

2.2. ANNEXE 9 - CONTEXTE GENERAL DU PROJET DE RECHARGE SEDIMENTAIRE EN DURANCE

2.2.1. 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 enlimentés 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 enlimentés et des besoins d'essartements.

2.2.2. LA RECHARGE SEDIMENTAIRE COMME ACTION DE RESTAURATION ECOMORPHOLOGIQUE

2.2.2.1. Etat actuel du transport sédimentaire en Durance

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 notablement 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'Escal, 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'Escal sont :

- La Bléone, avec une 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 HYDRETUDES 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'Escal 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).

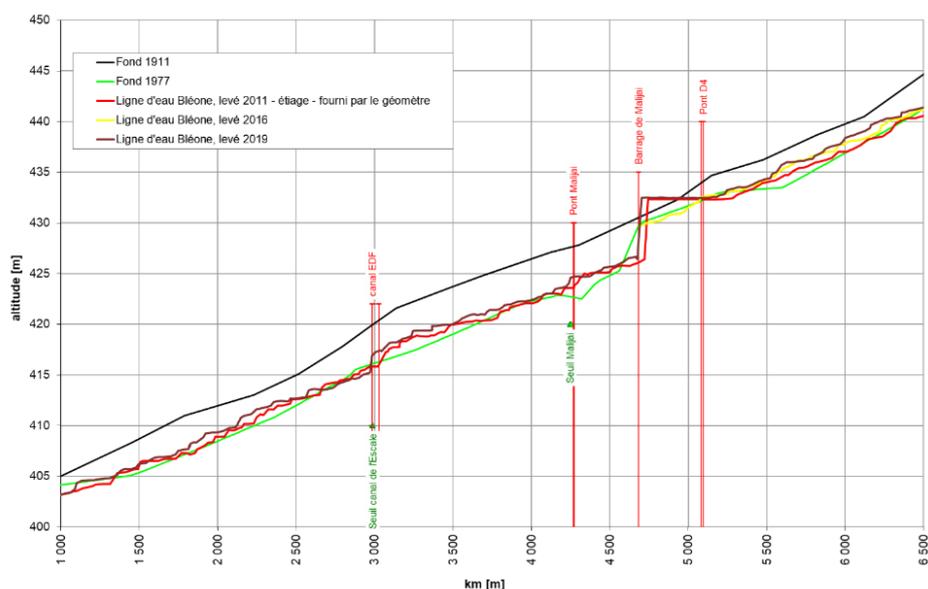
Ces extractions ont conduit à une situation de fort déficit global en matériaux, dont la conséquence la plus visible a été un abaissement progressif et général du lit de la rivière. Entre Cadarache et Pertuis, cet abaissement oscille entre -3 et -4 mètres. En aval de Pertuis il avoisine les - 2 mètres. 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.

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)

2.2.2.2. Quelques effets du déséquilibre sédimentaire

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.

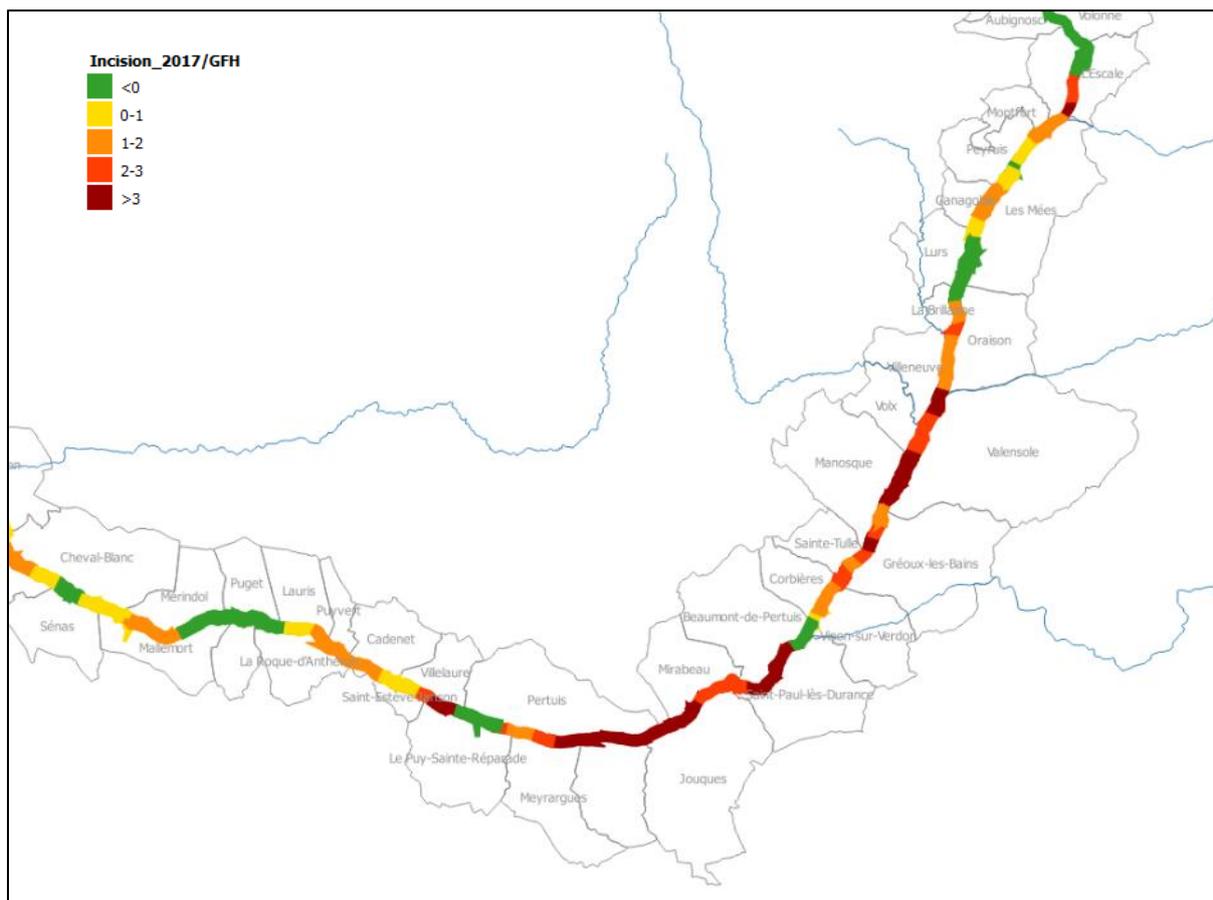
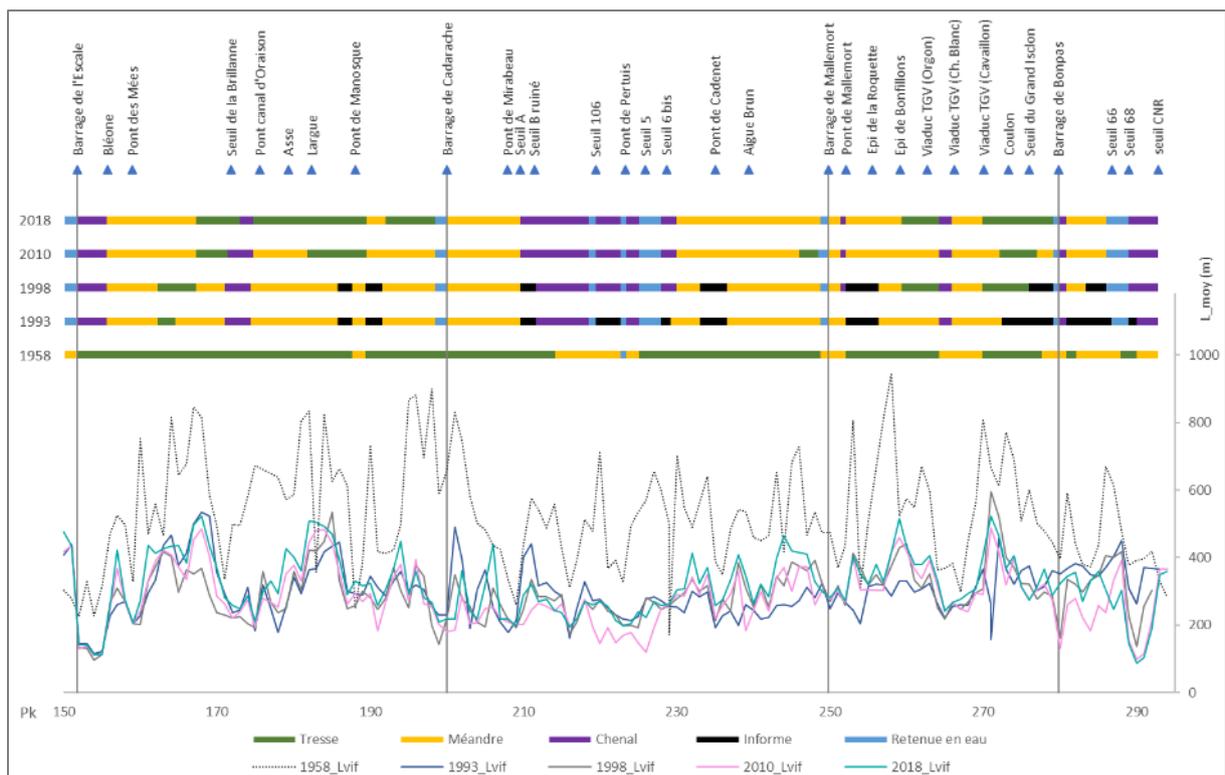


Illustration de l'analyse de l'incision du fil d'eau d'étéage de 2017 par rapport au profil en long des Grandes Forces Hydrauliques de 1907

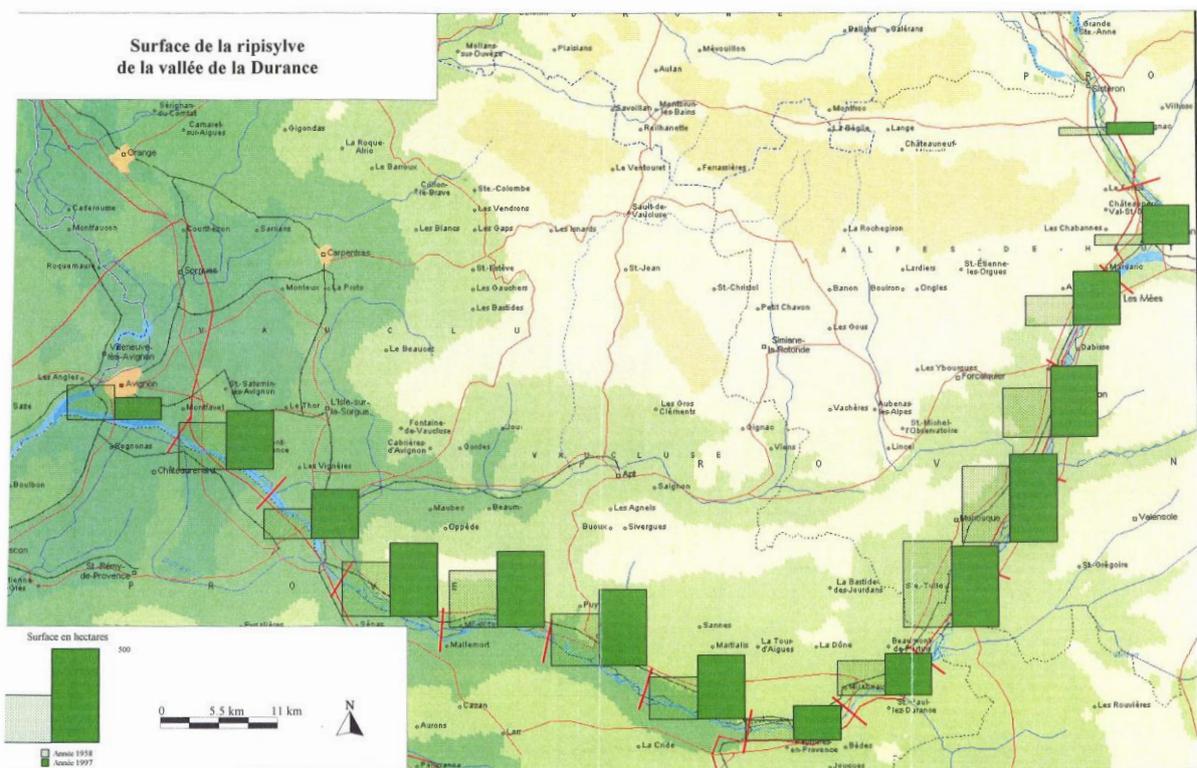
Contraction de l'espace de mobilité

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 enlèvement 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)

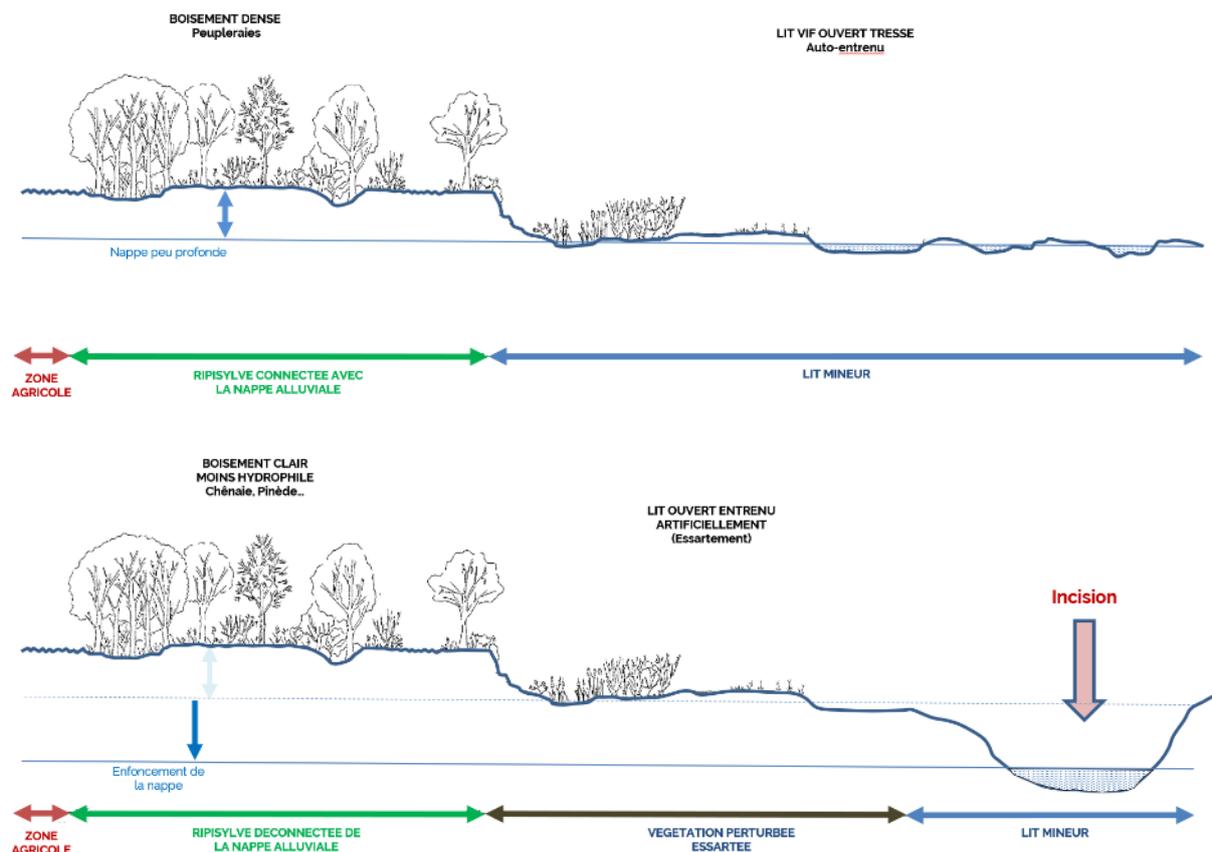
Des impacts écologiques forts

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

SMAVD – Recharge sédimentaire de la Durance sur le secteur Mallemort-Mérindol
SEGED – Cas par cas - annexes v2 / avril 2024

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

2.2.2.3. 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.

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 Chenopodium 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*),
- Cannaies à Canne de Ravenne ou pelouses ouvertes à Corisperme sur sables....

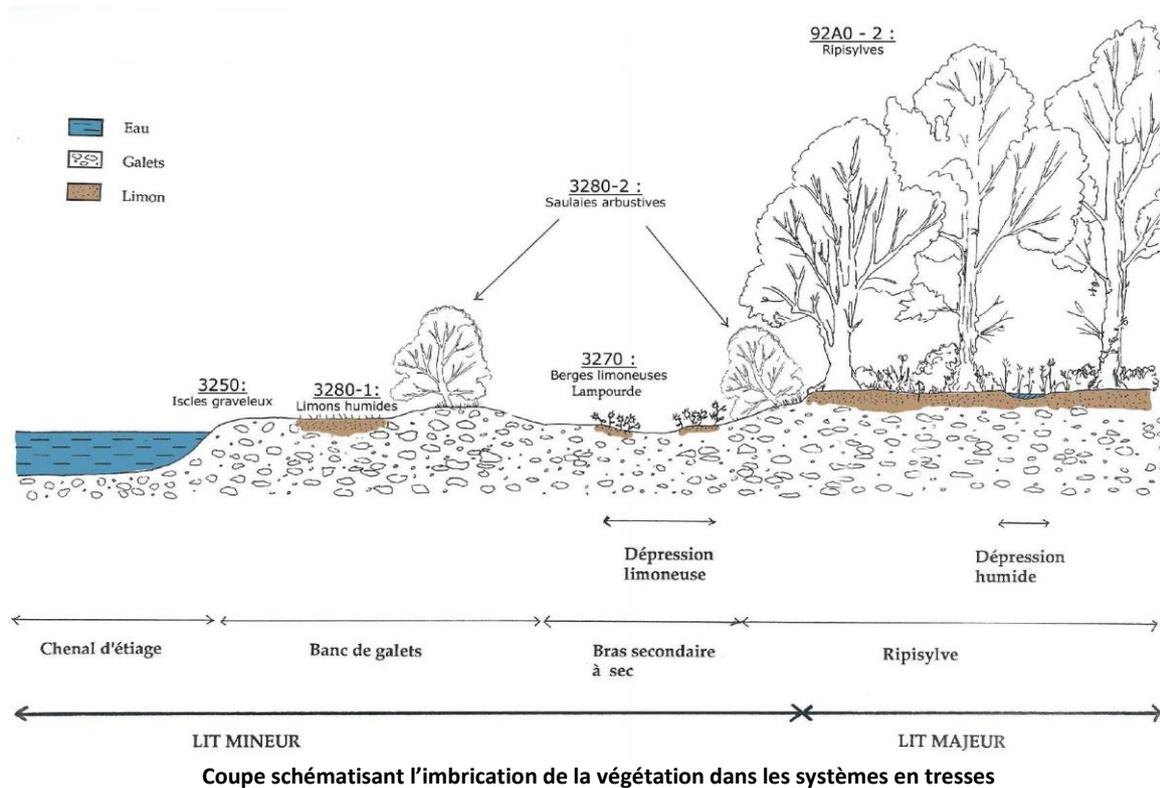
Le maintien de ces mosaïques pionnières herbacées est conditionné par la répétition des processus de rajeunissement lors des crues, à un pas de temps très court (1 à 3 ans).

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 constructrice 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'aulnaie 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.



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

Une faune et flore adaptées à la dynamique alluviale

Les crues régulières de la Durance entretiennent une diversité d'habitats naturels en perpétuel mouvement : isclès 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	Impérate cylindrique
Jonc de Desfontaine	
Polygale nain	
Petite massette	

Espèces liées au tressage actif de la Durance

2.2.3. SYNTHÈSE A RETENIR SUR LES ÉTUDES RÉALISÉES

2.2.3.1. Études préalables

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.

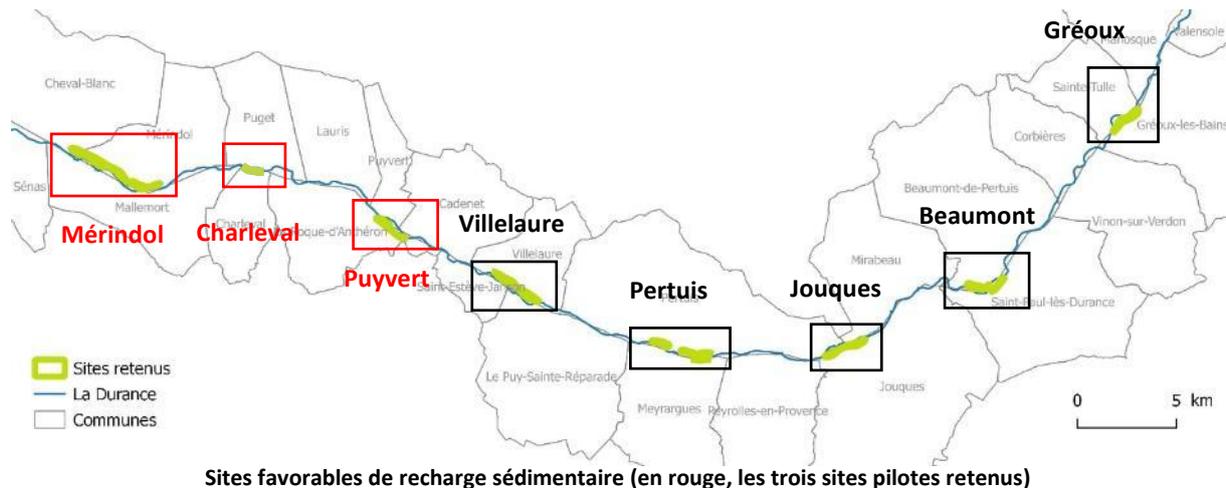
Les sites jugés favorables sont ceux qui présentent à la fois les meilleures potentialités éco-morphologiques et opérationnelles, mais également les moindres impacts écologiques des interventions de travaux. Au final, huit secteurs ont été retenus avec une priorité donnée aux trois sites suivants : Gontard-Puyvert (travaux réalisés en

2022), Charleval (travaux réalisés en 2022) 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.



Les raisons de cette priorisation sont les suivantes :

- Secteurs en déficit sédimentaire formant des espaces de fort dysfonctionnement éco-morphologique (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 éco-morphologique 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.

2.2.4. 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.

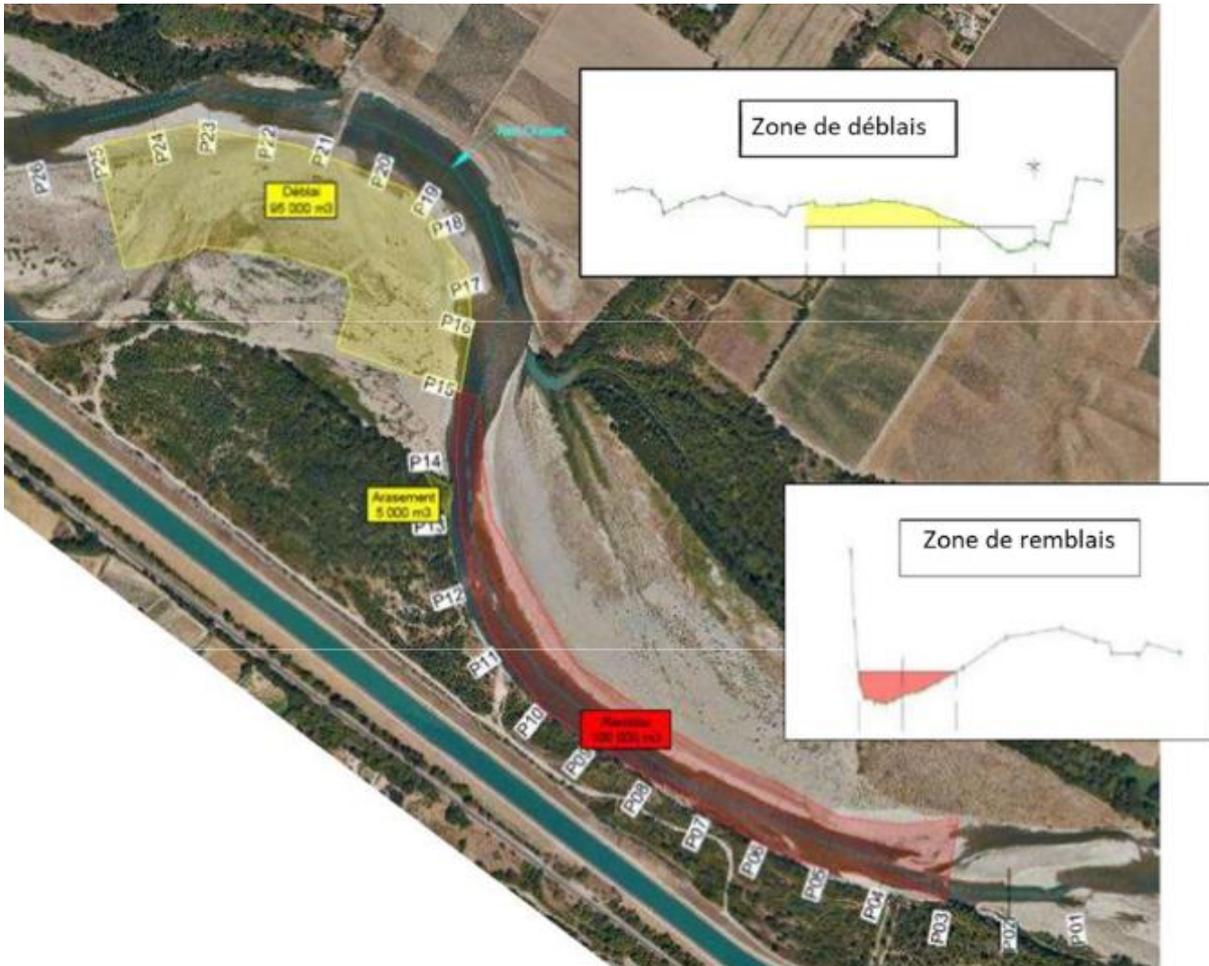
Pour les sites de Puyvert et Charleval, il a été retenu de recharger directement dans le bras vif, un volume d'environ 100 000 m³ de matériaux alluviaux, prélevés sur des bancs perchés à proximité, peu ou pas mobilisés lors des crues décennales. Le projet de recharge sédimentaire au droit de ces sites est rapidement présenté ci-après.

2.2.5. TRAVAUX REALISES SUR LES SITES DE PUYVERT ET CHARLEVAL

Le projet au droit du secteur de Mallemort-Mérindol s'inscrit dans la continuité des opérations réalisées à l'été 2022 sur les sites de Puyvert et de Charleval.

❖ Description des opérations réalisées sur les sites de Puyvert et Charleval :

Sur le site de Puyvert, le projet de recharge sédimentaire a consisté au déplacement d'environ 100 000 m³ de matériaux depuis le banc positionné en rive gauche vers le bras en eau en amont. Les figures ci-dessous présentent le plan du projet ainsi que les photographies avant/après du site.



Vue en plan générale du projet de recharge sédimentaire sur le site de Puyvert

(Source : Dossier Loi sur l'Eau, Egis, 2022)

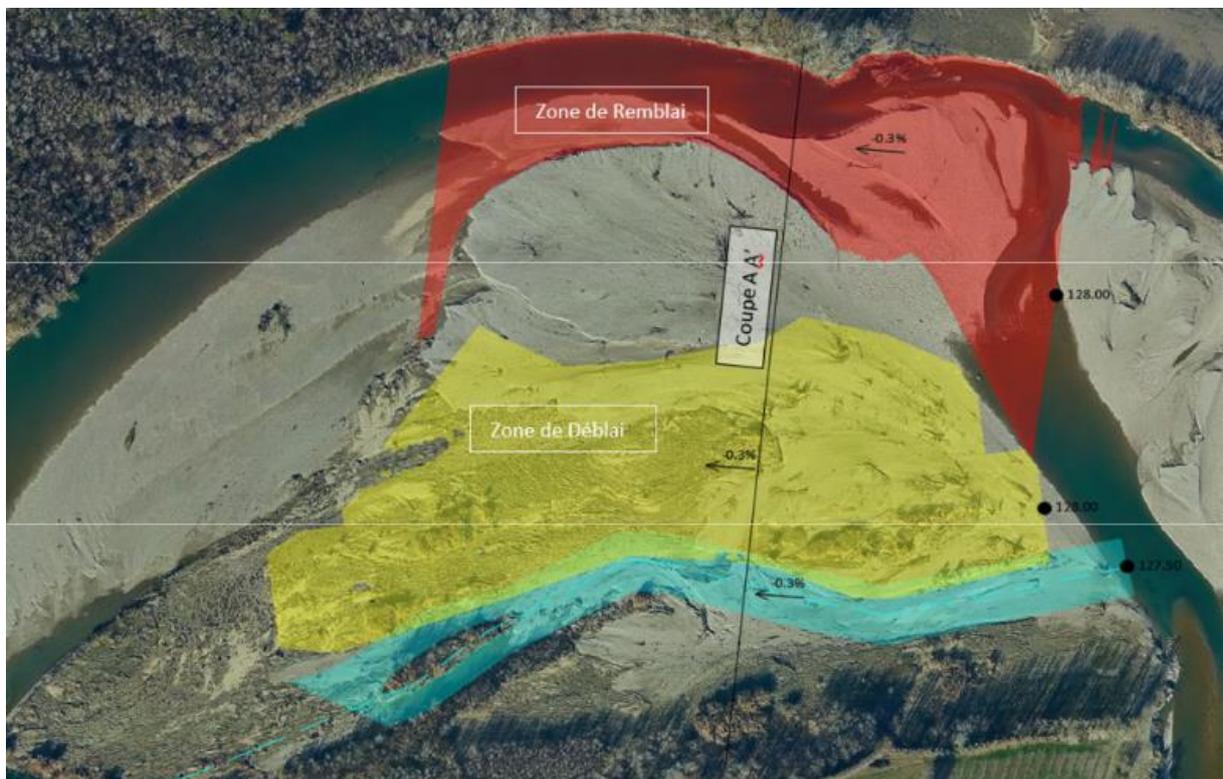


SMAVD – Recharge sédimentaire de la Durançe sur le secteur Mallemort-Mérindol
SEGED – Cas par cas - annexes v2 / avril 2024



Photographies avant/après du site de Puyvert
 (Source : SMAVD, Présentation COTEC 13/02/2024)

Sur le site de Charleval, les travaux ont porté sur le déplacement d'environ 100 000 m³ de matériaux situés sur le banc positionné en rive gauche, vers le bras en eau localisé au droit du macro-méandre.



Vue en plan générale du projet de recharge sédimentaire sur le site de Charleval
 (Source : Dossier Loi sur l'Eau, Egis, 2022)



Photographies avant/après du site de Charleval
 (Source : SMAVD, Présentation COTEC 13/02/2024)

Les travaux ont été réalisés sur 4-5 semaines, au mois d'août 2022 et ont été phasés de la manière suivante :

- Phase 1 : Travaux préparatoires
 - Mise à jour des inventaires par la coordination environnement, identification des enjeux et mise en défens des zones sensibles,
 - Sensibilisation des entreprises lors d'une Visite Préalable Environnement,
 - Définition du plan de circulation en lien avec les zones à enjeux,
 - Validation des procédures d'intervention et des moyens prévus sur le chantier pour assurer la protection de l'environnement (barrage et kits d'intervention en cas de pollution accidentelle, matérialisation des zones d'intervention, suivi de la qualité des eaux etc)
 - Réalisation des travaux préparatoires : matérialisation des pistes, préparation des installations de chantier (zones étanches, etc), mise à sec/isolément des zones de travaux (réalisation d'un batardeau, réalisation d'un passage busé, création de chenal de dérivation, etc...)
- Phase 2 : Terrassements (arasements et recharges) ;
- Phase 3 : Démontage des ouvrages provisoires et remise en état du site.

❖ **Résultat du suivi post-travaux effectué en 2023 sur les sites de Puyvert et Charleval :**

Suite à la réalisation des travaux de recharge sédimentaire, les prospections en année N+1 au droit des travaux ont montré les évolutions écologiques suivantes :

- Pas d'évolution majeure des habitats favorables à l'herpétofaune et aux mammifères sur les deux secteurs, les habitats identifiés favorables avant les travaux n'ont pas subi de modifications.
- Concernant la flore patrimoniale, on constate que :

- Les stations balisées et transplantées de Canne de Ravenne sont bien présentes au niveau des zones de transplantation,
 - Les stations de Petite Massette ont été observées sur des plus petites surfaces en 2023, et ce malgré un balisage de ces dernières lors de travaux. On constate un léger déplacement vers l'aval des stations observées sur Charleval. Néanmoins, cette espèce se déplace et est influencée par les crues, ce qui indique une évolution naturelle des stations entre les années et selon les dynamiques fluviales de la Durance.
 - Les quelques individus de Laïche faux-souchet (*Carex pseudo cyperus*) identifiés en 2022 n'ont pas été ré-observés en 2023, malgré leur localisation éloignée des emprises travaux.
- Concernant la flore invasive, on observe que les massifs de Canne de Provence présents au niveau des emprises travaux et traités lors des travaux n'ont pas été ré-observés en 2023. En effet, dans la zone de déblai du site Charleval, le pourcentage de régression de la Canne de Provence traitée est de 100%. Néanmoins, en 2023, un peuplement correspondant à 13% de la surface présente en 2022 est observée dans cette emprise de chantier.
Toujours sur le site de Charleval, le massif au niveau de la piste d'accès était déjà présent en 2022 : celui-ci se situant en dehors des zones de travaux, seul une protection sur la zone de roulement a été mise en place pour éviter toute dissémination lors de la circulation des engins. Les rhizomes, quant à eux, n'ont pas été extraits. Leur présence en 2023 est donc justifiée. De plus, les massifs hors de la zone de déblai (polygone violet), n'ont pas été traités et les différences constatées peuvent provenir des crues et dynamiques de la Durance, et des limites de prospections qui étaient concentrées sur les zones de travaux. Enfin, en 2023, aucune Canne de Provence n'a été observée au droit de la zone d'enfouissement.
 - Concernant les habitats favorables aux oiseaux, peu d'évolutions ont été observées en 2023. En effet, la surface des habitats favorables à la reproduction du Petit gravelot et du Cochevis huppé, ont diminué sur le site de Charleval. Cela est dû à la dynamique de la Durance, qui a investi une zone de graviers au centre du site. Néanmoins, les habitats favorables restent bien représentés sur le site. Les habitats n'ont pas subi d'évolutions sur le secteur de Puyvert.
 - Enfin, concernant les insectes, et notamment les Cicindèles, on observe que leurs surfaces des habitats favorables sont moins importantes en 2023 qu'en 2022, en raison de la dynamique de la Durance.

La dynamique de la Durance a permis de remettre en eau certains espaces, notamment au droit de la zone de déblais (bancs de graviers et de sables favorables aux oiseaux et à la cicindèle), qui sont devenus favorables à de nouvelles espèces de milieux humides (limicoles, odonates, etc.). Le site dans son ensemble offre donc une meilleure diversité d'habitats favorables à faune.