sans commune mesure avec les gains attendus de restauration



Plus-value écologique du projet de restauration après mesures d'évitement et de réduction

4. Mesures d'évitement et de réduction des impacts en phase chantier

4.1. SUR LE MILIEU PHYSIQUE

Le projet prévoit les mesures suivantes, en réponse aux risques de crue, de pollution des eaux et des sols et de contamination par des espèces invasives :

Risque crue : les installations de chantier seront situées hors d'eau (zones non inondables, ou sur

plateforme surélevée) ; les entreprises signeront une convention avec EDF visant à être prévenues des débits de la Durance permettant d'organiser l'évacuation du chantier en cas de besoin.

Risque pollution des eaux et des sols : les matériaux rechargés proviendront uniquement du lit mineur, les opérations de terrassement seront réalisées en eaux mortes (sans courant) pour éviter la dispersion des matières en suspension, aucun engin ne circulera en eau, les remisage / ravitaillement / entretien des engins seront réalisés sur des aires étanches munies d'un dispositif de collecte et de traitement des eaux de ruissellement, les entreprises réaliseront un contrôle périodique des engins pour éviter le risque de fuites de substances polluantes et les engins disposeront tous de kits anti-pollution.

Risque de contamination par des espèces invasives : les engins susceptibles d'avoir été en contact préalablement avec des espèces invasives seront désinfectés avant intervention sur site, les zones de déblais au droit de foyers de plantes invasives seront rigoureusement circonscrites et les matériaux pollués présents seront évacués ou enfouis dans le lit mineur hors des secteurs érodables.

4.2. SUR LES MILIEUX BIOLOGIQUES TERRESTRES ET AQUATIQUES

Les travaux de recharge sédimentaire s'inscrivent dans une **logique d'évitement à tout prix** des espèces à enjeux présentes sur les sites d'intervention, et en particulier les espèces à enjeux peu résilientes.

Compte tenu de la dynamique alluviale de la Durance qui fait évoluer les milieux à chaque période hydrologique active, il n'a pas été jugé pertinent de réaliser les inventaires préalables de manière classique sur 4 saisons, l'année précédant la programmation des travaux, dans la mesure où cette photographie statique des enjeux ne reflètera pas la réalité et ne permettra pas de démontrer l'absence d'impacts écologiques des projets.

Il est donc envisagé de démontrer cette absence d'impacts écologiques sous un angle de restauration des habitats dynamiques présents ou potentiels, reposant elle-aussi sur une stratégie dynamique au regard des procédures réglementaires :

- Analyse de la bibliographie et des espèces potentielles à enjeux en Durance ;
- Choix du calendrier d'intervention en dehors de toute période sensible du cycle écologique ;
- Mobilisation d'un cortège d'experts pour compléter / valider les mesures d'évitement envisagées ;
- Réalisation d'inventaires naturalistes juste avant le démarrage des travaux ;
- Mise en place d'un comité de suivi environnemental pour tracer les éventuelles adaptations des mesures d'évitement au regard des résultats d'inventaires ;
- Intégration du suivi des espèces à enjeux dans le protocole de suivis de l'opération.

4.2.1. Choix du calendrier d'intervention

Le choix de ce calendrier se justifie par la prise en compte des contraintes suivantes, visant à minimiser les impacts et les risques :

- Hors période de fraie et de reproduction de la faune ;
- Hors période de crue pour la sécurité du chantier comme pour l'optimisation des délais d'intervention sur site.

Les travaux sur les sites de Puyvert et Charleval sont donc prévus pour être réalisés à partir mi-août jusqu'à fin septembre 2021.

4.2.2. Premières mesures d'évitement envisagées

Même si le pré-diagnostic écologique ne fait pas apparaître la présence d'espèces protégées au droit des sites d'intervention, il est toutefois prévu les mesures suivantes :

- Balisage et mise en défens des zones où la présence d'espèces à enjeux sera avérée à l'issue des inventaires naturalistes ;
- Réalisation de pêches de sauvegarde dans les zones en eau peu profondes ;
- Maintien d'une continuité d'écoulement et de conditions d'écoulement favorables aux espèces piscicoles dans les sections profondes du bras en eau, où il ne peut être réalisé de pêche de sauvegarde préalable.

4.2.3. Mobilisation d'experts pour la définition des mesures d'évitement

Afin de garantir l'efficacité des mesures d'évitement envisagées, ce projet mobilisera des experts de la biodiversité, dont notamment :

- ✓ **Conseil scientifique du SMAVD**, dont Rémy Chappaz et Patrick Grillas respectivement spécialiste en Ichtyofaune et Zones humides, également rapporteur pour le CSRPN du DOCOB Natura 2000 La Durance ;
- ✓ **Maison régionale de l'eau** (prestations d'accompagnement sur la définition de la mise en œuvre au regard des espèces aquatiques et piscicoles, et les suivis écologiques) ;
- ✓ **CEN Paca** (prestations d'accompagnement sur les suivis écologiques).

4.2.4. Inventaires écologiques préalables

Des inventaires écologiques préalables permettront de préciser le pré-diagnostic écologique du SMAVD, et possiblement de découvrir de nouveaux enjeux qu'il conviendra alors de prendre en compte dans les modalités de recharge sédimentaire avant le démarrage des chantiers.

Compte tenu de la dynamique alluviale de la Durance qui fait évoluer les milieux à chaque période

hydrologique active, il a été retenu de réaliser les inventaires naturalistes de mars à août 2021, juste avant le démarrage des travaux, afin de disposer de la meilleure vision des enjeux écologiques présents. Ils permettront de préciser les évitements nécessaires à mettre en œuvre en phase travaux.

Les compartiments biologiques étudiés seront :

- la végétation,
- la flore,
- les mammifères aquatiques (Castor, Loutre et Campagnol amphibie),
- les poissons (cartographie des habitats sensibles pour toutes les espèces à enjeux potentiels),
- les amphibiens et reptiles,
- les oiseaux nicheurs,
- l'entomofaune (Odonates, Rhopalocères, Orthoptères, autres invertébrés d'enjeux fort à majeur en Durance).

Si des espèces protégées devaient être identifiées lors de ces inventaires, le SMAVD s'engagera alors à mettre en œuvre les mesures d'évitement géographiques et/ou techniques adaptées pour éviter tout impact sur ces espèces.

4.2.5. Comité de suivi environnemental

Dans un souci de totale transparence, le SMAVD propose de mettre en place un comité de suivi environnemental, visant à suivre les résultats d'inventaire, confirmer / mettre à jour les mesures d'évitement et de réduction proposées dans les dossiers réglementaires, suivre le déroulement des chantiers sous un angle purement environnemental via l'intervention d'un prestataire spécialiste.

Ce comité de suivi sera composé notamment des services instructeurs (DDT84, DREAL SBEP, OFB), de l'Agence de l'eau, du Conseil scientifique du SMAVD, des prestataires spécialistes (inventaires et suivi environnemental des chantiers).

4.2.6. Intégration du suivi des espèces à enjeux dans le protocole de suivis

Dans le cadre de la restauration hydromorphologique de la Durance, la mise en œuvre d'un protocole de suivis avant le démarrage des travaux est primordiale car elle est l'unique moyen de conclure sur l'efficacité de l'opération, en mettant en exergue les effets des travaux sur l'hydromorphologie et l'écologie, tant au droit des zones de travaux que dans les tronçons de rivière en aval.

Une étude spécifique a été menée à ce sujet afin de déterminer les paramètres physiques et biologiques qui feront l'objet d'un suivi, leur état initial et leur fréquence de suivi post-travaux, ainsi que l'emprise géographique des suivis. Le rapport de cette étude est joint en annexe de la présente note.

Dans les grandes lignes, le protocole de suivis établis dans le cadre de la restauration

hydromorphologique de la Durance comprend :

Pour le volet morphologique :

- Suivi de la géométrie du lit
- Suivi de l'évolution des fonds
- Suivi de l'évolution en plan
- Suivi granulométrique

Pour le volet écologique :

- Suivi de l'évolution en Z du fil d'eau d'étiage
- Suivi piézométrique de la nappe alluviale ?
- Suivi des bio-indicateurs éco-morphologiques de la Durance
- Suivi Apron du Rhône
- Suivi Petite massette

Le protocole de suivi s'étend sur l'ensemble du tronçon de rivière compris entre le Pont de Cadenet et l'aval du pont de Mallemort.