

| RESTAURATION HYDROMORPHOLOGIQUE DE LA DURANCE |



B0-206 & B0-302 | RECHARGE SEDIMENTAIRE EN MOYENNE ET BASSE DURANCE

Etudes préalables : inventaire des sites potentiels et
analyse des enjeux

Rev	Rédigé par	Vérifié par	Approuvé par	Modifications	Date
D					
C					
B					
A	F. Mercier F. Boca P. Le Strat	B. Jacopin	C. Doddoli	Document initial	14/08/2020
Réf.	B0-206-RS-Rapport études préalables phase 1-V3.docx			Diffusion	EXTERNE

Table des matières

1. CONTEXTE GENERAL	5
1.1. INTRODUCTION ET OBJECTIFS DU PROJET	5
1.1.1. <i>Contexte et objectifs généraux de la recharge sédimentaire</i>	5
1.1.2. <i>Objectif des études préalables</i>	6
1.2. TRANSPORT SOLIDE EN MOYENNE ET BASSE DURANCE	7
1.2.1. <i>L'état actuel du transport sédimentaire</i>	7
1.2.2. <i>Quelques effets du déséquilibre sédimentaire</i>	10
1.2.3. <i>La trajectoire écologique recherchée</i>	15
2. METHODOLOGIE	21
2.1. ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA RECHARGE SEDIMENTAIRE	21
2.1.1. <i>Etudes antérieures sur la Durance</i>	21
2.1.2. <i>Projets de recharge sédimentaire en France et à l'international</i>	22
2.2. METHODOLOGIE GENERALE.....	25
2.3. METHODOLOGIES SPECIFIQUES	25
2.3.1. <i>Inventaire des sites potentiels</i>	25
2.3.2. <i>Evaluation de l'intérêt morphologique</i>	28
2.3.3. <i>Analyse des enjeux opérationnels</i>	31
2.3.4. <i>Analyse des enjeux écologiques</i>	33
3. RESULTATS DE L'ETUDE	37
3.1. EVALUATION DES SITES POTENTIELS	37
3.1.1. <i>Secteur d'Oraison</i>	37
3.1.2. <i>Secteur de Valensole</i>	41
3.1.3. <i>Secteur de Gréoux</i>	44
3.1.4. <i>Secteur de Beaumont</i>	47
3.1.5. <i>Secteur de Jouques</i>	51
3.1.6. <i>Secteur de Pertuis</i>	55
3.1.7. <i>Secteur de Villelaure</i>	57
3.1.8. <i>Secteur de Puyvert</i>	61
3.1.9. <i>Secteur de Mérindol</i>	64
3.1.10. <i>Secteur de Cheval-Blanc</i>	67
3.2. RETOUR D'EXPERIENCE DES CRUES DE 2019	69
3.2.1. <i>Bancs de Gontard</i>	71
3.2.2. <i>Bancs de Charleval</i>	72
3.2.3. <i>Bancs de Campas</i>	73
3.3. SITES RETENUS ET PRIORISATION.....	74
3.3.1. <i>Bilan des enjeux écologiques</i>	74
3.3.2. <i>Bilan des sites retenus et priorisation</i>	76
3.4. SITES A L'ETUDE POUR LE REcul D'EPIS.....	77
4. CONCLUSION	78

Table des illustrations

Figure 1 : Analyse diachronique des profils en levés sur la Bléone entre 1911 et 2019 (source SMAB).	9
Figure 2 : 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).	10
Figure 3 : 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.	11
Figure 4 : Analyse diachronique des faciès d'écoulement et des largeurs du lit vif de l'Escale au Rhône (SMAVD 2018).	12
Figure 5 : Evolution de la surface de la ripisylve entre 1958 et 1997 (Etude Globale 2004).	12
Figure 6 : Perte de fonctionnalité des habitats naturels.	13
Figure 7 : Milieux particulièrement perturbés par les essartements présentant peu d'enjeux écologiques.	14
Figure 8 : Habitats humides liées au maintien d'un tressage actif.	16
Figure 9 : Coupe schématisant l'imbrication de la végétation dans les systèmes en tresses.	18
Figure 10 : Ordre de grandeur de la période de résilience des différentes formations végétales.	18
Figure 11 : Comparaison du lit vif et de la ripisylve en 2012 et en 1958 avant les aménagements hydroélectriques.	19
Figure 12 : Espèces liées au tressage actif de la Durance.	20
Figure 13 : Profil en travers de redépose à l'aval du barrage de St Sauveur (EDF - LAZER).	24
Figure 14 : Fonctionnement du transit sédimentaire entre Sisteron et Cheval-Blanc (Etude Globale).	26
Figure 15 : Localisation des 48 sites potentiels de recharge sédimentaire répartis sur 10 secteurs.	27
Figure 16 : Analyse de l'incision moyenne du lit (GFH comparé aux données extraites du LIDAR 2017) sur un kilomètre (référentiel des PK Durance).	29
Figure 17 : Principe d'estimation du niveau d'incision du lit (H) par comparaison entre profils en long historiques (GFH / LIDAR 2017).	29
Figure 18 : Exemple d'analyse cartographique pour les enjeux opérationnels.	33
Figure 19 : Secteur pressenti sur fond de photo aérienne de 1958 montrant les boisements alluviaux à préserver.	34
Figure 20 : Terrasses latérales analysées sur le secteur d'Oraison.	37
Figure 21 : Terrasses latérales analysées sur le secteur de Valensole.	41
Figure 22 : Terrasses latérales analysées sur le secteur de Gréoux.	44
Figure 23 : Terrasses latérales analysées sur le secteur de Beaumont-de-Pertuis.	47
Figure 24 : Terrasses latérales analysées sur le secteur de Jouques.	51
Figure 25 : Terrasses latérales analysées sur le secteur de Pertuis.	55
Figure 26 : Terrasses latérales analysées sur le secteur de Villelaure.	57
Figure 27 : Terrasses latérales analysées sur le secteur de Puyvert.	61
Figure 28 : Terrasses latérales analysées sur le secteur de Mérindol.	64
Figure 29 : Terrasses latérales analysées sur le secteur de Cheval-Blanc.	67
Figure 30 : Bancs à proximité du site de Gontard.	71
Figure 31 : Bancs à proximité de l'anse d'érosion de Charleval.	72
Figure 32 : Bancs à proximité du site de Campas amont et aval.	73
Figure 33 : Liste des espèces à enjeux résiduelles.	74
Figure 34 : Sites les plus favorables dans le cadre du projet de recharge sédimentaire.	76
Figure 35 : Sites étudiés dans le cadre du projet de recharge sédimentaire, présentant un ou plusieurs ouvrages (digue et épis).	77
Figure 36 : Vue oblique de la Durance en aval du confluent de l'Asse – OPSIA août 2020.	78

1. Contexte général

1.1. INTRODUCTION ET OBJECTIFS DU PROJET

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.

1.1.1. Contexte et objectifs généraux de la recharge sédimentaire

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 l'amont au travers du barrage de Cadarache, notamment grâce aux apports de l'Asse et de la Bléone, mettra a priori plusieurs décennies à se faire sentir en Basse Durance en fonction de l'hydrologie (fréquence et intensité des crues). Dans cette attente, la recharge sédimentaire permettra de gagner quelques années d'apports de matériaux, avec le principe de déblayer ou d'entailler des terrasses latérales ou des bancs perchés au sein du lit mineur afin de remettre en mouvement les matériaux qui les constituent lors des crues.

D'un point de vue morphologique, 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 enlimonés et des besoins d'essartements.

1.1.2. Objectif des études préalables

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.

Concernant le choix des sites, objet du présent rapport, il a été visé d'identifier et prioriser les sites les plus favorables au projet de recharge sédimentaire, c'est-à-dire les sites les plus pertinents d'un point de vue morphologique mais également les plus opérationnels dans l'objectif de pouvoir rapidement mettre en œuvre un premier programme de travaux. Les sites jugés moins prioritaires ne sont pas exclus définitivement et pourront être mis en œuvre dans le cadre de prochaines programmations.

Le programme d'études du projet de recharge sédimentaire en Durance s'articule en quatre phases :

- ✓ Phase 1 : études préalables d'inventaire des sites potentiels et d'analyse croisée des enjeux
- ✓ Phase 2 : études morphologiques complémentaires
- ✓ Phase 3 : investigations de terrain et études opérationnelles
- ✓ Phase 4 : études réglementaires

Le présent rapport présente la méthodologie et les résultats de la phase 1 : « Inventaire des sites potentiels et analyse des enjeux ». La conclusion de ce rapport met en exergue une liste de sites prioritaires pour la recharge sédimentaire en Durance.

1.2. TRANSPORT SOLIDE EN MOYENNE ET BASSE DURANCE

1.2.1. L'état actuel du transport sédimentaire

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 génère cependant un fort déficit en matériaux, qui 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 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 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.

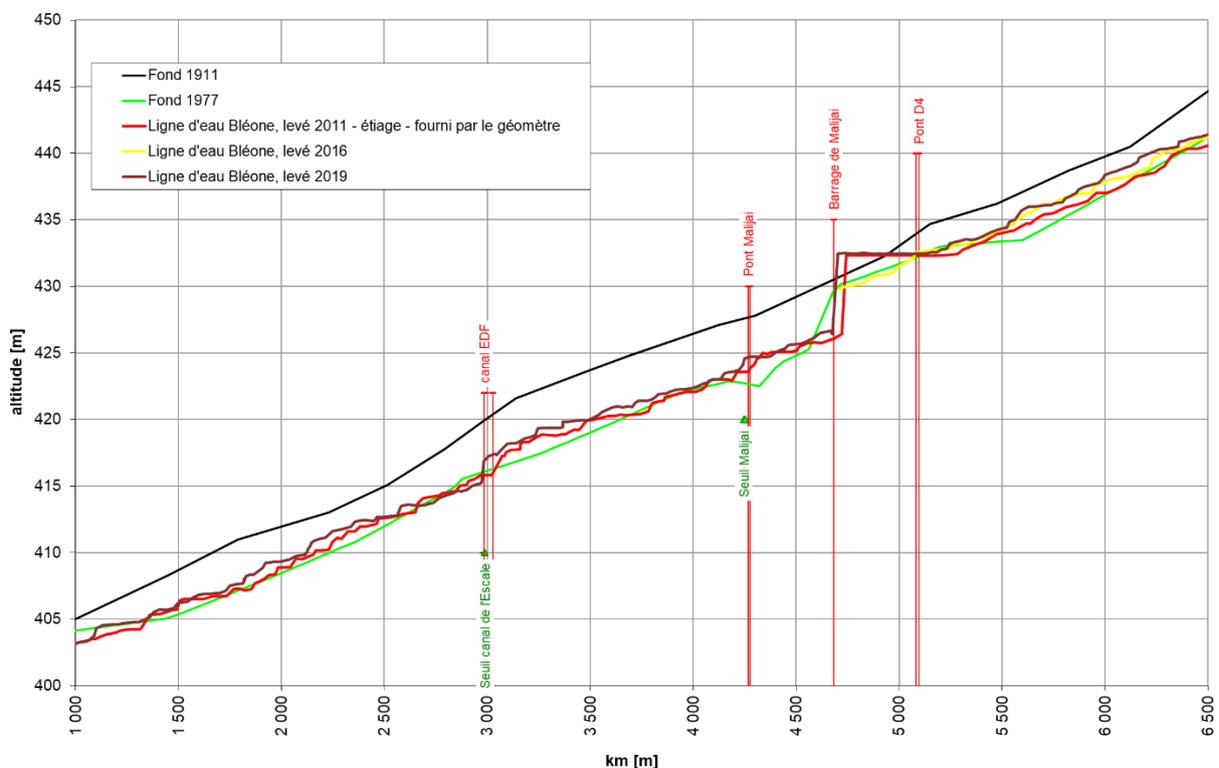


Figure 1 : Analyse diachronique des profils en levés sur la Bléone entre 1911 et 2019 (source SMAB).

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 2.

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

Figure 2 : 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 3). 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.

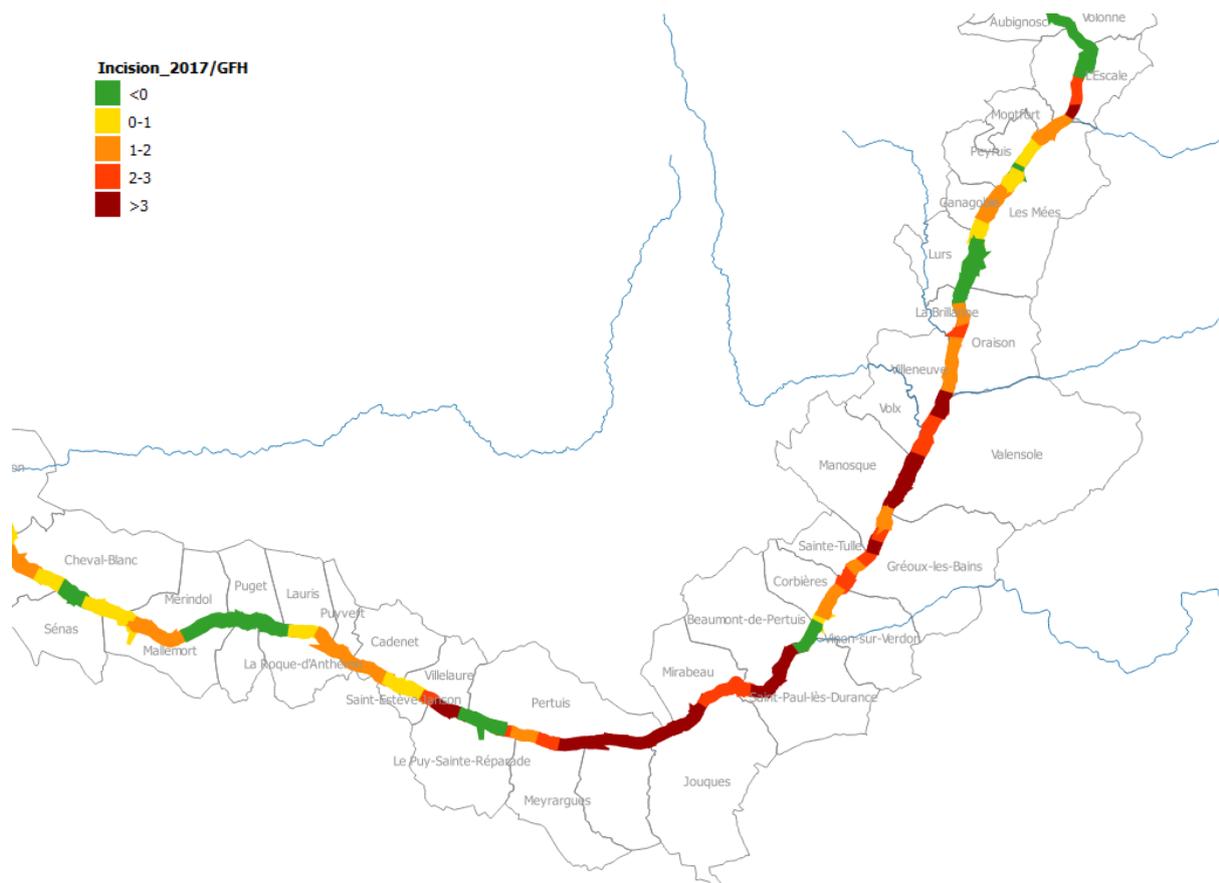


Figure 3 : Illustration de l’analyse de l’incision du fil d’eau d’été de 2017 par rapport au profil en long des Grandes Forces Hydrauliques de 1907.

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 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 (cf. Figure 4) et une augmentation de 30 % des superficies boisées (cf. Figure 5).

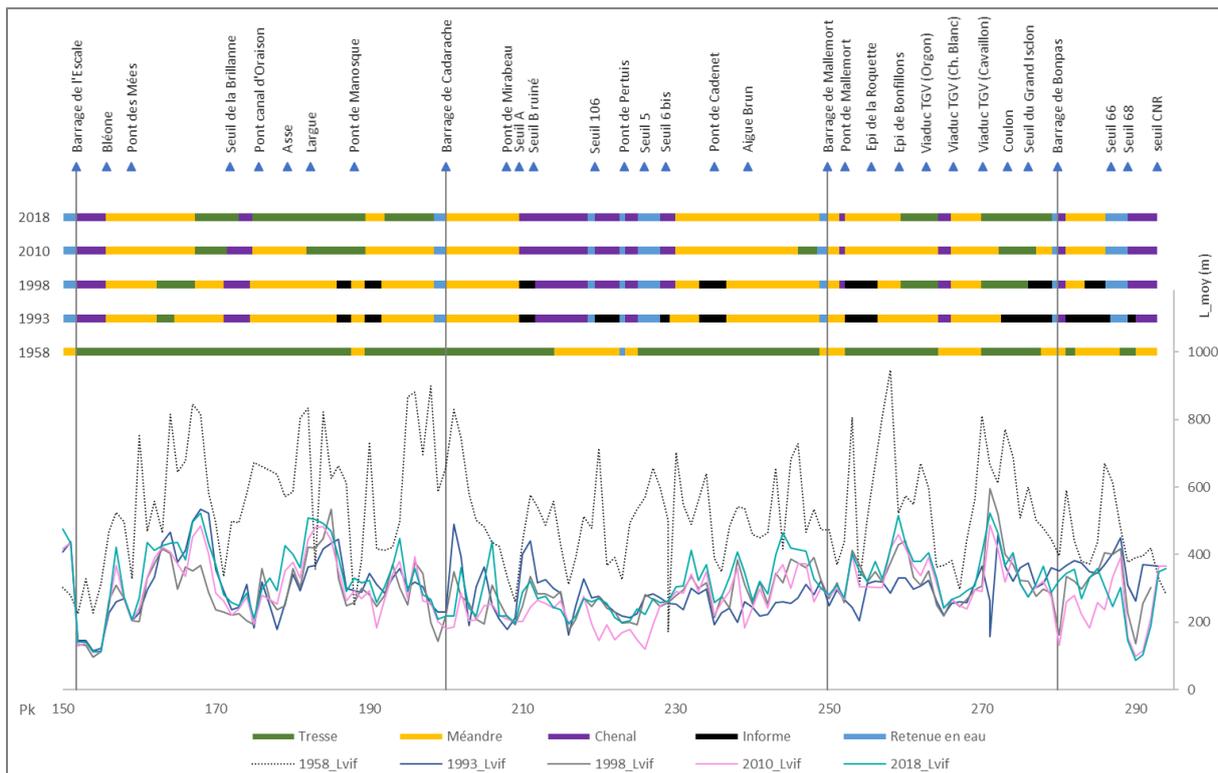


Figure 4 : Analyse diachronique des faciès d’écoulement et des largeurs du lit vif de l’Escalade au Rhône (SMAVD 2018).

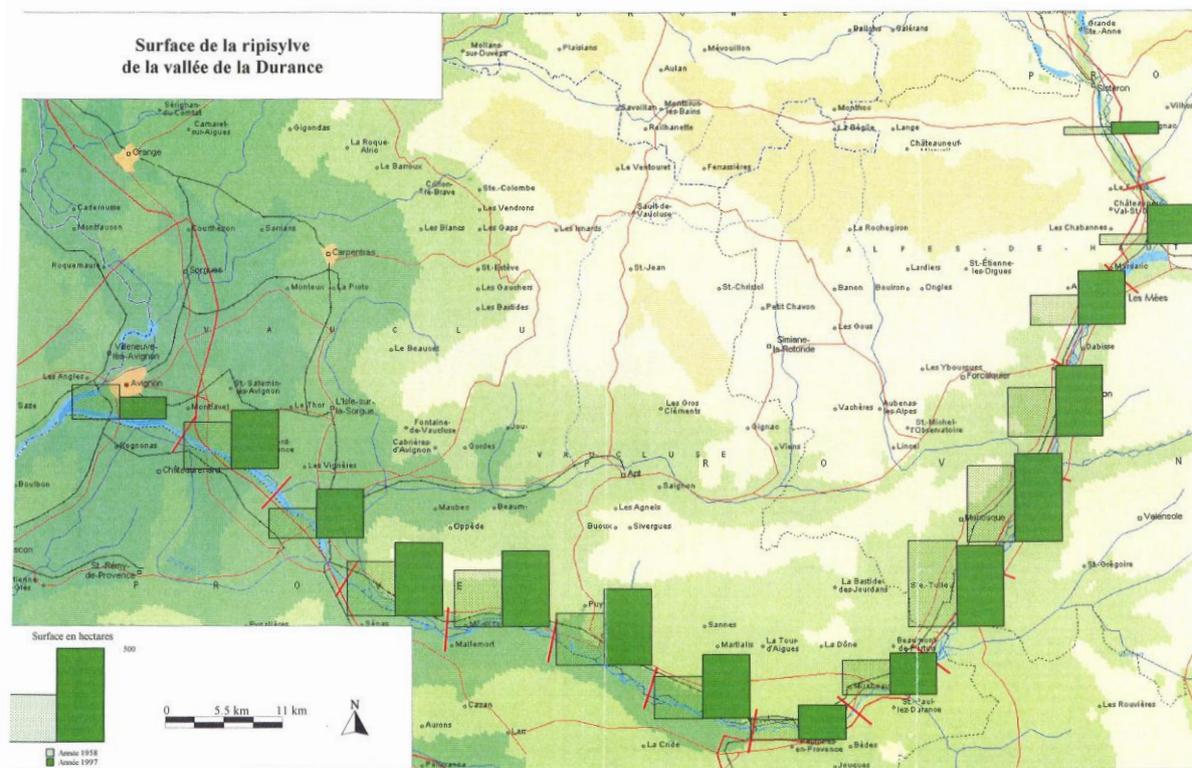


Figure 5 : Evolution de la surface de la ripisylve entre 1958 et 1997 (Etude Globale 2004).

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 6). 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.

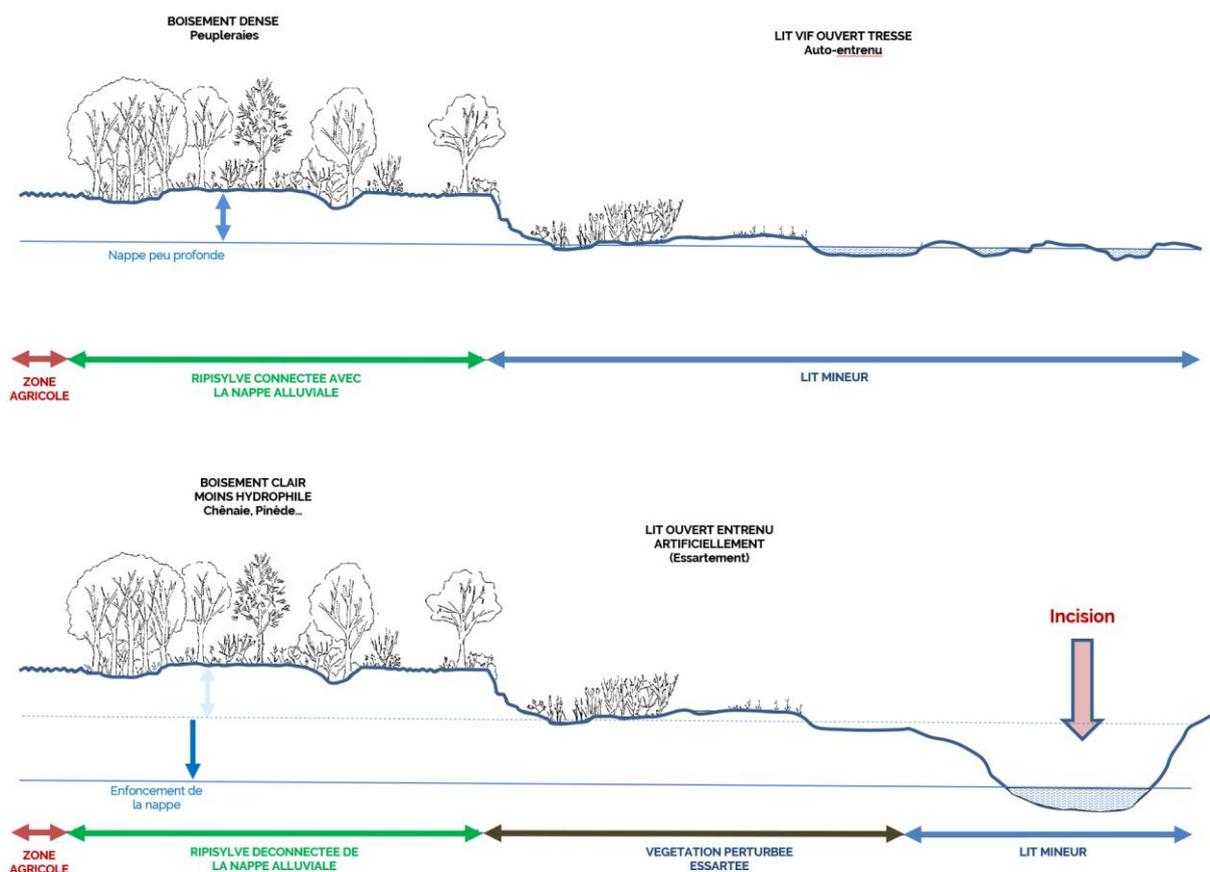


Figure 6 : Perte de fonctionnalité des habitats naturels.

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 (cf. Figure 7). 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.



Figure 7 : 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, îlons, 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

Figure 8 : 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 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 9 illustre la diversité et l'imbrication de la végétation des systèmes en tresses, entretenues par les mouvements constants du bras vif.

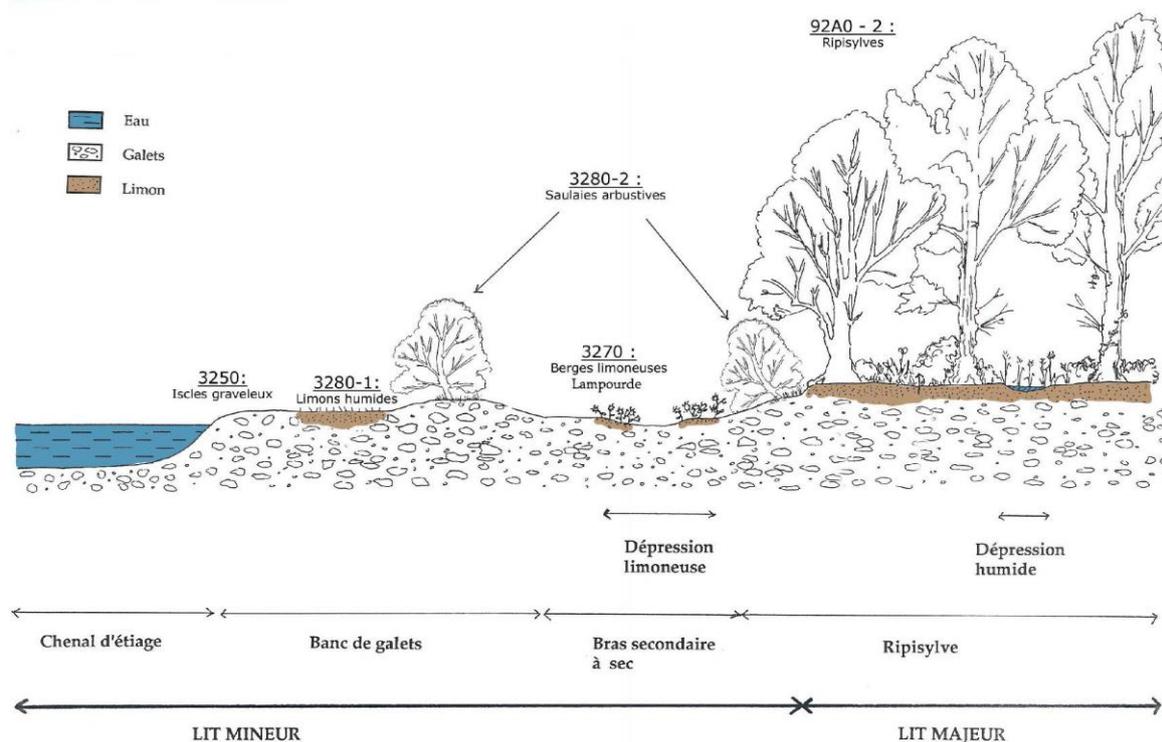


Figure 9 : Coupe schématisant l’imbrication de la végétation dans les systèmes en tresses.

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’écocomplexe 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>
Iscles graveleux	Saulaies arbustives	Peupleraies blanches
Iscles limoneux	Saulaies blanches	Forêts à bois dur
	Peupleraies noires	

Figure 10 : Ordre de grandeur de la période de résilience des différentes formations végétales.

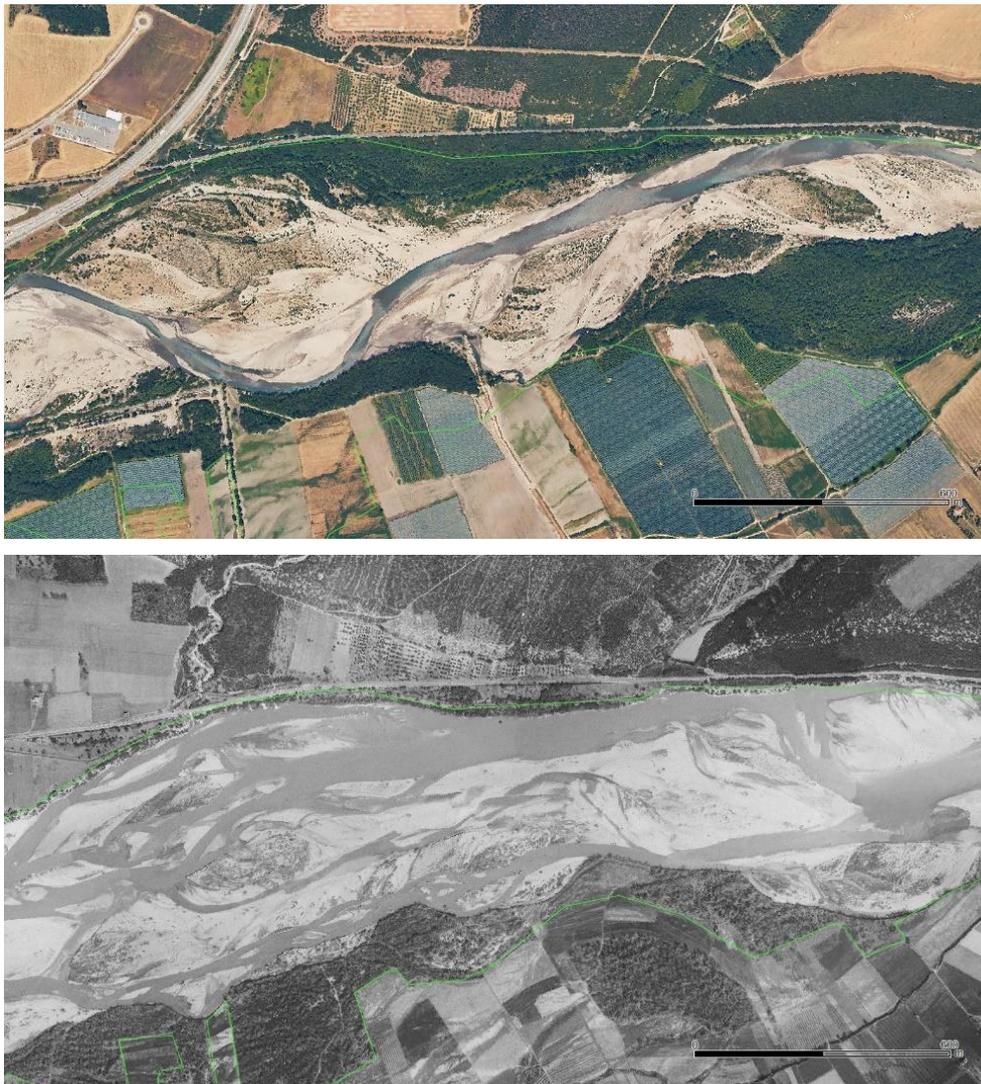


Figure 11 : Comparaison du lit vif et de la ripisylve en 2012 et en 1958 avant les aménagements hydroélectriques.

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

isles 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 isles	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	

Figure 12 : Espèces liées au tressage actif de la Durance.

2. Méthodologie

2.1. ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA RECHARGE SEDIMENTAIRE

2.1.1. Etudes antérieures sur la Durance

L'Etude Globale de la Basse et de la Moyenne Durance (SOGREAH 2004) a permis de définir le besoin et les actions à réaliser dans le cadre de la restauration morphologique du cours d'eau, et en particulier en termes de reculs d'épis et de recharge sédimentaire. Ces objectifs, ainsi que de leurs modalités d'exécution, sont complémentaires des autres actions du volet B0 du contrat de rivière : gestion des débits liquides, gestion de la transparence des retenues, évitement de capture d'anciennes gravières, abaissement de seuils, etc...

Différents sites avaient été pressentis pour la réalisation d'opérations de recharge sédimentaire, avec de l'amont vers l'aval :

- ✓ Sites de Plan de Rousset et Pontoise sur les communes de Gréoux-les-Bains et Ste Tulle
- ✓ Sites des Pécouillons et du Mulet à Pertuis
- ✓ Site de Villelaure sur la commune éponyme
- ✓ Aval du pont de Cadenet
- ✓ Aval du pont de Mallemort à Mérindol

Bien que seulement deux sites (Pécouillons et Mulet) entre Cadarache et Pertuis aient été ciblés dans les fiches actions du contrat de rivière pour leur intérêt en termes de recharge sédimentaire, l'étude globale annonçait que la remobilisation des graviers des terrasses en plusieurs points permettra d'avancer le processus, en attendant le rétablissement des apports de la moyenne Durance. En effet, ce secteur est l'un de ceux qui ait connu les plus fortes incisions (abaissement de 3 à 4 mètres du profil en long).

Par ailleurs, les opérations de recharge sédimentaire ne prévoyaient pas d'intervention sur les ouvrages dans le but d'augmenter la largeur active du lit vif, par le biais du recul d'épis (à l'exception du projet de suppression de l'épi en aval du pont canal de la Brillanne). Les opérations de suppression ou recul d'ouvrages étaient de fait, le plus souvent incluses dans le volet « B2-Protection contre les inondations », et entraient dans le cadre du confortement et de la restructuration des systèmes de protection.

Bien que la morphologie globale de la Durance n'ait pas fondamentalement été remaniée au cours de ces vingt dernières années, certaines évolutions du lit et des terrasses alluviales afférentes sont

notables, particulièrement dans le cas d'érosions au gré des crues ayant pu affecter une partie des sites évoqués ci-dessus. Aussi, mettre à l'étude de manière plus large l'ensemble des sites de moyenne et basse Durance pouvant présenter un intérêt pour la recharge sédimentaire et le recul d'épis nous a paru nécessaire.

2.1.2. Projets de recharge sédimentaire en France et à l'international

Nous nous intéressons dans ce paragraphe, de manière non exhaustive aux projets de recharge sédimentaire (RS) menés en France et à l'international. Par RS, nous entendons action mécanique d'apport de matériel sédimentaire additionnel au droit d'un tronçon déficitaire. Les opérations de recharge sédimentaire évoquées ci-dessous présentent des niveaux d'ambition très différents. Ces projets ayant dans l'ensemble été conduits récemment, les retours d'expérience associés sont assez peu fournis. Il est néanmoins intéressant de constater la diversité des méthodes de mise en œuvre des matériaux rechargés, des procédures de suivi et l'adaptation technique des opérations de recharge aux sites considérés.

2.1.2.1. Une technique apparue aux Etats-Unis dans les années 70 ?

En réponse à l'incision des lits des cours d'eau aménagés par des ouvrages de production hydroélectriques, les premiers projets de recharge sédimentaire sont apparus au début des années 70 en Californie du Nord. Suite aux travaux de RS réalisés dans le lit de la rivière Trinity en aval du barrage de Lewiston en 1976, 17 autres cours d'eau de Californie du Nord ont fait l'objet de RS ponctuelles ou périodiques. Pour répondre spécifiquement à la problématique de la raréfaction des saumons, différentes méthodologies de mise en œuvre des matériaux et de suivi des opérations de recharge figurent dans la première publication de référence à ce sujet (K. Bunte, 2004).

Au Japon, une quinzaine d'opérations de recharge sédimentaire en pied de barrage ont eu lieu entre 2004 et 2010 (Ock et al. 2013). A noter également qu'un certain nombre de travaux de recherche, américains et Suisse notamment, s'intéressent à l'efficacité de la mise en œuvre des matériaux rechargés (Bösch et al. 2016) et à l'analyse de la reprise et du transport de ces sédiments (Sklar et al. 2009, Gaeuman et al. 2017).

2.1.2.2. Opérations de recharge sédimentaire menées en France

En France, les premières opérations de recharge sédimentaire à proprement parlé semblent avoir été conduites en 1978, en aval du barrage de Ifferzheim, situé à la pointe nord de l'Alsace, sur le Rhin. Il s'agirait d'environ 150 000 m³ de graviers dragués dans des ballastières, clappés à l'aide de barges sur un linéaire d'environ 1 km. Un suivi par traceurs d'environ 22 000 m³ de matériaux colorés en rouges aurait été mis en œuvre. Des opérations similaires de type de clapage, auraient également eu lieu dans le Rhône.

Initiées dès 1997, des actions pour favoriser le transit sédimentaire ont été menées sur la Drôme (Landon et al. 1998). Il s'agit concrètement de mesures d'essartement, dessouchage, scarification et

création de tranchées de remobilisation ayant pour objectif de favoriser la remise en mouvement des matériaux. En France, les premières opérations de recharge sédimentaire à proprement parlé ont été conduites dès 2008 sur le ruisseau de la Clouère dans le bassin Seine – Normandie. Trois techniques de restauration morphologiques ont été utilisées : recharge en granulats, retalutage des berges et recharge, ainsi que la reconstruction de méandres.

A l'échelle des petits cours d'eau, les opérations de recharge se sont multipliées dans les années 2010, avec par exemple : 2009 – ruisseau de Saulny en Lorraine, 2011 – ruisseau de Trémeret (bassin Loire – Bretagne) et Houdan (Bassin Seine – Normandie). Des opérations de RS ont également été menées sur des ruisseaux de plus grande envergure entre 2009 et 2016. La première expérimentation de réactivation de la dynamique fluviale par le biais de la remobilisation des marges alluviales a été réalisée en 2009 par la CNR au droit de Pont St Esprit dans le cadre du plan Rhône. La CNR a poursuivi ces expérimentations durant l'hiver 2011/2012 sur les secteurs de Cornas (vieux Rhône de Bourg-lès-Valence), de la confluence du Roubion et des casiers de la Petite (vieux Rhône de Montélimar).

En 2010, une injection sédimentaire de 22 000 m³ de matériau a été réalisée sur le Vieux Rhin. Un banc trapézoïdal déconnecté de la berge, de 600 m de long, 12 m de large et 3 m de haut a été implanté. Un suivi géomorphologique complet est réalisé a posteriori, avec le suivi du déplacement de 1500 particules équipées de traceurs, des suivis bathymétriques, granulométriques et topographiques par imagerie aérienne.

L'opération récente de la plus grande envergure est sans conteste celle réalisée sur le Haut-Drac en Février 2014, dans le but de stopper l'incision du substratum rocheux érodable. Un volume de 450 000 m³ de matériaux, dont l'extraction a nécessité le défrichement de 26 hectares de forêt, ont été réinjectés dans le lit mineur du cours d'eau. À la suite des 5.5 mois de travaux, le lit a été rehaussé de 3 m par rapport à son niveau actuel. Pour empêcher tout risque de migration des matériaux rechargés vers l'aval, un seuil équipé d'une passe à poissons et d'une passe à canoë a été aménagé. Cette gigantesque opération de RS sur 3,7 km a été portée (et financée) par la communauté locale du Drac amont (CLEDA), pour un budget 4 M€. Le suivi des gains écologiques font l'objet d'un programme de suivi multi-partenarial (CLEDA, Agence de l'Eau, ONEMA, Parc des Ecrins, bureaux d'études) sur une période minimale de 10 ans sur les volets hydromorphologiques et écologiques (habitats, faune, flore).

Fin 2015, le Syndicat Départemental d'Aménagement de l'Ardèche (SDEA), gestionnaire du barrage de pont de Verrières, situé dans le cours de l'affluent la Fontaulière, a conduit une opération de recharge sédimentaire en aval de cet ouvrage. À la suite du curage de 40 000 m³ de matériaux en queue de retenue, 1 500 m³ non criblés ont été redéposés en aval de l'ouvrage. Ces matériaux ont été injectés (bennés) directement depuis la rive, de manière à former un cône de 7 à 8 m de hauteur. A noter qu'aucune pêche de sauvegarde n'a été réalisée au préalable. Une crue de l'ordre de la centennale a ensuite eu lieu (400 m³/s). Un régalaage des matériaux s'est opéré, jusqu'à 500 m en aval du site de redépose. Les suivis topographiques et bathymétriques, ainsi que des suivis de traceurs passifs sont réalisés par EDF avec le concours de l'Université de Lyon. D'autres opérations de RS sont prévues sur ce même site, pour conduire à un volume total de 10 000 m³ de matériaux rechargés d'ici 2 à 3 ans.

2.1.2.3. Un affluent de la Durance également concerné

Une opération de recharge sédimentaire a également été réalisée récemment sur le Buëch. En septembre 2016, EDF a réalisé avec le concours financier de l'Agence de l'Eau, une opération de recharge sédimentaire à l'aval du barrage de St Sauveur. Un volume de 45 000 m³ de matériaux a été curé en queue de retenue du barrage et redéposé en pied de celui-ci. Les travaux ont duré 6 semaines. L'étude préalable aux travaux réalisée par EDF a comparé la pertinence de quatre scénarios de mise en œuvre des matériaux rechargés.

En effet, en premier lieu, des perspectives de recharge en cordon sur une hauteur égale au haut de berge, de 6 m de large et de pente 3/2 sont étudiées. Dans un second temps, la possibilité de recharge en glacis (surface plane légèrement inclinée jusqu'au lit d'étiage) sur les extrados est envisagée. La troisième option consiste en la recharge dans le lit mineur en eau associée à un essartement et une scarification des terrasses latérales existantes. En dernier lieu, le bureau d'études (HYDRETTUES) a proposé de déposer les matériaux directement en aval de la retenue de St Sauveur, sur 2 m de haut et près de 800 ml. Ce scénario n'a pas été validé par EDF du fait des côtes de recharge en aval du barrage.

Des modélisations hydrauliques des écoulements dans ces différents scénarios ont été réalisées avec le logiciel Infoworks. Une solution hybride combinant recharge en cordon rive gauche et de recharge en lit mineur rive droite a finalement été retenue, comme illustré Figure 13, extraite des plans d'exécution de l'opération. Les suivis topographiques, bathymétriques et le suivi des traceurs actifs mis en place à l'aval sont réalisés par EDF et dans le cadre d'une thèse encadrée par l'ONEMA (P. Voisin).

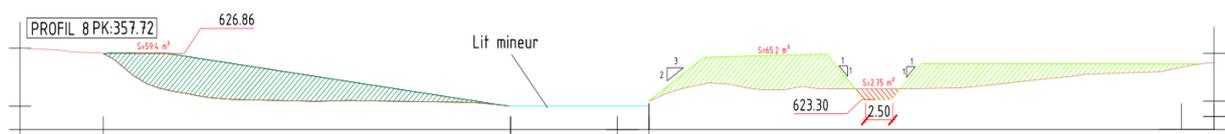


Figure 13 : Profil en travers de redépose à l'aval du barrage de St Sauveur (EDF - LAZER).

2.2. METHODOLOGIE GENERALE

Dans le cadre des études préalables, la méthodologie mise en œuvre répond à l'objectif de sélectionner les sites de recharge sédimentaire les plus pertinents et les plus opérationnels.

Elle repose sur l'établissement d'un inventaire exhaustif des sites potentiels de recharge sédimentaire à l'échelle de la moyenne et basse Durance, puis de l'application de plusieurs filtres d'analyse visant à identifier les sites présentant les meilleures potentialités et le moindre impact écologique :

1. Inventaire des sites potentiels sur l'ensemble de la moyenne et basse Durance

2. Evaluation de l'intérêt morphologique et des enjeux opérationnels pour chaque site

- ➔ Objectif : identifier les sites favorables présentant un intérêt morphologique fort à moyen, avec de faibles enjeux opérationnels

3. Avis d'expert en écologie

- ➔ Objectif : identifier les enjeux écologiques présents sur les sites favorables, au regard des interventions de recharge sédimentaire

Les méthodologies spécifiques de chacune des étapes sont précisées dans les paragraphes suivants.

2.3. METHODOLOGIES SPECIFIQUES

2.3.1. Inventaire des sites potentiels

2.3.1.1. Détermination de la zone d'étude

La zone d'étude, qui s'étend sur un peu plus de 100 km depuis l'aval du barrage de l'Escale jusqu'à l'aval de la commune de Cheval-Blanc (pk 152 à pk 263), est découpée en 2 secteurs continus définis comme suit :

- ✓ **Secteur 1 – moyenne Durance** : depuis l'aval du barrage de l'Escale jusqu'à l'amont du barrage de Cadarache (soit du pk 152 au pk 200)
- ✓ **Secteur 2 - basse Durance** : depuis l'aval du barrage de Cadarache jusqu'à l'aval de la commune de Cheval-Blanc (du pk 200 au pk 263)

Cette sectorisation provient du découpage en Actions inscrites au contrat de rivière de val de Durance (action B0-206 pour la moyenne Durance et B0-302 pour la basse Durance). Les limites de ces secteurs correspondent aussi à des « nœuds » physiques qui conditionnent le transit des sédiments : barrages pouvant ou non être effacés (avec un transit des matériaux au travers de l'ouvrage) et principales sources d'apports sédimentaires susceptibles de transiter vers l'aval (cf. Figure 14 **Erreur ! Source du**

renvoi introuvable.).

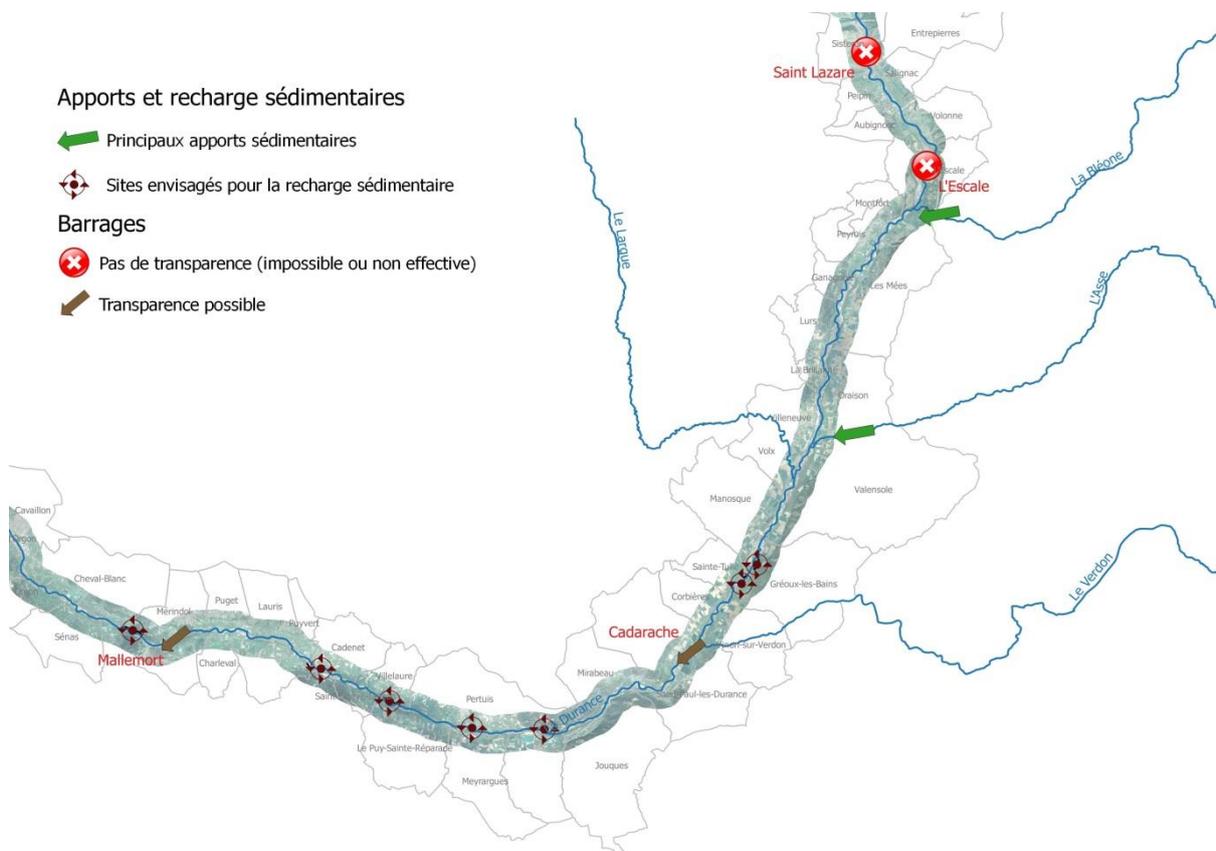


Figure 14 : Fonctionnement du transit sédimentaire entre Sisteron et Cheval-Blanc (Etude Globale).

2.3.1.2. Critères d'identification

Un « site » correspond à l'emprise d'une terrasse alluviale en lit majeur, située au contact direct du lit actif, et est caractérisé par une surface et une épaisseur moyenne de matériaux susceptibles d'être, en partie au moins, « intéressants » pour la recharge sédimentaire. Cette terrasse peut éventuellement être prolongée dans le lit mineur par un banc de matériaux perché, dont la hauteur avoisine celle de la terrasse végétalisée attenante, et sur lequel l'explosion végétale n'est maîtrisée que par les essartements. Une crue majeure, de l'ordre de la crue centennale, serait éventuellement susceptible de remobiliser tout ou partie de ces atterrissements.

Les critères suivants ont été retenus pour l'identification exhaustive des sites potentiels de recharge sédimentaire entre l'Escale et Cheval-Blanc :

- ✓ Emprise incluse dans l'espace de mobilité maximale ;
- ✓ Largeur active après élargissement de 500-600 m maximum, correspondant à la largeur maximale que la Durance est capable d'entretenir ;

- ✓ Elargissement de 50 m minimum, pour intervenir de manière efficace ;
- ✓ Possibilité de recul ou de suppression des ouvrages (type épis ou levées) ne jouant pas de rôle dans la protection contre les inondations.

2.3.1.3. Cartographie des sites potentiels

L'inventaire exhaustif des sites potentiels de recharge sédimentaire en moyenne et basse Durance aboutit à un total de 48 sites, répartis sur 10 secteurs comme suit (cf. Figure 15) :

- ✓ **15 sites en moyenne Durance** répartis sur les communes d'Oraison, Villeneuve, Valensole, Manosque, Gréoux, Sainte-Tulle ;
- ✓ **33 sites en basse Durance** répartis sur les communes de Beaumont, Saint Paul, Mirabeau, Jouques, Peyrolles, Pertuis, le Puy-Sainte-Réparate, Villelaure, Ste Estève Janson, Cadenet, Puyvert, la Roque d'Anthéron, Mérindol, Cheval-Blanc.

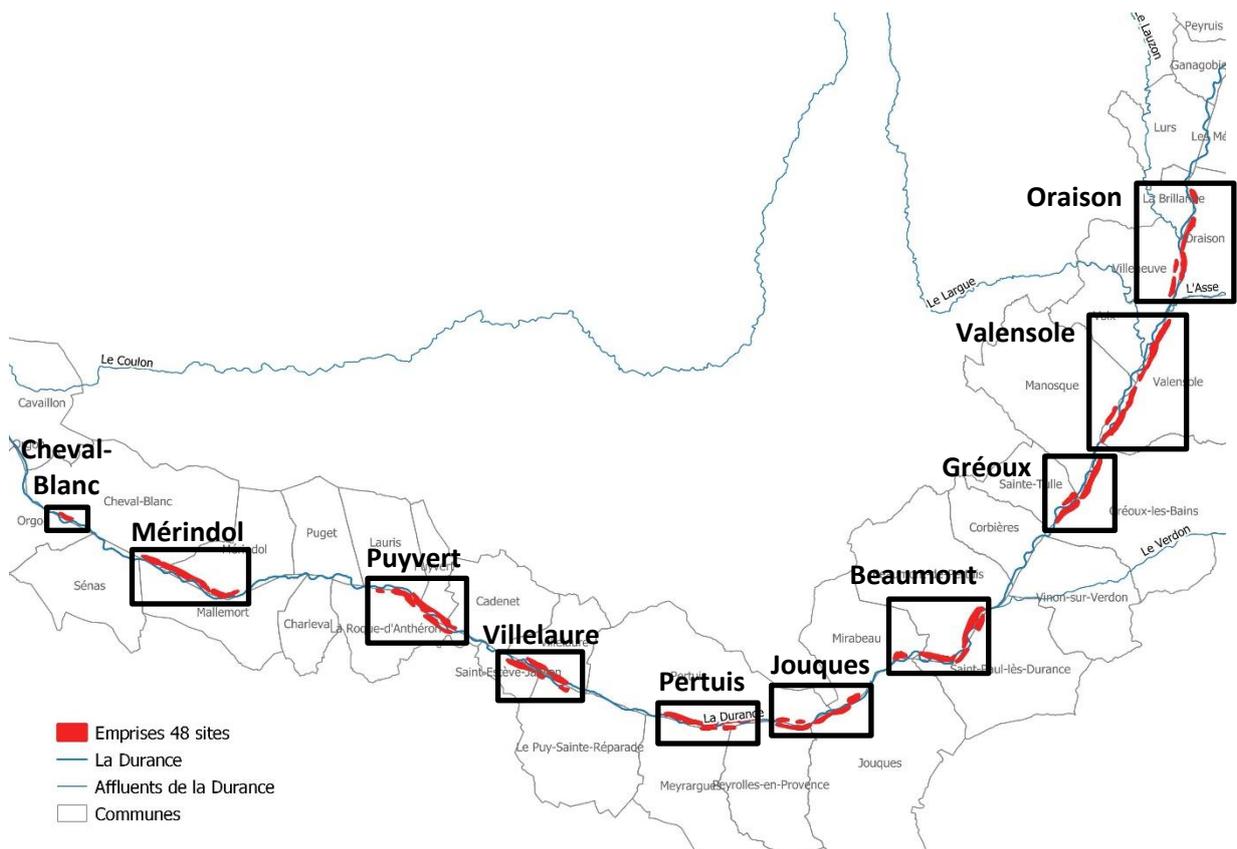


Figure 15 : Localisation des 48 sites potentiels de recharge sédimentaire répartis sur 10 secteurs.

2.3.2. Evaluation de l'intérêt morphologique

L'intérêt morphologique des sites potentiels est apprécié au regard de l'analyse croisée des quatre critères suivants :

- ✓ Importance de l'incision du lit ;
- ✓ Pertinence d'élargir la bande active et possibilité de recul d'épis ;
- ✓ Faciès morphologique actuel ;
- ✓ Estimation du volume utile de recharge sédimentaire.

Les niveaux d'évaluation sont : Fort, Moyen, Faible ou Nul. Les sites présentant un intérêt morphologique Nul ou Faible seront écartés.

2.3.2.1. Incision du lit

L'analyse de l'incision du lit se base sur la comparaison entre un profil en long historique de référence et le profil en long d'étiage le plus récent (cf. Figure 16). Concernant le profil en long historique de référence, le profil en long de la ligne d'eau levée par le service des Grandes Forces Hydrauliques entre 1892 et 1911 a été utilisé. Lorsque plusieurs profils en long ont été levés, on retient celui des plus basses eaux. Le profil en long d'étiage le plus récent est celui issu du lever LIDAR 2017.

Un paramètre correctif (C sur le schéma présenté Figure 17 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) doit être appliquée pour prendre en compte le fait que le débit réservé actuel est plus faible que celui du levé de référence. On retiendra par défaut une correction de l'ordre de 50 cm si l'on se rapporte au débit réservé antérieur à 2014 (environ 5 m³/s), et 30 cm si l'on se rapporte au débit réservé estival postérieur à 2014 (environ 15 m³/s). L'incision moyenne est calculée à l'échelle de tronçons de longueur 1 km. Le référentiel du découpage de l'axe des PK de Durance est utilisé.



Figure 16 : Analyse de l’incision moyenne du lit (GFH comparé aux données extraites du LIDAR 2017) sur un kilomètre (référentiel des PK Durance).

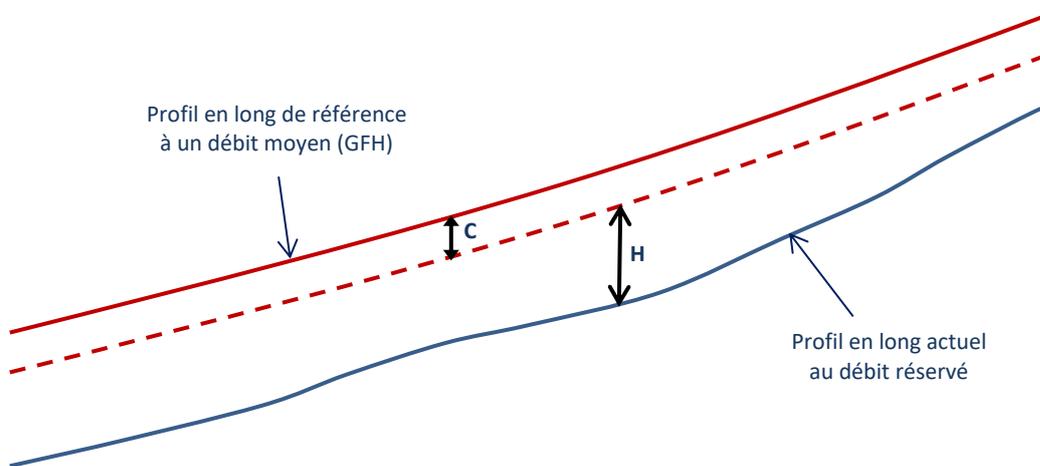


Figure 17 : Principe d’estimation du niveau d’incision du lit (H) par comparaison entre profils en long historiques (GFH / LIDAR 2017).

2.3.2.2. Largeur de bande active / Recul possibles d'ouvrages

Compte-tenu de la mobilité fortement réduite de la Durance depuis les aménagements, avoir pour ambition de revenir à des largeurs de lit vif semblables à celles de 1958 n'est pas réaliste. La Durance ne pourrait pas entretenir sur le long terme des surlargeurs créés de manière anthropique dans le cadre d'opérations de restauration morphologiques du cours d'eau. Sur de nombreux secteurs, la largeur nécessaire au bon écoulement des crues n'est assurée que par des opérations d'essartements réguliers, qui empêchent la fermeture du lit mineur.

Néanmoins, certains points durs ou ouvrages longitudinaux implantés au sein de la bande active contraignent fortement le cours d'eau et limitent la divagation naturelle des bras de la Durance. L'espace de mobilité recherché, tel que défini à l'époque de l'étude globale, permet de délimiter secteur par secteur un espace dans lequel la Durance doit être en mesure d'évoluer librement, sans être limitée par des contraintes latérales fortes.

Ainsi, en plus de la détermination de l'incision du lit, l'analyse morphologique menée au droit des différents sites de recharge potentiels permet de s'interroger sur la possibilité de reculs d'ouvrages au sein de l'espace de mobilité recherché. Également, dans la limite du tracé de l'espace de mobilité recherché, une analyse topographique de l'altimétrie des terrasses latérales et des bancs situés au sein du chenal d'essartement est réalisée.

2.3.2.3. Faciès morphologiques

Comme l'illustre la Figure 4, on distingue en Durance trois faciès dominants : le chenal, le méandre et la tresse. Compte-tenu du nombre de retenues au fil de l'eau, les queues de retenues représentent également un pourcentage non négligeable du linéaire de la Durance.

Les tronçons présentant un faciès en tresses, ou un lit méandrique tendant au tressage, sont des secteurs dont le fonctionnement morphologique se rapproche du fonctionnement typique de la Durance, dominant avec les aménagements de la chaîne hydro-électrique. Une intervention sur ces secteurs est donc à considérer avec prudence, au regard de l'objectivation de l'intérêt d'améliorer le fonctionnement global du secteur considéré.

2.3.2.4. Volume utile pour la recharge sédimentaire

L'analyse bibliographique témoigne d'opérations de recharge sédimentaire de niveaux d'ambitions très différentes, dont la quantité de matériaux rechargés en une fois dans le cours d'eau n'excède pas 500 000 m³. Pour chacun des sites considérés, il est important de statuer sur le fait que la surface et le volume utile de matériaux estimé se soient pas limitants, pour mener une opération de recharge sédimentaire d'envergure.

2.3.3. Analyse des enjeux opérationnels

Les enjeux opérationnels de chaque site sont évalués au regard de deux critères :

- ✓ Statuts fonciers des terrains ;
- ✓ Accessibilité des sites et infrastructures présentes sur les sites ou à proximité.

L'intérêt opérationnel de chaque site est évalué avec une note globale sur 10 points. Seuls les sites présentant une note supérieure à 7 sur 10 (intérêt fort) seront retenus.

2.3.3.1. Enjeux fonciers

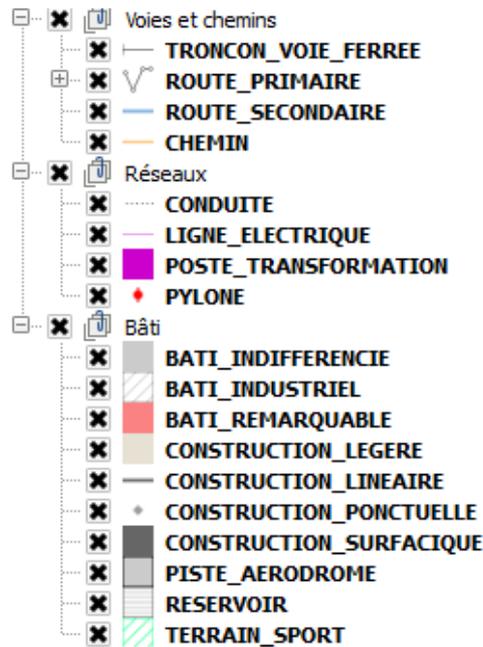
Pour chaque site, il a été analysé les données cadastrales (découpage parcellaire, noms et coordonnées des propriétaires) permettant de connaître le statut privé ou public des terrains envisagés. Les sites peuvent être soit dans le domaine public fluvial ou des secteurs non cadastrés et/ou soit dans la propriété privée de personnes, morales ou physiques, ou d'institutions publiques, Etat, collectivités, ...

Chaque site est évalué par une note de 0 à 5, la note étant d'autant plus basse que des enjeux fonciers sont présents ou prévisibles, et susceptibles d'obérer les possibilités d'interventions pour la recharge sédimentaire.

Par exemple, un site entièrement inclus dans le domaine public fluvial aura une note de 5 pour ce qui concerne l'intérêt « foncier ». Par contre, un site situé en totalité ou partie en propriété privée, ou faisant l'objet d'exploitation particulière du sol (champ cultivé) sera noté de 0 à 4 suivant l'importance de l'enjeu.

2.3.3.2. Enjeux Infrastructures et accessibilité aux sites

L'évaluation des enjeux d'infrastructures et d'accessibilité aux sites est basée principalement sur les données de la BDTOP, récemment mise à jour. Les principales couches SIG utilisées dans cadre de cette analyse sont les suivantes :



Remarque : dans un premier temps, il n'a pas été jugé opportun de réaliser des Déclarations de Travaux (DT) systématiques pour tous les sites inventoriés, du fait de travail de dépouillement important que cela impliquerait. Ces DT interviendront dans un deuxième temps pour les sites prioritaires uniquement.

Pour chaque site, l'analyse des voies et chemins permet d'évaluer l'accessibilité théorique par des engins de chantier.

Par ailleurs, la présence de réseaux, bâtis et autres constructions au droit ou à proximité du site a été analysée au regard du rapport coût/faisabilité des travaux envisagés qui en résulterait.

Chaque site est évalué par une note de 0 à 5, la note étant d'autant plus basse que des enjeux d'accès et d'infrastructures sont présents ou prévisibles, et susceptibles d'obérer les possibilités d'interventions pour la recharge sédimentaire.

Par exemple, un site dépourvu d'enjeux d'infrastructure et accessible par des voies publiques sans contrainte de gabarit aura une note de 5. En revanche, un site difficilement accessible car enclavé entre l'autoroute et la Durance, ou nécessitant d'emprunter des voies privées, ou encore traversé par des réseaux aériens ou souterrains sera noté de 0 à 4 suivant l'importance des enjeux présents.

La carte ci-dessous présente un exemple d'analyse des critères « foncier » (note 1/5) et « infrastructures et accessibilité » (note 4/5) sur le site de « l'île du chat » à Valensole :

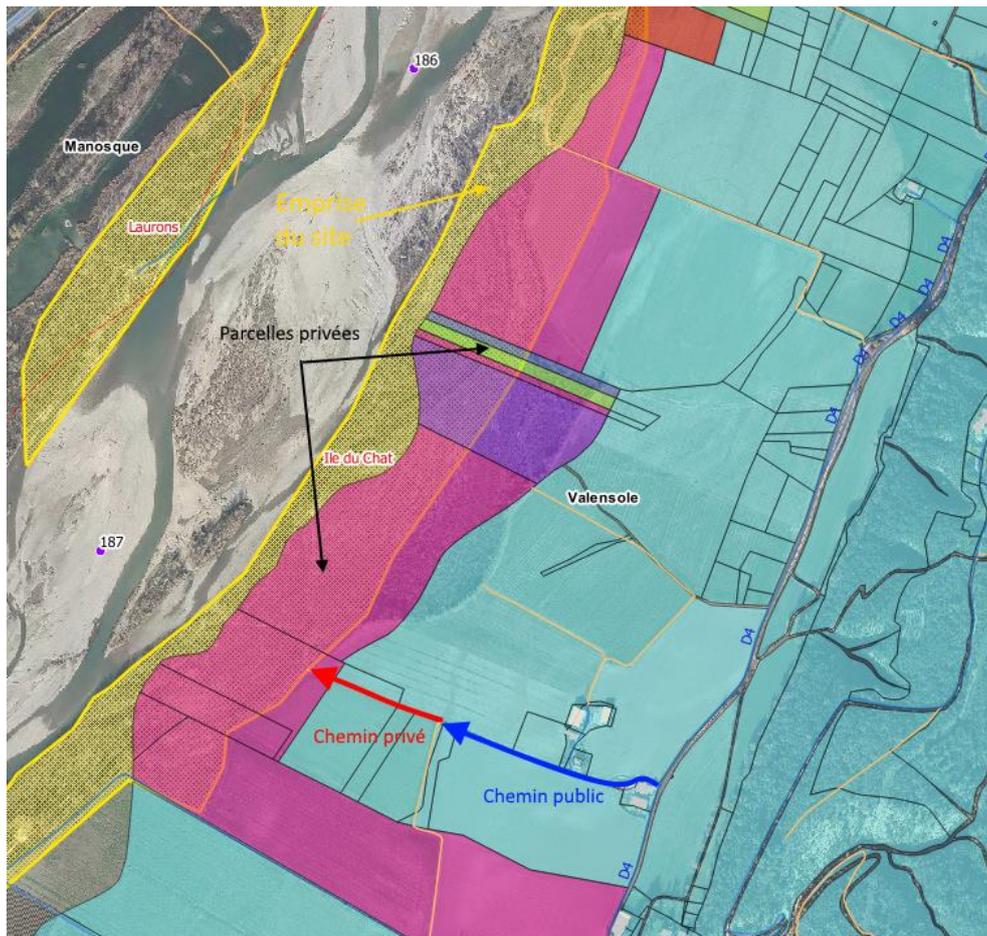


Figure 18 : Exemple d'analyse cartographique pour les enjeux opérationnels.

2.3.4. Analyse des enjeux écologiques

Même si les bénéfices écologiques attendus sont élevés comme présenté précédemment, ceux-ci ne doivent pas occulter d'autres enjeux de biodiversité moins dépendants de l'hydrosystème Durance 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.

L'analyse morphologique confrontée aux contraintes foncières a permis de faire ressortir parmi les sites potentiels, un ensemble de secteurs efficaces pour la recharge sédimentaire. Il s'agit dans cette phase, au regard de la connaissance biologique et fonctionnelle de ces sites, de réaliser un pré-diagnostic sommaire afin de s'assurer du maintien ou de l'amélioration de certaines fonctionnalités et la préservation d'enjeux écologiques forts dont le projet de recharge ne viserait pas particulièrement.

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 pourrait dans certains cas abandonner complètement certains sites.

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.

2.3.4.1. 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. Ces boisements anciens sont donc à conserver. La photo aérienne de 1958 montre l'état végétatif du lit juste avant les gros bouleversements hydromorphologiques de la Durance. On y distingue particulièrement les chenaux en eau, les bancs de graviers crus et les boisements en place en 1958. Une vérification avec les photo aériennes suivantes permet de confirmer l'état boisé au cours du temps de ces boisements. En effet, certains boisements de 1958 ont disparu par suite des crues avant de se reboiser naturellement. Ils ne sont alors pas considérés comme des boisements âgés. Cette analyse permet de conserver les boisements ayant au moins 60 ans de continuité boisée.



Figure 19 : Secteur pressenti sur fond de photo aérienne de 1958 montrant les boisements alluviaux à préserver.

2.3.4.2. Confortement des continuités écologiques boisées

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.

Ainsi, une continuité boisée d'au moins 30 mètres de large sera recherchée.

2.3.4.3. Maintien des espèces à enjeux peu résilientes

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 y prospérer.

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 près, Tichodrome, Grive mauvis, Hirondelle rousseline, Locustelle luscinoïde, 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 non concernés à ce stade du projet

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 un diagnostic écologique complémentaire qui permettra d'identifier précisément les enjeux afin de les éviter au maximum.

3. Résultats de l'étude

3.1. EVALUATION DES SITES POTENTIELS

3.1.1. Secteur d'Oraison

Sur le secteur d'Oraison, six terrasses latérales ont été analysées au regard de leur potentiel intérêt pour la recharge sédimentaire (cf. Figure 20). Le résultat des analyses morphologiques et de l'étude des enjeux fonciers et infras sont présentés

	Sites	Commune	Incision du lit (m)	Surface (ha)	Hauteur terrasse / Etiage 2016 (m)	Estimation Volume 50% de Sxh (m3)	Avec recul / suppression d'ouvrages	Facès 2017/2018	Largeur bande active	Intérêt morpho (/5)	Enjeux fonciers
Site 1	Aval seuil Brillanne	Oraison	1.5	14.4	3.2	230 000	non	Tresses	≈ Lessartée	faible 1	Le site délimité est hors zone parcellisée donc sur domaine public ou assimilé. Il n'y a pas nécessité d'obtenir d'autorisation d'accès pour les travaux.
Site 2	Aval pont Oraison	Oraison	2	13.6	2.7	190 000	non	Chenal	≈ Lessartée	faible 1	Le site délimité est hors zone parcellisée donc sur domaine public ou assimilé. Il n'y a pas nécessité d'obtenir d'autorisation d'accès pour les travaux.
Site 3	Amont pont canal	Oraison	0.5	10.9	2.3	120 000	non	Tresses	≈ Lessartée	faible 1	Le site délimité est hors zone parcellisée donc sur domaine public ou assimilé. Il n'y a pas nécessité d'obtenir d'autorisation d'accès pour les travaux.
Site 4	Grandes Pièces	Oraison	1	24.5	2.1	260 000	oui (4 épis)	Tresses	> Lessartée	faible 1	Une petite surface de moins de 2 hectares est parcellisée, à éviter en cas de travaux, le reste dans le domaine public ou assimilé.

Site 5	Aval pont Canal	Villeneuve	1	5.9	2.7	80 000	non	Tresses	> Lessartée	nul	0	
Site 6	Buissonnades	Villeneuve	2	13.6	2.5	170 000	non	Tresses	≈ Lessartée	faible	1	Site appartenant au domaine public ou assimilé

Table 1.

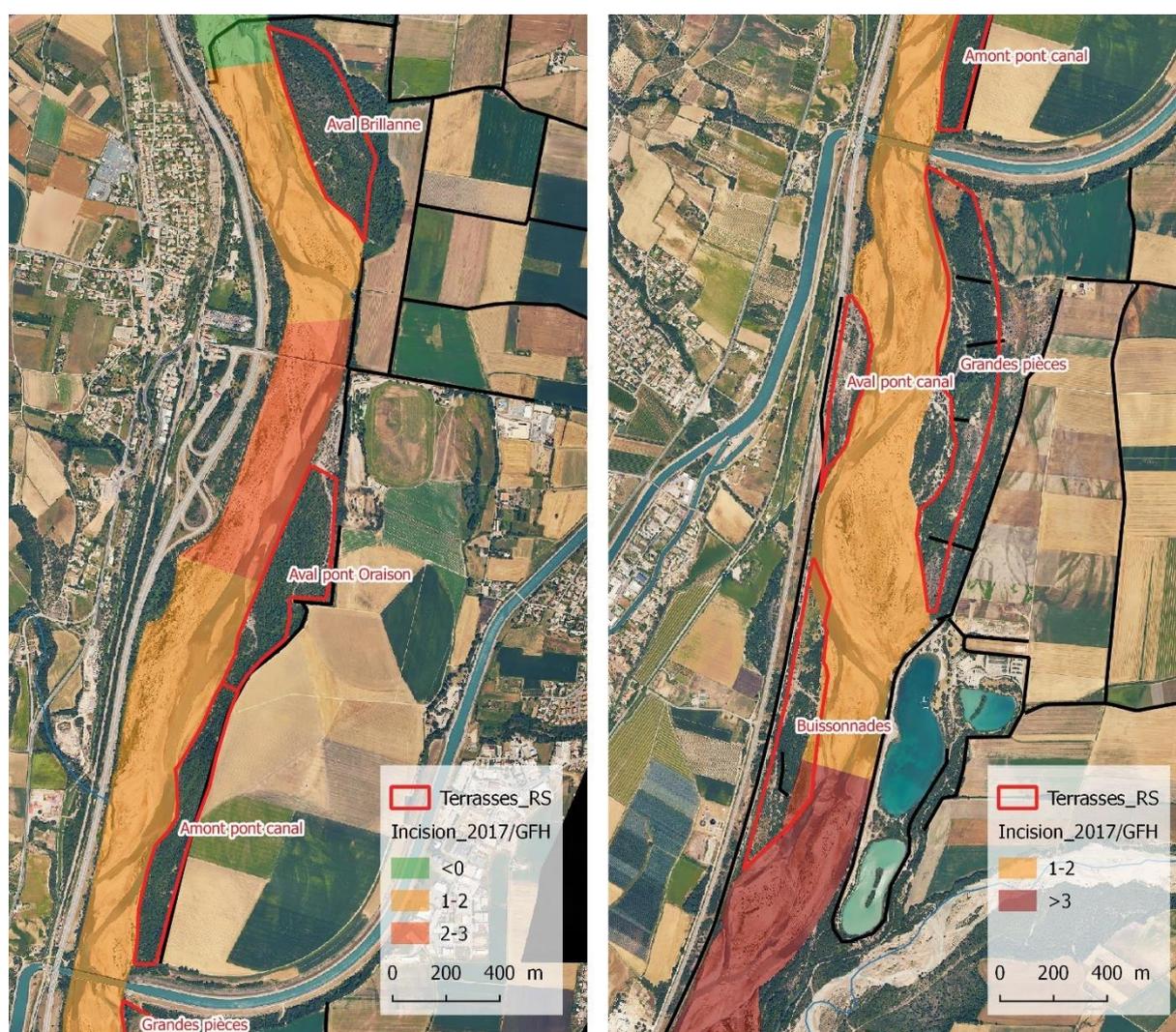


Figure 20 : Terrasses latérales analysées sur le secteur d’Oraison.

Concernant l'analyse morphologique, les sites du secteur d'Oraison présentent un intérêt très limité, principalement du fait de la mobilité importante du lit sur ce secteur et de son faciès en tresses sur la quasi-intégralité du linéaire concerné.

L'aval du seuil de la Brillanne est un secteur ayant récemment connu des évolutions importantes à la suite de la rupture du seuil en 2013. Les continuités sédimentaires et piscicoles sont en grande partie rétablies. Le rétablissement du profil en long sur les levers de 2016 et 2017 en atteste, comme le recouvrement des affleurements rocheux préalablement visibles en aval du seuil.

On observe également sur les dernières photographies aériennes, une diversification des faciès morphologiques du secteur. Le tronçon situé en aval du seuil présentait avant rupture un faciès chenalisé. Une multiplication des bras vifs a depuis été constatée. L'enlèvement complet du seuil, réalisé en deux phases durant les étés 2019 et 2020, contribuera à plus ou moins court terme, selon l'hydrologie des prochaines années, à retrouver un faciès en tresses sur l'intégralité du linéaire Dabisse – Manosque (Pk 167 à 189).

Conclusion : compte-tenu de la restauration morphologique importante qui s'est opérée sur le secteur depuis la rupture du seuil, le secteur d'Oraison ne présente donc pas de besoin additionnel de restauration morphologique. Il ne sera pas retenu dans la suite de l'étude.

	Sites	Commune	Incision du lit (m)	Surface (ha)	Hauteur terrasse / Etiage 2016 (m)	Estimation Volume 50% de Sxh (m3)	Avec recul / suppression d'ouvrages	Faciès 2017/2018	Largeur bande active	Intérêt morpho (/5)	Enjeux fonciers	Note sur 5	Enjeux "Infra" et accessibilité	Note sur 5	TOTAL	
Site 1	Aval seuil Brillanne	Oraison	1.5	14.4	3.2	230 000	non	Tresses	≈ Lessartée	faible	1	Le site délimité est hors zone parcellisée donc sur domaine public ou assimilé. Il n'y a pas nécessité d'obtenir d'autorisation d'accès pour les travaux.	5	Le site est bien desservi à partir de la D4, par un chemin de bon gabarit, en partie dans le domaine public. Il n'y a pas de construction, ni réseau aérien majeur au droit du site.	5	11
Site 2	Aval pont Oraison	Oraison	2	13.6	2.7	190 000	non	Chenal	≈ Lessartée	faible	1	Le site délimité est hors zone parcellisée donc sur domaine public ou assimilé. Il n'y a pas nécessité d'obtenir d'autorisation d'accès pour les travaux.	5	Le site est bien desservi à partir de la D4B, par 2 chemins de bon gabarit, en partie dans le domaine public. Il n'y a pas de construction, ni réseau aérien majeur au droit du site.	5	11
Site 3	Amont pont canal	Oraison	0.5	10.9	2.3	120 000	non	Tresses	≈ Lessartée	faible	1	Le site délimité est hors zone parcellisée donc sur domaine public ou assimilé. Il n'y a pas nécessité d'obtenir d'autorisation d'accès pour les travaux.	5	Accès un peu moins facile que pour le site 2, soit par la D4 depuis le centre d'Oraison, par zone pavillonnaire et en traversant le canal, soit par D4B en traversant un hameau.	4	10
Site 4	Grandes Pièces	Oraison	1	24.5	2.1	260 000	oui (4 épis)	Tresses	> Lessartée	faible	1	Une petite surface de moins de 2 hectares est parcellisée, à éviter en cas de travaux, le reste dans le domaine public ou assimilé.	5	Accès direct depuis la D4 jusqu'à la STEP par chemin public puis chemin (privé?) longeant champ sur 300 m. Pas de construction, ni réseau aérien à proximité	5	11

Site 5	Aval pont Canal	Villeneuve	1	5.9	2.7	80 000	non	Tresses	> Lessartée	nul	0							0
Site 6	Buissonnades	Villeneuve	2	13.6	2.5	170 000	non	Tresses	≈ Lessartée	faible	1	Site appartenant au domaine public ou assimilé	5	Pas d'accès depuis la rive droite à cause de l'autoroute, seul accès possible par la rive gauche via le plan d'eau des Buissonnades (+dénivelé de la nouvelle digue à franchir)			1	7

Table 1 : Résultats des études morpho et enjeux fonciers/infra des terrasses latérales analysées dans des perspectives de recharge sédimentaire, sur le secteur d'Oraison.

3.1.2. Secteur de Valensole

Sur le secteur de Valensole, six terrasses latérales ont été analysées au regard de leur potentiel intérêt pour la recharge sédimentaire (cf. Figure 21). Le résultat des analyses morphologiques et de l'étude des enjeux fonciers et infras sont présentés Table 2.



Figure 21 : Terrasses latérales analysées sur le secteur de Valensole.

Bien que l'incision du lit sur le secteur de Valensole soit importante (entre 2 et 4 m) et bien que les volumes des terrasses considérées soient élevés, mener une opération de recharge sédimentaire sur le secteur serait peu pertinente. En effet, la largeur du lit vif est importante sur ce tronçon, et la Durance présente d'ores et déjà un faciès en tresses.

Conclusion : compte tenu de l'activité morphologique déjà en cours, le secteur de Valensole n'est pas prioritaire pour les premières programmations de recharge sédimentaire.

	Sites	Commune	Incision du lit (m)	Surface (ha)	Hauteur terrasse / Etiage 2016 (m)	Estimation Volume 50% de Sxh (m3)	Avec recul / suppression d'ouvrages	Faciès 2017/2018	Largeur bande active	Intérêt morpho (/5)	Enjeux fonciers	Note sur 5	Enjeux "Infra" et accessibilité	Note sur 5	TOTAL	
Site 7	St Cannat	Valensole	2.5	26.4	3.2	420 000	non	Tresses	> Lessartée	faible	1	Le site délimité est hors zone parcellisée donc sur domaine public ou assimilé. Il n'y a pas nécessité d'obtenir d'autorisation d'accès pour les travaux.	5	Un chemin public permet de desservir le site à partir de la D4 jusqu'en limite de parcelles cultivées, ensuite il faut suivre une piste en domaine public sur environ 1 km	4	10
Site 8	Largue	Valensole	2.5	23.5	2.9	340 000	non	Tresses	> Lessartée	faible	1	Le site délimité est hors zone parcellisée donc sur domaine public ou assimilé. Il n'y a pas nécessité d'obtenir d'autorisation d'accès pour les travaux.	5	Un chemin public permet de desservir le site à partir de la D4 jusqu'en limite de parcelles cultivées, ensuite on accède directement au site par un chemin.	5	11
Site 9	Aire de Manosque	Valensole	3	15.1	3.2	240 000	non	Tresses	> Lessartée	faible	1	Le site délimité est hors zone parcellisée donc sur domaine public ou assimilé. Il n'y a pas nécessité d'obtenir d'autorisation d'accès pour les travaux.	5	Un chemin public permet de desservir le site à partir de la D4 jusqu'en limite de parcelles cultivées, ensuite il faut suivre une piste en domaine public sur environ 1,2 km	4	10
Site 10	Chabrands	Valensole	4	17.8	2.6	230 000	non	Tresses	> Lessartée	faible	1	Une petite surface d'environ 2,5 hectares est parcellisée, à éviter en cas de travaux, le reste dans le domaine public ou assimilé.	5	L'accès au site depuis la D4 passe par un chemin public puis passe par un chemin privé en bord de champ.	3	9

Site 11	Ile du Chat	Valensole	4	40.6	3.0	620 000	non	Tresses	> Lessartée	faible	1	Une surface de 23 ha est en domaine privé soit plus de la moitié de la surface du site, une partie du site empiète sur des champs cultivés.	1	L'accès depuis la D4 passe par chemin public, les derniers 200 mètres étant sur des parcelles privées (2 propriétaires différents)	4	6
Site 12	Laurons	Manosque	4	11.7	2.9	170 000	non	Tresses	> Lessartée	faible	1	Le site est en domaine public et en partie en propriété communale.	5	L'accès au site n'est pas aisé, enclavé entre autoroute et Durance + présence des plans d'eau	2	8

Table 2 : Résultats des études morpho et enjeux fonciers/infra des terrasses latérales analysées dans des perspectives de recharge sédimentaire, sur le secteur de Valensole.

3.1.3. Secteur de Gréoux

Sur le secteur de Gréoux, trois terrasses latérales ont été analysées au regard de leur potentiel intérêt pour la recharge sédimentaire (cf. Figure 22). Le résultat des analyses morphologiques et de l'étude des enjeux fonciers et infras sont présentés Table 3.

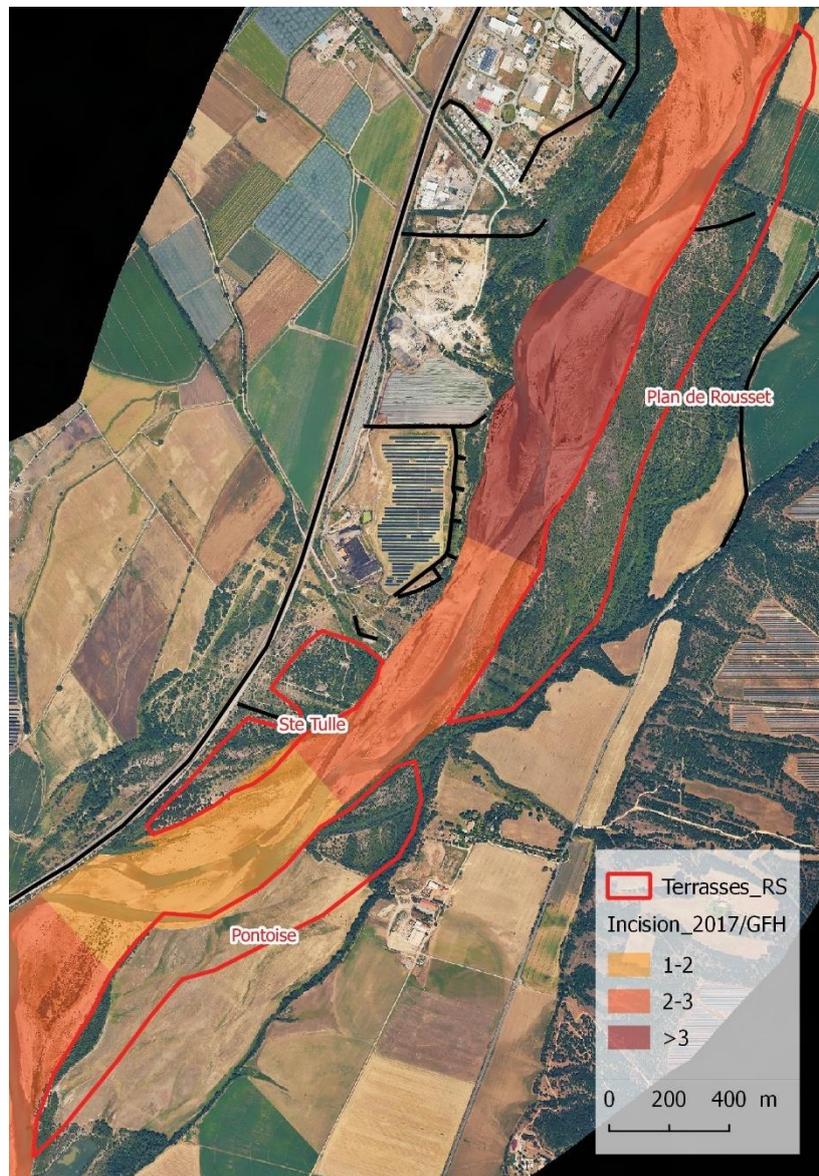


Figure 22 : Terrasses latérales analysées sur le secteur de Gréoux.

Le tronçon est caractérisé par une incision marquée du lit, pouvant légèrement excéder 3 m au droit du site de Plan de Rousset. Les sites de Pontoise et de Plan de Rousset présentent des volumes importants et des bancs perchés au sein du lit mineur.

Parmi les sites morphologiquement intéressants, seul le site de Pontoise est globalement opérationnel avec toutefois une problématique de disponibilité à étudier (terrains en partie cultivés).

Sur le site de Pontoise, la photo aérienne de 1958 ne montre pas de boisement ancien à préserver qui perdure aujourd'hui. Un cordon boisé en retrait du site assure une forme de continuité boisée qu'il serait opportun de renforcer sur une largeur d'au moins 30 mètres.

Cette terrasse ne présente aucune donnée bibliographique d'espèces à enjeux. Alors que quelques espèces patrimoniales sont présente dans le lit vif à proximité, la Fléole rude (*Phleum paniculatum*) est notée à proximité de la terrasse.

Conclusion : le site de Pontoise est jugé comme site favorable.

	Sites	Commune	Incision du lit (m)	Surface (ha)	Hauteur terrasse / Etiage 2016 (m)	Estimation Volume 50% de Sxh (m3)	Avec recul / suppression d'ouvrages	Facès 2017/2018	Largeur bande active	Intérêt morpho (/5)	Enjeux fonciers	Note sur 5	Enjeux "Infra" et accessibilité	Note sur 5	TOTAL	
Site 13	Plan de Rousset	Gréoux	3	49.7	3.7	920 000	oui (1 digue)	Méandres	> Lessartée	fort	5	Près de 20 hectares sur les 50 sont dans le domaine privé du GFA du domaine de Rousset, le reste est situé dans un secteur non cadastré.	2	Il n'y a pas d'accès sans passer par des terrains privés. Au Sud du site dans la partie sous le secteur non cadastré, il y a un accès assez direct par un chemin privé (400 mètres). On note la présence de lignes électriques aériennes au droit de ce secteur Sud mais les pylônes sont hors emprise.	3	10
Site 14	Ste Tulle	Ste Tulle	2	14.7	3.3	240 000	non (épi A51)	Méandres	≈ Lessartée	faible	1	Le site est situé en partie dans un secteur non cadastré et en partie sur des propriétés communales.	5	Présence de lignes aériennes et de deux pylônes sur le site + 1 épi de l'autoroute. Présence d'un gros pylône juste en amont du site. L'accès est possible mais assez long depuis Manosque en passant par un pont sur l'autoroute : arrivée sur terrain propriété de l'Etat (autoroute)	3	9
Site 15	Pontoise	Ste Tulle	2	32.5	3.6	590 000	non	Tresses / Méandres	≈ Lessartée	moyen	3	Le foncier est en totalité dans un secteur non cadastré, mais les terrains sont cultivés en partie.	3	L'accès par un chemin public est possible avec un petit bout en terrain privé à la fin (70 m)	4	10

Table 3 : Résultats des études morpho et enjeux fonciers/infra des terrasses latérales analysées dans des perspectives de recharge sédimentaire, sur le secteur de Gréoux.

3.1.4. Secteur de Beaumont

Sur le secteur de Beaumont, six terrasses latérales ont été analysées au regard de leur potentiel intérêt pour la recharge sédimentaire (cf. Figure 23). Le résultat des analyses morphologiques et de l'étude des enjeux fonciers et infras sont présentés Table 4.



Figure 23 : Terrasses latérales analysées sur le secteur de Beaumont-de-Pertuis.

Le secteur de Beaumont est situé à l'aval du barrage de Cadarache. L'incision est particulièrement marquée sur ce tronçon, avec un abaissement du fil d'eau entre le profil des Grandes Forces Hydrauliques du début du 20^{ème} s. et le profil en long d'étiage de 2017 pouvant atteindre 4.5 m. Le développement d'un train de méandres particulièrement important est notable, avec une anse d'érosion remarquable entre les sites de Bonin et de Mirabeau.

L'analyse diachronique des profils en long d'étiage récents montre que les mises en transparences systématiques de Cadarache en crue ont permis l'arrêt de l'incision du lit en aval du barrage. Ce secteur sera a priori l'un des premiers sur lequel l'effet du retour des graviers en provenance de l'Asse et de la Bléone sera remarqué. L'intérêt morphologique de mener une opération de recharge sédimentaire sur l'intégralité de ce secteur est globalement fort.

Les sites de Saint Martin et Viguiers sont globalement opérationnels, avec toutefois quelques problématiques foncières et d'accès à étudier.

Sur le site de Viguiers, la photo aérienne de 1958 montre un boisement ancien qu'il conviendra de

diagnostiquer plus précisément à l'extrême Est du site. Il semble être pour partie colonisé par des pins. Ce boisement reste tout à fait marginal par rapport au reste du site s'il devait être conservé. Une continuité boisée sera à conserver sur au moins 30 mètres de large ou à restaurer sur les secteurs déficients.

Sur le site de Saint Martin, la photo aérienne de 1958 montre un lit vif sans boisement. Les boisements en place sont donc relativement récents notamment dans la partie aval encore ouverte en 1993. Une continuité boisée de 30 mètres de large sera à conserver ou à anticiper.

Sur ces sites, il existe des données de Castor d'Europe et sporadiquement de Canne de Ravenne. La Loutre et le Campagnol amphibie sont présents à proximité.

Conclusion : les sites de St Martin et Viguiers sont jugés comme sites favorables.

	Sites	Commune	Incision du lit (m)	Surface (ha)	Hauteur terrasse / Etiage 2016 (m)	Estimation Volume 50% de Sxh (m3)	Avec recul / suppression d'ouvrages	Facès 2017/2018	Largeur bande active	Intérêt morpho (/5)	Enjeux fonciers	Note sur 5	Enjeux "Infra" et accessibilité	Note sur 5	TOTAL
Site 16	Les Iscles	Beaumont	5	56.2	4.3	1 200 000	non	Méandres	> Lessartée	fort 5	Le foncier est en totalité dans le domaine public mais une grande partie de la surface est en champ cultivé ou verger	1	L'accès nécessite de passer par des chemins privés depuis la RD996 Depuis la RD 996 l'accès nécessite de passer par un chemin privé à travers champs	2	8
Site 17	Péage Cadarache	Saint Paul	5	18.2	6.5	590 000	non	Méandres	> Lessartée	fort 5	Les terrains appartiennent à EDF et au ministère de l'écologie, pour les 3/4 de la surface	4	Il y a un accès par une bretelle d'autoroute mais c'est une voie de service certainement réservée à la société d'autoroute	2	11
Site 18	St Martin	Saint Paul	5	10.7	3.5	190 000	non	Méandres	> Lessartée	fort 5	Le foncier est en totalité dans le domaine public.	5	Site enclavé par l'autoroute et le canal EDF. Il y a un accès possible par un pont sur le canal et sous l'autoroute mais sur des terrains EDF et ERDF.	2	12
Site 19	Viguiers	Beaumont	5	21.0	3.4	360 000	oui (1 épis)	Méandres	> Lessartée	fort 5	Le foncier est au 1/3 dans des parcelles privées dont une partie de champs cultivés. Il faudrait n'intervenir que sur les 2/3 restant côté rivière.	3	L'accès semble assez facile depuis la RD996 mais passe par un bout de chemin privé	4	12

Site 20	Bonin	Beaumont	3	10.1	2.8	140 000	oui (1 épis)	Méandres	> Lessartée	faible	1	Le foncier est au 1/3 dans des parcelles privées dont une partie de champs cultivés. Il faudrait n'intervenir que sur les 2/3 à l'aval qui sont dans le domaine public	2	L'accès est direct par la RD 996 puis par un chemin longeant un champ et à la lisière du domaine public.	5	8
Site 21	Mirabeau	Mirabeau	3	16.3	3.9	320 000	non	Méandres	≈ Lessartée	moyen	3	Le foncier est en totalité dans le domaine public.	5	L'accès par la RD996 se fait par un chemin longeant des champs sur 700 mètres en limite DP/privé. Présence d'une conduite de gaz diam 600 très vulnérable.	1	9

Table 4 : Résultats des études morpho et enjeux fonciers/infra des terrasses latérales analysées dans des perspectives de recharge sédimentaire, sur le secteur de Beaumont.

3.1.5. Secteur de Jouques

Sur le secteur de Jouques, sept terrasses latérales ont été analysées au regard de leur potentiel intérêt pour la recharge sédimentaire (cf. Figure 24). Le résultat des analyses morphologiques et de l'étude des enjeux fonciers et infras sont présentés Table 5.



Figure 24 : Terrasses latérales analysées sur le secteur de Jouques.

Le secteur de Jouques a subi des perturbations morphologiques particulièrement importantes, imputables aux extractions massives ayant eu lieu dans le lit mineur et en lit majeur sur le secteur. Depuis l'aval du seuil A, les affleurements rocheux sont visibles, avec une incision du lit qui excède 3 m sur l'intégralité du tronçon. Compte-tenu des volumes disponibles, les sites de Pavillon, Plantin et Capélans présentent un intérêt important en termes de possibilité de recharge sédimentaire. A noter que le secteur ne présente aucun banc perché en lit mineur.

Néanmoins, sur un tel « toboggan » à graviers les opérations de recharges potentielles devront être réfléchies au regard de la question de la granulométrie des matériaux rechargés. En effet, dans un secteur où le matelas alluvial est aujourd'hui quasi-inexistant, il serait préférable de recharger le lit avec des matériaux d'une granulométrie importante. Ces matériaux, remobilisables uniquement par des crues importantes permettraient de reconstituer la base d'un matelas alluvial, matrice au sein de laquelle les matériaux de granulométrie moyenne pourraient peut-être s'inscrire plus facilement que sur les affleurements rocheux.

Les enjeux fonciers sont globalement favorables sur ce secteur avec quasiment tous les sites situés dans le domaine public. En revanche, tous les sites sont plus ou moins impactés soit par la présence d'infrastructures contraignantes ou vulnérables, ou soit par une difficulté potentielle d'accessibilité.

Sur le site de Pavillon, la photo aérienne de 1958 montre un lit vif avec quelques boisements mais ceux-ci ont été défrichés dans les années 1970 lors des extractions. Les boisements en place sont donc relativement récents. Une continuité boisée de 30 mètres de large existe au-delà du site même si l'ensemble constitue des boisements clairs perchés. Une vigilance à l'aval du site sera à avoir ou un resserrement existe entre les cultures et la Durance.

La Canne de Ravenne est omniprésente sur ce site. La Laiche tardive est localisée à proximité avec la Petite Massette, la Massette de Laxmann, le Polygale grêle, la Véronique faux-mouron, les Laiches tardive et faux-souchet ainsi que le Castor d'Europe.

Conclusion : sur le secteur de Jouques, seul le site de Pavillon apparaît favorable pour une opération de recharge sédimentaire (intérêt morphologique fort, couplé à de faibles enjeux opérationnels).

	Sites	Commune	Incision du lit (m)	Surface (ha)	Hauteur terrasse / Etiage 2016 (m)	Estimation Volume 50% de Sxh (m3)	Avec recul / suppression d'ouvrages	Faciès 2017/2018	Largeur bande active	Intérêt morpho (/5)		Enjeux fonciers	Note sur 5	Enjeux "Infra" et accessibilité	Note sur 5	TOTAL
Site 22	Les quatre tours	Mirabeau	3	19.2	3.2	310 000 (probablement surestimé car secteur très limoneux)	non	Chenal	≈ Lessartée	moyen	3	Le foncier est en totalité dans le domaine public.	5	Site pas facile d'accès en rive gauche, enclavé par voie ferrée (passage sous voie ferrée gabarit ?) pistes et chemins privés pour y parvenir, loin des grandes routes	1	9
Site 23	Pavillon	Jouques	4	30.3	3.6	540 000	non	Chenal	≈ Lessartée	fort	5	Le foncier est en totalité dans le domaine public ou assimilé (sauf une partie appartenant au GFA du fort = 1,5 ha).	5	L'accessibilité est moyenne, possible depuis Peyrolles en prenant le pont de la D62 A sur l'autoroute puis en prenant une piste le long de la Durance sur près de 3 km	3	13
Site 24	Plantin	Peyrolles	5	19.6	2.6	250 000	non	Chenal	≈ Lessartée	fort	5	Le foncier est en totalité dans le domaine public, mais est traversé par un cours d'eau plébiscité par les pêcheurs (le Réal).	3	L'accès est possible depuis Peyrolles en prenant le pont de la D62 A sur l'autoroute. Il y a un pylône implanté en bord de cette piste sur le site. Site en forme de bande étroite, non loin d'une piste et de l'autoroute, décaisser des terrasses à cet endroit pourrait destabiliser des ouvrages.	1	9

Site 25	Cavalléry	Pertuis	5	3.5	3.0	50 000	non	Chenal	≈ Lessartée	moyen	3	Le foncier est en totalité dans le domaine public.	5	Site pas facile d'accès en rive gauche, enclavé par voie ferrée (passage sous voie ferrée gabarit ?) pistes et chemins privés pour y parvenir, loin des grandes routes	1	9
Site 26	Pécouillons	Pertuis	5	6.6	4.9	160 000	non	Chenal	≈ Lessartée	moyen	3	Le foncier est en totalité dans le domaine public.	5	Site pas facile d'accès en rive gauche, enclavé par voie ferrée (passage sous voie ferrée gabarit ?) pistes et chemins privés pour y parvenir, loin des grandes routes	1	9
Site 27	Capélans	Pertuis	4	36.5	4.6	840 000	oui (3 épis)	Chenal	≈ Lessartée	fort	5	Site au 2/3 sur parcelles privées et en partie sur champs cultivés (13 ha)	2	Accès par chemin depuis petite route communale et 2 passages à niveau sur voie ferrée	3	10
Site 28	Chapeliers	Peyrolles	2	8.4	2.6	110 000	non	Chenal	≈ Lessartée	faible	1	Le foncier est en totalité dans le domaine public.	5	Site enclavé entre autoroute et Durance, accès par chemin et passage sous l'autoroute depuis la D15 de Peyrolles (gabarit passage à vérifier)	3	9

Table 5 : Résultats des études morpho et enjeux fonciers/infra des terrasses latérales analysées dans des perspectives de recharge sédimentaire, sur le secteur de Jouques.

3.1.6. Secteur de Pertuis

Sur le secteur de Pertuis, cinq terrasses latérales ont été analysées au regard de leur potentiel intérêt pour la recharge sédimentaire (cf. Figure 25). Le résultat des analyses morphologiques et de l'étude des enjeux fonciers et infras sont présentés Table 6.



Figure 25 : Terrasses latérales analysées sur le secteur de Pertuis.

En amont du pont de Pertuis et du seuil 106, le secteur de Pertuis présente également une incision forte, pouvant excéder 3 m au droit des sites de Corrèze, Corrèze Banc et Mulet. La quasi-intégralité des sites du secteur présente des épis susceptibles d'être reculés ou neutralisés, des études complémentaires spécifiques devront être menées à ce sujet, dans le cas où ces sites seraient retenus pour la réalisation d'opérations de recharge. A noter que ces sites ne présentent pas de bancs perchés attenants en lit mineur. Pour ces raisons, l'intérêt morphologique des sites du secteur au regard des perspectives de recharge sédimentaires est fort.

D'un point de vue opérationnel, le secteur de Pertuis est très favorable hormis le site de Saint-Roch, situé en grande majorité sur des terrains privés.

Les sites de Corrèze et Corrèze banc étaient intégralement en gravier crue en 1958. Seuls les secteurs du Mulet et du Farigoulier peuvent présenter sur leurs marges des liserés de boisements anciens qu'il conviendra d'expertiser plus en détail. Alors qu'en rive droite la continuité boisée pourra facilement être préservée, celle en rive gauche est plus fragmentaire et nécessitera quelques restaurations. Concernant les données espèces, la Loutre est connue du secteur en compagnie du Castor. La canne de Ravenne est bien présente en particulier sur le site du Mulet. A proximité, un ancien bras dans le Farigoulier accueille le Potamot fluét (*Potamogeton pusillus*) et la Petite Massette (*Typha minima*).

Conclusion : sur le secteur de Pertuis, seul le site de Saint-Roch n'apparaît pas favorable pour une opération de recharge sédimentaire. Les sites de Corrèze banc, Mulet et Farigoulier font partie des sites les mieux évalués dans la présente étude.

Site	Sites	Commune	Incision du lit (m)	Surface (ha)	Hauteur terrasse / Etiage 2016 (m)	Estimation Volume 50% de Sxh (m3)	Avec recul / suppression d'ouvrages	Faciès 2017/2018	Largeur bande active	Intérêt morpho (/5)	Enjeux fonciers	Note sur 5	Enjeux "Infra" et accessibilité	Note sur 5	TOTAL	
Site 29	Corrèze	Pertuis	3	7.9	4.6	180 000	oui (1 épis)	Chenal	≈ Lessartée	fort	5	Le foncier est en totalité dans le domaine public. Présence d'un ouvrage transversal type épi au milieu du site.	5	Il existe un chemin privé depuis petite route communale mais avec passage sous voie ferrée (gabarit à vérifier)	3	13
Site 30	Corrèze banc	Meyraignes	3	10.2	3.8	190 000	non	Chenal	≈ Lessartée	fort	5	Le foncier est en totalité dans le domaine public.	5	Site enclavé entre autoroute et Durance, accès par piste en bord de Durance depuis zone d'activité vers péage de Pertuis	4	14
Site 31	Mulet	Pertuis	3	11.3	4.5	260 000	oui (1 épis)	Chenal	≈ Lessartée	fort	5	Le foncier est en totalité dans le domaine public.	5	Site accessible par un chemin public, toutefois bloqué par un camp d'habitat illégal (contexte malsain).	1	11
Site 32	Saint Roch	Pertuis	2	11.2	5.2	290 000	oui (1 épis)	Chenal	≈ Lessartée	fort	5	Le site est au 3/4 en propriété privée, sauf partie amont propriété communale avec présence d'une construction	1	Directement accessible par route et chemin publics	5	11
Site 33	Farigoulier	Pertuis	1.5	14.6	3.6	270 000	oui (2 épis)	Chenal	≈ Lessartée	fort	5	Le site est en domaine public et propriété communale.	5	Directement accessible par route et chemin publics	5	15

Table 6 : Résultats des études morpho et enjeux fonciers/infra des terrasses latérales analysées dans des perspectives de recharge sédimentaire, sur le secteur de Pertuis.

3.1.7. Secteur de Villelaure

Sur le secteur de Villelaure, cinq terrasses latérales ont été analysées au regard de leur potentiel intérêt pour la recharge sédimentaire (cf. Figure 26). Le résultat des analyses morphologiques et de l'étude des enjeux fonciers et infras sont présentés Table 7.



Figure 26 : Terrasses latérales analysées sur le secteur de Villelaure.

Situé juste en aval des seuils de Pertuis, le secteur de Villelaure présente une incision importante, pouvant excéder 3 m, au droit des terrasses amont. Le secteur présente des bancs perchés dans le lit mineur, sur lesquels l'absence de végétation est assurée par les opérations d'essartement. Représentant des volumes disponibles potentiellement importants, les sites Pradas et Bastide Neuve présentent des ouvrages susceptibles d'être reculés ou neutralisés. Au regard des perspectives de recharge sédimentaire et de reculs d'ouvrage, l'intérêt morphologique pour ces deux sites est fort.

A noter que les enjeux liés à la protection du plan d'eau de Ferratière contre le risque de capture et à la protection de la ligne RTE en rive gauche rendent l'exploitation des terrasses Ferratière, Sanfla et St Estève impossible. En rive droite, les sites Pradas et Bastide Neuve sont tous situés dans le domaine public ou communal, facilement accessibles et sans enjeux d'infrastructures.

Au niveau des sites Pradas et Bastide Neuve, les boisements anciens sont marginaux, l'essentiel de ces sites constituait en 1958 le lit vif de la rivière. La continuité boisée sera facilement maintenue avec quelques possibles restaurations.

Concernant les espèces connues du secteur, les terrasses ouvertes déconnectés accueillent la Canne de Ravenne, et surtout une station de Scabieuse simple (*Lomelosia simplex*). Un ancien bras de la

Durance remis en eau récemment avec un coup perdu d'irrigation accueille le Castor et la Laiche des rives.

Conclusion : sur le secteur de Villelaure, seuls les sites des Pradas et de la Bastide Neuve sont favorables à une opération de recharge sédimentaire.

	Sites	Commune	Incision du lit (m)	Surface (ha)	Hauteur terrasse / Etiage 2016 (m)	Estimation Volume 50% de Sxh (m3)	Avec recul / suppression d'ouvrages	Faciès 2017/2018	Largeur bande active	Intérêt morpho (/5)	Enjeux fonciers	Note sur 5	Enjeux "Infra" et accessibilité	Note sur 5	TOTAL	
Site 34	Ferratière	Le Puy	3	5.4	3.4	90 000	non	Chenal	≈ Lessartée	faible	1	Le foncier est en totalité dans le domaine public.	5	Accessible depuis la RD561 par route communale. Présence du plan d'eau de la Ferratière à protéger de la capture.	0	6
Site 35	Pradas	Villelaure	3	24.0	4.1	500 000	oui (2 épis)	Chenal	≈ Lessartée	fort	5	Le foncier est en totalité dans le domaine public.	5	Il existe des accès par chemins privés desservis par route communale.	4	14
Site 36	Bastide Neuve	Villelaure	1	19.5	3.2	320 000	oui (épis et levées)	Chenal	≈ Lessartée	fort	5	Le site est en domaine public et propriété communale.	5	Il existe un accès direct par un chemin public depuis une route communale. Il existe un site de dépôts sur terrain communal (ancienne décharge?)	5	15
Site 37	Sanfla	Le Puy/ Ste Estève	1	7.4	3.7	140 000	non	Méandres / Chenal	≈ Lessartée	faible	1	Le foncier est en totalité dans le domaine public.	5	Accessible depuis la RD561 par route communale, mais ensuite piste en bord de Durance qui traverse des terrains privés. De plus, il y a une ligne EDF et un pylône implanté sur le site.	0	6

Site 38	Saint Estève	St Estève Janson	1	27.9	3.9	540 000	oui (épis et levées)	Méandres	≈ Lessartée	moyen	3	Le foncier est en partie privé (société d'exploitation immobilière du midi) et à EDF	2	Accessible par RD561 par une piste sur foncier appartenant à EDF. De plus, une ligne électrique HT et 7 pylônes sont implantés sur le site.	0	5
---------	--------------	------------------	---	------	-----	---------	----------------------	----------	-------------	-------	---	--	---	---	---	---

Table 7 : Résultats des études morpho et enjeux fonciers/infra des terrasses latérales analysées dans des perspectives de recharge sédimentaire, sur le secteur de Villelaure.

3.1.8. Secteur de Puyvert

Sur le secteur de Puyvert, cinq terrasses latérales ont été analysées au regard de leur potentiel intérêt pour la recharge sédimentaire (cf. Figure 27). Le résultat des analyses morphologiques et de l'étude des enjeux fonciers et infras sont présentés Table 8.



Figure 27 : Terrasses latérales analysées sur le secteur de Puyvert.

Le secteur de Puyvert a été fortement marqué par la capture du plan d'eau de la Roque d'Anthéron au cours de la crue de 1994. Les stigmates des érosions régressives et progressives qui en ont découlé sont encore visibles sur les profils en long les plus récents, et sur les évolutions en plan du secteur. Le développement de grands trains de méandres d'érosion régressive est toujours marqué en amont de l'ancien plan d'eau, et ce particulièrement sur la commune de Puyvert.

Les méandres très agressifs situés en rive droite, notamment au droit du site de l'Aigues Brun évoluent fortement à chaque crue morphogène. La Durance démontre sur ce secteur sa capacité à éroder par elle-même les terrasses latérales. Les enjeux sur le secteur sont particulièrement forts en termes d'érosion de berge et d'habitat diffus derrière les épis du Moulin Neuf et de l'Aigue Brun, situés très proche des grandes anses érosion en évolution perpétuelle. L'intérêt morphologique de décaisser des terrasses latérales de manière anthropique et de mener une opération de recharge sédimentaire sur le secteur est donc faible, et les enjeux d'infrastructures présents (habitats) sont notables derrière les épis du Moulin Neuf et Aigues Brun.

En rive gauche, l'arasement de la terrasse très haute et très figée en lit mineur du site de Gontard permet de redonner immédiatement au lit une largeur de bande active conforme à celle que présente

le lit juste en aval de ce site. En effet, entre l'épi du Moulin Neuf (situé en rive droite) et la terrasse boisée de Gontard, la largeur du lit vif avoisine 220 m, alors qu'elle atteint près de 350 m au droit de l'épi de l'Aigue Brun. Sur les sites de Gontard et Petite Camargue, les enjeux opérationnels sont globalement très favorables.

A noter également la présence de bancs perchés dans le lit mineur, notamment au droit des sites de Gontard, Moulin Neuf et de l'Aigues Brun.

Alors que d'importants enjeux écologiques sont présents sur le site de la Petite Camargue, avec notamment la dernière population de Cistude d'Europe présente en Durance, le site de Gontard, présente des enjeux plus limités. Les boisements sont relativement récents car inexistant en 1960. Cependant, du fait d'une nappe alluviale assez proche, la peupleraie blanche tend à évoluer naturellement vers la Chênaies–Ormaies méditerranéennes, habitat en déclin. Le Castor et la Loutre y ont été observés. Du fait du train de méandre engendrant des érosions de berges importantes, la continuité boisée est particulièrement altérée dans ce secteur.

Conclusion : sur le secteur de Puyvert, seul le site de Gontard est favorable à une opération de recharge sédimentaire.

	Sites	Commune	Incision du lit (m)	Surface (ha)	Hauteur terrasse / Etiage 2016 (m)	Estimation Volume 50% de Sxh (m3)	Avec recul / suppression d'ouvrages	Facès 2017/2018	Largeur bande active	Intérêt morpho (/5)	Enjeux fonciers	Note sur 5	Enjeux "Infra" et accessibilité	Note sur 5	TOTAL	
Site 39	Moulin Neuf	Cadenet/ Puyvert	1	20.5	2.8	280 000	oui (1 épis)	Méandres	≈ Lessartée	Faible	1	Le foncier est en totalité dans le domaine public.	5	Depuis une petite route communale, l'accès est éventuellement possible (à vérifier) par un chemin privé de près d'1 km longeant les champs et des habitations. Présence d'habitats diffus vulnérables.	1	7
Site 40	Gontard	La Roque	1	23.1	4.3	500 000	Non	Méandres	≈ Lessartée	Moyen	3	Le site est en domaine public et en partie en propriété communale.	5	Accessible depuis la RD561 par un pont sur le canal EDF.	5	13
Site 41	Aigues Brun	Puyvert/ Lauris	1.5	33.3	3.0	500 000	oui (2 épis)	Méandres	≈ Lessartée	Faible	1	Le foncier est presque tout en domaine public sauf la pointe aval après l'épi de Lauris. Par contre plus de 6 hectares de la surface du site sont constitués par des champs cultivés	3	Depuis une petite route communale, l'accès semble possible (à vérifier) par un chemin public. Présence d'habitats diffus vulnérables.	1	5
Site 42	Petite camargue	La Roque	1	31.8	3.4	540 000	Non	Méandres	≈ Lessartée	Moyen	3	Le foncier est dans le domaine public.	5	L'accès se fait par la D67C puis par une piste qui se trouve sur du foncier privé.	3	11
Site 43	Deffens	La Roque	0	3.3	3.8	60 000	Non	Méandres	≈ Lessartée	Nul	0					0

Table 8 : Résultats des études morpho et enjeux fonciers/infra des terrasses latérales analysées dans des perspectives de recharge sédimentaire, sur le secteur de Puyvert.

3.1.9. Secteur de Mérindol

Sur le secteur de Mérindol, quatre terrasses latérales ont été analysées au regard de leur potentiel intérêt pour la recharge sédimentaire (cf. Figure 28). Le résultat des analyses morphologiques et de l'étude des enjeux fonciers et infras sont présentés Table 9.

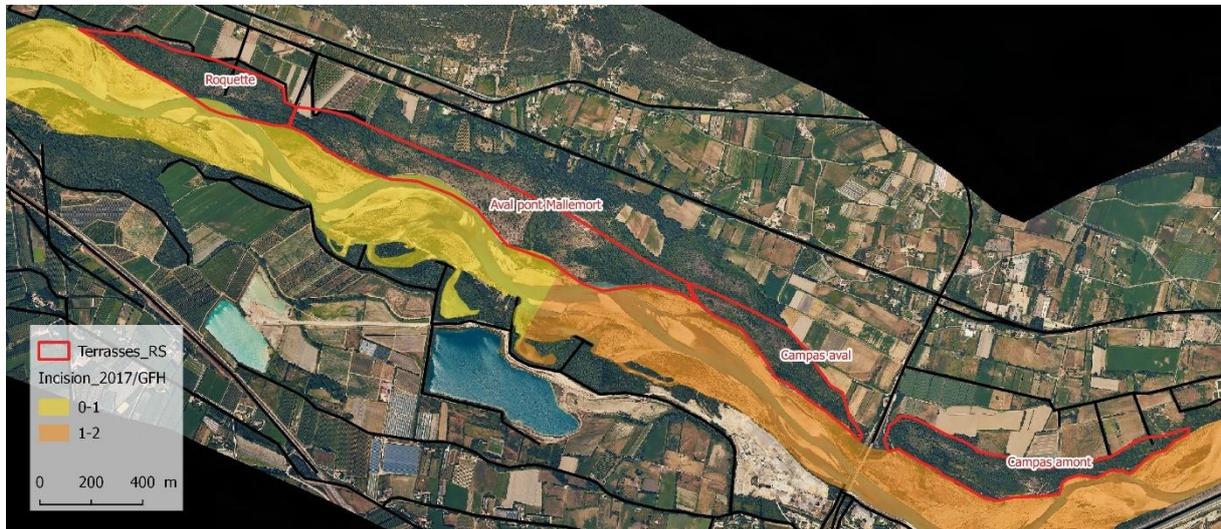


Figure 28 : Terrasses latérales analysées sur le secteur de Mérindol.

Sur l'ensemble du secteur, l'incision moyennée sur un km (sur la base du référentiel des PK) n'est pas très élevée, elle n'excède pas 2 m. Néanmoins entre l'ouvrage de restitution d'EDF et le pont de Mallemort, l'incision du lit a progressé de manière très significative au cours des dernières décennies. En effet, l'analyse diachronique des profils en long d'étiages (PL) montre que : des restitutions au pont de Mallemort, le PL de 2017 est le plus bas historique. Le PL 2016 était jusqu'à présent le plus bas historique sur cette même zone. Ainsi, entre les vannes des restitutions et l'amont de la digue des prises, le PL 2017 se situe environ 30 cm sous le PL de 2016, 1 m en-dessous de celui de 2014 et presque 2 m sous les PL de 2008 et 2009.

L'intérêt de mener une opération de recharge sédimentaire en aval des restitutions est donc fort, dans la mesure où une telle opération permettrait de restreindre la progression et les effets de l'incision du lit observée qui progresse rapidement. Ces matériaux pourraient ainsi être remobilisés et favoriser la diversification des faciès morphologiques des secteurs situés en aval du pont de Mallemort. A noter également la présence de bancs perchés essartés dans le lit mineur au droit des sites de Campas amont et aval.

L'ensemble des enjeux opérationnels est globalement très favorable sur tout le secteur, hormis le site Aval Pont de Mallemort qui souffre d'un manque d'accessibilité (site enclavé).

Sur le site de Campas amont, des boisements anciens persistent juste en amont du pont. Plus en aval, ils sont très marginaux jusqu'au site de la Roquette. La continuité boisée sera facilement maintenue

sur une largeur d'au moins 30 mètres sauf sans doute tout en amont des sites où la largeur de la ripisylve est assez faible.

Sur Campas amont et aval, la Canne de Ravenne est bien présente sur les zones ouvertes sèches et déconnectées de la nappe. Le Moineau friquet y a été observé en 2007. A proximité immédiate, le Castor, la Loutre et le Campagnol amphibie ont été observés ainsi que le Sympétrum déprimé et la Petite Massette dans une zone en eau. Sur le site aval Pont de Mallemort et la Roquette, les zones ouvertes sèches accueillent en nombre la Canne de Ravenne. Le Moineau friquet y a également été noté. Un ancien bras encore en eau de la Durance à cheval sur le site présente en dehors du site quelques données de plantes aquatiques à enjeux (Petite Massette, Massette de Laxmann, Laîche faux-souchet, Potamot coloré, Campagnol amphibie...). En marge du site, le Castor et la Loutre sont notés.

Conclusion : l'ensemble du secteur de Mérindol est favorable à une opération de recharge sédimentaire, notamment les sites Campas amont et Roquette qui font partie des sites les mieux évalués dans la présente étude.

	Sites	Commune	Incision du lit (m)	Surface (ha)	Hauteur terrasse / Etiage 2016 (m)	Estimation Volume 50% de Sxh (m3)	Avec recul / suppression d'ouvrages	Faciès 2017/2018	Largeur bande active	Intérêt morpho (/5)	Enjeux fonciers	Note sur 5	Enjeux "Infra" et accessibilité	Note sur 5	TOTAL
Site 44	Campas amont	Mérindol	2	22.8	4.6	520 000	Non	Chenal	≈ Lessartée	Fort 5	Le foncier est en totalité dans le domaine public ou propriété communale.	5	Le site est facilement accessible par route et chemin public depuis la D32	5	15
Site 45	Campas aval	Mérindol	1.5	14.6	4.1	300 000	oui (2 épis)	Chenal	≈ Lessartée	Moyen 3	Le foncier est en totalité dans le domaine public ou propriété communale.	5	Le site est facilement accessible par route et chemin public depuis la D32	5	13
Site 46	Aval pont Mallemort	Mérindol	1.5	43.8	3.5	760 000	oui (épis et levées)	Chenal / Méandres	≈ Lessartée	Fort 5	Le foncier est en totalité dans le domaine public.	5	Accès pas facile par chemins privés et site enclavé par voie ferrée + gabarits des passages sous la voie ?	2	12
Site 47	Roquette	Cheval Blanc	1	19.4	3.4	330 000	oui (2 épis)	Méandres	≈ Lessartée	Fort 5	Le foncier est en totalité dans le domaine public.	5	Le site est accessible par chemin public depuis la petite route longeant la voie ferrée, passage à niveau supérieur pour franchir la voie ferrée depuis la RD973	5	15

Table 9 : Résultats des études morpho et enjeux fonciers/infra des terrasses latérales analysées dans des perspectives de recharge sédimentaire, sur le secteur de Mérindol.

3.1.10. Secteur de Cheval-Blanc

Sur le secteur de Cheval-Blanc, une seule terrasse latérale ont été analysée à des fins de recharge sédimentaire (cf. Figure 29). Le résultat des analyses morphologiques et de l'étude des enjeux fonciers et infras sont présentés Table 10.

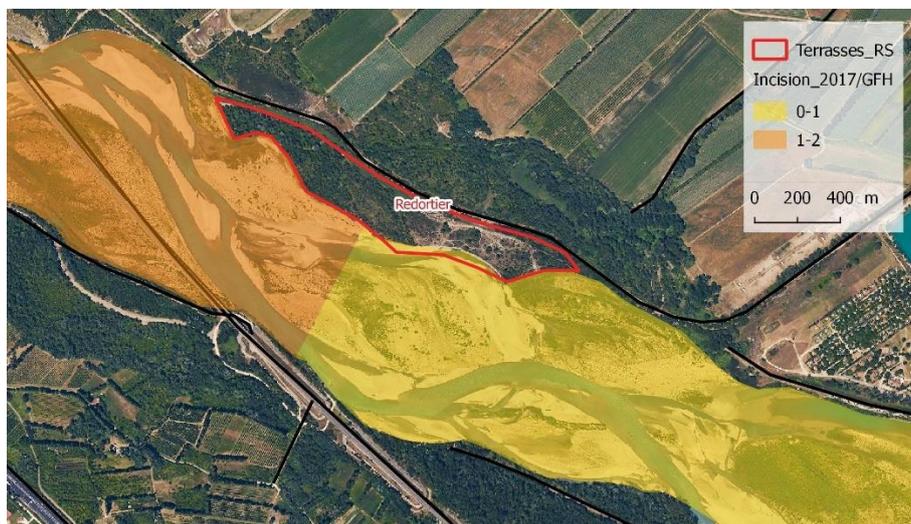


Figure 29 : Terrasses latérales analysées sur le secteur de Cheval-Blanc.

Le secteur de Cheval-Blanc est caractérisé par un faciès en tresses et une incision du lit très faible. De ce fait, le site de Redortier présente un intérêt morphologique nul.

Conclusion : le secteur de Cheval-Blanc ne présente pas de besoin additionnel de restauration morphologique. Il ne sera pas retenu dans la suite de l'étude.

	Sites	Commune	Incision du lit (m)	Surface (ha)	Hauteur terrasse / Etiage 2016 (m)	Estimation Volume 50% de Sxh (m3)	Avec recul / suppression d'ouvrages	Faciès 2017/2018	Largeur bande active	Intérêt morpho (/5)	Enjeux fonciers	Note sur 5	Enjeux "Infra" et accessibilité	Note sur 5	TOTAL
Site 48	Redortier	Cheval Blanc	0	7.7	2.5	100 000	non	Tresses	> Lessartée	nul 0					0

Table 10 : Résultats des études morpho et enjeux fonciers/infra des terrasses latérales analysées dans des perspectives de recharge sédimentaire, sur le secteur de Cheval-Blanc.

3.2. RETOUR D'EXPERIENCE DES CRUES DE 2019

Les crues de novembre et décembre 2019 ont été particulièrement marquées, on retiendra :

- 3 épisodes pluvieux conduisant à des débits en rivière légèrement inférieurs à 1 000 m³/s (24/10, 3/11 et 27/11);
- 3 épisodes plus sévères conduisant à des pointes de crue mesurées entre 1 700 et 2 000 m³/s (23/11, 1/12 et 20/12) à Cadarache. Ces dernières ont pour la Basse Durance une occurrence quinquennale à décennale.

D'après les chroniques historiques de débit (archives à partir du XIXe siècle), une telle succession de crues de période de retour de 5 à 10 ans en Basse Durance sur une période d'un mois est tout à fait inédite. Le transport sédimentaire a été donc particulièrement important de part l'intensité comme de part la succession des épisodes de crues. Des érosions très marquées de certaines berges de la Durance ont été constatées, en particulier sur les communes des Mées, d'Oraison, de Manosque, de Saint Paul Lez Durance, de Jouques, de La Roque d'Anthéron, de Charleval, de Puyvert et de Noves. Il ressort que, globalement, l'intégralité des secteurs souffrant de déficit en matériaux ont largement poursuivi leurs évolutions problématiques en amplifiant leur méandremments.

Dans certains secteurs, les évolutions morphologiques ont été extrêmes (recul de berges de l'ordre de 100 m, basculement de bras...) et ont parfois révélé 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, ...). Dans ces secteurs on pourrait désormais évoquer des « **espaces de dysfonctionnement...** »

Aussi, au-delà de l'objectif initial du projet de recharge sédimentaire visant à redynamiser le lit pour faire réapparaître localement des formes de tressage en Durance, il nous apparaît désormais pertinent d'envisager la recharge sédimentaire également comme moyen de correction de certains dysfonctionnements morphologiques forts.

Par ailleurs, les crues de fin 2019 ont mis en évidence des bancs de graviers perchés dans le lit mineur, représentant un gisement important de matériaux adaptés pour la recharge, et pourtant non mobilisés lors de ces crues. La hauteur de ces bancs par rapport au bras vif est telle qu'il faudrait des crues majeures (très supérieures à la crue décennale) pour que les graviers puissent être repris.

Fort de ces constats, en plus des terrasses situées hors du lit mineur, il nous paraît indispensable de faire évoluer notre réflexion sur la recharge sédimentaire en intégrant la question des bancs de graviers du lit mineur, souvent perchés par rapport au bras en eau, non disponibles pour le transit sédimentaire et situés dans des secteurs de dysfonctionnement morphologique fort.

Ainsi, **trois sites supplémentaires** de recharge sédimentaire ont été identifiés :

- Bacs à proximité de la terrasse de Gontard (site n°40 / secteur de Puyvert)
- Bacs de Charleval
- Bacs à proximité des terrasses de Campas amont et aval (sites n°44 et 45 / secteur de Mérindol)

Les résultats de l'analyse des enjeux morphologiques, écologiques et opérationnels, appliquée à ces sites, sont présentés dans les paragraphes suivants.

Compte tenu de leur situation dans le domaine public fluvial, dans des secteurs facilement accessibles, ces trois sites supplémentaires ne sont soumis à aucune contrainte opérationnelle. Ils présentent également l'avantage d'être situés dans des secteurs déjà essartés, permettant d'éviter les enjeux écologiques liés au déboisement souvent massif des terrasses alluviales. Par ailleurs, l'idée de procéder à des travaux de restauration morphologique du cours d'eau sur des secteurs dont les anses d'érosion affectent des enjeux locaux laisse présager d'une forte adhésion de principe des populations comme des élus riverains. Pour toutes ces raisons, ces trois sites sont ceux les mieux évalués dans la présente étude et sont donc classés prioritaires dans la programmation des premiers travaux de recharge sédimentaire (cf paragraphe 3.3.2).

3.2.1. Bancs de Gontard



Figure 30 : Bancs à proximité du site de Gontard

ANALYSE CROISEE DES ENJEUX	
COMMUNE	La Roque d'Anthéron / Puyvert
ENJEUX LOCAUX	Habitats diffus et terres cultivées derrière l'anse d'érosion de Puyvert.
ENJEUX MORPHOLOGIQUES	Idem paragraphe 3.1.8. Volume de matériaux disponibles importants alors que non mobilisés actuellement.
ENJEUX ECOLOGIQUES	Idem paragraphe 3.1.8. Pas de déboisement à réaliser durant les travaux.
ENJEUX FONCIERS	Foncier en totalité dans le domaine public.
ENJEUX INFRA ACCESSIBILITE	Site accessible en rive gauche via la piste d'exploitation du canal EDF et des pistes existantes dans le DPF.

Il est à noter que les populations riveraines et les élus locaux sont très favorables à une opération de recharge sédimentaire, permettant de restaurer un fonctionnement plus conforme de la Durance et sortir du phénomène de macro méandres actuel, fruit d'une puissante érosion régressive générée par la capture du plan d'eau de La Roque d'Anthéron en 1994.

3.2.2. Bacs de Charleval

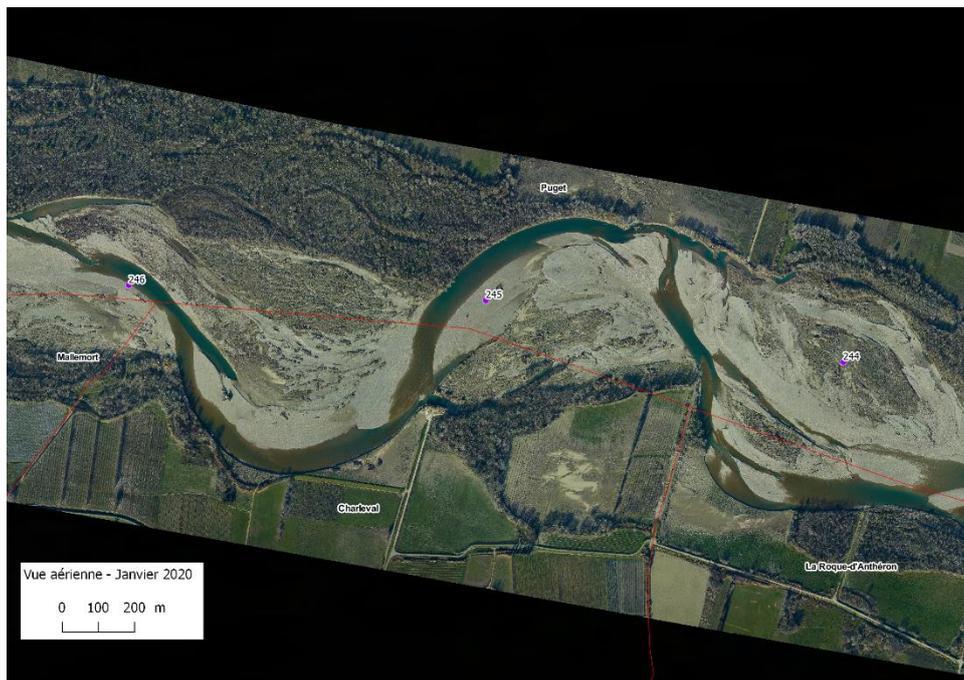


Figure 31 : Bacs à proximité de l'anse d'érosion de Charleval

ANALYSE CROISEE DES ENJEUX	
COMMUNE	Charleval / Puget
ENJEUX LOCAUX	Terres cultivées derrière l'anse d'érosion de Charleval. Proximité quasi immédiate d'une ancienne décharge
ENJEUX MORPHOLOGIQUES	Présence de macroméandres dans un contexte de déficit sédimentaire, engendrant d'importantes érosions de berge. Volume de matériaux disponibles importants alors que non mobilisés actuellement.
ENJEUX ECOLOGIQUES	<p>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.</p> <p>Les eaux calmes à proximité (bras morts) accueillent le Potamot fluët (Potamogeton pusillus), le Castor d'Europe et la Loutre.</p> <p>Pas de déboisement à réaliser durant les travaux.</p>
ENJEUX FONCIERS	Foncier en totalité dans le domaine public.
ENJEUX INFRA ACCESSIBILITE	Site accessible depuis les deux rives via des voies départementales puis communales.

Il est à noter que les populations riveraines comme les élus locaux sont très favorables à une opération de recharge sédimentaire, permettant d'agir sur les érosions problématiques pour les enjeux locaux dans le cadre d'une restauration des fonctionnalités de la rivière.

3.2.3. Bancs de Campas



Figure 32 : Bancs à proximité du site de Campas amont et aval

ANALYSE CROISEE DES ENJEUX	
COMMUNE	Malemort / Mérindol
ENJEUX LOCAUX	Secteur en cours d’incision marquée, notamment en aval immédiat de l’ouvrage de restitution EDF. On retiendra comme enjeux locaux l’ancien pont comme le nouveau pont de Malemort, la digue des Prises de Malemort ainsi que plus largement l’intégralité de la route départementale qui la surplombe.
ENJEUX MORPHOLOGIQUES	Idem paragraphe 3.1.9. Volume de matériaux disponibles importants alors que non mobilisés actuellement.
ENJEUX ECOLOGIQUES	Idem paragraphe 3.1.9. Pas de déboisement à réaliser durant les travaux.
ENJEUX FONCIERS	Foncier en totalité dans le domaine public.
ENJEUX INFRA ACCESSIBILITE	Site accessible en rive droite via des routes et chemins publics depuis la RD32.

3.3. SITES RETENUS ET PRIORISATION

3.3.1. Bilan des enjeux écologiques

Les premières investigations écologiques ont mis en évidence des enjeux certains sur les vieux boisements, les continuités écologiques et certaines espèces d'intérêt patrimonial qu'il conviendra néanmoins d'affiner dans la suite du projet.

Il nous semble envisageable de conserver l'ensemble des vieux boisements relictuels et de conserver voire restaurer par endroit un continuum boisé d'au moins 30 mètres de large. Par ailleurs, les modalités de recharge pourront sans doute intégrer l'ensemble des enjeux découverts à proximité des sites étudiés afin de les éviter.

Même s'il a été démontré une plus-value écologique attendue à moyen terme, il reste néanmoins possible dès à présent de débattre de l'acceptabilité de certains impacts.

Le tableau ci-dessous présente la liste des espèces à enjeux résiduelles puis 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		

Figure 33 : Liste des espèces à enjeux résiduelles.

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. Il nous semble envisageable d'éviter les zones humides en eau. De plus, les modalités de travaux pourront intégrer la création de zones en eau afin de restituer des habitats favorables à l'espèce.

La Canne d'Italie 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. Néanmoins des terriers seront sans doute présents sur les secteurs envisagés pour la recharge.

La Laîche des rives est 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. Il nous semble envisageable d'éviter les zones humides en eau. De plus, les modalités de travaux pourront intégrer la création de zones en eau afin de restituer des habitats favorables à l'espèce.

La Loutre d'Europe est présente partout en France jusqu'au début du 20^{ème} 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 20^{ème} 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. Les modalités de travaux pourront intégrer la création de zones en eau afin de restituer des habitats favorables à l'espèce.

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.

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 pourrait être envisagé assez facilement pour cette plante annuelle.

Les diagnostics de terrain à venir permettront de préciser le pré-diagnostic et sans doute découvrir de nouveaux enjeux qu'il conviendra de prendre en compte le moment venu dans les modalités de recharge sédimentaire.

3.3.2. Bilan des sites retenus et priorisation

L'analyse croisée des enjeux morphologiques, opérationnels et écologiques a permis d'identifier **8 secteurs** comme étant les plus pertinents et les plus opérationnels pour mener une opération de restauration morphologique de type recharge sédimentaire. Il s'agit des sites et secteurs suivants avec, le cas échéant, les bancs perchés attenants en lit mineur :

- 1) Secteur de Puyvert : bancs de Gontard
- 2) Secteur de Charleval
- 3) Secteur de Mérindol : bancs de Campas amont et Campas aval
- 4) Secteur de Villelaure : sites des Pradas et Bastide Neuve
- 5) Secteur de Pertuis : sites de Corrèze, Corrèze blanc, Mulet et Farigoulier
- 6) Secteur de Jouques : site de Pavillon
- 7) Secteur de Beaumont : sites de St Martin et Viguiers
- 8) Secteur de Gréoux : site de Pontoise

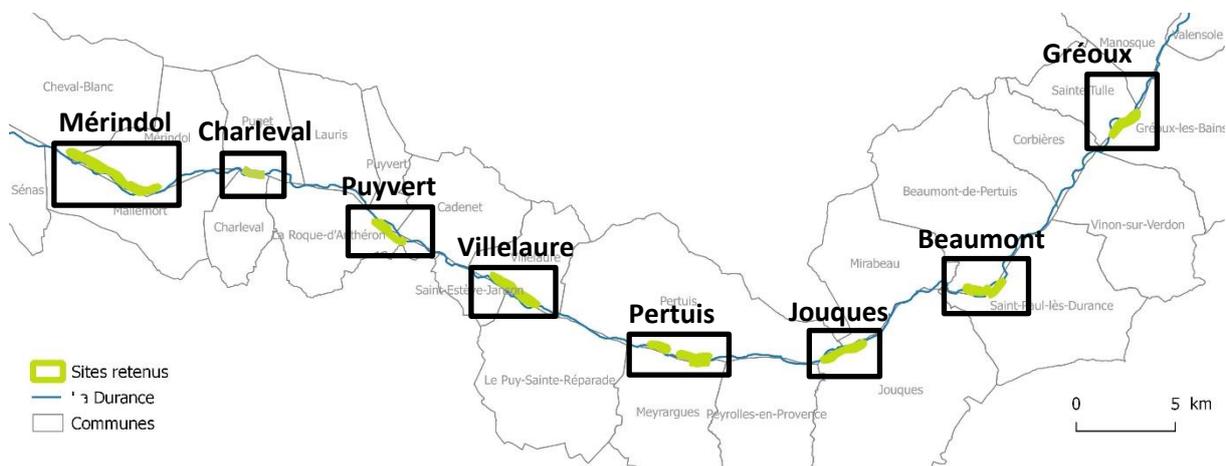


Figure 34 : Sites les plus favorables dans le cadre du projet de recharge sédimentaire.

Aucun site situé sur les secteurs d'Oraison, de Valensole et de Cheval-Blanc n'a été retenu pour les raisons évoquées au paragraphe 3.1.

La priorisation des sites favorables est effectuée sur la base de l'intérêt morphologique, des enjeux écologiques et opérationnels. L'objectif de classer ces différents sites les uns par rapport aux autres

est de cibler le secteur sur lequel les premières opérations de recharge sédimentaire pourront être menées, sans mettre définitivement de côté les autres sites et secteurs présentant également un intérêt. Des diagnostics plus précis permettront de préciser ensuite les modalités de recharge, les secteurs à préserver et les secteurs à restaurer.

3.4. SITES A L'ETUDE POUR LE REcul D'EPIS

Tous secteurs confondus, les sites présentant des ouvrages de type digue ou épis sont répertoriés ci-dessous. Pour chacun de ces ouvrages une analyse approfondie pourra être menée, pour déterminer :

- ✓ Dans quelle mesure l'ouvrage influe sur l'inondabilité du tronçon ;
- ✓ Si l'arasement ou la suppression de tout ou partie de l'ouvrage permet un élargissement de l'espace de mobilité qui soit pertinent sur le secteur ;
- ✓ Si les enjeux à proximité de l'ouvrage sont compatibles avec sa neutralisation.

SITES (amont -> aval)	COMMUNE	PRESENCE D'OUVRAGES	SITE RETENU POUR RECHARGE
Grandes Pièces	Oraison	4 épis	NON
Plan de Rousset	Gréoux	1 digue	NON
Viguiers	Beaumont	1 épi	OUI
Bonin	Beaumont	1 épi	NON
Capélans	Pertuis	3 épis	NON
Corrèze	Pertuis	1 épi	OUI
Mulet	Pertuis	1 épi	OUI
Saint Roch	Pertuis	1 épi	NON
Farigoulier	Pertuis	2 épis	OUI
Pradas	Villelaure	2 épis	OUI
Bastide Neuve	Villelaure	Epis et levées	OUI
Saint Estève	St Estève Janson	Epis et levées	NON
Moulin Neuf	Cadenet/ Puyvert	1 épi	NON
Aigues Brun	Puyvert/ Lauris	2 épis	NON
Roquette	Cheval Blanc	2 épis	NON

Figure 35 : Sites étudiés dans le cadre du projet de recharge sédimentaire, présentant un ou plusieurs ouvrages (digue et épis).

4. Conclusion

Les études préalables du projet de recharge sédimentaire en moyenne et basse Durance ont permis d'identifier les sites les plus pertinents d'un point de vue éco-morphologique mais également les plus opérationnels afin de pouvoir rapidement mettre en œuvre les premières tranches de travaux.

Huit secteurs ont été retenus avec une priorité donnée aux secteurs préférentiels de Puyvert, Charleval et Mérindol. Ces premières opérations de recharge sédimentaire pourront être mises en œuvre par voie mécanique, mais également par recul d'ouvrages sur le secteur de Puyvert.

Les gains attendus sont une redynamisation du lit depuis le fond des bras en eau, des berges et éventuellement des bras en eux-mêmes ainsi qu'une correction des dysfonctionnements morphologiques. Nos indicateurs éco-morphologiques montrent que l'on peut s'attendre localement à des indices d'amélioration de la mobilité au droit des secteurs incisés.

Dans la continuité des études préalables, seront menées spécifiquement pour les 3 secteurs prioritaires, des études morphologiques complémentaires visant à définir plus précisément les modalités de recharge (phase 2) ainsi que des investigations de terrain, dont des inventaires naturalistes afin d'identifier l'ensemble des enjeux écologiques présents (phase 3).

Afin de compléter l'inventaire et l'analyse des bancs perchés dans le lit vif sur l'ensemble de la moyenne et basse Durance, une phase complémentaire d'études préalables sera menée en parallèle, notamment sur la base des importantes acquisitions topographiques réalisées au cours de l'été 2020.



Figure 36 : Vue oblique de la Durance en aval du confluent de l'Asse – OPSIA août 2020