

Atelier national 1/4 « Gestion des grands cours d'eau »

4 avril 2022

LA GESTION SEDIMENTAIRE EN DURANCE

Contexte, stratégie d'action et focus sur une opération de recharge sédimentaire



Syndicat Mixte d'Aménagement de la Vallée de la Durance | www.smavd.org





Ordre du jour

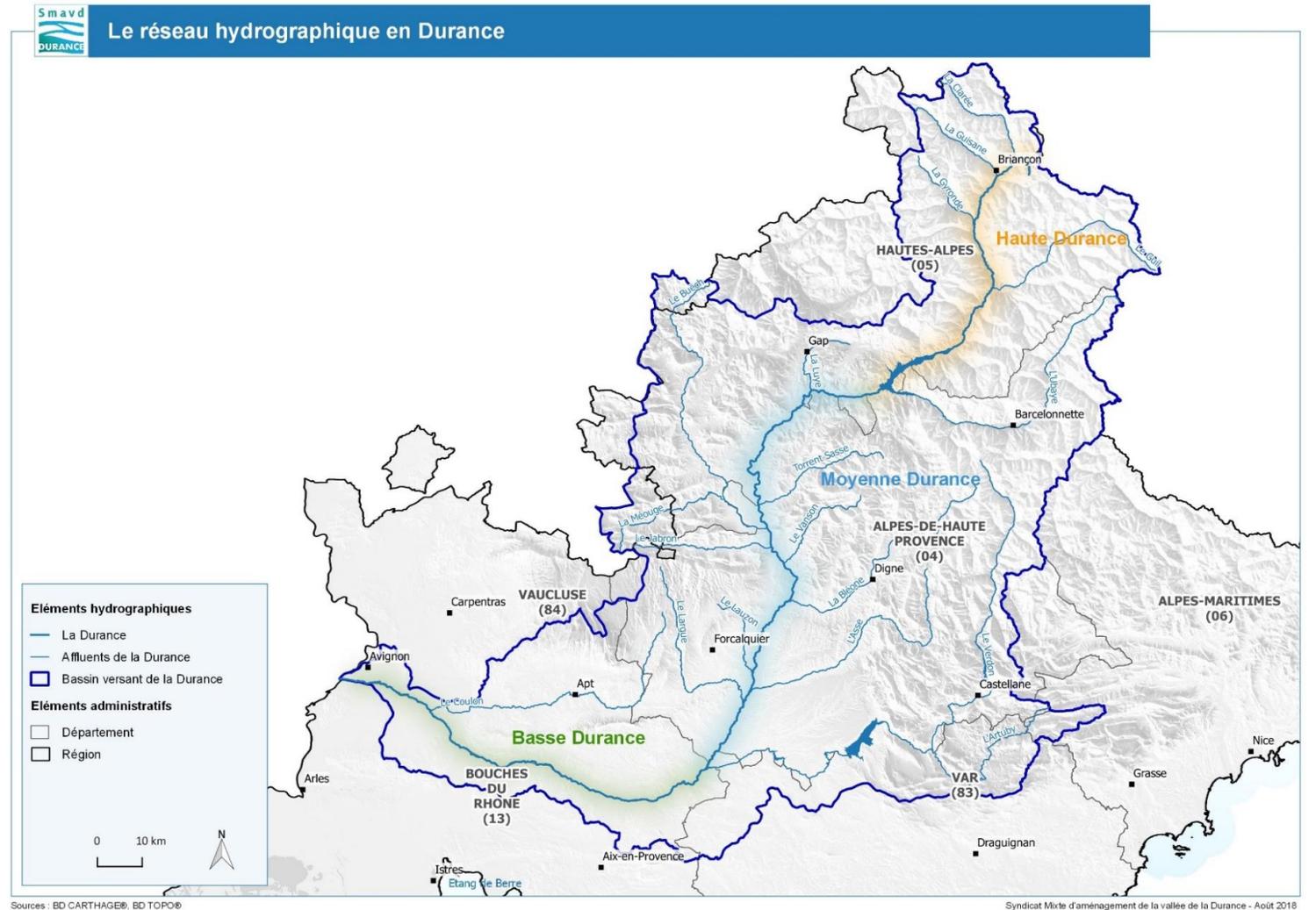
1. Contexte historique et physique
2. Le premier Contrat de Rivière : principes et bilan
3. Le second Contrat de Rivière : dans la continuité
4. Focus sur la recharge sédimentaire



Contexte historique et physique

Le réseau hydrographique en Durance

- Source : au Montgenèvre (2 400 m)
- Longueur : 305 km
- Des régions naturelles spécifiques :
 - Haute Durance
 - Moyenne Durance
 - Basse Durance
- Une richesse écologique exceptionnelle :
 - Rivière en tresse
 - Axe de migrations
- Une rivière très aménagée :
 - Ouvrage agricoles
 - Energie (production, transport...)
 - Inondations



Une hydraulicité abondante mais des extrêmes très marqués

- Entre 3 milliards de m³ (année sèche) et 6 milliards de m³ (grandes crues)
- Régime pluvio-nival :
 - Fonte des neiges
 - Pluies d'automne
- Débits à Mirabeau avant les aménagements :
 - Étiages entre 30 et 50 m³/s
 - Crue centennale 5000 m³/s
 - Soit un rapport de 1 à 100



Une volonté ancienne d'aménager et maîtriser la Durance

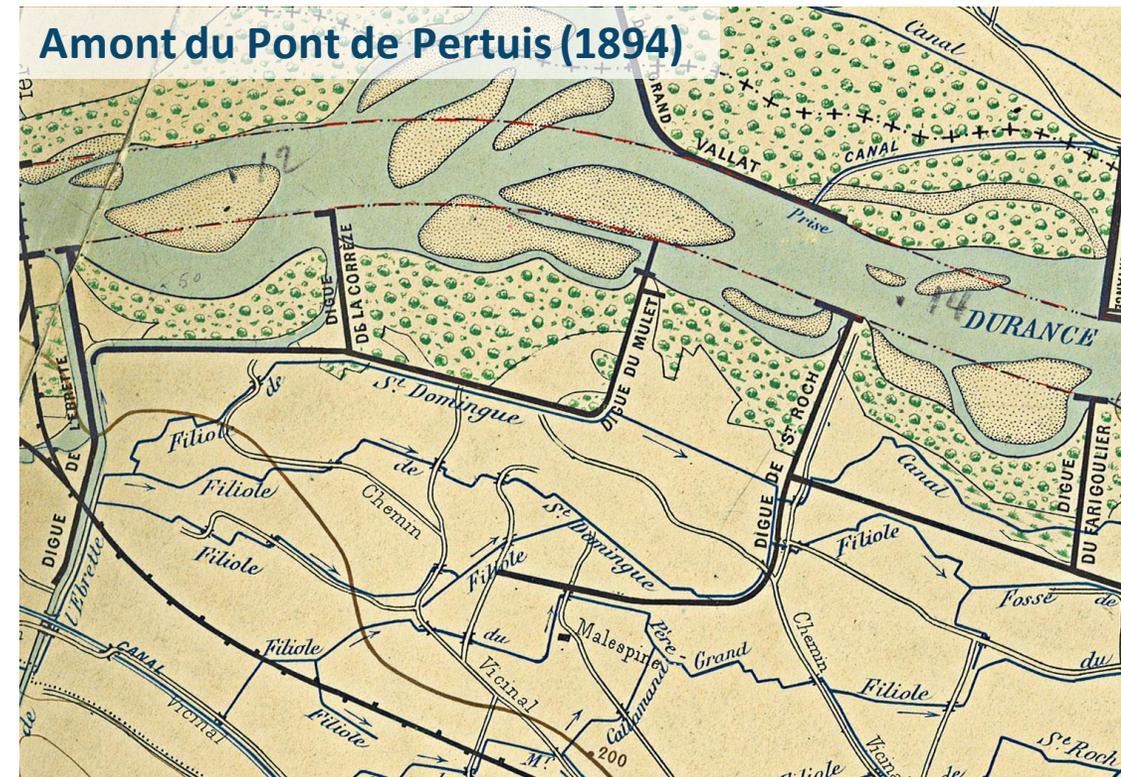
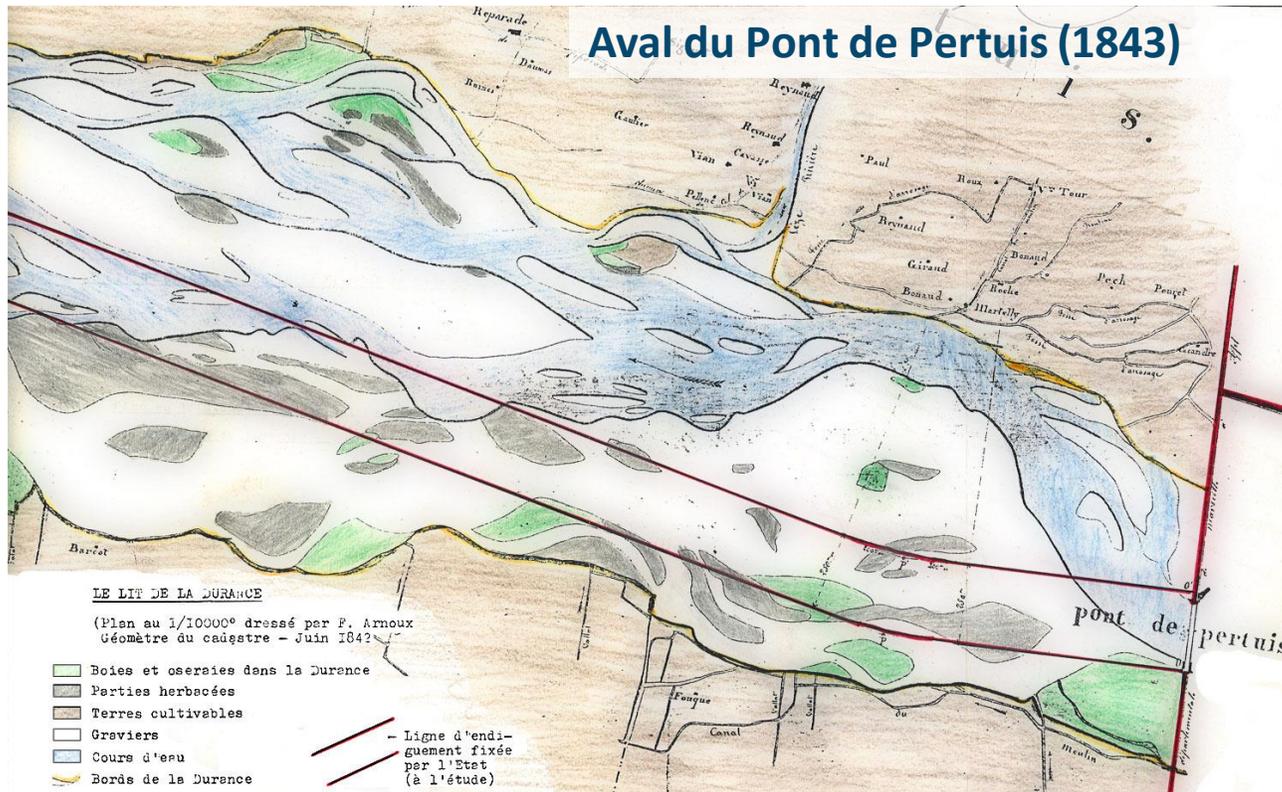
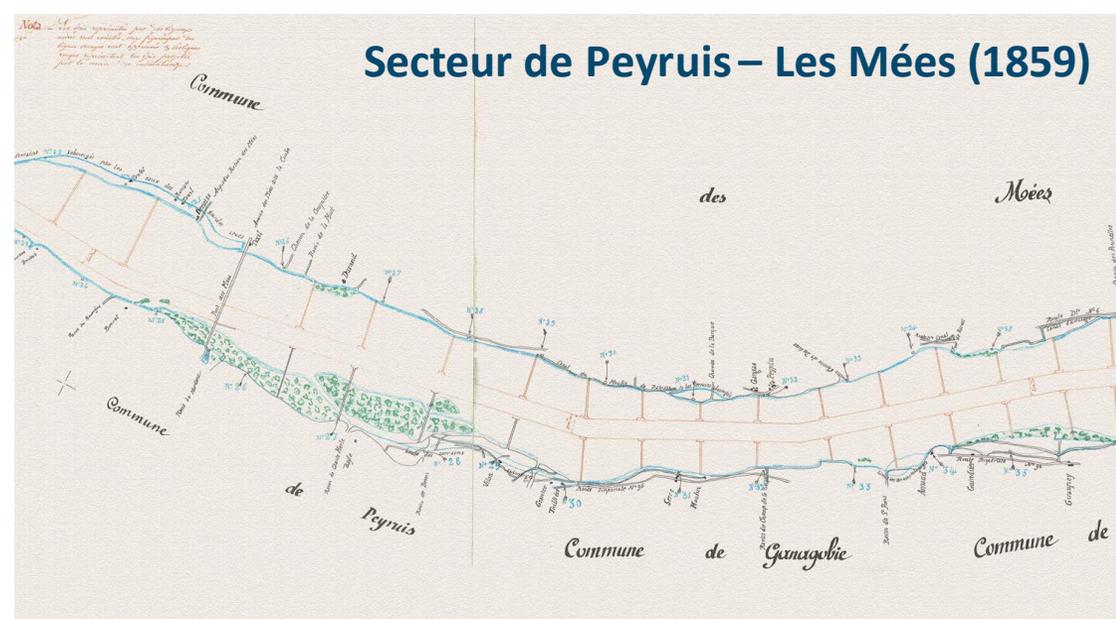
Depuis longtemps, la Durance a fait l'objet d'aménagements ou projets d'aménagements pour répondre aux besoins de :

- Augmentation surfaces agricoles
- Irrigation
- Eau domestique
- Protection contre les inondations
- Navigation
-



**Carte de Cassini (vers 1780)
Entre Cadenet et Mérindol**

Des aménagements pour maîtriser le cours d'eau et conquérir de nouvelles surfaces agricoles



Des aménagements pour répondre à un besoin en eau et énergie

- Canal St Julien 1171
- Canal de Craponne 1554
- D'abord usages énergétiques (moulins)
- Dans un second temps irrigation et desserte des villes
- Énormes problèmes de gestion et de maintenance des ouvrages de prise dans la Durance



Des aménagements pour répondre à un besoin en eau et énergie

Le grand tournant du XIX^{ème} siècle

- Développement d'une agriculture marchande (chemin de fer)
- Recherche de plus forts rendements : irrigation
- Développement des besoins en eau des villes (démographie, hygiène)

→ Multiplication de l'attribution des droits d'eau sur la Durance et le Verdon

N° DURENCE des branchements	DÉSIGNATION DES CANAUX	DOTATIONS			DATES DES CONCESSIONS
		partielles litres par seconde	CUMULÉES par canal	pour l'ensemble	
1	Craponne.....	2.677	2.677	2.677	1907, 1 ^{er} janvier.
2	Alpines Méridionales (Les Baux).....	3.000	3.000	5.677	1889, 31 juillet.
3	Craponne.....	1.035	3.712	6.712	1880, 1 ^{er} janvier.
4	Alpines Méridionales.....	33	3.033	6.745	1870, 3 fév.
5	Craponne.....	364	4.076	7.109	1878, 1 ^{er} j.
6	Alpines Méridionales.....	532	3.565	7.641	1808, 23 av.
7	Craponne.....	21	4.097	7.662	1808, 1 ^{er} j.
8	Marseille.....	2.250	2.250	9.912	1867, 19 j.
9	Craponne.....	44	4.141	9.956	1867, 1 ^{er} j.
10	Pertuis et Cadenet.....	1.000	1.000	10.956	1864, 18 j.
11	Marseille.....	1.000	3.250	11.956	1864, 25 n.
12	Alpines Méridionales.....	399	3.964	12.355	1860.
13	Lauris.....	400	400	12.755	1857, 21 j.
14	Alpines Méridionales.....	66	4.030	12.821	1856, août
15	Cabannes (4 Communes).....	1.000	1.000	13.821	1856, 28 j.
16	Alpines Méridionales.....	66	4.096	13.887	1855.
17	Pertuis et Cadenet.....	1.500	2.500	15.387	1854.
18	Crillon.....	2.000	2.000	17.387	1853, 23 j.
19	Mixte (branche Carpentras).....	6.000	6.000	23.387	1853, 28 j.
20	Alpines Septentrionales (1 ^{re} branche).....	5.000	5.000	28.387	1851.
21	Mixte (branche l'Isle).....	2.000	8.000	30.387	1849, 10 j.
22	Peyrolles.....	2.000	2.000	32.387	1843.
23	Alpines Méridionales.....	133	4.229	32.520	1841.
24	Alpines Septentrionales (1 ^{re} branche).....	5.000	5.000	37.520	1839.
25	Marseille.....	250	3.560	37.770	1838. <small>gh 1^{er} qu de</small>
26	Alpines Méridionales.....	299	4.528	38.069	1837, 4 se
27	Alpines Septentrionales (1 ^{re} branche).....	531	5.531	38.600	1839, 5 a.
28	Alpines Méridionales.....	122	4.650	38.722	1834, 19 c.
29	Alpines Septentrionales (1 ^{re} branche).....	89	5.620	38.811	1834, 23.
30	Alpines Méridionales.....	863	5.513	39.674	1830, 3 m.
31	Alpines Septentrionales (1 ^{re} branche).....	133	5.753	39.807	1827, 30
32	Alpines Méridionales.....	100	5.013	39.907	1826, 25.
A REPORTER.....		39.907			

N° DURENCE des branchements	DÉSIGNATION DES CANAUX	DOTATIONS			DATES DES CONCESSIONS
		partielles litres par seconde	CUMULÉES par canal	pour l'ensemble	
<i>Report.</i>		39.907			
33	Alpines Septentrionales (1 ^{re} branche).....	133	5.886	40.140	1826, 8 avril.
34	Alpines Méridionales.....	166	5.779	40.206	1826, 8 avril.
35	Alpines Septentrionales (1 ^{re} branche).....	199	6.085	40.405	1826, 18 janv. — 1809, 7 mars.
36	Alpines Méridionales.....	58	5.837	40.463	1806, 31 mai.
37	Alpines Septentrionales (1 ^{re} branche).....	805	6.890	41.268	1806, 31 mai. — 18 avril.
38	Cambis (canal Puy).....	1.800	1.800	43.068	1805.
39	Alpines Méridionales.....	3.453	9.290	46.521	1798, 1797, 1784, 26 octob ^{re} .
40	Alpines Septentrionales (1 ^{re} branche).....	166	7.056	46.687	1784, 12 juil. — 1783, 20 août.
41	Alpines Méridionales.....	133	9.423	46.820	1783, 20 août.
42	Alpines Septentrionales (1 ^{re} branche).....	44	7.100	46.864	1783, 12 mai.
43	Alpines Méridionales.....	531	9.954	47.395	1783, 28 mars.
44	Alpines Septentrionales (1 ^{re} branche).....	66	7.166	47.461	1783, 6 mars.
45	Alpines Méridionales.....	2.789	12.743	50.250	1783, 30 janvier.
46	Janson.....	200	200	50.450	1780, 11 mars.
47	Crillon.....	2.000	4.000	52.450	1763.
48	Mixte (branche de Cabedan neuf).....	2.000	10.000	54.450	1738.
49	Mérindol.....	106	106	54.556	Dats inconnus mais certainement antérieurs à Cabedan neuf.
50	Craponne.....	11.510	15.651	66.066	1554.
51	S ^t -Julien (branche de Cabedan v.).....	1.160	1.160	67.226	1537.
52	Pertuis et Cadenet.....	1.500	4.000	68.726	1436.
53	Puy (S ^{te} -Réparate).....	1.000	1.000	69.726	1428.
54	Cabannes (4 Communes, S ^t -Andiol).....	1.000	2.000	70.726	1352.
55	Sénas.....	750	750	71.476	1303.
56	L'Hôpital.....	2.000	2.000	73.476	1229.
57	S ^t -Julien (branche S ^t -Julien).....	3.240	4.400	76.716	1170.
58	Châteaurenard.....	3.000	3.000	79.716	
59	Marseille (privilège).....	5.500	9.000	85.216	Loi du 11 juillet 1907, art. 4.
<i>Total.....</i>		85.216			

Des aménagements pour répondre à un besoin en eau et énergie

Le grand tournant du XIX^{ème} siècle

Construction de nombreux canaux

Canal de Marseille (1838)

Canal de Peyrolles (1843)

Canal de Carpentras (1852)

Canal de Pertuis Cadenet (1854)

Canal du Verdon (1863)

Canal de Manosque (1881)

Etc...

→ A la fin du XIX^{ème} siècle,
92 m³/s de droits accordés sur la
Durance et 21m³/s supplémentaires
demandés



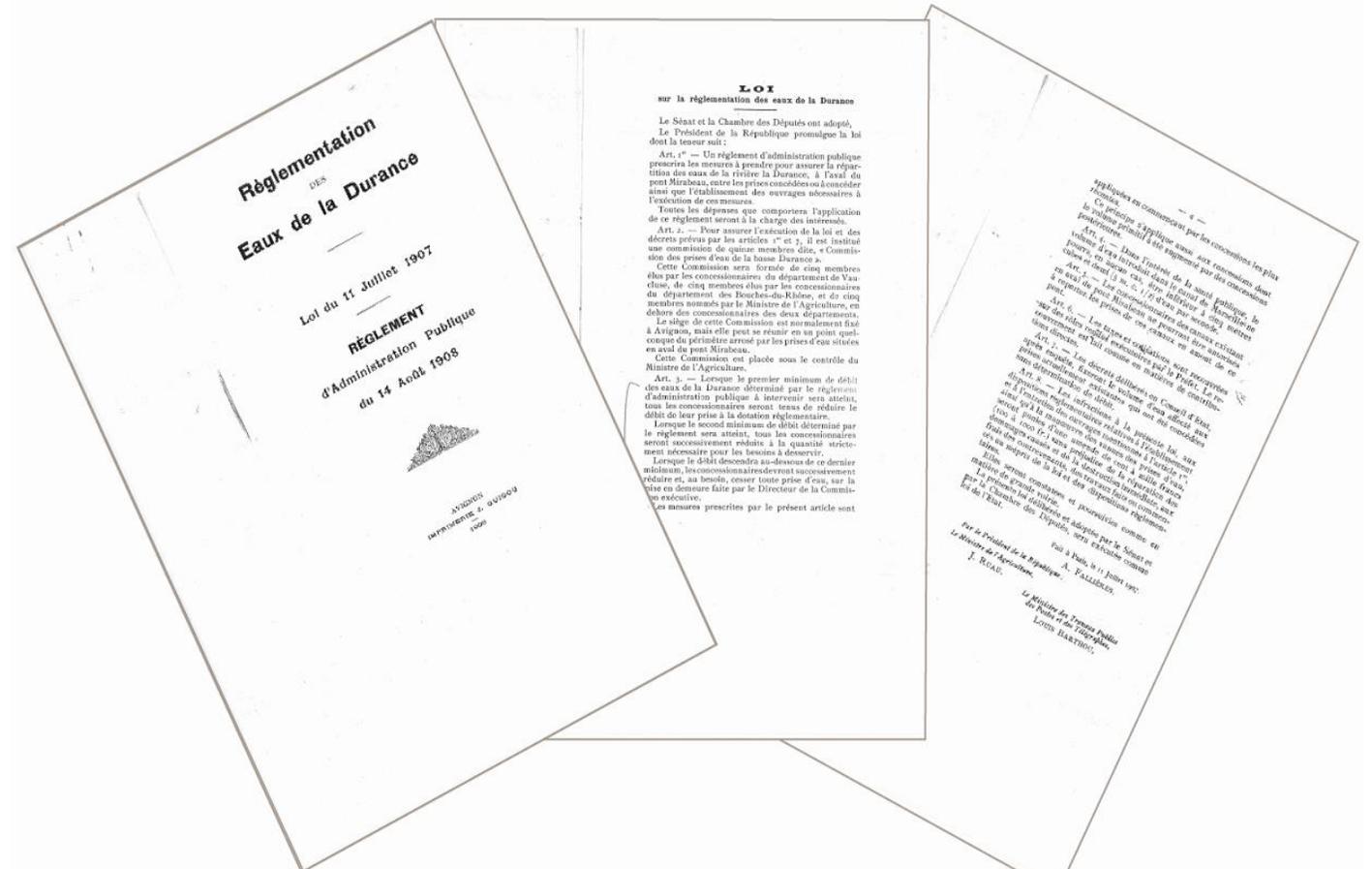
Une grande crise de l'eau au début du XX^{ème} siècle

- Etiages moyens à Mirabeau 50 m³/s
- Besoins des canaux en Basse-Durance > 100 m³/s
- Années 1890 particulièrement sèches :
 - Pénuries chroniques
 - Troubles à l'ordre public



Une grande crise de l'eau au début du XX^{ème} siècle

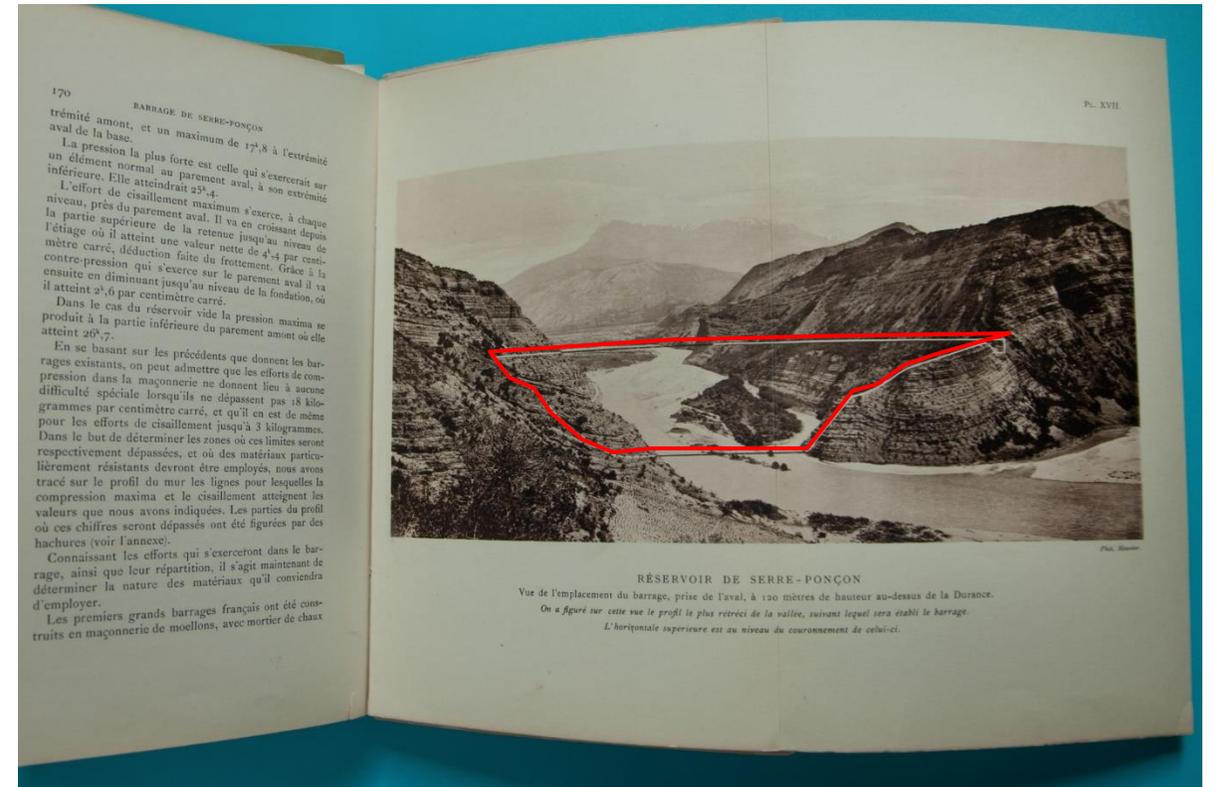
- **Loi du 11 juillet 1907** : création de la Commission Exécutive de la Durance, instance arbitrale de répartition des eaux de la Durance
- **Loi du 5 avril 1923** : « Charte du Verdon », répartition des eaux du Verdon entre les départements du Var et des Bouches du Rhône et la Ville de Marseille



Les réponses à la crise en Durance

Ivan Wilhelm, « **La Durance – Étude de l'utilisation de ses eaux et de l'amélioration de son régime par la création de barrages** » (1913) :

- Création d'une grande réserve en amont du bassin de la Durance :
 - Capturer et stocker l'eau de la fonte des neiges
 - Assurer sa disponibilité en été pour l'aval
 - Satisfaire de nombreux usages : irrigation
 - Aménagement multi-usages
- Repérage du site de Serre-Ponçon et identification des problèmes de faisabilité technique



Les réponses à la crise en Durance

Loi du 5 janvier 1955 sur l'aménagement de la Durance :

- Construction du barrage de Serre-Ponçon
- Dérivation dans un canal des eaux de la Durance et au passage de celles de tous les affluents (barrage mobiles intermédiaires : la Saulce, Sisteron, L'Escale, Cadarache, Mallemort)
- Canal horizontal / Pente de la Durance \approx 50 m de chute tous les 20 km
- Réserve « agricole » de 200 millions de m³ dans Serre-Ponçon déstockable entre le 1 juillet et le 30 septembre
- Mise en « débit réservé » de la Durance (1/80^{ème} du module naturel)



Une rivière fortement aménagée et perturbée



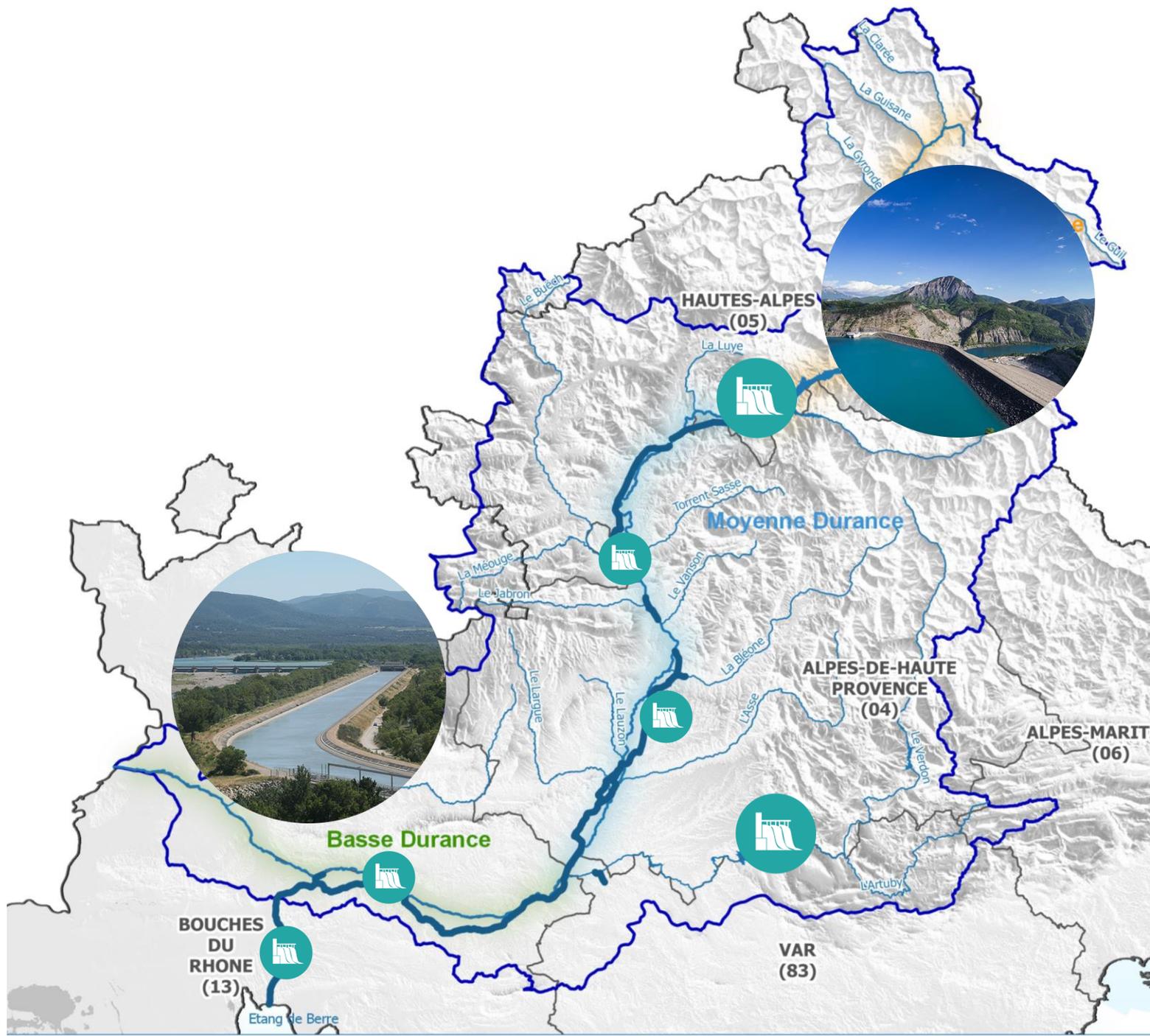
6 Mds de kWh/an



Irrigation de 75 000 ha

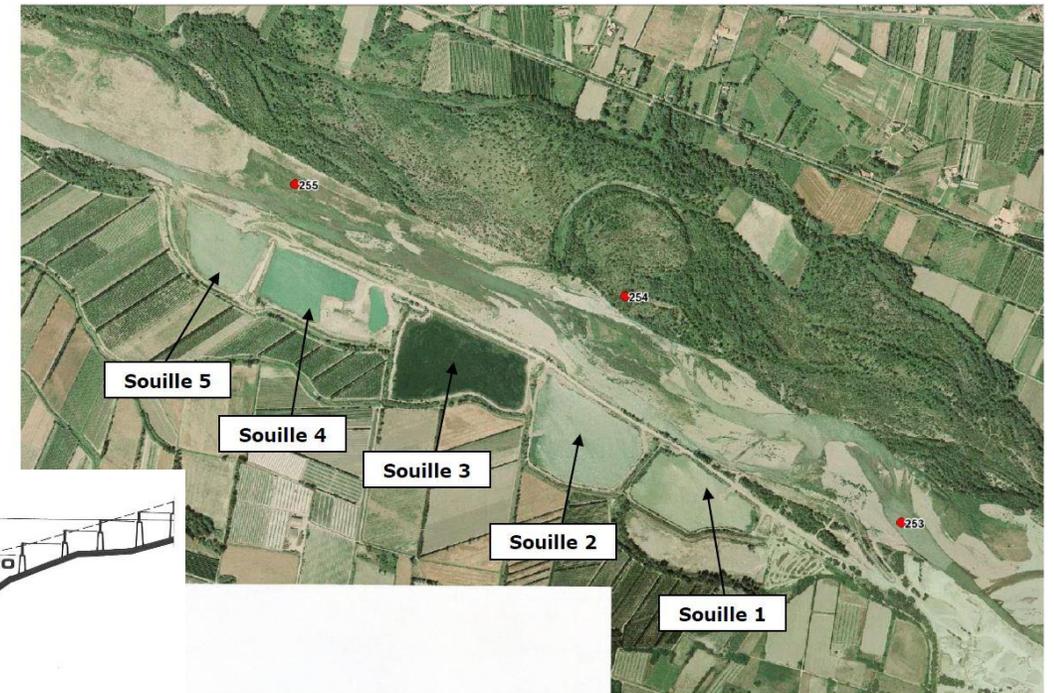
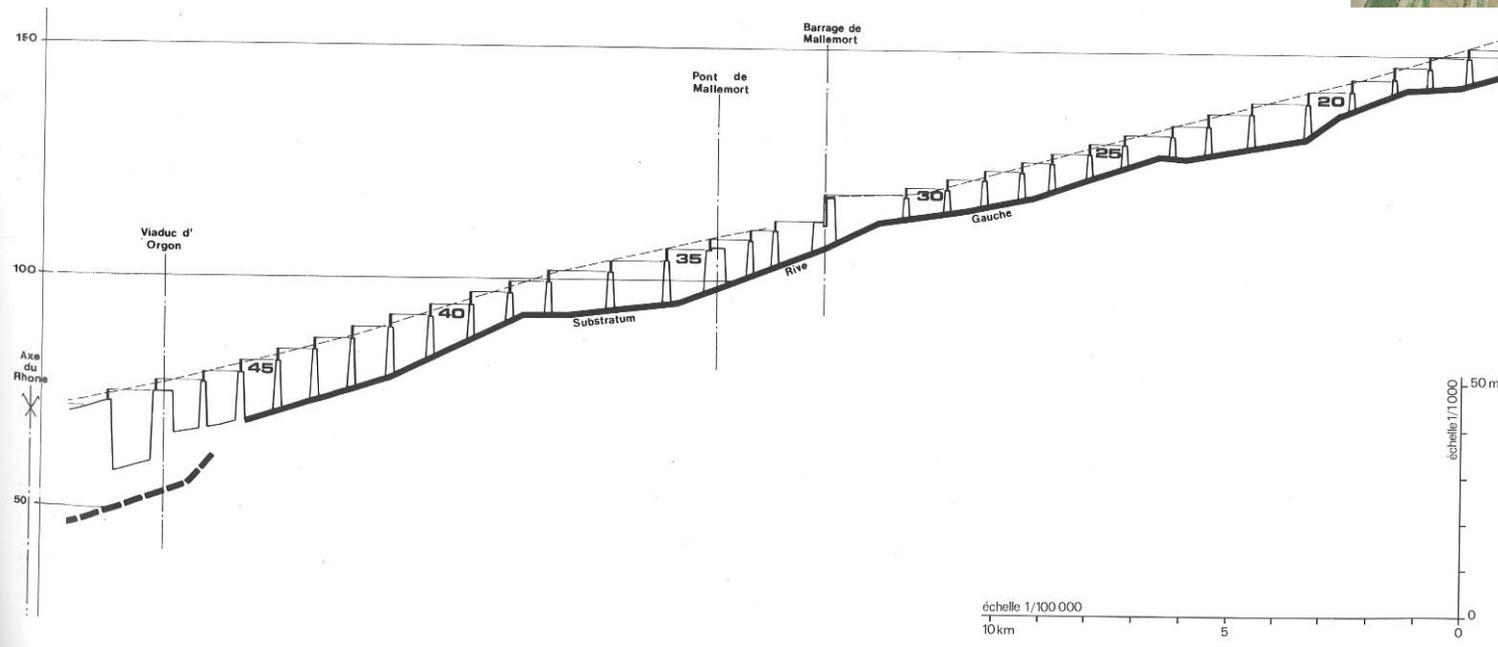


3 Ms d'habitants



Des extractions massives dans le lit mineur

- Volume extrait entre les années 60 et 90 estimé à 60 Mm³
- Affaissement du profil en long de la rivière
- Aménagements de seuils
- Dernières extractions dans le lit mineur en 1998



La restauration hydro-morphologique au cœur de la politique du SMAVD depuis près de 2 décennies

Un diagnostic complet de la Durance

Mise en évidence de l'étroite imbrication entre :

- Le fonctionnement morphologique
- Les conditions d'écoulement des crues
- La qualité et la dynamique des milieux naturels alluviaux et aquatiques
- La préservation de la ressource en eau de la nappe alluviale



Gestion de la dynamique fluviale et du transit sédimentaire au cœur de la politique de restauration



Les principaux éléments du diagnostic

Hydrologie

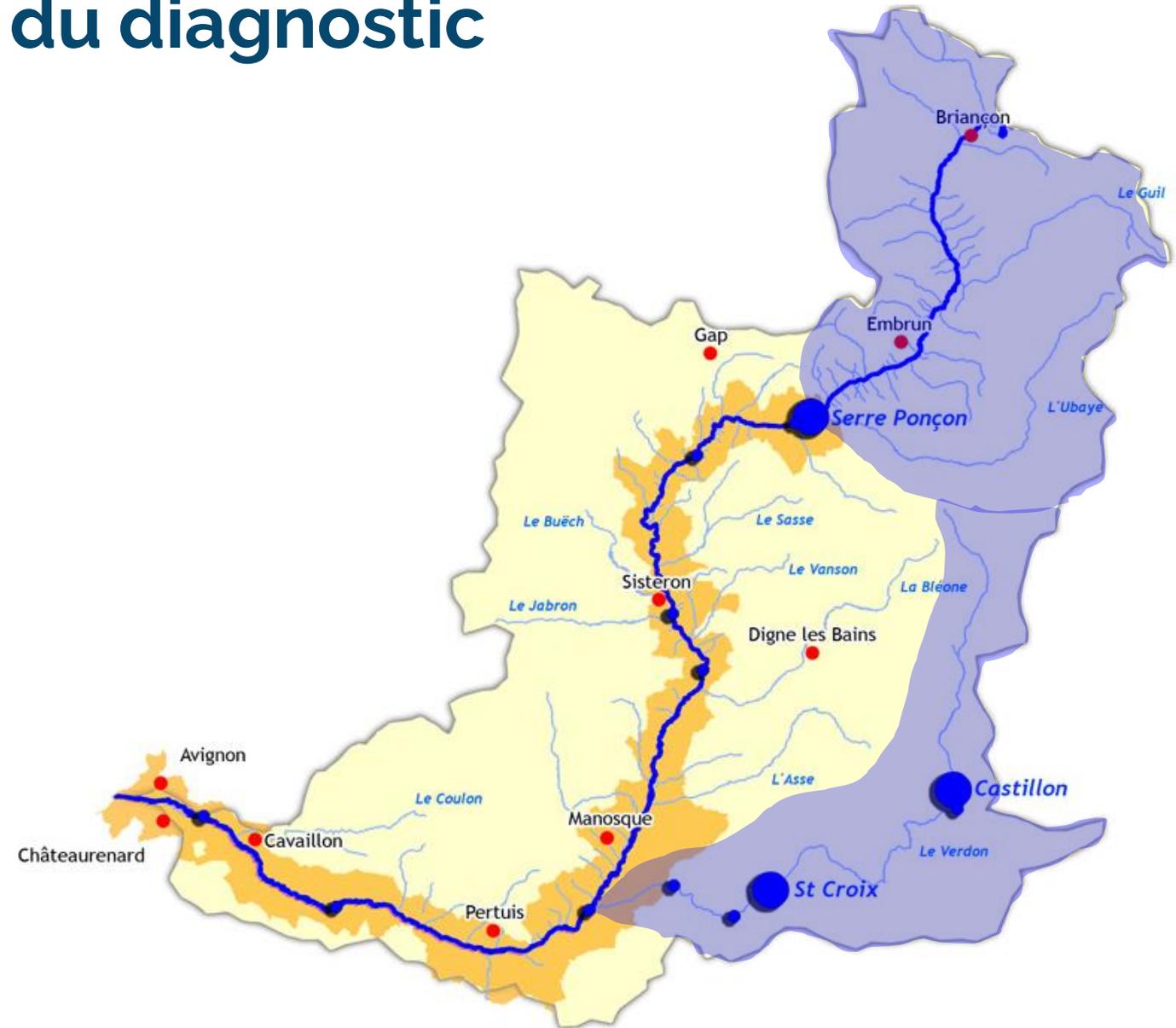
Modification profonde du régime hydrologique



Quasi disparition des crues de fonte de printemps



Les grandes crues potentielles existent toujours



Les principaux éléments du diagnostic

Transport solide et morphologie

Modification profonde du régime
morphologique

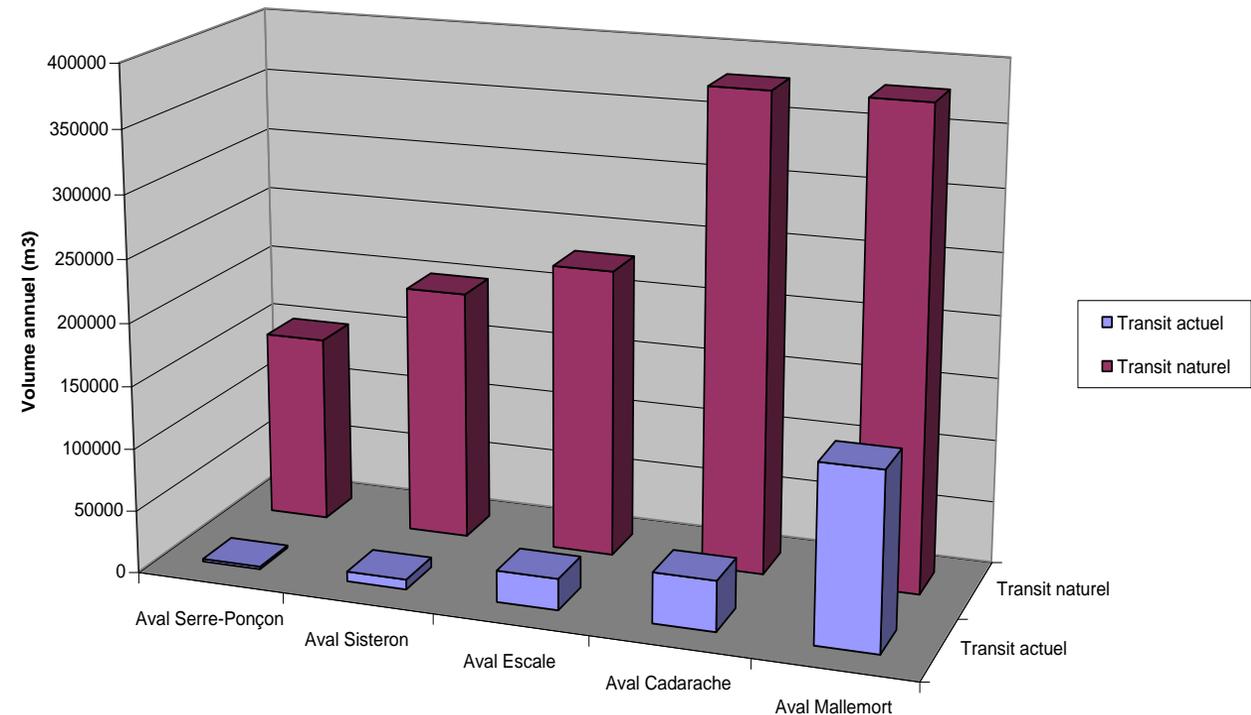


Diminution des crues morphogènes



Plus de capacité de transporter les
graviers

Capacité de transport des graviers sur la Durance



On retiendra en synthèse

Diminution de la **capacité de transport des graviers**

Nombreux effets résultant du déséquilibre sédimentaire :

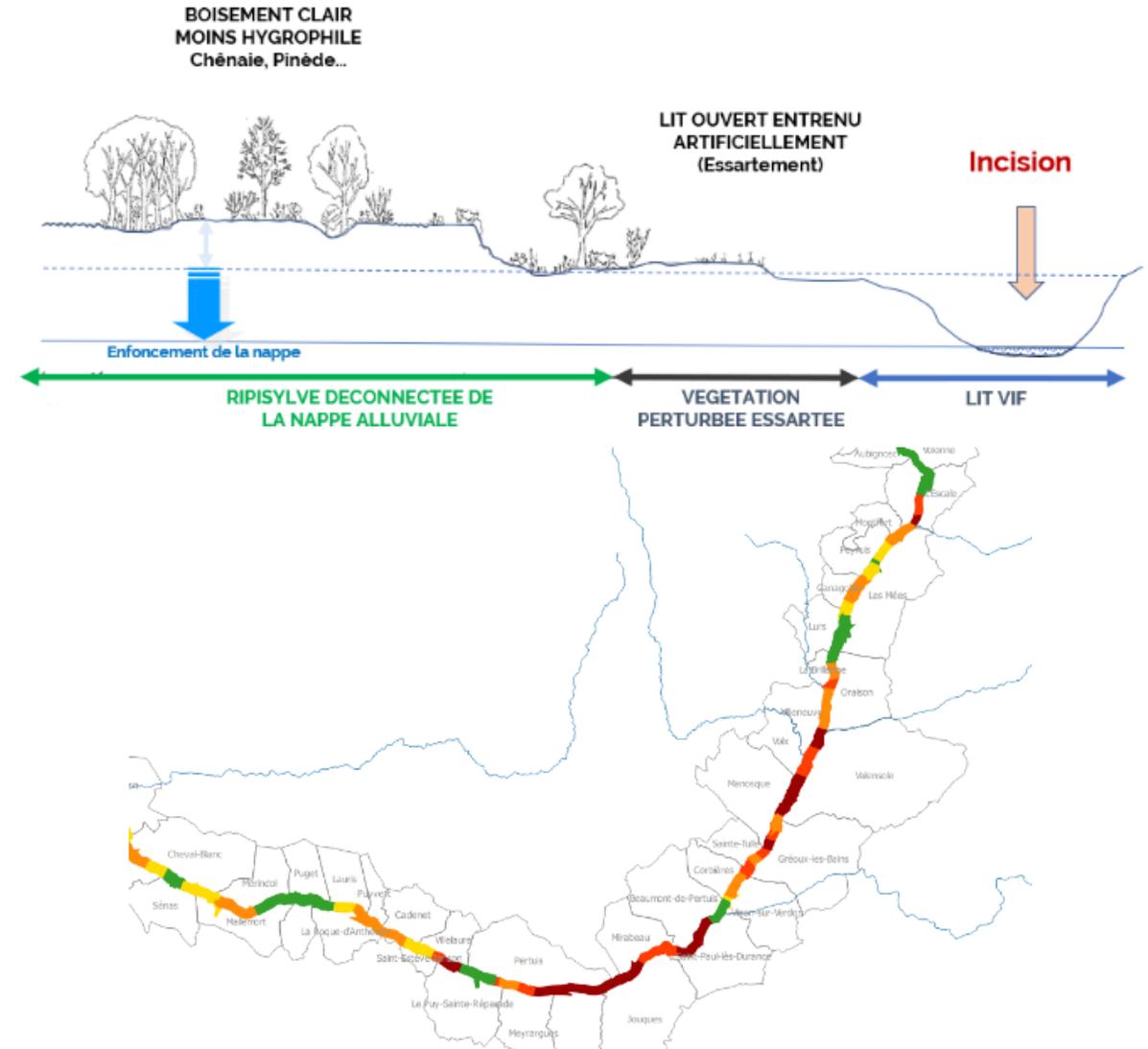
- **Rétrécissement du lit**
- Passage d'un lit en tresses à un **lit chenalisé**
- Evolutions morphologiques extrêmes et anormales
- **Abaissement généralisé du lit**
- Fixation et **végétalisation** des bancs de graviers dans le lit mineur
- **Abaissement** de la nappe alluviale et assèchement des ripisylves typiques

Tendance à la végétalisation et à la **fermeture des milieux**

Augmentation de l'**inondabilité**

Modification des peuplements piscicoles et avifaunes

Une multitudes d'**ouvrages non fiables** (merlon, épis, digues) pour la protection contre les crues



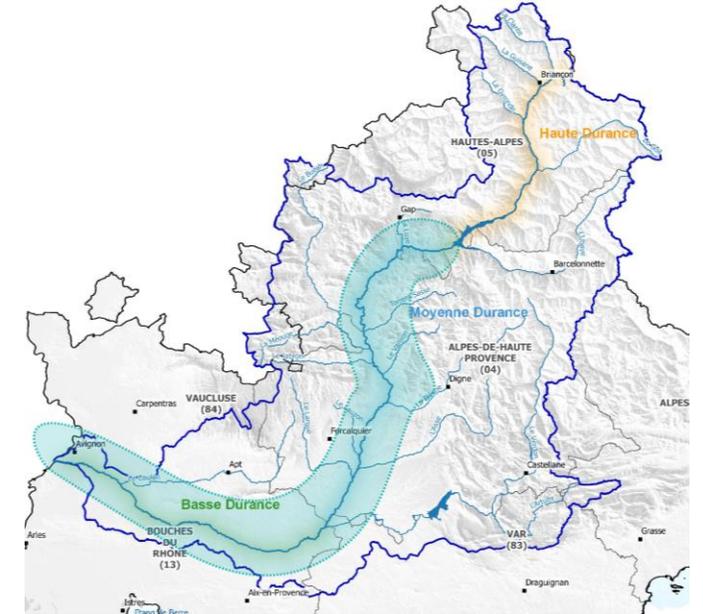
La morphologie comme levier d'action central

- Les actions morphologiques permettent d'intervenir sur la forme et la dynamique des cours d'eau
- En agissant sur ce domaine on s'attache à gérer, restaurer ou contrôler le bon fonctionnement des cours d'eau
- Une stratégie assumée :
 - Approche physique expérimentale à partir du terrain
 - Appui de l'expert morphologue Philippe Lefort
 - Suivis réguliers et création de l'Observatoire de la Durance



Une trajectoire de restauration au long cours

DEPUIS 1994 : Stratégie du rétablissement du fonctionnement naturel, morphologique et hydraulique de la DURANCE





Le Premier Contrat de Rivière

Les 4 grands axes d'intervention

1. Favoriser le rétablissement du transit des graviers et l'élargissement de l'espace de mobilité
2. Eviter l'apparition de perturbations morphologiques nouvelles
3. Lutter contre les dépôts de limons
4. Corriger les insuffisances de débits à l'amont de l'Escale

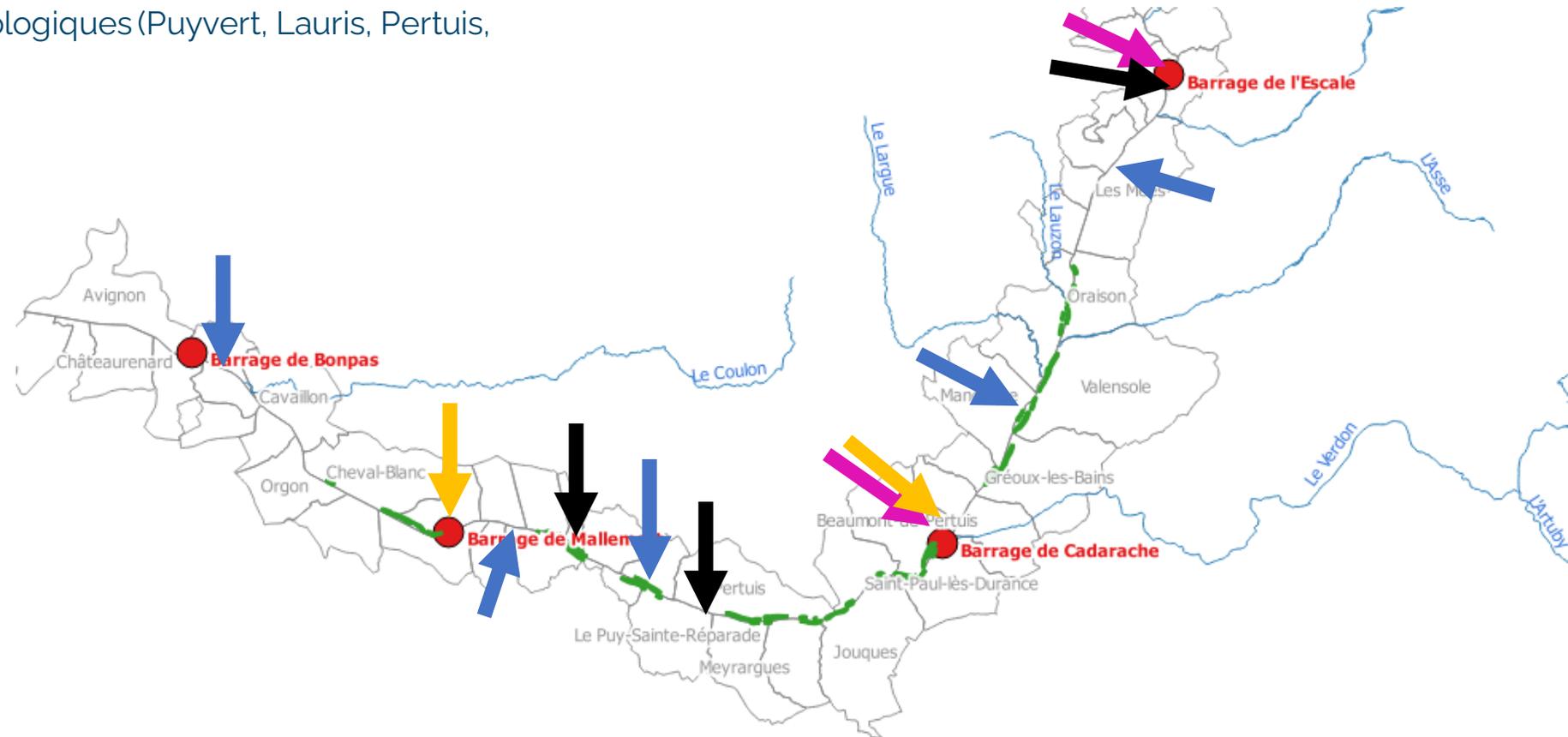
Et globalement

- ✓ Investissement technique sur la majeure partie des actions
- ✓ Assurer les suivis et le partage des données/résultats



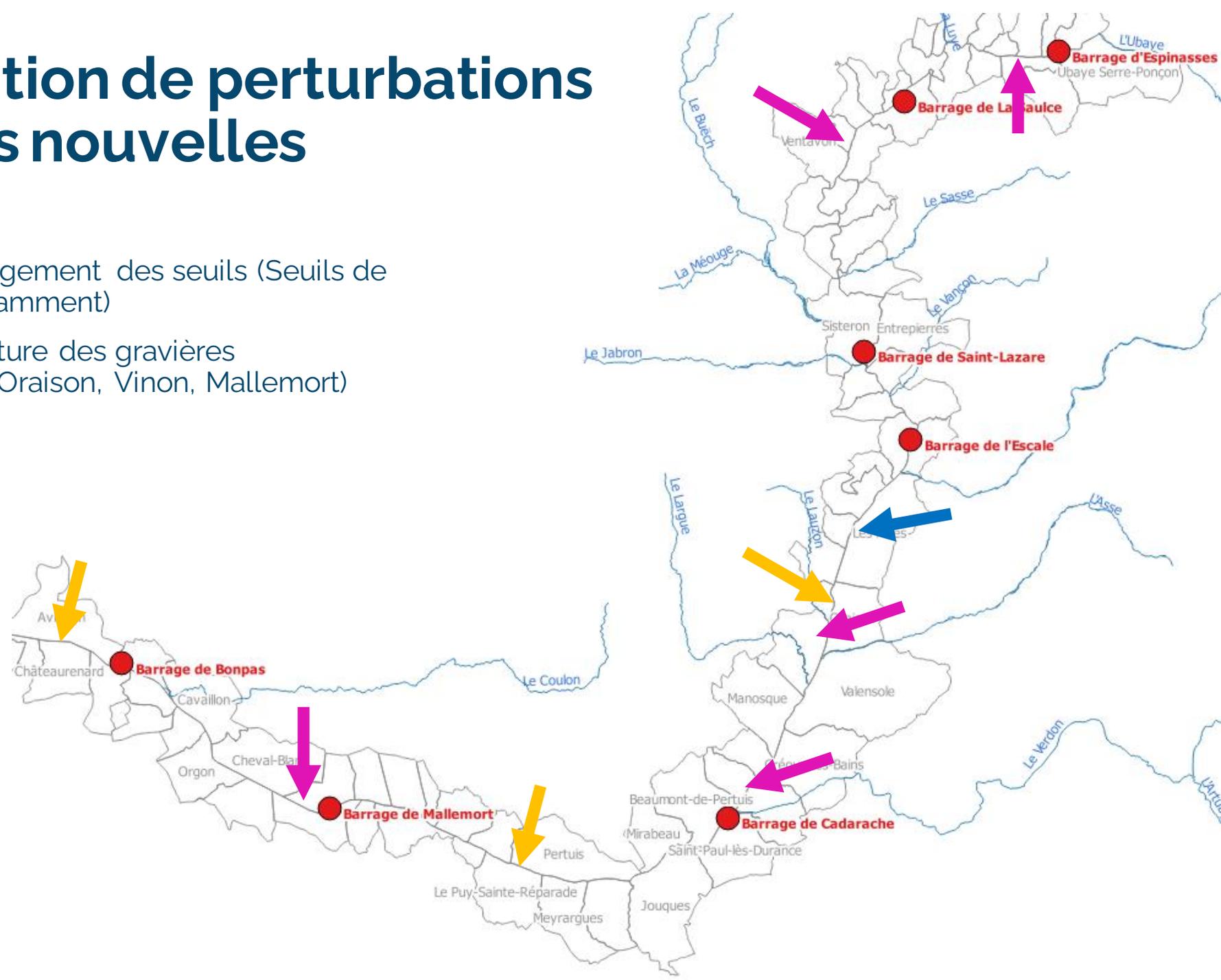
1. Favoriser le rétablissement du transit des graviers et l'élargissement de l'espace de mobilité

- Transparences en crue du barrage de Cadarache et Mallemort
- Accroissement des débits actifs (Escale, Cadarache)
- Réalisation d'acquisitions foncières sur des terrains à enjeux écologiques ou morphologiques (Puyvert, Lauris, Pertuis, l'Escale)
- Recharge sédimentaire
- Recul des ouvrages



2. Eviter l'apparition de perturbations morphologiques nouvelles

- ➔ Confortements / aménagement des seuils (Seuils de Pertuis et d'Avignon notamment)
- ➔ Protection contre la capture des gravières (Rochebrune, Monetier, Oraison, Vinon, Mallemort)
- ➔ Curages à éviter (Mées)



3. Lutter contre les dépôts de limons

Chasses de décolmatage (Espinasses, La Saulce)

Transparence des barrages (La Saulce, St-Lazare, L'Escale, Cadarache, Mallemort)

Accroissement de la mobilité du lit

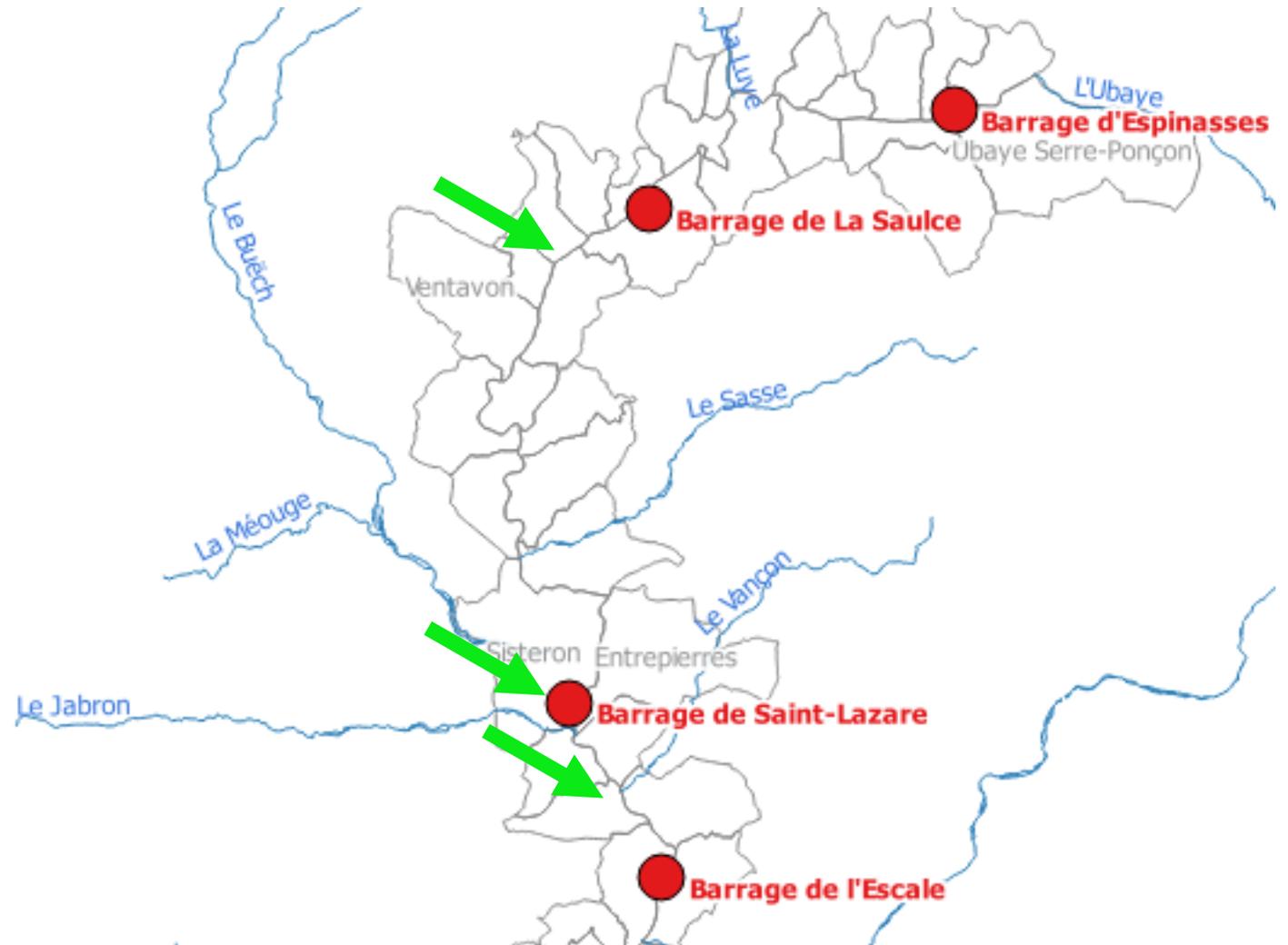
Nouvelles modalités d'essartement

Stratégie de gestion sédimentaire à l'aval de Bonpas



4. Corriger les insuffisances de débits à l'amont de l'Escale

- Nouvelles gestion des barrages en crue + lâchers de décolmatage
- ➔ Plan de gestion sédiments du Buëch + recalibrage Déoule et Vançon + études générales sur autres confluences 04/05



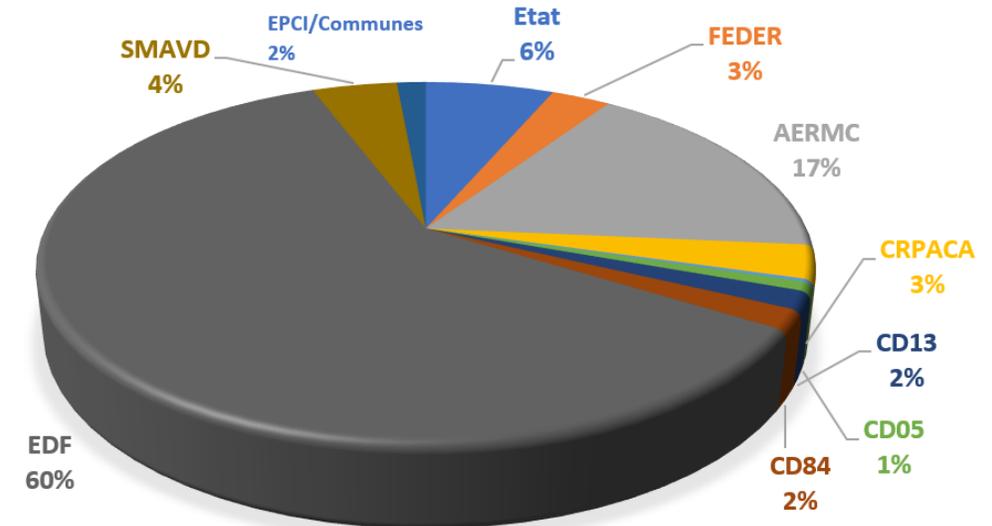
Les réalisations du volet restauration physique du cours d'eau

- **25 millions d'euros**
- Taux de réalisation financier : 83%
- 51 actions réalisées
- Taux de réalisation technique : 86%

PRINCIPALES RÉALISATIONS (VOLET B0)

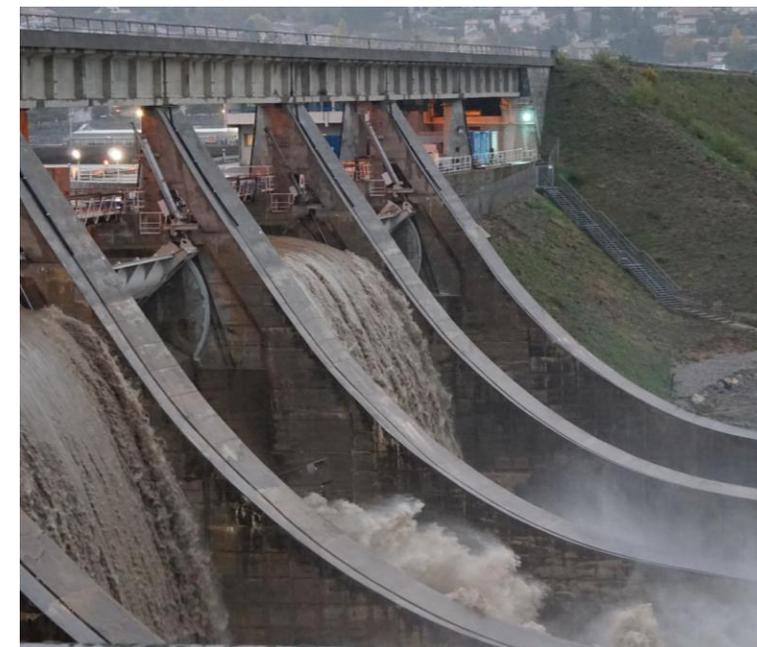
- Actions visant à rétablir le **transit des graviers et l'élargissement du lit** (transparence en crue des barrages, recul d'ouvrages, acquisitions foncières, études recharge sédimentaires...)
- Actions visant à **éviter les perturbations nouvelles** (confortements seuils, évitement de captures de plans d'eau..)
- Actions visant à **lutter contre les dépôts de limons** (chasse de décolmatage, transparence des barrages, modalités d'essartement..)
- Actions visant à corriger les insuffisances de débits à **l'amont de l'Escale** (plan de gestion des sédiments, gestion physique des retenues)

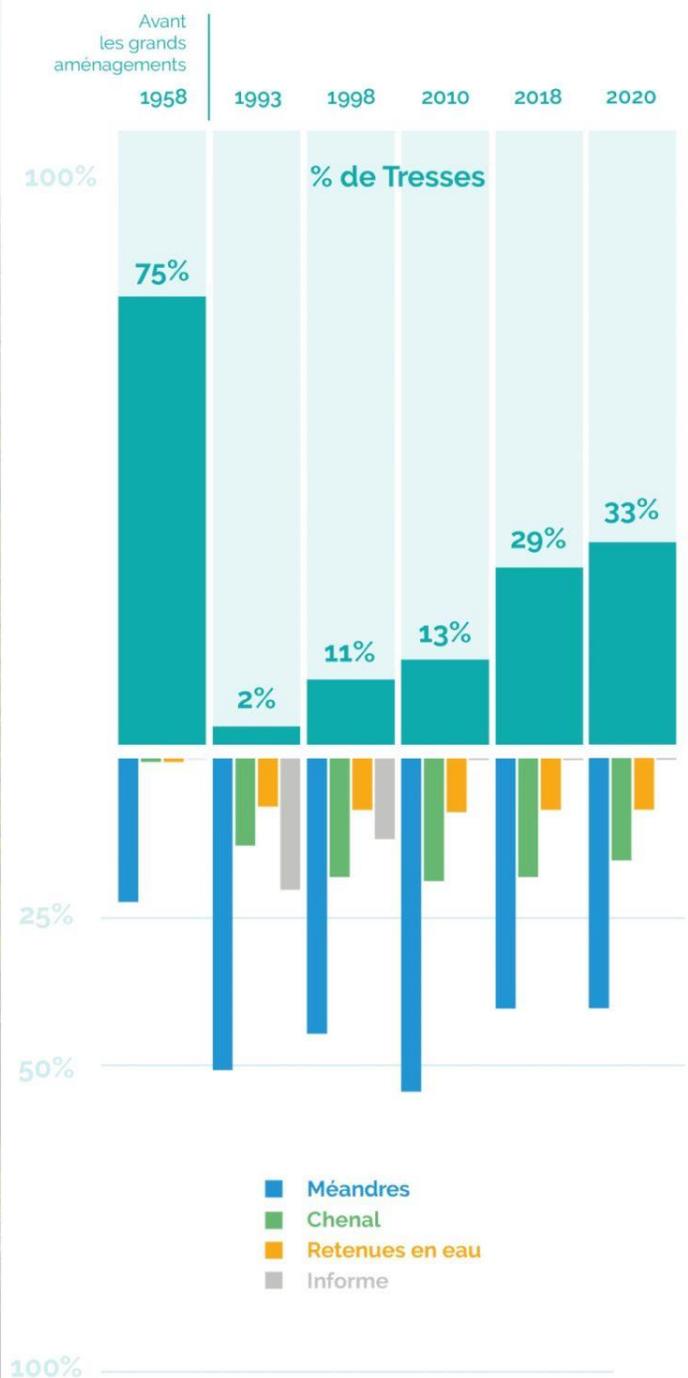
RÉPARTITION PAR FINANCEUR – VOLET B0



Exemples d'actions menées pour la restauration physique

- Entretien des confluents à l'amont de l'Escale + lâchers de débits de nettoyage entre Espinasses et la Saulce
- Continuités rétablies au seuil de la Brillanne + études seuils 5 et 6, 67 et 68
- Protection contre la capture des gravières (Rochebrune, Monetier, Oraison, Vinon) + études Mallemort
- Réalisation d'acquisitions foncières sur des terrains à enjeux écologiques ou morphologiques (Puyvert, Lauris, Pertuis, l'Escale)
- Etudes recharge sédimentaire et recul d'ouvrages





Bilan sur la cible « tressage »

- +30% en 30 ans entre l'Escale et le Rhône
- Le résultat d'actions collectives et coordonnées
- Largement conditionné par une hydrologie favorable



Le Second Contrat de Rivière

Continuité dans les objectifs poursuivis

- Retrouver une biodiversité et des cortèges biologiques plus importants
- Avoir un lit qui écoule bien ses crues
- Favoriser une rivière attractive, permettant l'accès à des espaces naturels de qualité (loisirs & cadre de vie)
- Préserver les niveaux des nappes
- Assurer la tenue des différents ouvrages, des biens et le maintien des usages



Les actions :

Favoriser l'élargissement du lit là où c'est possible et utile

Avec par exemple :

- La poursuite des reculs d'ouvrages (Pertuis)
- Des acquisitions foncières
- Un zonage des espaces de mobilité à nouveau largement partagé
- La mise en œuvre de protections en cas de menace sur des zones à enjeux singuliers



Les actions :

Eviter l'apparition de perturbations morphologiques nouvelles

- En étudiant les enjeux et risques de capture des divers plans d'eau jouxtant le lit
- En réalisant des travaux si nécessaire
- En déterminant et en mettant en œuvre les actions de correction des effets de restitutions à Mallemort



Les actions :

Lutter contre les dépôts de limons et gérer les problèmes d'exhaussement aux confluences

- Poursuite des lâchers de décolmatage aux barrages d'Espinasses et de La Saulce
- Gérer les apports sédimentaires au droit des confluences entre Serre-Ponçon et Sisteron
- Gérer les apports sédimentaires dans les secteurs de Salignac, et des confluences du Jabron et du Vançon
- Assurer le suivi et le respect de l'état-cible relatif à l'enlèvement en aval des souilles d'Avignon
- Assurer un essartement garant du bon écoulement en crues et de la maîtrise des enlèvements

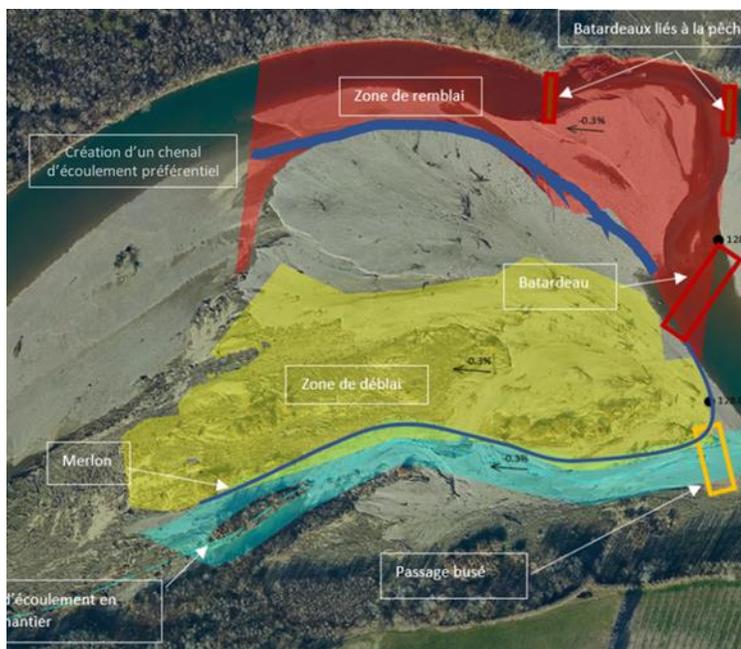


Les actions :

Favoriser le rétablissement du transit sédimentaire là où c'est possible et utile

Avec par exemple :

- L'accompagnement du rétablissement du transit sédimentaire entre la Bléone et les Mées
- La mise à jour des états-cibles et des modalités de gestion en crue des barrages de St Lazare, l'Escale, Cadarache, Mallemort et Bonpas
- La restauration du lit de la rivière par le biais d'opérations de recharge sédimentaire





Focus sur la recharge sédimentaire

L'origine du projet

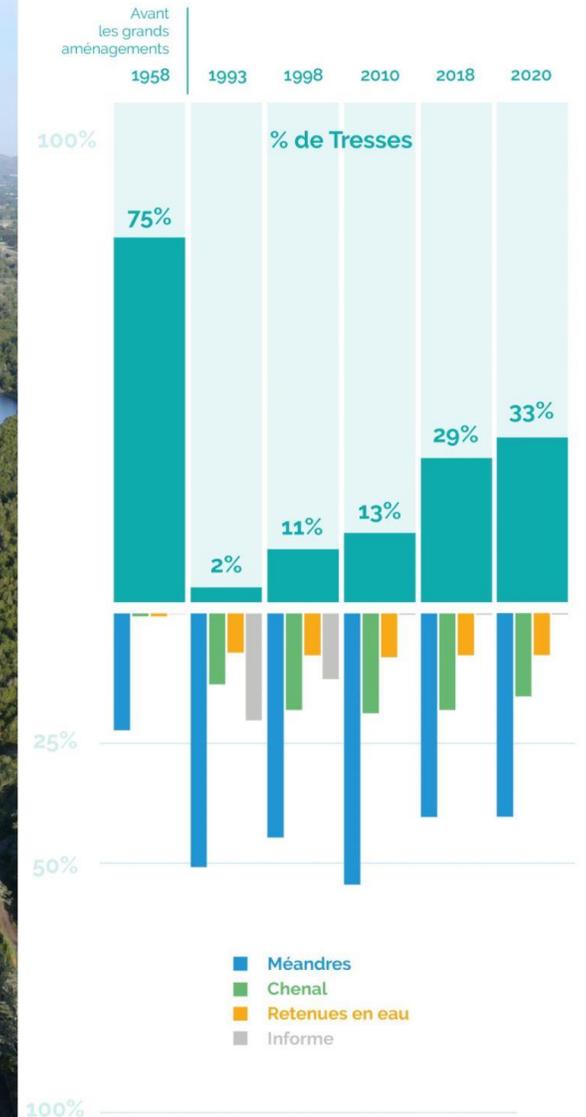
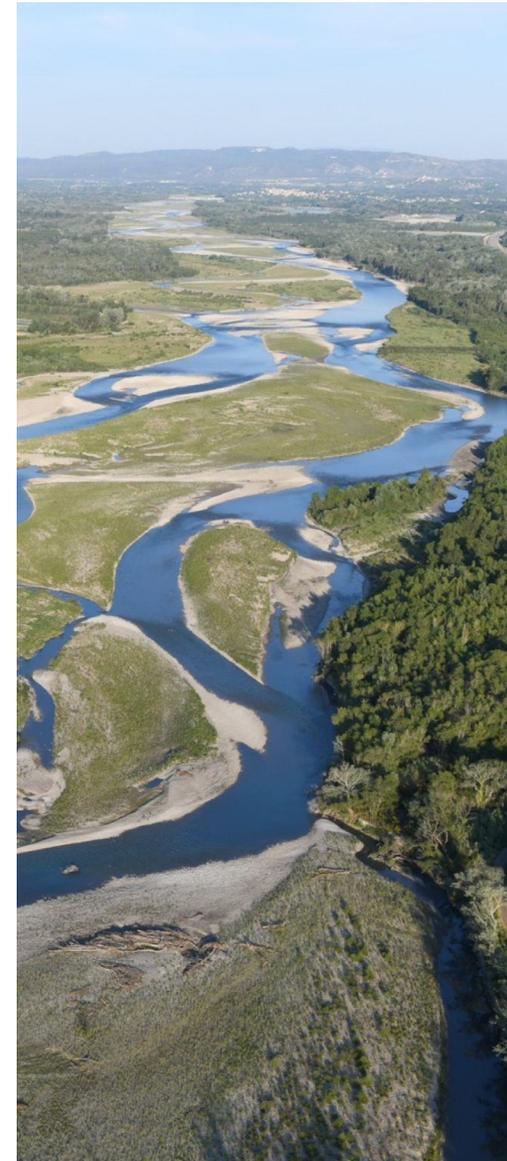
Un objectif de restauration des fonctionnalités naturelles de la Durance

- Retrouver des fonctionnalités naturelles
- Poursuivre la redynamisation alluviale naturelle depuis l'arrêt des extractions de matériaux



Projet ambitieux de restauration morpho-écologique

Outil de restauration retenu = recharge sédimentaire qui consiste à ré-injecter des matériaux dans le lit mineur à partir des gisements de terrasses ou de bancs perchés non mobilisés lors des crues



L'origine du projet

Un projet au cœur de multiples politiques de restauration

SMAVD :

- Action du contrat de rivière Val de Durance 2007-2018
- Action du DOCOB Natura 2000
- Action du PAPI d'intention Basse Durance 2019-2022
- Action du futur contrat de rivière 2023-2029

Mais aussi :

- SDAGE Rhône-Méditerranée
- Plan National d'Action en faveur de l'Apron-du-Rhône
- Plan Régional d'Action en faveur de la Petite Massette



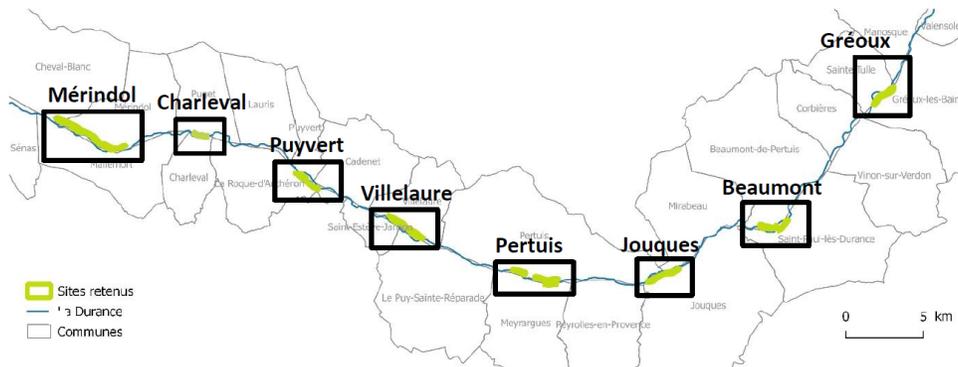
Un soutien constant de nos partenaires



Le choix des sites de recharge

Un diagnostic complet des sites favorables en moyenne et basse Durance

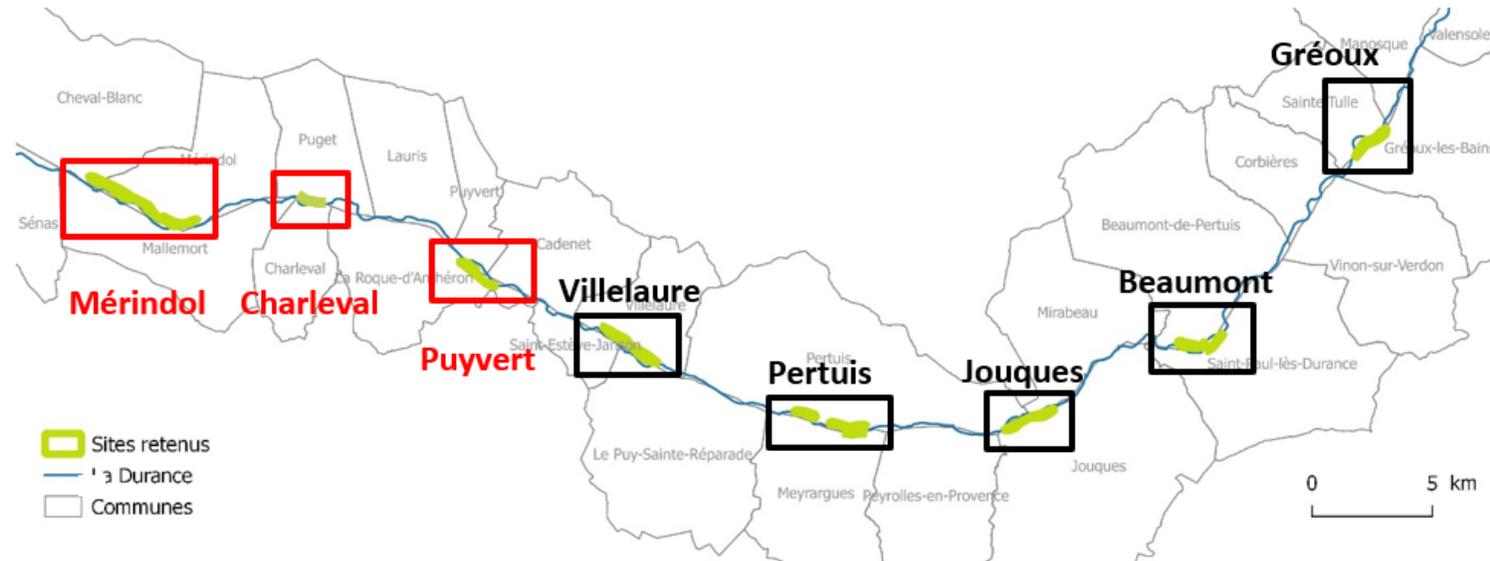
- Inventaire exhaustif des sites potentiels
- Discrimination des sites au regard des enjeux morphologiques, écologiques et opérationnels
- Identification de huit secteurs les plus favorables



Le choix des sites de recharge

Trois sites pilotes en basse Durance

- Intérêts morphologiques forts
- Espaces de dysfonctionnement morphologique flagrant
- Volumes de matériaux importants sur des bancs statiques du lit mineur
- Bancs déjà essartés
- Enjeux écologiques favorables
- Secteurs très opérationnels (foncier, accès, infrastructures avoisinantes)
- Logique de restauration sur 3 sites en série (20 km)
- Acceptation locale des riverains et attentes politiques fortes



Les programmes de travaux

Les mêmes principes d'aménagement pour Puyvert et Charleval :

- Volume de recharge de l'ordre de 100 000 m³ par site
- Prélèvement sur des bancs perchés (en jaune)
- Recharge directement dans le lit vif (en rouge)

Objectif : restaurer sans détruire



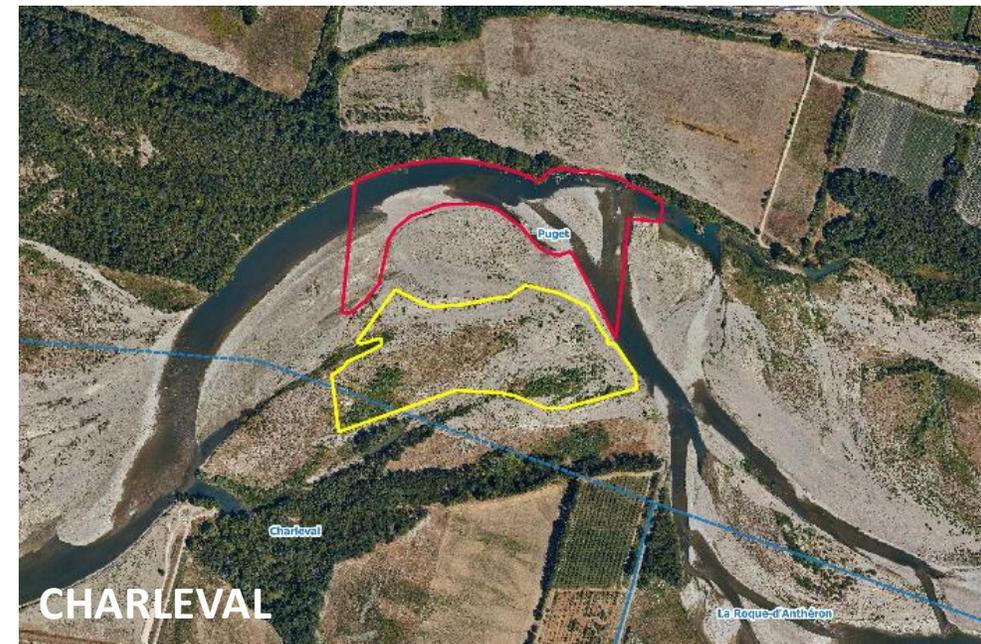
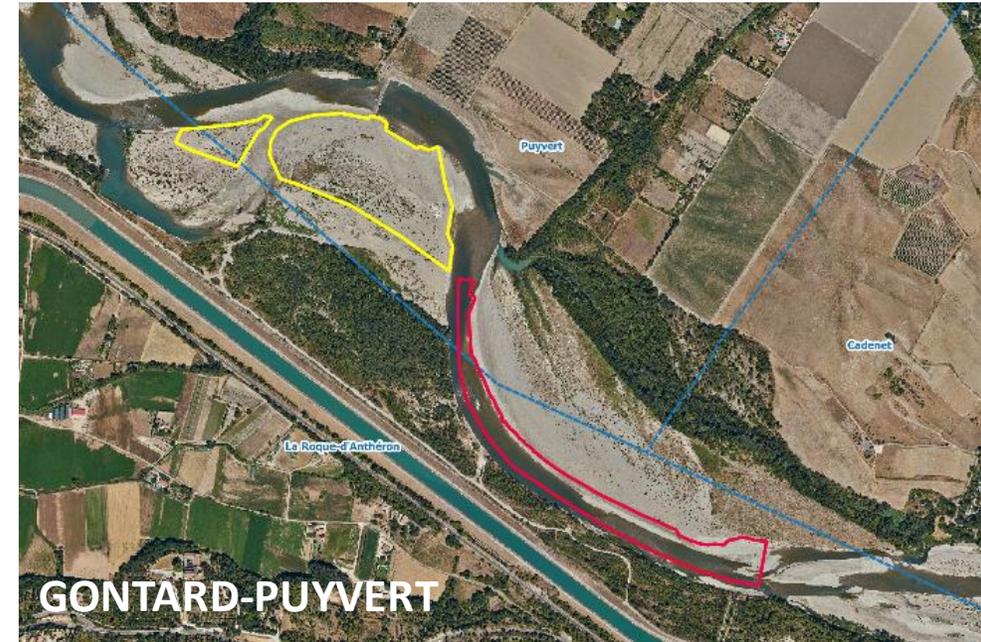
Intervention sur des sites déjà essartés



Protection des espèces protégées et patrimoniales



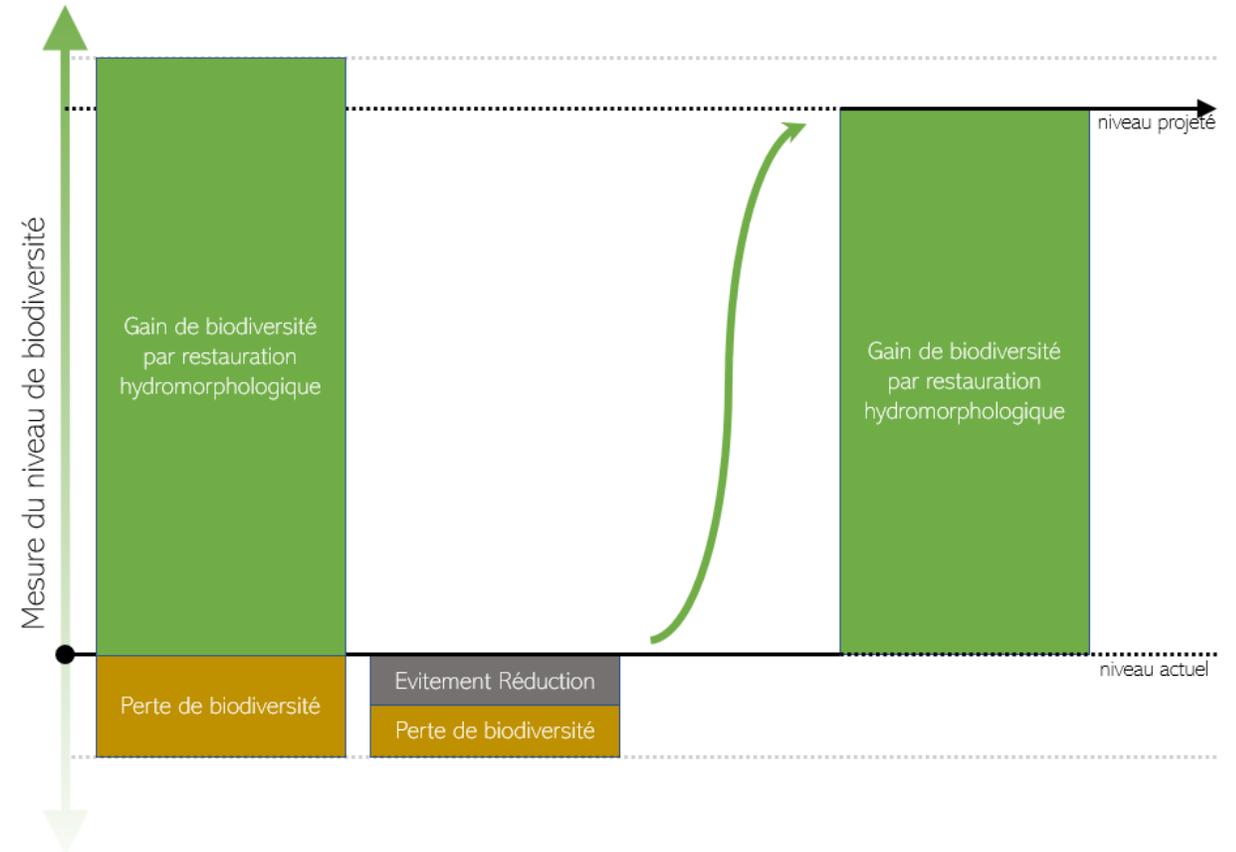
Mobilisation de nombreux experts



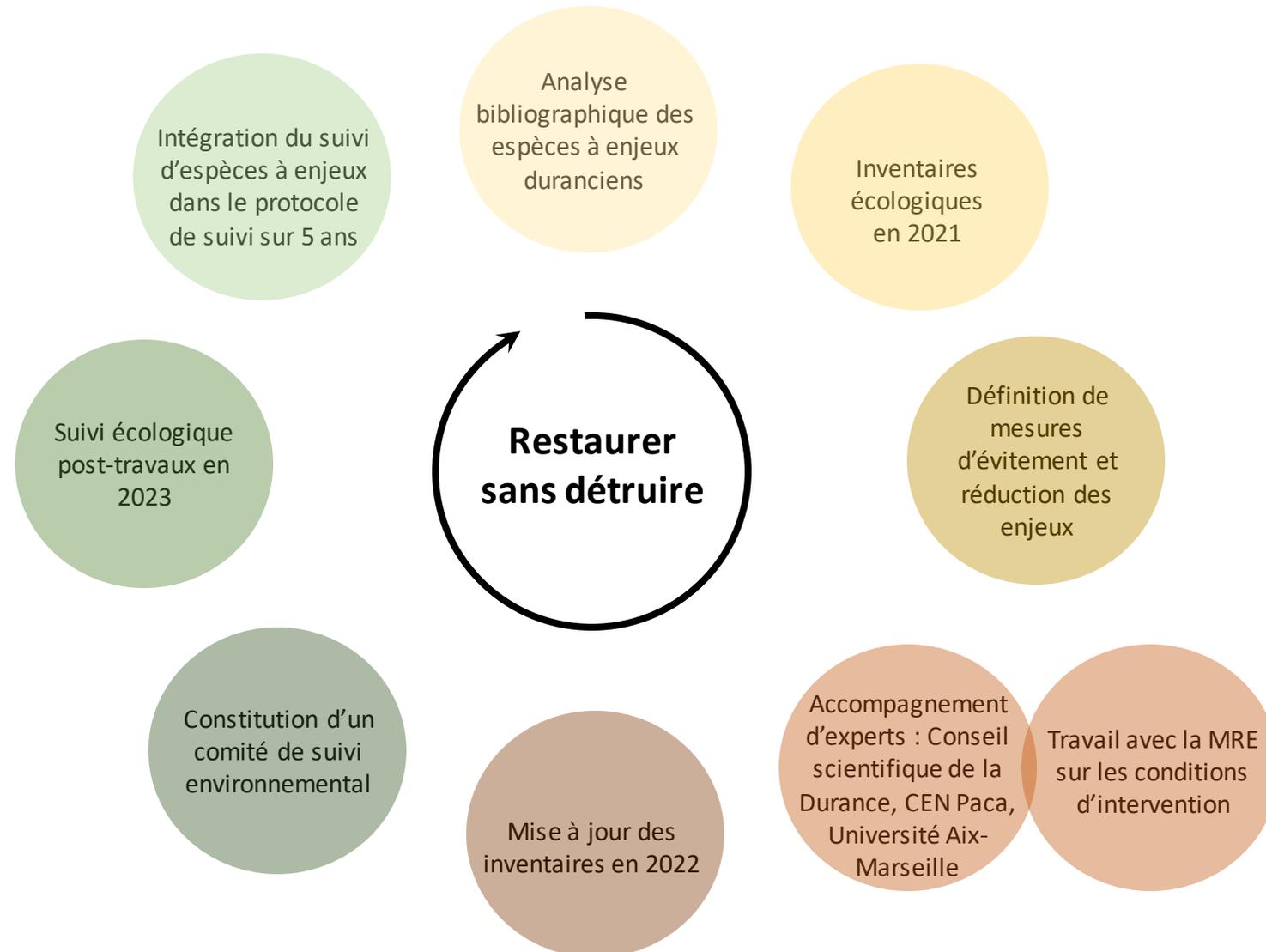
La stratégie environnementale du SMAVD

Un choix de gestion (N2000) vers les espèces de rivières dynamiques et fonctionnelles

- Retrouver de la typicité biologique
- Reconnecter les boisements alluviaux à la nappe
- Limiter les essartements par un entretien naturel

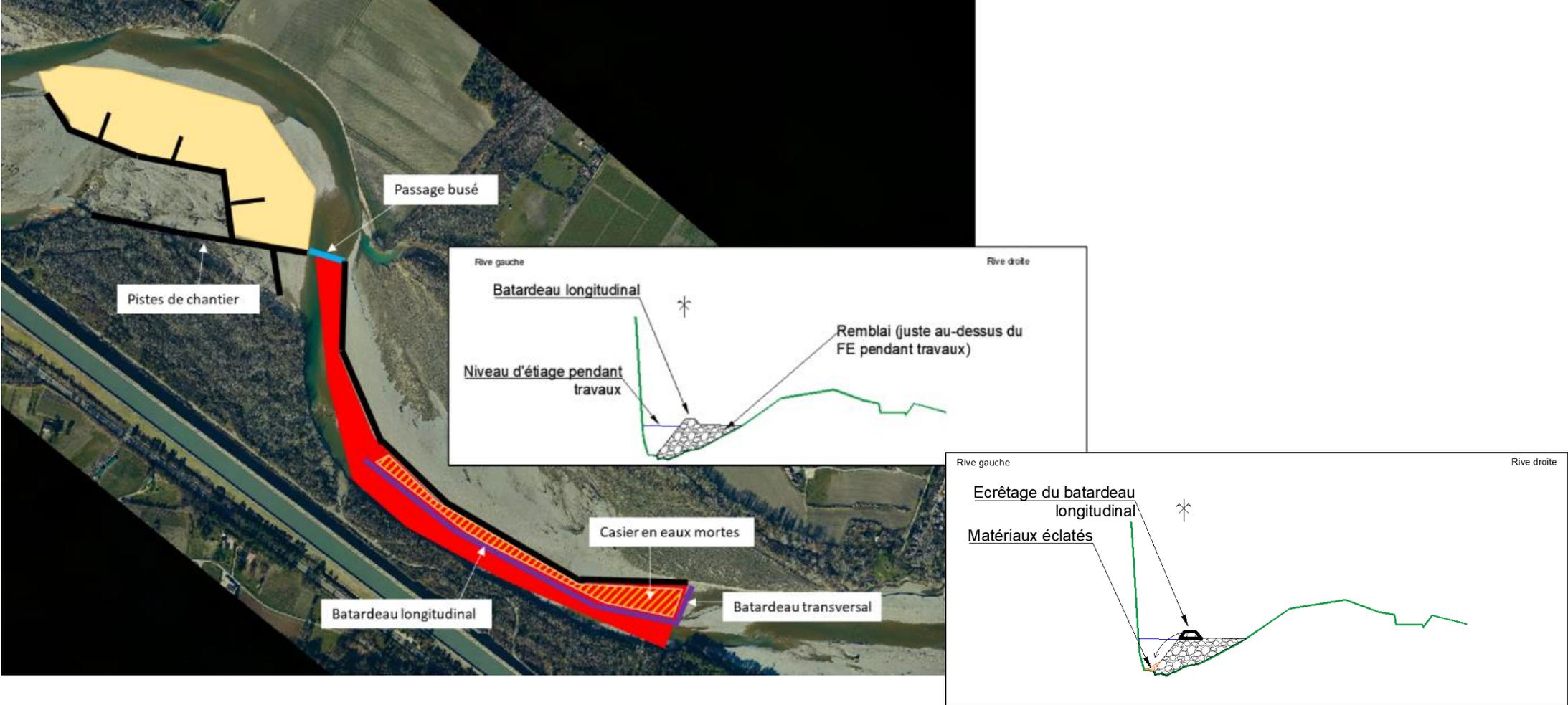


Les garanties de restauration sans détruire



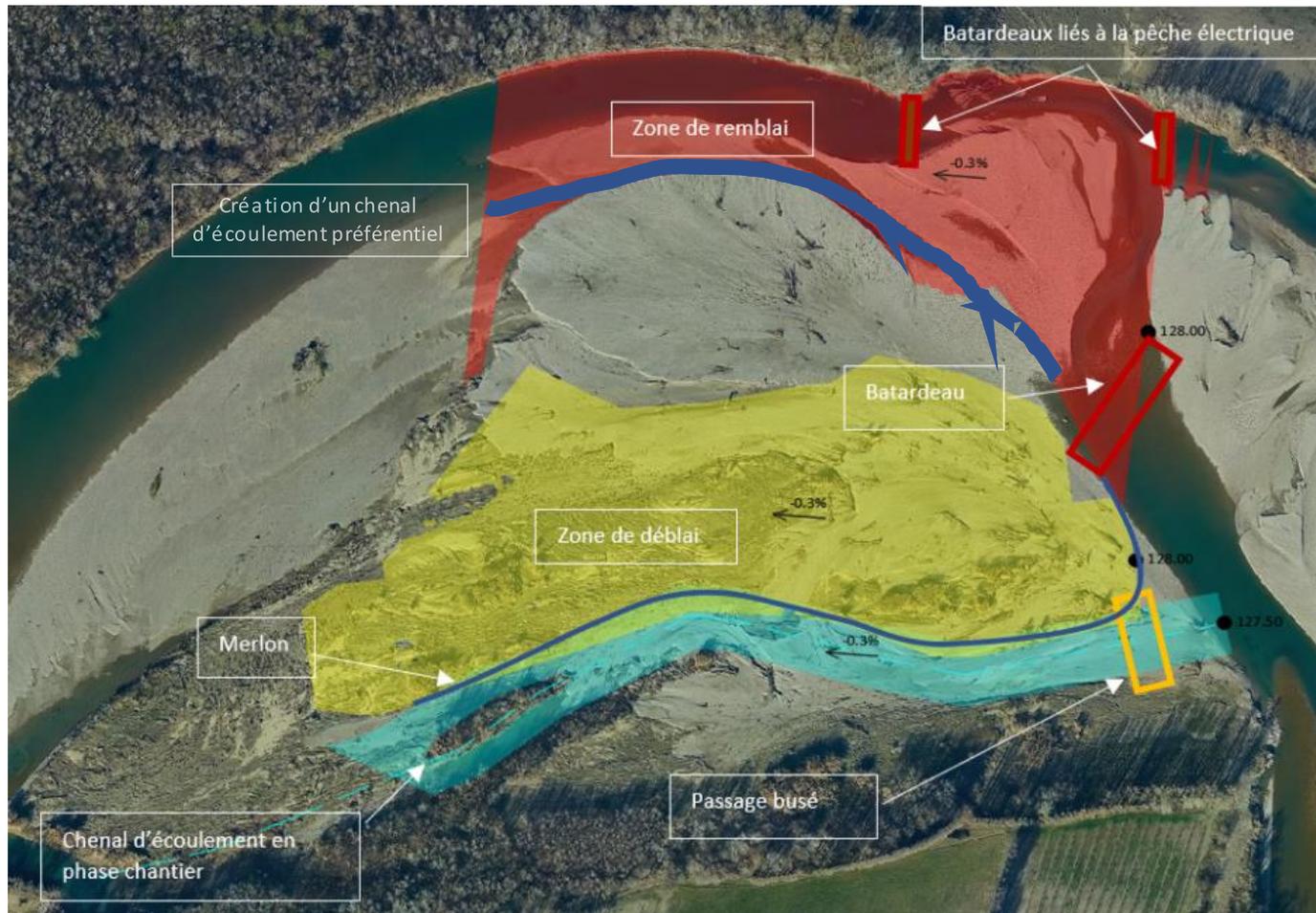
Les modalités de réalisation des travaux

Sur le site de Puyvert



Les modalités de réalisation des travaux

Sur le site de Charleval



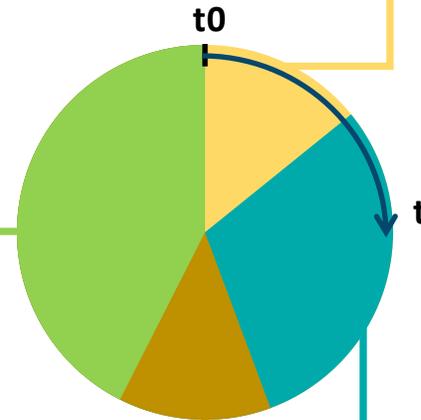
Les effets attendus et impacts prévisibles

A moyen terme :

- Redynamisation du lit → retour de fonctionnalités tendant vers celle d'une rivière en tresses + gain de biodiversité
- Modification des fonds pouvant induire une réhausse des niveaux à l'étiage et donc de la nappe alluviale → reconnexion des ripisylves
⇒ Protocole de suivis éco-morpho pour évaluer les effets

Pendant les travaux :

- Rupture de la navigabilité de loisirs et des activités nautiques au droit des travaux
- Nuisances pour les riverains très proches (bruit et poussières)
- Protection des enjeux écologiques et suivi environnemental de chantier



Lors des premières crues morphogènes :

- Mise en mouvement des matériaux rechargés
- Modification des conditions d'écoulement permettant de redynamiser les bancs à proximité
- Amélioration des conditions d'écoulement au droit des zones à enjeux

Après les travaux à l'étiage :

- Tracé du lit vif non modifié
- Léger élargissement du bras en eau au droit des rechargements
- Pas d'impact pour les usagers de la Durance (accès et pratiques)

Les protocoles de suivis

Suivis écologiques

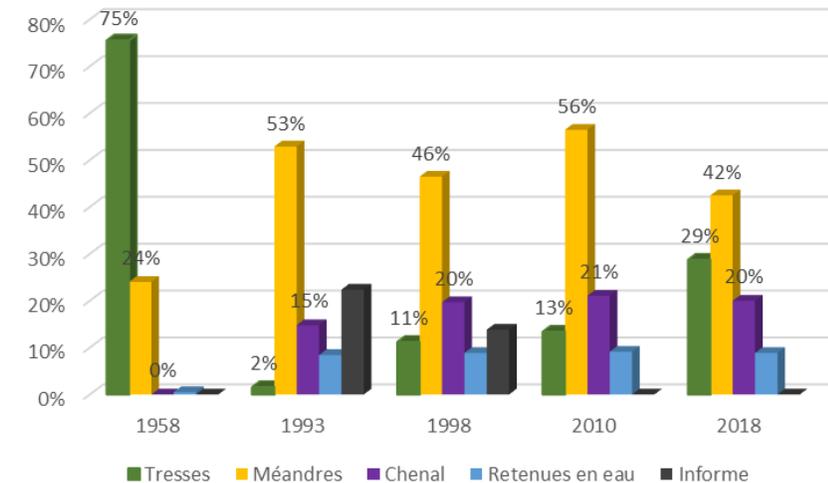
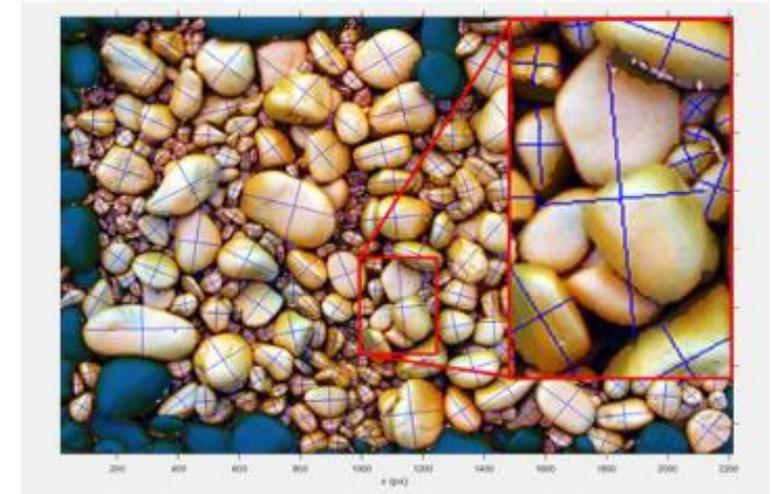
- Sur un tronçon de 20 km (pont de Cadenet à aux gravières de Mallemort)
- Suivre des indicateurs de milieux alluviaux dynamiques : insectes et *Typha minima*
- Suivre un indicateur des milieux aquatiques : Apron du Rhône
- Etat initial avant travaux puis premier suivi horizon 3 à 5 ans (en fonction des crues)



Les protocoles de suivis

Suivis morphologiques

- Sur un tronçon de 20 km (pont de Cadenet à aux gravières de Mallemort)
- Identifier les modifications de géométrie du lit et d'évolution des fonds
- Suivre l'évolution en plan de la rivière (bras, trait de berge, ripisylves, ...)
- Etat initial avant travaux puis premier suivi horizon 3 à 5 ans (en fonction des crues)



Le calendrier visé de réalisation

Un placement de chantier visant à minimiser les impacts et les risques

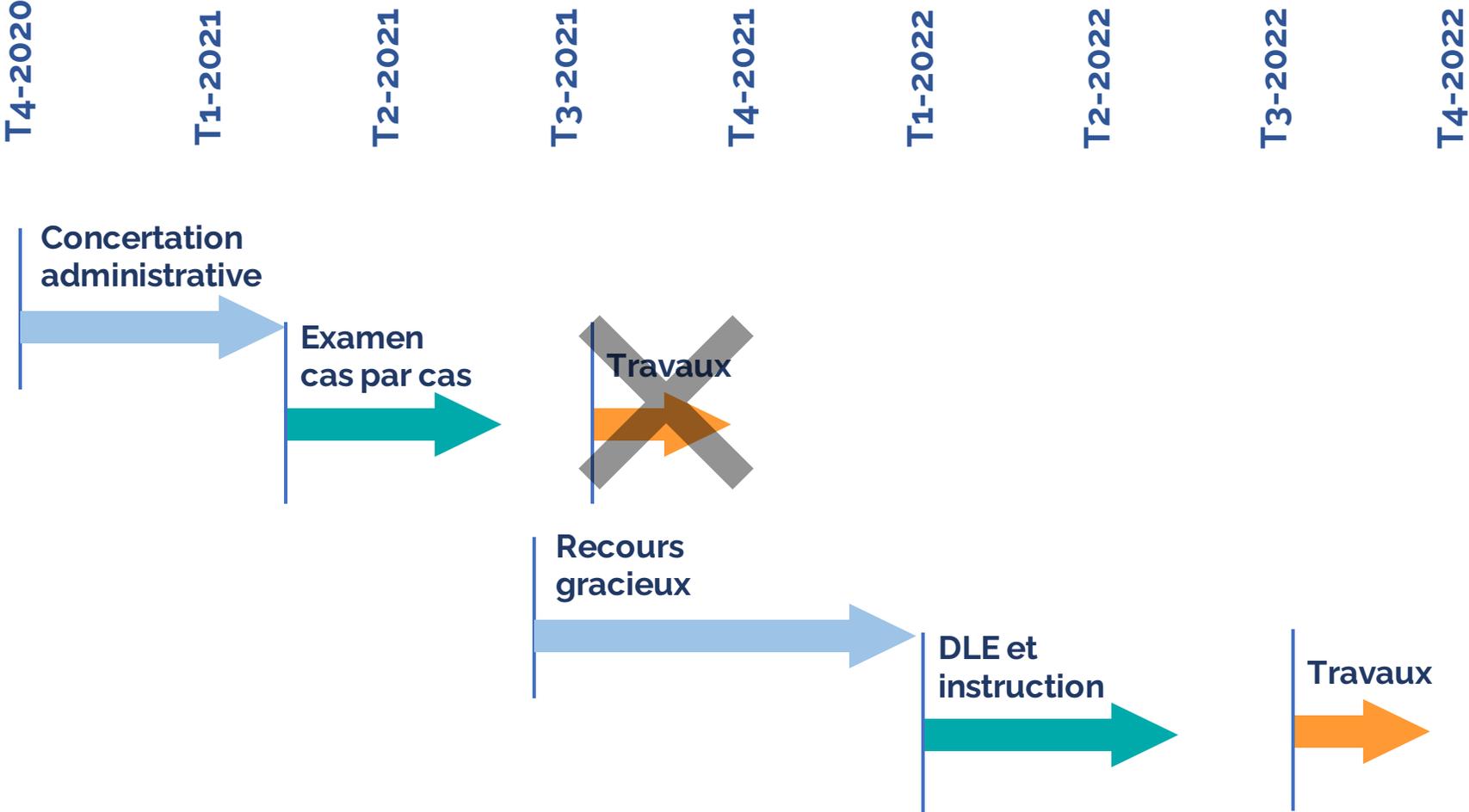
- Hors période de crue pour la sécurité du chantier
- Hors période sensible pour la biodiversité
- A l'étiage pour réduire les délais d'intervention



Etiage estival : août – septembre



Les péripéties dans la planification des travaux



Questions et discussions



**et pour les présents visite
du site de Charleval**