

Restauration écologique des marges alluviales du Rhône sur le site de Champfort

Note technique



SOMMAIRE

1	Introduction.....	3
1.1	Contexte	3
1.2	Localisation de la zone d'étude	4
1.3	Typologie des aménagements Girardon	5
2	Synthèse des données d'entrée	6
2.1	Etude diachronique et analyse des sondages.....	6
2.2	Synthèse des réseaux	20
2.3	Synthèse des usages sur le site.....	21
3	Diagnostic	22
3.1	Visite du site	22
3.2	Analyse des données hydrauliques.....	24
4	Scénarii d'aménagements	29
4.1	Postulats	29
4.2	Scénarii 1 et 2.....	29
4.3	Scénario développé au stade d'avant-projet puis désormais au stade PRO	31
5	Description des travaux au stade PRO	32
5.1	Travaux préliminaires	32
5.2	Gestion des espèces néophytes à tendance invasive	34
5.3	Travaux de terrassement.....	34
5.4	Travaux de diversification des habitats	35
5.5	Travaux de remise en état.....	36
5.6	Planification des travaux.....	36
5.7	Bilan des matériaux	38

1 Introduction

1.1 Contexte

Les processus d'alluvionnement sur les marges alluviales du Rhône et la suppression de la mobilité latérale due aux aménagements Girardon ont conduit à une banalisation des habitats naturels à l'échelle du fleuve : les casiers Girardon et les annexes fluviales se sont en grande partie comblés. Les habitats qui s'y trouvent ne reflètent plus la mosaïque diversifiée des habitats alluviaux initiée par le rajeunissement dû aux crues. Les bancs de graviers peu végétalisés (autrefois renouvelés par le passage des crues), favorables à l'implantation des habitats pionniers (herbacés, saulaies arbustives) se réduisent d'année en année. Dans le même temps, l'emprise de la forêt alluviale a augmenté considérablement. Du fait de l'absence de dynamique érosive en arrière des ouvrages, ces boisements évoluent de manière unilatérale vers des habitats de bois durs. L'aggradation des marges alluviales au sein des casiers contribue à déconnecter ces habitats par déconnexion à la nappe phréatique. Cette sédimentation a également entraîné la quasi-disparition des milieux aquatiques permanents au sein des marges.

Dans le cadre de l'atteinte du bon état et bon potentiel des masses d'eau, l'Agence de l'eau, la DREAL et la CNR ont décidé d'engager des études pour la réactivation de la dynamique fluviale sur les marges du Rhône.

Ces travaux doivent permettre de répondre à l'atteinte de bon état ou bon potentiel des masses d'eau prévu par le SDAGE Rhône Méditerranée Corse 2022-2027 et la Directive Cadre sur l'Eau. Le SDAGE a identifié l'altération morphologique comme un facteur contraignant sur les masses d'eau correspondant au Rhône. Les travaux de réactivation de la dynamique fluviale visent à répondre à cette problématique et s'inscrivent dans le cadre de sa sixième orientation fondamentale, et de deux mesures qui en découlent : « MIA203 – Réaliser une opération de grande ampleur de restauration de l'ensemble des fonctionnalités d'un cours d'eau », et « MIA204 – Restaurer l'équilibre sédimentaire et le profil en long d'un cours d'eau ».

Préalablement, dans le cadre de l'Observatoire des Sédiments du Rhône, un Schéma Directeur de réactivation de la dynamique fluviale des marges du Rhône (désigné « Schéma Directeur » dans la suite du rapport) a été établi entre 2009 et 2013 (GAYDOU, 2013). Par une approche géographique, ce document retrace l'historique de la sédimentation sur les marges des tronçons court-circuités du fleuve, dresse un premier inventaire des enjeux et contraintes, et identifie par un modèle d'analyse de données SIG, des secteurs pour lesquels la faisabilité d'actions de réactivation de la dynamique fluviale paraît maximale.

Vingt-six secteurs essentiellement issus du Schéma Directeur de l'OSR et compris dans les masses d'eau de priorité I ont été sélectionnés, au terme des échanges menés entre la CNR, la DREAL et l'Agence de l'Eau. Onze d'entre eux ont fait l'objet d'une première phase d'étude d'opportunité rendue en avril 2016. Une seconde phase d'étude d'opportunité portant sur 14 secteurs a été réalisée par la suite en 2018.

Dans cette seconde phase d'étude, il a été décidé :

- D'engager les études de conception sur 7 secteurs pilotes,
- D'écarter 4 secteurs pour lesquels certaines contraintes ont été jugées trop fortes et les potentialités trop faibles,
- D'écarter 3 secteurs dont les gains d'une action de restauration sont trop incertains.

Le projet entrepris sur les marges alluviales de Champfort vise à répondre à l'objectif d'atteinte du bon potentiel écologique de la masse d'eau FRDR2007B « Beauchastel ».

Le projet vise notamment à limiter la banalisation des marges alluviales du fleuve par la suppression ciblée de l'une des principales contraintes responsables de l'affaiblissement de la dynamique fluviale que constituent les digues Girardon.

Ce principe de restauration repose principalement sur l'action spontanée des crues du fleuve pour retrouver une diversité morphologique (faciès d'érosion, plages de dépôt, recréusement de mares, etc.) et biologique (expression de la mosaïque des habitats alluviaux, des stades pionniers aux stades matures).

Toutefois, dans des secteurs où les enjeux humains ne permettent pas une suppression totale des anciens ouvrages, ou sur des milieux moins exposés à la dynamique fluviale, des actions de restauration active pourraient être également menées (création ou rajeunissement de milieux aquatiques ou amphibie, diversification des morphologies de berges, etc.).

De façon générale, les ambitions du projet sont :

- Diversifier les milieux naturels, permettre le maintien des espèces patrimoniales, le renforcement de la biodiversité, le rétablissement durable de milieux fonctionnels.
- Restaurer le fonctionnement hydraulique et écologique des milieux.
- Restaurer et favoriser les échanges entre le fleuve et ses annexes.
- Augmenter les perturbations en crue dans les milieux annexes (auto-entretien).
- Diversifier les écoulements.
- Favoriser la biodiversité, notamment par le rajeunissement de zones humides.
- Assurer un fonctionnement le plus naturel possible, notamment retrouver un fonctionnement hydraulique plus proche de l'état du début du XX^{ème} siècle.
- Améliorer la remobilisation des matériaux par l'énergie du Rhône en crue.
- Limiter le plus possible la perturbation ou la destruction des milieux existants.
- Rétablir les conditions d'habitats favorables à certaines espèces en situation précaire.
- Favoriser les écoulements des crues par augmentation de la section.

1.2 Localisation de la zone d'étude

La zone d'étude se situe sur le Vieux-Rhône de **Beauchastel** et se compose d'un site unique localisé en rive gauche du Vieux-Rhône entre les PK120.1 et 120.8, sur la commune d'Etoile-sur-Rhône (26), soit sur un linéaire de quelques 700 mètres. La figure ci-après localise le secteur d'étude à l'échelle du Vieux-Rhône. Une digue longitudinale borde l'essentiel du site, complétée de quatre digues transversales ou tenons qui forment quatre casiers Girardon.

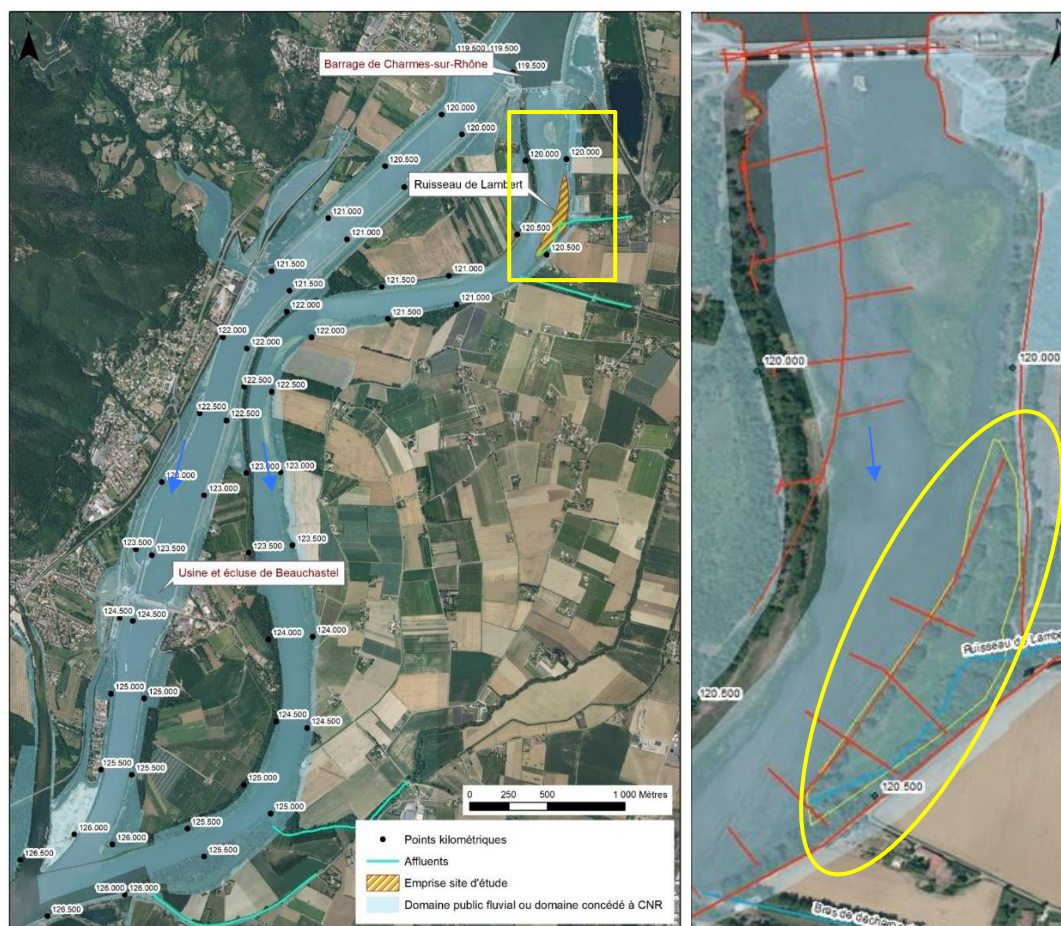


Figure 1 : Carte de situation de la zone d'étude à l'échelle du Vieux-Rhône et illustrations des anciens ouvrages Girardon sur le site à droite (source CNR).

1.3 Typologie des aménagements Girardon

Pour mémoire, les aménagements Girardon, qui structurent les marges alluviales, comprennent cinq types d'ouvrages, et sont ainsi distingués :

- ✓ Les digues longitudinales basses (concavité ou entrée et sortie de bras secondaires).
- ✓ Les traverses (ou tenons) de rattachement de ces digues à la berge (l'ensemble tenon/traverse + digue longitudinale formant ce qu'on appelle aujourd'hui les « casiers Girardon »).
- ✓ Les traverses destinées à barrer les bras secondaires.
- ✓ Les épis plongeurs (convexités).
- ✓ Les épis noyés et seuils de fond (concavités et points d'inflexions des courbures).

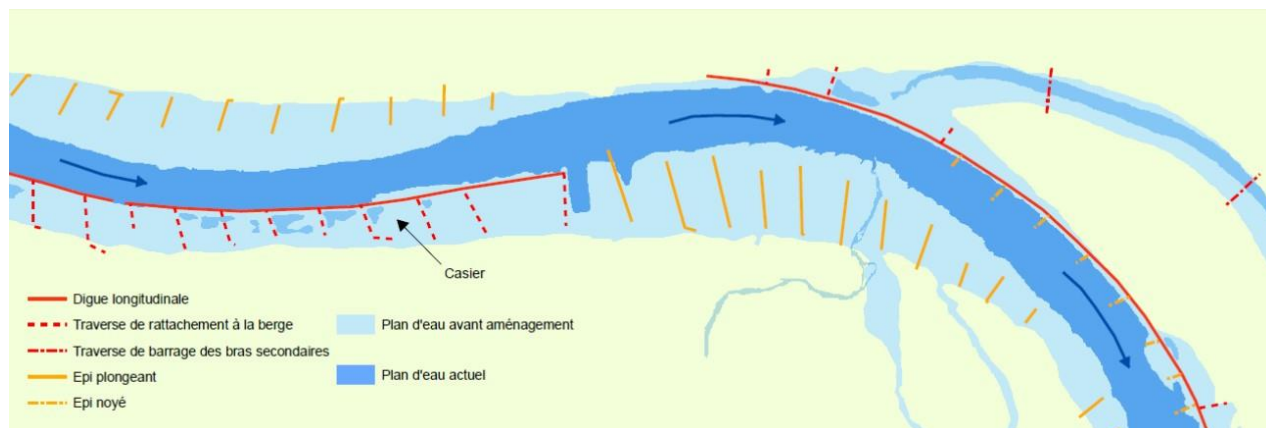


Figure 2 : Schéma de principe des aménagements Girardon (figure CNR)

2 Synthèse des données d'entrée

2.1 Etude diachronique et analyse des sondages

Initialement le Rhône présentait sur le tronçon un lit méandriforme élargi avec la présence de plusieurs îles et chenaux d'écoulements.



Figure 3 : Localisation du site sur illustrations du Rhône peu anthropisé sur la carte de Cassini (1740) à gauche et sur la carte d'Etat Major à droite (1866), source Géoportail.fr

Vers la fin du XIX^{ème} siècle, des aménagements sous la forme d'épis et casiers en enrochements ont été réalisés sur les marges du fleuve afin de favoriser la navigation (casiers Girardon), ceci avant une deuxième grande phase d'aménagements du Rhône, mi-XX^{ème} siècle, alliant à la fois des objectifs de navigation et de production d'énergie électrique, qui vit la réalisation sur bon nombres de tronçons, d'un canal principal recevant l'essentiel du débit en parallèle à l'ancien Rhône (Vieux Rhône) ; réceptacle d'un débit réservé et des « sur-débits » des grandes crues, entrecoupé de barrages et écluses. De ce fait, d'un point de vue des usages initiaux liés à la navigation, les casiers Girardon, présents sur le Vieux Rhône, n'ont plus de raison d'être aujourd'hui.

Les figures suivantes (figures 4 à 11) permettent d'analyser et comprendre l'historique du site et son évolution notamment à la suite des principaux événements/modifications subis sur le territoire.

La trajectoire du site est en effet guidée par trois événements majeurs qui sont :

- **Début XIX^{ème} : la construction des aménagements Girardon** (voir figure 4) qui fige une partie du lit mineur du Rhône. A cette époque, les marges alluviales sont encore soumises aux fluctuations naturelles des débits du Rhône. Les casiers Girardon sont fonctionnels car aisément submersibles et piègent progressivement une quantité importante de sédiments. A noter qu'un petit affluent (le ruisseau de Lambert) conflue au sein d'un des casiers qui stocke l'essentiel de sa charge solide. La configuration des casiers et modalités de connexion entre eux et avec le Rhône créent des conditions de sédimentation différenciées (voir figure 5).
- **Années 1960 : la construction du complexe hydraulique de Beauchastel** (voir figure 6), qui modifie définitivement les conditions hydrodynamiques et le fonctionnement morpho-écologique du site. La nouvelle hydrologie affectée à ce tronçon privé de la grande majorité du débit du Rhône provoque la déconnection du complexe Girardon qui est désormais plus rarement inondable. La végétalisation et l'atterrissement des casiers s'accroissent rapidement. Le site se boise entièrement en l'espace d'une dizaine d'années (voir figures 7, 8 et 9).
- **Début des années 2000 : la dé-végétalisation des casiers associée probablement à la destruction des tenons** dans la volonté des gestionnaires de remobiliser cet espace alluvial. La crue de 2001 (Q20/30) crée un chenal de crue à travers les casiers qui réinitialise un processus de sédimentation et de végétalisation avec la réinstallation de milieux pionniers mais également l'installation d'espèces exotiques envahissantes comme la renouée asiatique (voir figure 10). En l'absence d'activité morpho-dynamique marquée, le site s'atterrit à nouveau rapidement et reprend une trajectoire d'évolution qui profite aux espèces exotiques (voir figure 11).

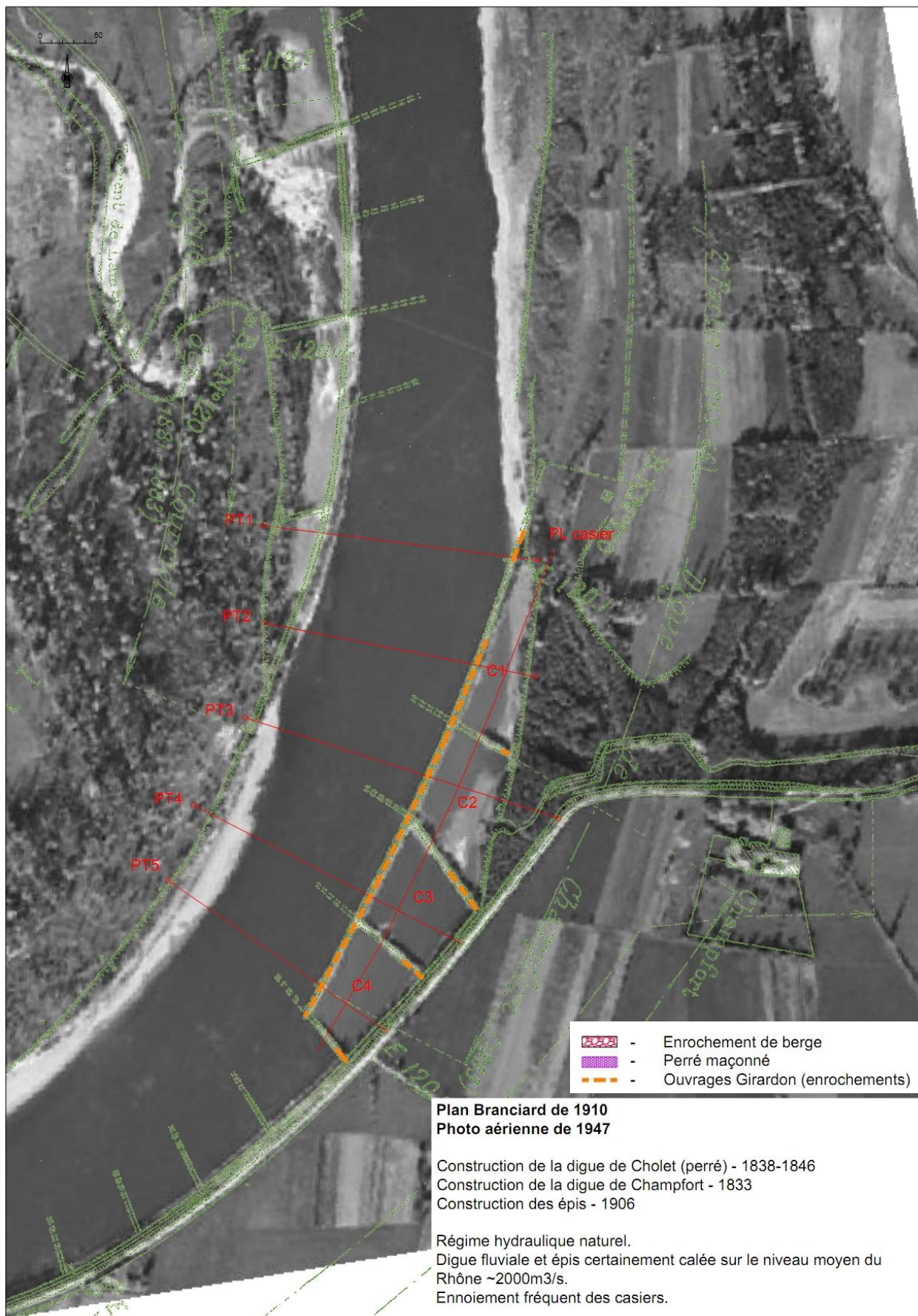


Figure 4 : Illustrations des aménagements réalisés fin XIX^{ème} siècle-début XX^{ème} siècle (aménagements Girardon) sur photo aérienne de 1947. Sur le site, ces aménagements délimitent globalement 4 casiers (source : données CNR sur base géoportail.fr)



Figure 5 : Photo aérienne de 1947 (source géoportail.fr)



Figure 6 : Photo aérienne de 1964, soit avec les travaux d'aménagement du Rhône en cours de finalisation (mise en service du barrage de Charmes sur Rhône en 1965). (Source géoportail.fr)

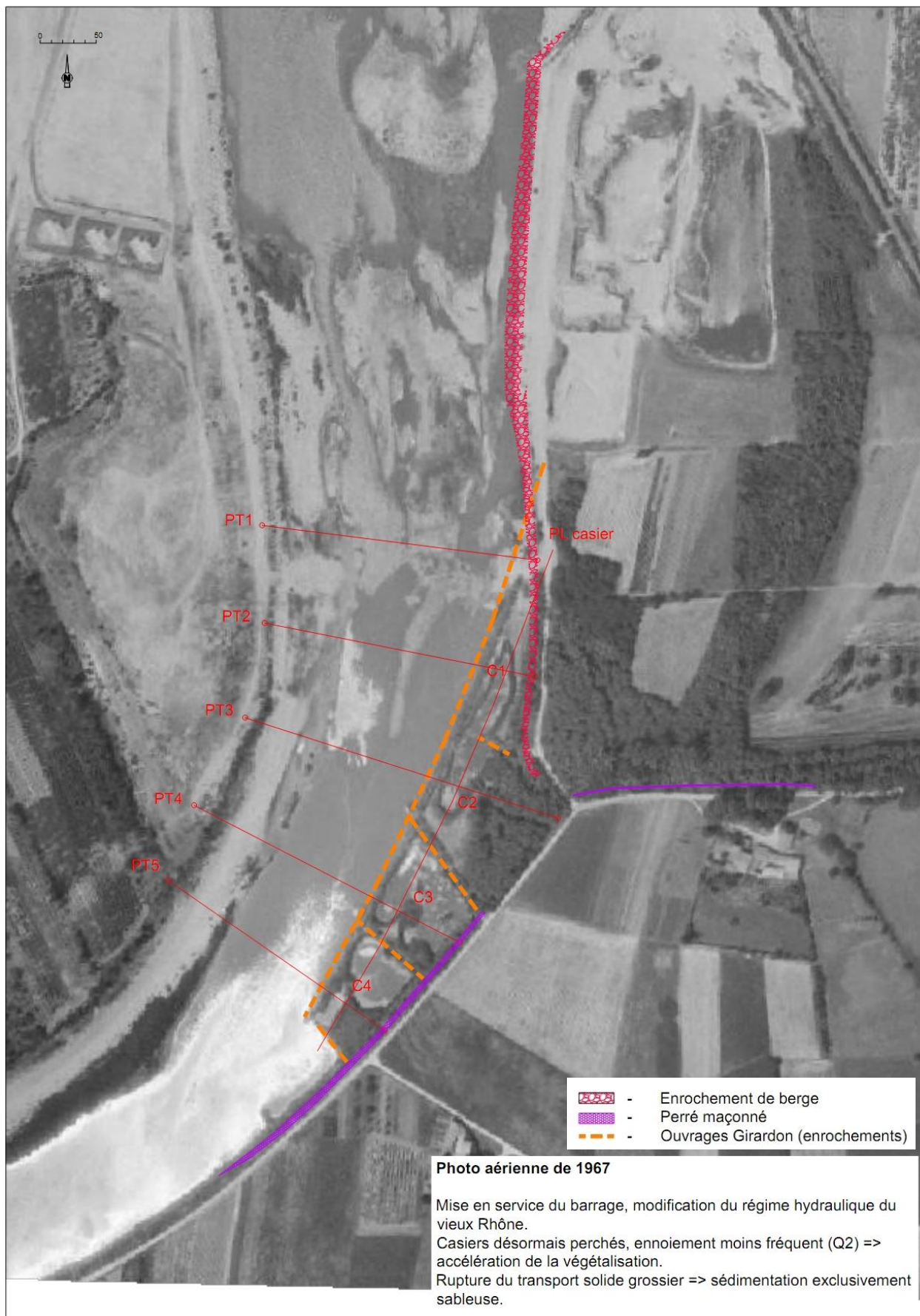


Figure 7 : Photo aérienne de 1967 (source géoportail.fr)

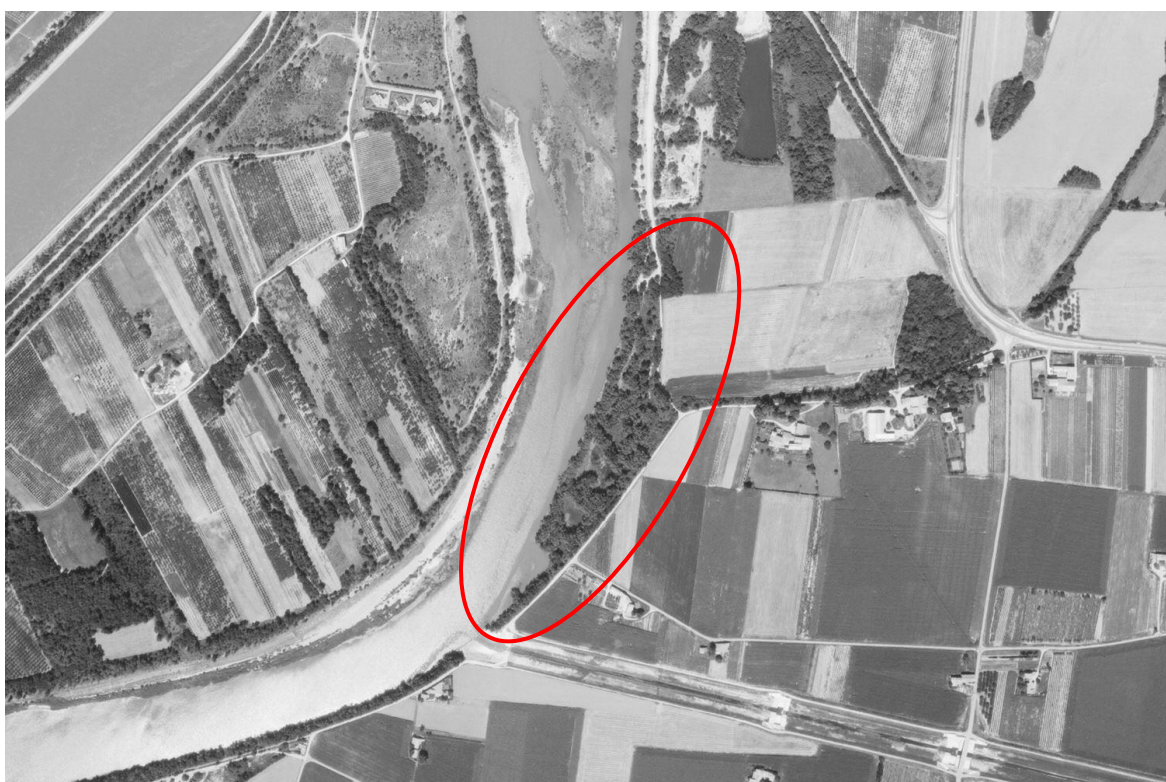
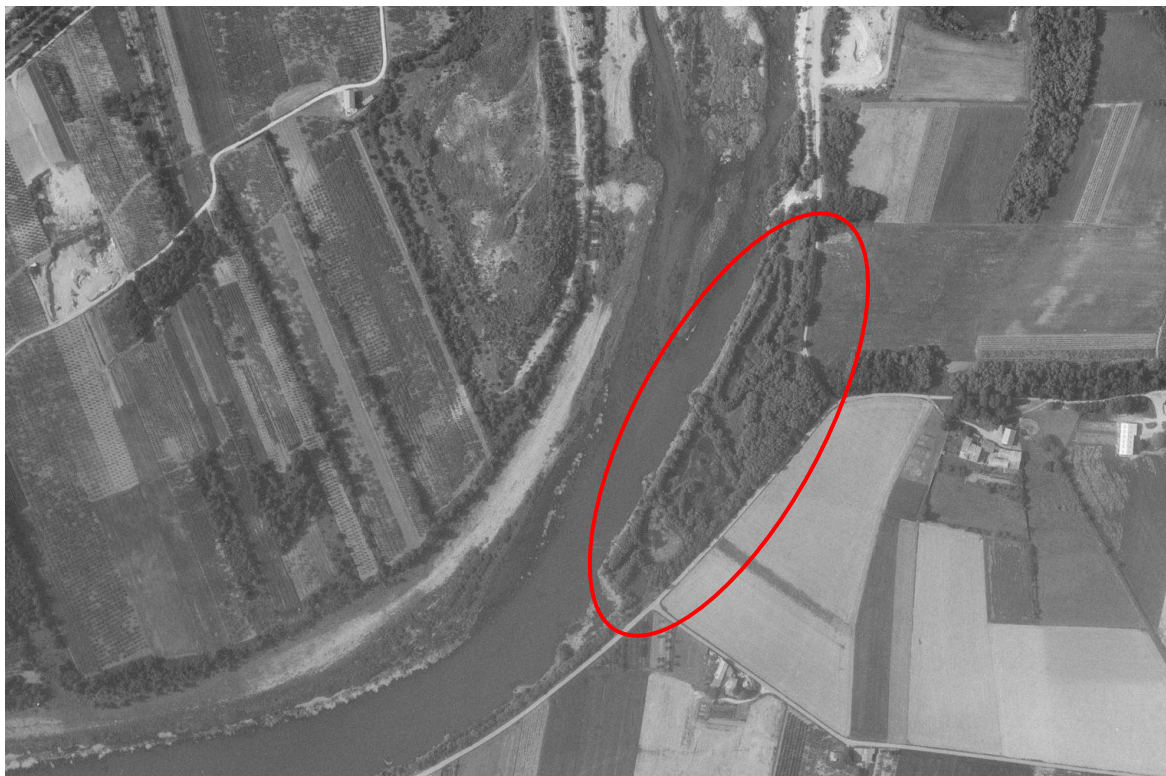


Figure 8 : Photo aérienne de 1972 en haut et 1978 en bas qui montrent les boisements progressifs assez rapides des différents casiers, en raison notamment de l'absence de crues régulières suite à la mise en service des aménagements CNR (source géoportail.fr)



Figure 9 : Photo aérienne de 1995 (source géoportail.fr)



Figure 10 : Photo aérienne de 2001 (source géoportail.fr)

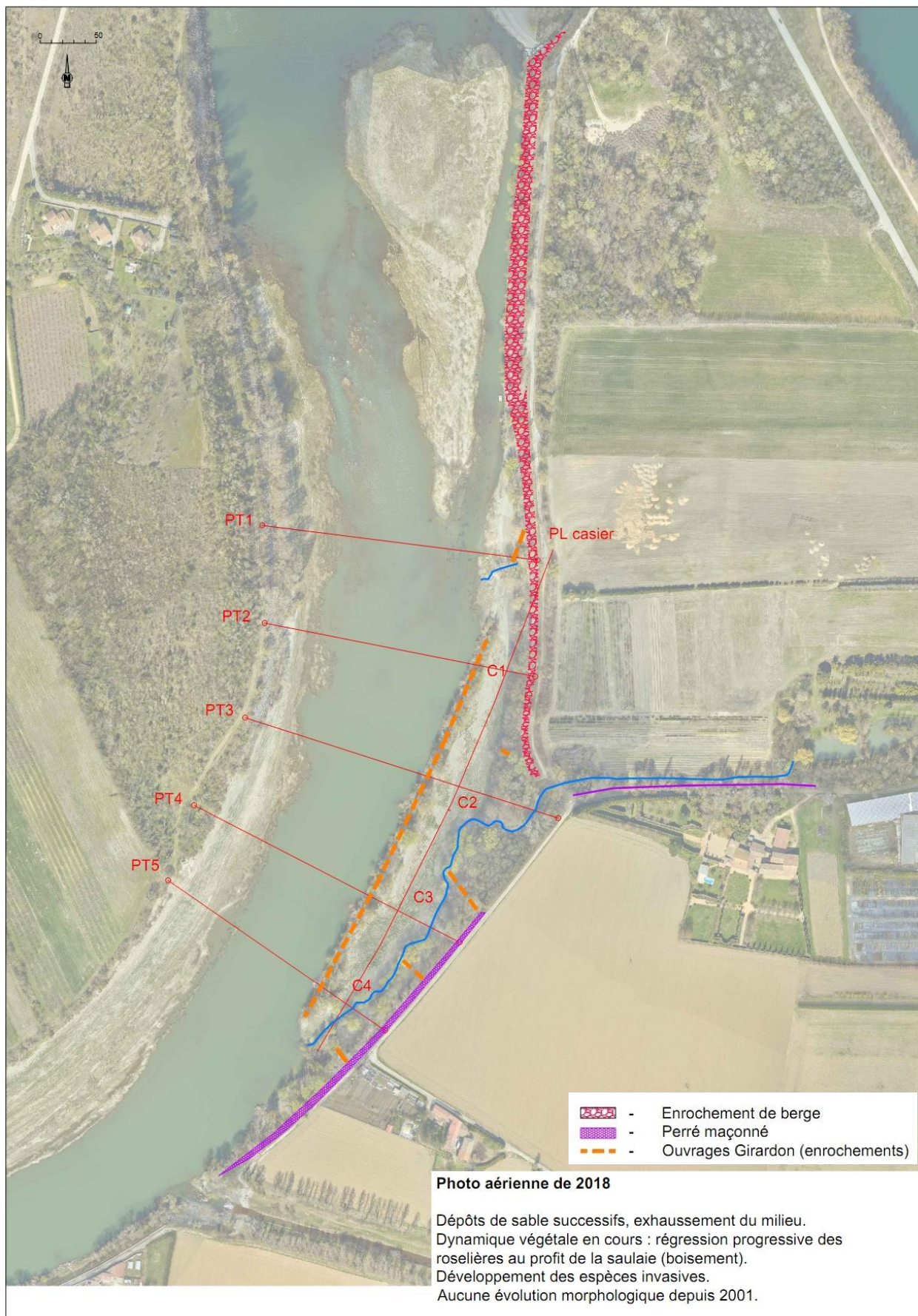


Figure 11 : Photo aérienne de 2018 (source géoportail.fr)

Cette analyse diachronique, couplée à l'étude des données de sondages réalisés sur le site à la demande de la CNR (voir figure 12) ont permis de déterminer la nature des matériaux de remplissage des casiers, d'estimer la cote du toit des graviers correspondant aux anciennes terrasses du Rhône et de caractériser la géométrie de la digue longitudinale en enrochements.

Les matériaux de remplissage des casiers sont principalement constitués de sables fins en surface devenant de plus en plus limoneux puis argileux en profondeur. La sédimentation des matériaux fins et argileux correspond certainement à la période antérieure à la construction du barrage pendant laquelle le niveau moyen du Rhône était plus haut et les casiers formaient des lagunes en eau. Les matériaux plus sableux de surface correspondraient quant à eux aux dépôts des dernières crues significatives survenues après la construction de l'aménagement CNR.

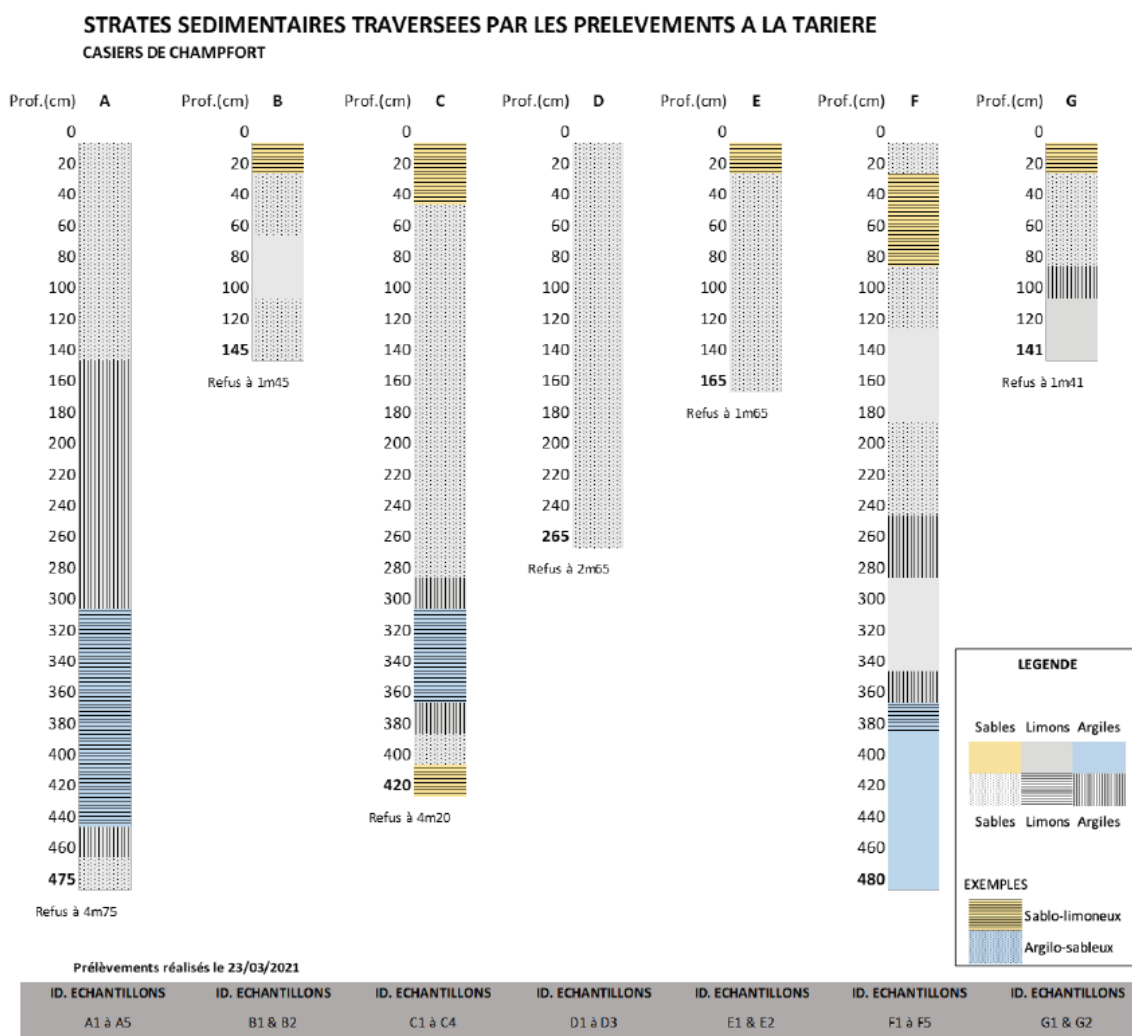


Figure 12 : Résultat des sondages à la tarière réalisés sur le site au niveau du troisième casier (extrait du rapport : prestations géomatiques, sondages et prélèvements de sédiments fins – GEOPEKA, 2019)

La digue longitudinale est constituée d'un massif en enrochements de forme arrondie au sommet. Elle présente une hauteur moyenne de 5 m et une largeur en base d'environ 11 à 12 m reposant sur le toit des graviers (figure 13). Les sondages réalisés à la pelle confirment que les tenons transversaux ont été détruits sur au moins une partie de leur longueur. Des vestiges d'enrochements ont en effet été retrouvés sur une épaisseur d'environ 50 cm sous une couche de près de 2 m de limon sableux.

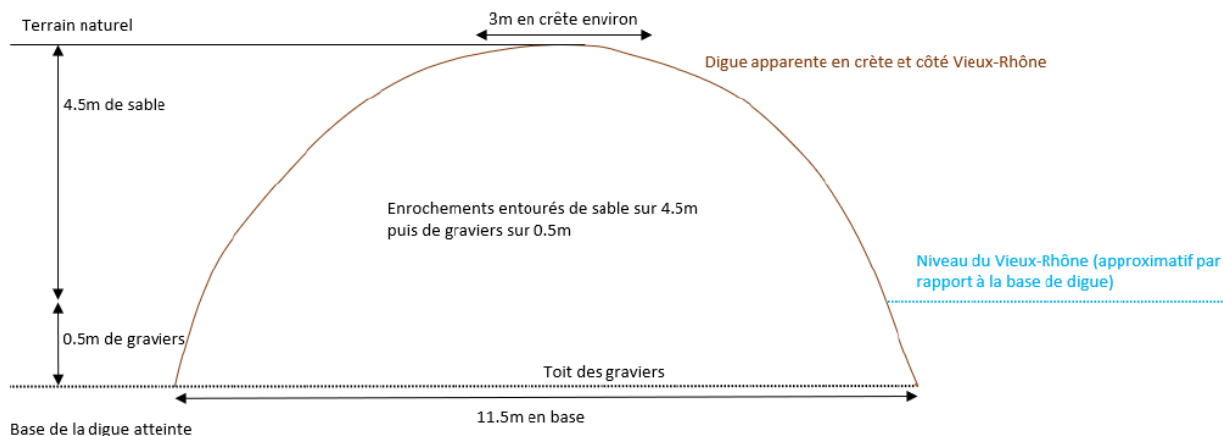


Figure 13 : Profil en section schématique de la digue longitudinale dressé d'après les sondages à la pelle effectués par la CNR le 16/09/21 (extrait du compte rendu des sondages à la pelle du 16.09.21 et 28.02.22 - CNR)

L'interprétation de l'ensemble des données (figure 14) issues des campagnes de sondage au pénétromètre manuel et à la tarière de 2019 (GEOPEKA), et des sondages à la pelle de 2021/2022 (CNR) a permis d'estimer la cote du toit des graviers (ancienne terrasse du Rhône).

A noter que les résultats des sondages à la tarière effectués par GEOPEKA en 2019 mettent en évidence une couche argileuse particulièrement compacte et dure à environ 3 m de profondeur au niveau du troisième casier (C3). Cette donnée pourrait nuancer le résultat de certains sondages réalisés au pénétromètre manuel dont le refus est considéré comme l'interception des graviers.

L'ensemble de ces informations sont reportées sur le profil en long de la zone d'étude et les profils en travers PT1 à PT5 (figures 15 à 17). Sur ces profils en travers, ont également été reportées les cotes des débits caractéristiques du Rhône issues de l'étude hydraulique CNR.

La limite des graviers figurant sur le profil en long des casiers et les profils en travers est basée prioritairement sur les résultats des sondages effectués à la pelle mécanique car considérés comme relativement fiables puis complétés par les résultats des sondages au pénétromètre bien que ceux-ci soient plus approximatifs. Les différentes épaisseurs de sédiments et la cote du toit des graviers ainsi représentées sont à considérer comme des ordres de grandeurs indicatives.

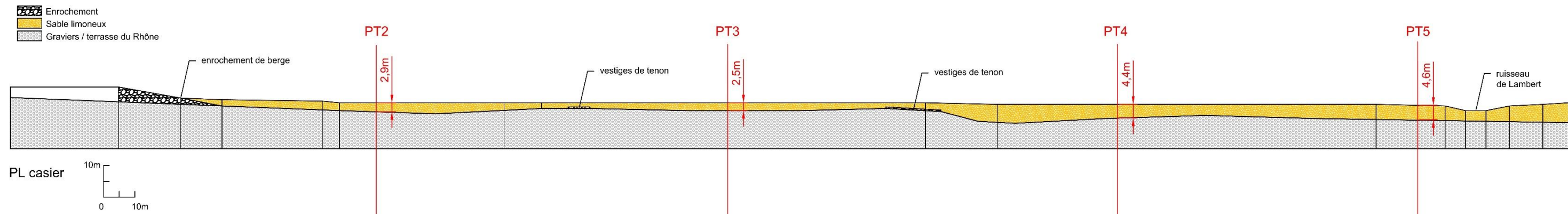


Figure 15 : Profil en long des casiers (figure Biotec)

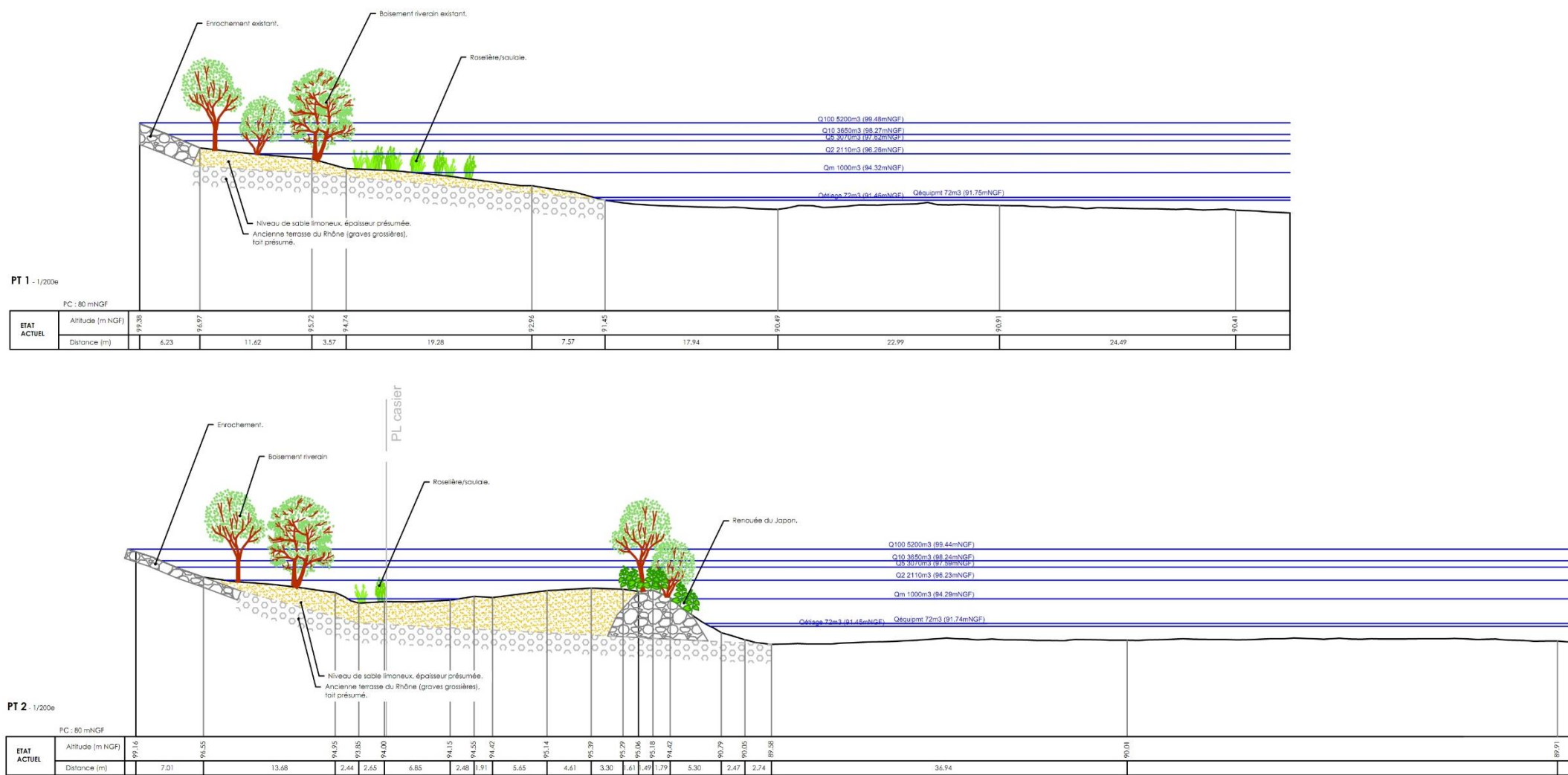


Figure 16 : Profil 1 et Profil 2 (figure Biotec)

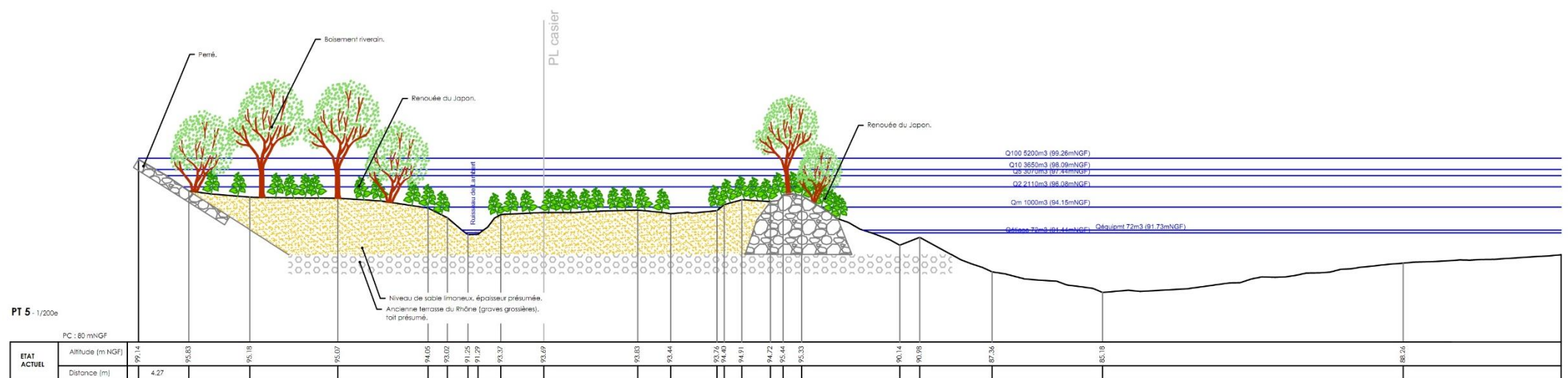
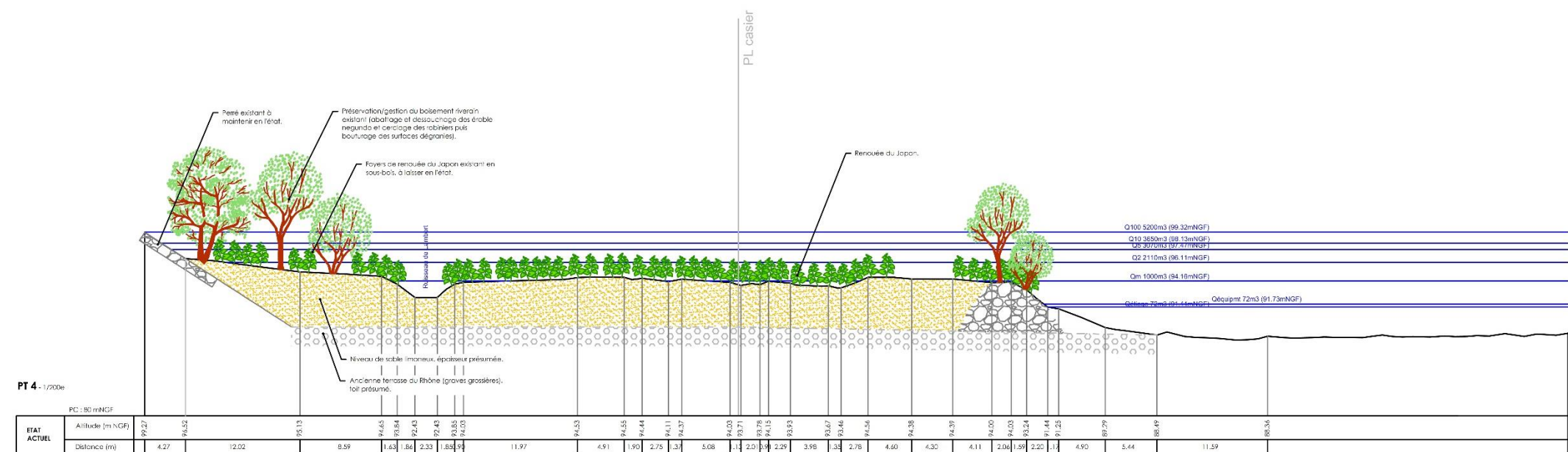
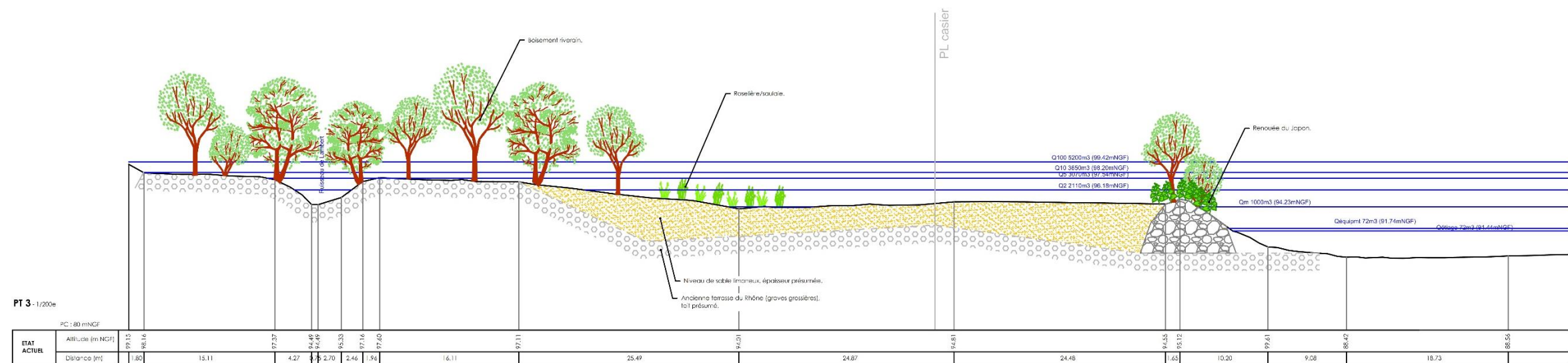


Figure 17 : Profil 3, Profil 4 et Profil 5 (figure Biotec)

2.2 Synthèse des réseaux

En ce qui concerne les réseaux, les DT ont été établies sur la plateforme informatique d'INERIS par la CNR. Pour mémoire, aucun réseau n'est directement concerné par d'éventuels travaux de terrassement au droit des anciens casiers Girardon, par contre plusieurs réseaux sont présents dans les environs :

- Un rejet exploité par la CNR en partie amont du site ;
- Une canalisation d'eau potable exploitée par Veolia, mais au-delà du chemin de halage
- Une canalisation d'eaux usées exploitée par la Saur, également au-delà du chemin de halage.

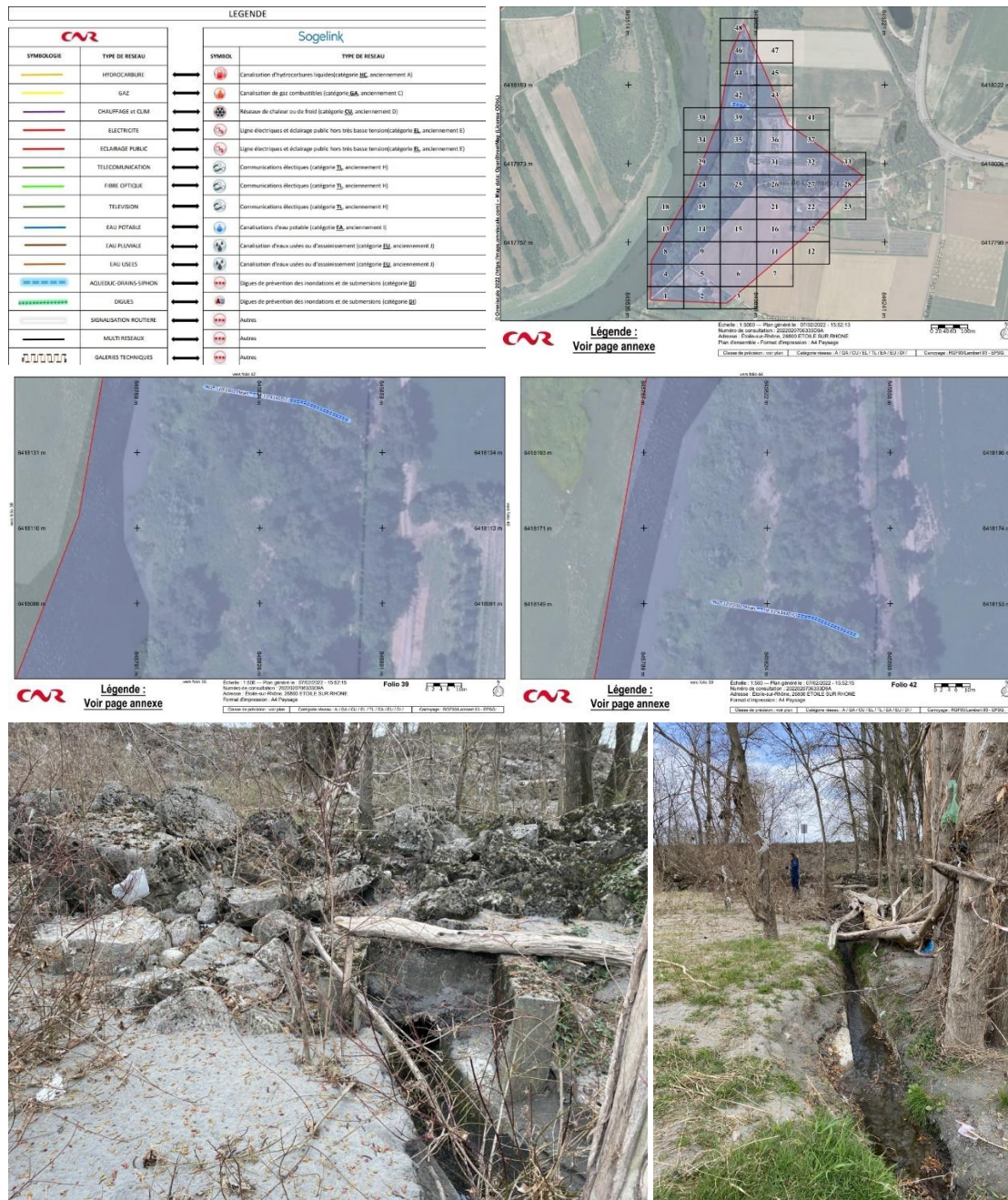


Figure 18 : Illustration du rejet exploité par la CNR en partie amont de notre secteur d'étude (source DT CNR et photos Biotec 8.03.2022)

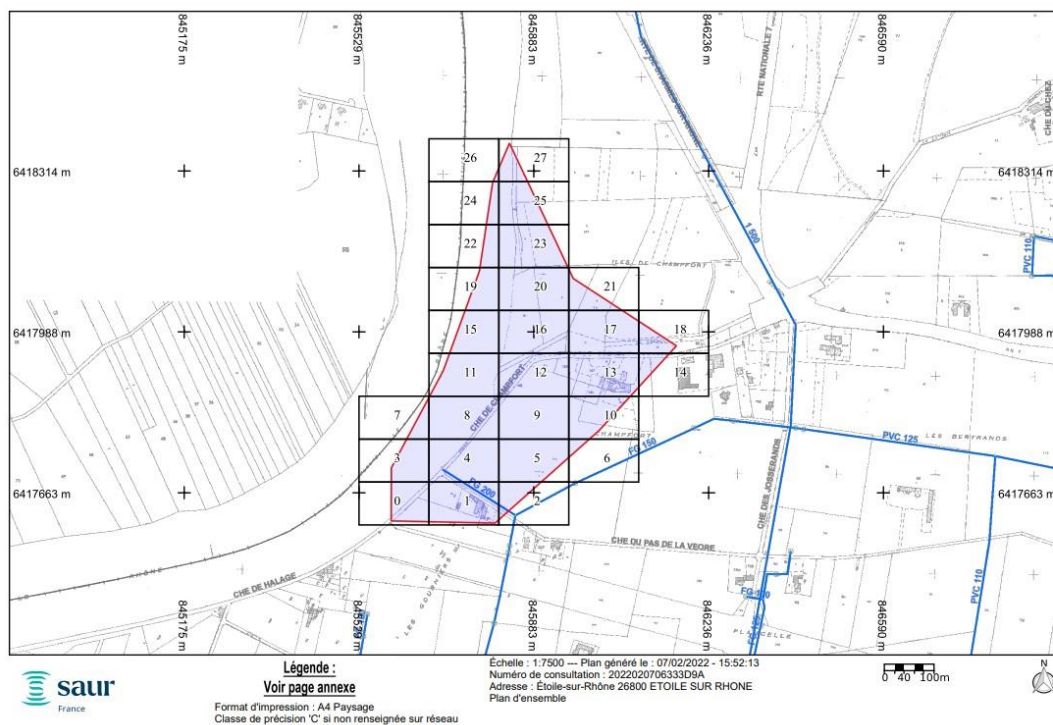


Figure 19 : Illustration des réseaux exploités par la SAUR hors périmètre des futurs terrassements (source DT CNR)

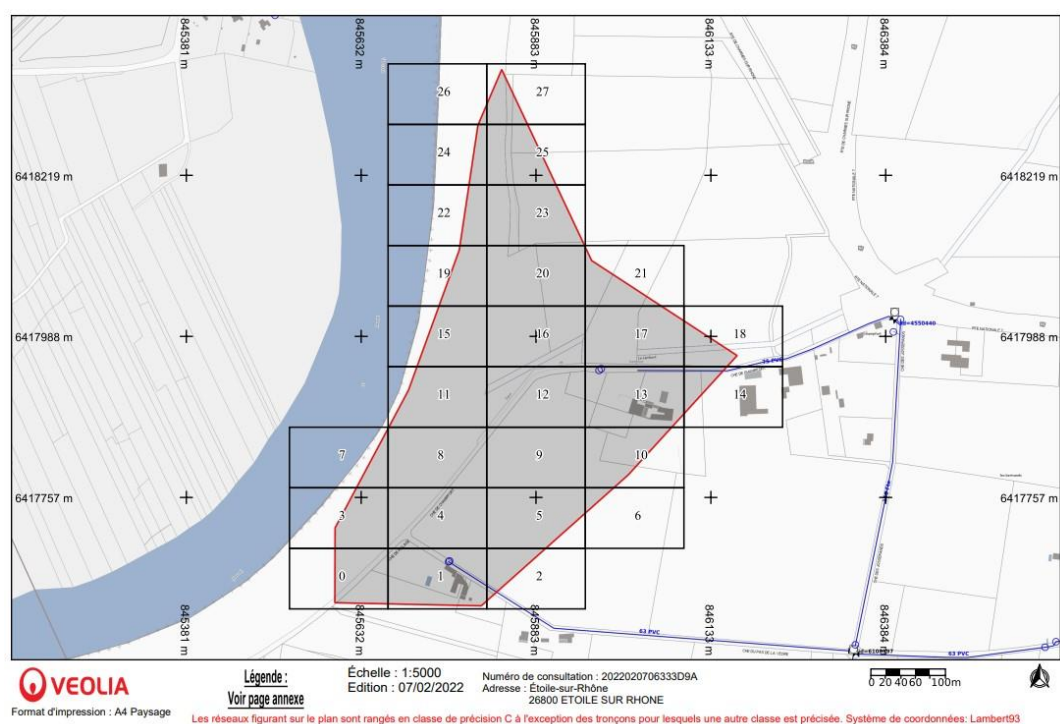


Figure 20 : Illustration des réseaux exploités par Véolia hors périmètre des futurs terrassements (source DT CNR)

2.3 Synthèse des usages sur le site

Une échelle limnimétrique se situe en amont immédiat du site en rive gauche du Rhône (PK 120.00). Aucun aménagement de loisir n'est présent sur le site d'étude. Cependant, le site est emprunté par divers usages : promenade, pêche, etc.

Le site d'étude est bordé par le chemin de halage sur sa frange Est. Pour mémoire, la piste cyclable ViaRhôna est située en rive droite du Rhône sur ce tronçon.

L'agriculture n'est pas présente sur le site.

3 Diagnostic

3.1 Visite du site

Pour mémoire ECOSPHERE a réalisé une étude écologique du site avec la cartographie des habitats (Etat initial environnemental, 2021). De plus, CNR a fait procéder à un inventaire des arbres présents sur la digue (UEF Expertise végétation, 2022). De ce fait, les différentes visites effectuées sur le site par Biotec n'avaient pas pour but de procéder à des relevés faune/flore mais de s'imprégner de l'environnement en place afin de pouvoir concevoir différents scénarii d'aménagements adaptés, compte tenu de la dynamique de végétalisation actuelle couplée à l'analyse des conditions hydrauliques du site (cotes hydrauliques en lien avec le développement spontané de la végétation, adaptée et caractéristique des boisements alluviaux du Rhône, versus indésirable et de nature néo-phytique).

Les éléments suivants sont notés :

- **Une présence très importante des espèces exotiques envahissantes** (colonisation progressive des marges alluviales par les renouées asiatiques essentiellement).



Figure 21 : Illustrations des renouées asiatiques très présentes sur le site (Biotec 25/03/21 en haut et 8/03/2022 en bas)

- **Le petit affluent (ruisseau de Lambert)**, canalisé en amont de la digue CNR puis sans protection de berges en aval, très incisé au sein des dépôts sableux piégés dans les casiers et aux berges très fortement colonisées par les renouées asiatiques.



Figure 22 : Différentes vues du ruisseau de Lambert au sein des casiers (Biotec 25/03/21 en haut et 8/03/2022 en bas)

- **L'atterrissement progressif des milieux** et la régression de la roselière existante au profit de la saulaie favorisant la fixation des sédiments.



Figure 23 : Différentes vues du développement progressif des ligneux, en particulier des saules au sein des roselières (Biotec 25/03/21 en haut et 8/03/2022 en bas)

- La présence marquée du castor sur le site.



Figure 24 : Activité évidente du castor sur le site (Biotec 8/03/2022)

- La présence d'îlots végétalisés uniquement d'espèces héliophytes en fonction de cotes basses par rapport aux niveaux d'eau caractéristiques, ce qui offre des « modèles d'aménagement ».



Figure 25 : Différentes vues d'îlots végétalisés d'héliophytes selon des cotes facilement submersibles et limitant le développement des essences invasives (Biotec 25/03/21 à gauche et 8/03/2022 à droite)

3.2 Analyse des données hydrauliques

Le fonctionnement du barrage de Charmes sur le Rhône appelle les remarques suivantes (selon données CNR) :

- Le débit réservé du barrage et donc des écoulements du Vieux Rhône est fixé à 72 m³/s ;
- Jusqu'à un débit de 2100 m³/s, hormis ce débit réservé, la totalité du débit passe par le canal du Rhône. De ce fait, le Vieux Rhône reçoit du débit supplémentaire au débit réservé uniquement si le débit du Rhône connaît un débit de plus de 2100 m³/s ;
- Pour mémoire, les débits caractéristiques sur le site (vieux Rhône) sont de 72 m³/s pour l'étiage (débit réservé), 1 000 m³/s pour le débit moyen, 2 110 m³/s pour la crue biennale, 3 070 m³/s pour la crue quinquennale, 3 650 m³/s pour la crue décennale et 5 200 m³/s pour la crue centennale ;
- L'analyse de l'hydrologie du site de 2014 à 2021 montre un débit moyen mensuel d'environ 165 m³/s sur les mois de mai, juin et juillet avec un débit moyen journalier supérieur au débit réservé sur environ 20 % du temps. Même si la fréquence de ces débits se révèle très aléatoire d'une année à l'autre, cette tendance hydrologique printanière conditionne l'implantation de la végétation riveraine.

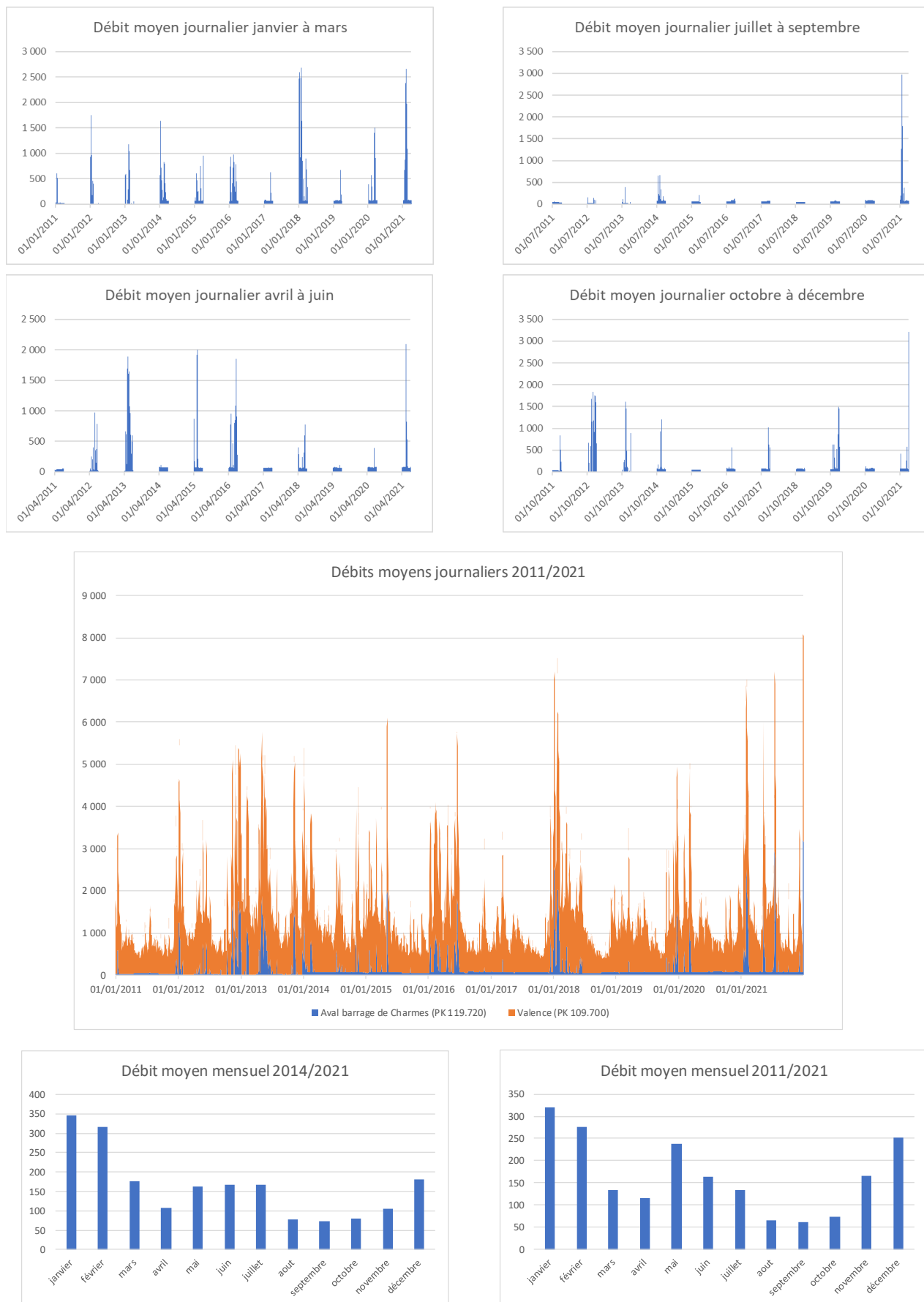


Figure 26 : Analyse des débits dans le Rhône à l'aval du barrage de Charmes (sur la base des données CNR)

Ces données déterminent directement le développement des végétaux sur les franges alluviales du Rhône, avec les observations suivantes établies sur le site ou sur la rive en face (rive droite du fleuve) dans des conditions hydrauliques identiques :

- Développement d'hélophytes, entre 0 et + 40 cm au-dessus du niveau d'étiage ;
- Développement des saules, entre + 40 cm et env. + 100 cm au-dessus du niveau d'étiage ;
- Absence de développement des renouées asiatiques entre 0 et env. + 100 cm au-dessus du niveau d'étiage.

Si les débits sont généralement faibles dans le Vieux Rhône, ils peuvent bien évidemment tel que susmentionné connaître des crues importantes.



Figure 27 : Présence d'embâcles/laisses de crue à quelque 6 mètres au-dessus du niveau d'étiage à l'aval du barrage (Biotech 8/03/2022)

En fonction des données hydrauliques il est possible d'apprécier des forces tractrices sur le site, en considérant par exemple les données au PK 120.0 (amont du site d'étude) et au PK 120.7 (aval du site d'étude).

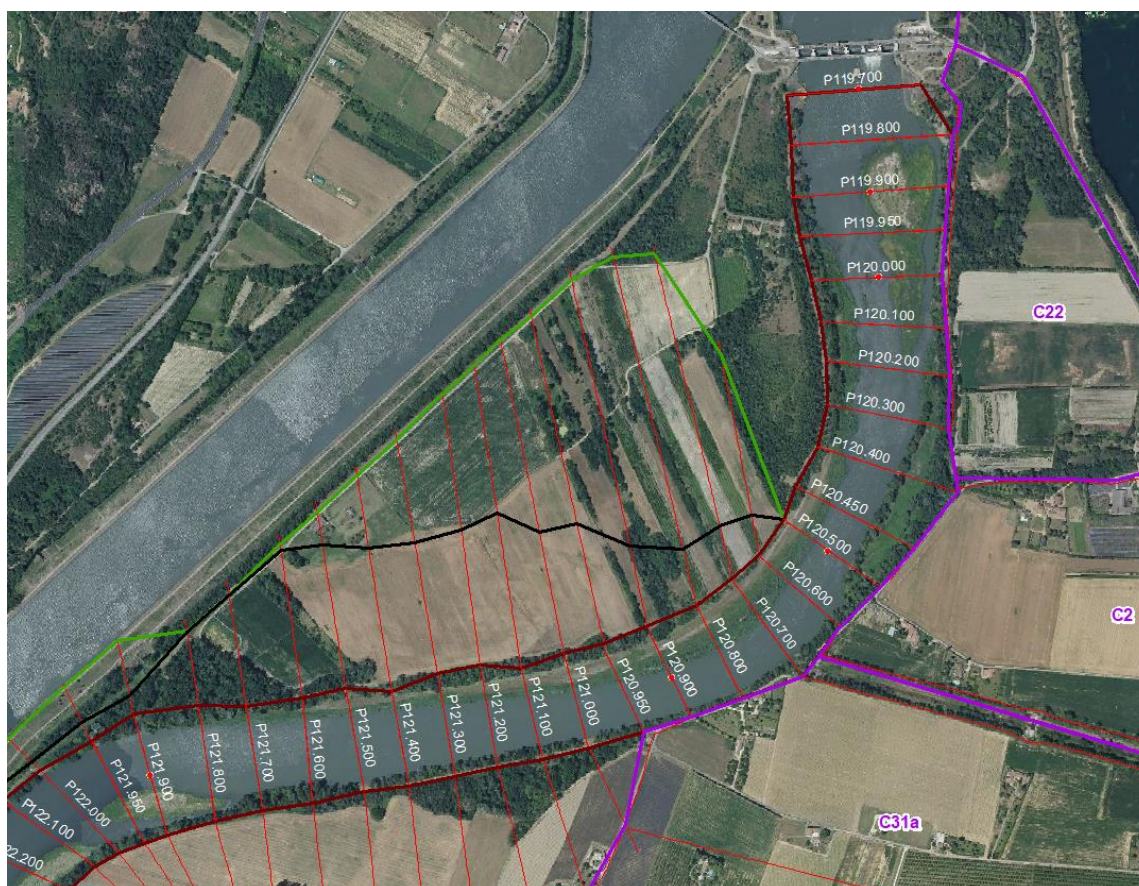


Figure 28 : Localisation des PK en aval du barrage de Charmes (source CNR)

Pour mémoire, la force tractrice exprime la force d'arrachement des eaux en crue et peut être évaluée, soit en fonction du rayon hydraulique [R] du cours d'eau, soit en fonction de la vitesse d'écoulement des eaux [V], soit en fonction de la hauteur d'eau sur étiage [H], en particulier sur des cours d'eau de largeur importante.

Elle s'exprime en kg/m².

La formule usuelle à partir de la hauteur d'eau sur étiage est la suivante :

$$\tau = \rho \cdot H \cdot I$$

avec

τ	=	force tractrice (kg/m ²)
ρ	=	poids unitaire de l'eau = 1'000 kg/m ³
H	=	hauteur d'eau sur étiage (m)
I	=	pente de la ligne d'eau

Selon les mêmes principes, il est aussi possible d'estimer le diamètre des matériaux mobilisables en utilisant la formule suivante :

$$D_{75} \text{ (cm)} = \frac{\tau}{0.8}$$

avec

D75 est le diamètre correspondant à 75% des matériaux de diamètre inférieur sur une courbe granulométrique

τ est la force tractrice estimée (Kg/m²)

Soit la pente de la ligne d'eau du Vieux Rhône entre les PK 120.0 et 120.7, égale à environ 0.57 ‰ (selon données lignes d'eau CNR), ce qui engendre les forces tractrices et D75 suivants sur le site.

Débit caractéristique	Débit (m ³ /s)	Hauteur d'eau sur étiage (m)	Force tractrice(kg/m ²)	D75 (cm)
Etiage	72	0.0	0.0	0.0
Q ₅	3070	5.9	3.4	4.6
Q ₁₀	3650	6.6	3.8	4.8
Q ₁₀₀	5200	7.8	4.5	5.6

Figure 29 : Illustration des forces tractrices en présence et diamètre des particules mobilisables sur le site du Vieux Rhône en aval du barrage de Charmes

Cette estimation de forces tractrices ne permet évidemment pas au concepteur de dimensionner le projet de végétalisation, mais constitue un moyen de contrôle simple afin de déterminer si oui ou non des techniques usuelles de végétalisation peuvent être appliquées en aménagement de berge d'un point de vue des seules forces d'arrachement. Pour mémoire, les valeurs de forces tractrices limites (ou critiques) connues et définies pour certains types d'ouvrages en techniques végétales après enracinement sont :

- ☐ herbacées (bien adaptées) : 5 kg/m²
- ☐ jeunes saules : 10 kg/m²
- ☐ fascines issues de branches de saules : 25 kg/m²
- ☐ couches de branches à rejets : 30 kg/m²

Si l'on compare les valeurs obtenues avec les valeurs de forces tractrices limites ci-dessus, il est possible de constater que d'un point de vue théorique et des seules forces tractrices, un aménagement de végétalisation de berge uniquement au moyen d'herbacées serait "théoriquement" suffisant, même pour une crue de temps de retour important. Cela signifie également à l'inverse que pour favoriser la biodiversité et proposer un site dynamique d'un point de vue des crues, il faut agir **activement (artificiellement)** dès la mise en place, avec la proposition de falaises verticales, de déflecteurs, etc. par exemple (voir plus loin).

Il faut également préciser que les contraintes érosives sur un site sont généralement multiples et que dans l'estimation des forces d'arrachement ci-dessus, il est tenu compte uniquement des contraintes de cisaillement des écoulements des eaux, alors que visiblement en crue, sur le site, il doit exister des contraintes relativement fortes dues au batillage, de remous hydrauliques autour de troncs et autres obstacles par exemple, en fonction du positionnement du site très proche du barrage, ce qui explique la présence de sols très lessivés sur le site voire de faciès de berge érodés.



Figure 30 : Sols en place lessivés par les crues et partie supérieure de berge érodée sur le site du Rhône à Champfort, marquant des contraintes hydrodynamiques pouvant être relativement importantes (batillage, obstacles aux écoulements, etc.) malgré des forces d'arrachement estimées assez faibles (Biotec 8/03/2022)

En ce qui concerne l'évaluation du diamètre des matériaux mobilisables, soit vraisemblablement 4-6 cm environ sur le Rhône à Champfort, il est notamment possible de penser à la création d'îlots sur le Rhône et de la granulométrie minimale à mettre en place pour que ceux-ci ne soient pas évacués dès les premières crues (voir plus loin).

4 Scénarii d'aménagements

4.1 Postulats

Quel que soit le scénario présenté, sur la base de ce qui précède, un certain nombre de postulats d'aménagements ont été annoncés :

- Le site de la rive gauche du Rhône à Champfort est situé en léger extrados de méandre, de sorte que si la totalité des anciens aménagements Girardon étaient démantelés et évacués, la berge du Rhône viendrait petit à petit au gré des crues se « coller » au perré/digue d'arrière-berge existant. Pour cette raison, il est préconisé de démonter totalement les enrochements de l'ancienne digue mais de préserver les anciennes structures des casiers désormais sous forme d'épis en tant que points fixes permettant de maintenir à long terme un tracé de berge méandriforme.
- Préserver les boisements existants en arrière-berge et sur digue CNR en tant que frange boisée du Rhône, mais proposition de gestion de la végétation ligneuse en supprimant les nombreux érables négundo et robiniers faux-acacias quitte à proposer des compléments de boisement le cas échéant au moyen de boutures de saules et ensemencements indigènes adaptés.
- Favoriser des surfaces importantes de terrassements à des cotes inférieures à 1 m au-dessus de la cote des niveaux d'étiages afin de limiter le développement des espèces néophytes à tendance invasive, en particulier les renouées asiatiques.
- Favoriser des cotes de terrassement très basses et inférieures à 0.4 m au-dessus de la cote des niveaux d'étiage afin de limiter le développement d'espèces ligneuses au détriment d'espèces pionnières plutôt de type héliophytes.
- Favoriser la création d'îlots afin de diversifier le site et créer des structures plus préservées pour la faune, en particulier à l'abri des chiens.
- Faucher préalablement les essences néophytes à tendance invasive présentes, mise en big-bags des résidus, terrassements des sédiments meubles de surface par criblage, avec récupération des rhizomes et évacuation.
- Dans une optique de développement durable et compte tenu de la non-pollution des substrats existants, réinjection des limons dans le Rhône, au droit et directement à l'aval du site en tant que recharge alluviale du fleuve.

A partir de ces postulats, plusieurs scénarii ont été étudiés.

4.2 Scénarii 1 et 2

Le premier scénario présenté partait du principe d'une suppression et évacuation totale des enrochements de la digue centrale, puis des terrassements relativement profonds de l'espace entre digue et anciens épis en tant que chenal d'écoulement. Les terrassements profonds l'étaient dans la couche de graviers du Rhône, pouvant ainsi également être en partie récupérés afin de permettre la constitution d'îlots graveleux éloignés du pied de la nouvelle berge reconstituée.

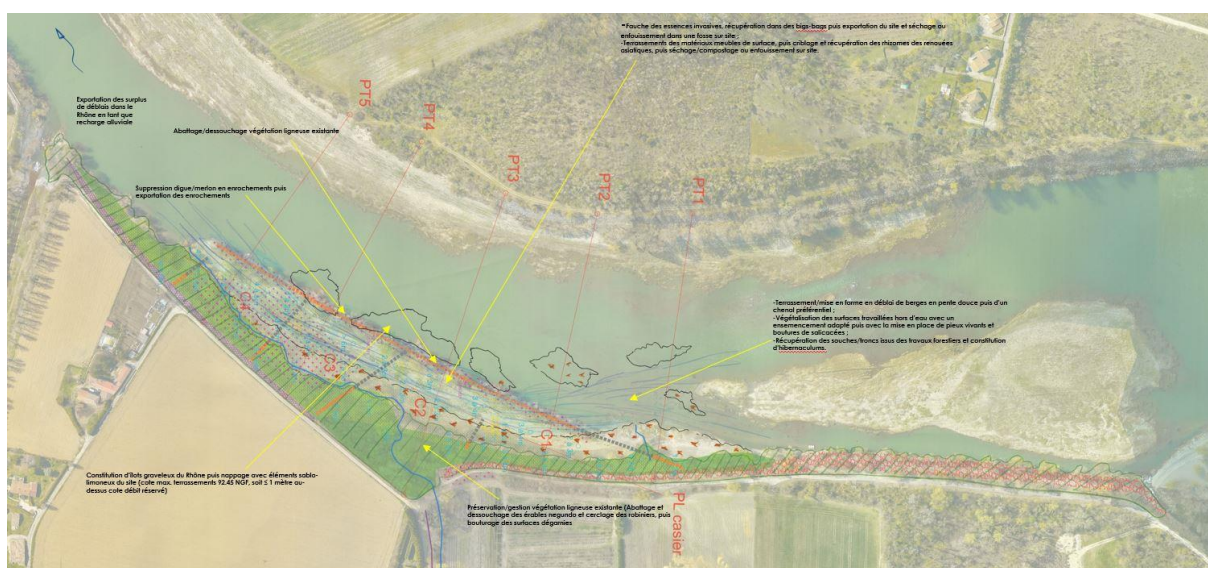


Figure 31 : Illustration schématique en situation du scénario 1 présenté (figure Biotec)

Compte tenu des terrassements très importants liés à un tel scénario et également de la grande profondeur de ces mêmes terrassements, il a été proposé un deuxième scénario. Celui-ci partait du principe de proposer des terrassements un peu moins profonds puis de ne pas évacuer la totalité des enrochements de la digue centrale, un certain volume d'enrochements pouvant être récupérés puis concassés afin de créer des îlots caillouteux. Afin de limiter le volume des terrassements, ce scénario développait une berge sous la forme de 2-3 grandes anses permettant de diversifier les formes et habitats.

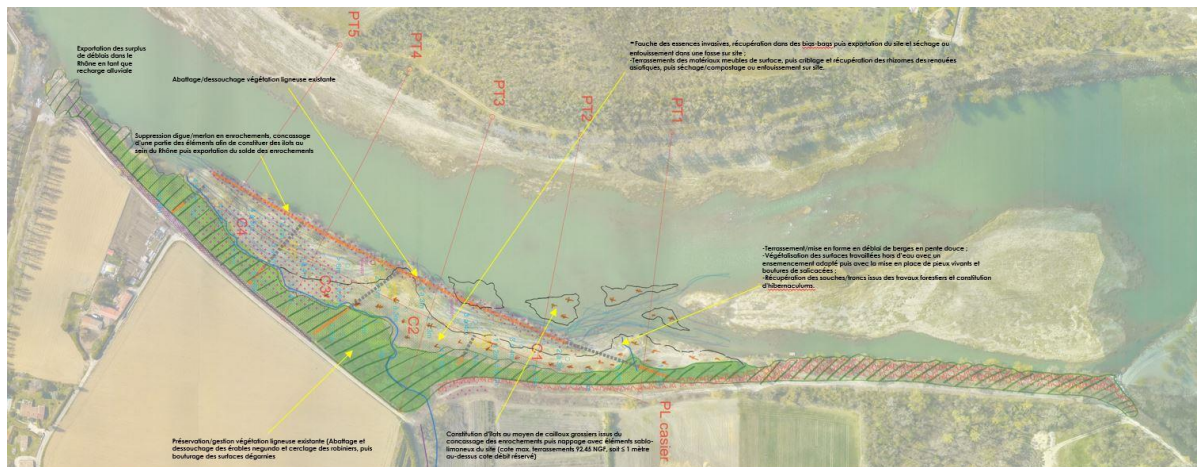


Figure 32 : Illustration schématique en situation du scénario 2 présenté (figure Biotec)

Les avantages et inconvénients de ces deux scénarii ont été analysés et un troisième et dernier scénario a été étudié.

Scénario 1 (îlots graveleux)	Scénario 2 (îlots caillouteux)
<p><u>Points positifs :</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Récupération des graviers pour création d'îlots. 2. Réflexion intéressante sur le tracé des entrées en terre afin de sortir du côté trop rectiligne. 3. Interventions dans le boisement alluvial (gestion robinier/acacia + complément surface ouverte). <p><u>Points de vigilance :</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Gestion sédimentaire : ampleur du scénario (mouvement des terres) trop importante : disproportion des mouvements de matériaux au regard de la taille du site étudié. Capacité de reprise dans ce Vieux-Rhône assez limitée. 2. Pente douce, peu favorable à l'objectif du projet (dynamique fluviale, érosion, ...). 	<p><u>Points positifs :</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Le tracé des entrées en terre (encore plus accentué que sur le scénario 1) est très intéressant. 2. Interventions dans le boisement alluvial (gestion robinier/acacia + complément surface ouverte). <p><u>Points de vigilance :</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Concassage des enrochements pour création d'îlots. 2. Gestion sédimentaire : Réduction des volumes par rapport au scénario 1 mais le volume reste important au regard de la taille du site (<i>Capacité de reprise dans ce Vieux-Rhône assez limitée</i>). 3. Pente douce, peu favorable à l'objectif du projet (dynamique fluviale, érosion, ...). 4. L'intégralité de la digue en enrochements doit être démantelée.

Objectifs – cibles – axes d'orientation proposés par CNR

1. L'intégralité de la digue longitudinale doit être démantelée. Aucun point dur ne doit subsister, ce qui ne sous-entend pas que l'on ne doit pas rechercher des éléments de diversification. Cependant, cette diversification doit davantage être obtenue par le tracé de la berge.
2. Les fronts verticaux sont rares à l'échelle du Rhône. Le projet doit privilégier ces rendus après démantèlement, à la place des pentes douces.
3. Il ne sera donc pas recherché à gérer la renouée du japon sur la marge. Des plantations denses en bordure de boisement alluvial seront privilégiées (renforcement boisement), associées aux traitements proposés par BIOTEC (gestion robinier/acacia + complément de végétalisation sur les zones plus ouvertes).
4. L'injection de concassés d'enrochements dans le Rhône constitue une approche conceptuelle vers laquelle CNR ne souhaite pas aller. Cette injection présenterait une forte probabilité d'être très statique. La CNR souhaite conserver une dynamique potentielle du système. Le Rhône est déjà suffisamment statique pour que ce caractère ne soit pas renforcé.
5. La digue longitudinale en enrochements est posée sur les graviers. Un surcreusement localisé lors du démantèlement pourrait permettre la récupération de graviers et leur utilisation pour constituer des îlots.
6. Il sera recherché, comme BIOTEC le propose de diversifier le tracé de berge (entrée en terre).

4.3 Scénario développé au stade d'avant-projet puis désormais au stade PRO

Au regard de ce qui précède, un troisième scénario a été étudié. Il prend en compte les éléments suivants :

- Préservation /gestion de la végétation ligneuse existante en berge du Rhône (gestion sélective des espèces néophytes à tendance invasive ligneuses telles que les érables negundo et les robiniers puis bouturage des surfaces dégarnies et ensemencements adaptés) ;
- Fauche des essences invasives, en particulier des renouées asiatiques, récupération dans des big-bags puis exportation et séchage. Terrassement en déblai des matériaux meubles en surface, profondeur ≥ 1.5 mètre puis criblage des substrats contaminés, récupération des rhizomes puis exportation et séchage ;
- L'abattage et dessouchage des ligneux présents sur la digue en enrochements. Il est à noter que ces ligneux notamment les souches et les gros troncs pourront avantageusement être récupérés pour la création d'embâcles/hibernaculums artificiels, les branches broyées et le reste pouvant être mis en tas dans les boisements existants transversalement aux écoulements de crue. Tel que susmentionné, il est à noter que la CNR a fait procéder à un comptage des ligneux sur la digue par

la société *UEF* qui révèle notamment 395 arbres de diamètre moyen de 28 cm avec 38 % de peuplier noir, 19 % d'érables négundo, 17 % de saule, 12 % de robiniers et 5 % de frênes. Les robiniers pourront être valorisés.

- Le démontage de la totalité des enrochements de la digue et évacuation.
- Le façonnement de la berge selon un profil vertical et de manière à créer trois fronts favorables à l'érosion naturelle par le Rhône. Au droit de ces fronts de taille, création de risbermes immergées.
- Le surcreusement du chenal en partie amont où les graviers sont les plus affleurants pour permettre la création de quelques îlots graveleux dont la cote supérieure se situera sous la cote d'étiage du Rhône afin de limiter tout développement végétal sur ces îlots.
- La mise en place de troncs verticaux/obliques- souches afin de reconstituer des embâcles fixés et des hibernaculums.
- La mise en place de pieux vivants de salicacées.
- La mise en place de boutures de salicacées, courtes sur les surfaces basses à végétaliser et longues pour concurrencer les renouées asiatiques en haut de berge dont les substrats ne seraient pas terrassés/criblés.
- La réinjection des limons de déblais au Rhône en tant que recharge alluviale du fleuve.

5 Description des travaux au stade PRO

5.1 Travaux préliminaires

Les travaux préliminaires regroupent :

- L'installation de chantier.
- La reconnaissance des lieux des travaux.
- Le piquetage et l'implantation du projet.
- La préparation du terrain qui comprend des opérations de débroussaillage, de déboisage et de dessouchage.

Les installations de chantier seront positionnées sur une parcelle CNR régulièrement utilisée pour des dépôts ponctuels. Les installations de chantier comprendront :

- Une zone de base vie, avec la zone de stationnement et de manutention des engins et la zone de reprise des enrochements.
- Une zone dédiée au traitement des matériaux contaminés par la renouée du japon.

Le plan d'organisation exacte au sein de cette zone d'installation de chantier sera défini par l'entreprise au moment de la consultation.

Pour accéder au site, deux possibilités existent, soit par l'est à partir de la Rte Nationale RN7, soit par le nord à partir de la route départementale RD111A, puis accès par le chemin de halage en sommet de digue rive gauche du Rhône.

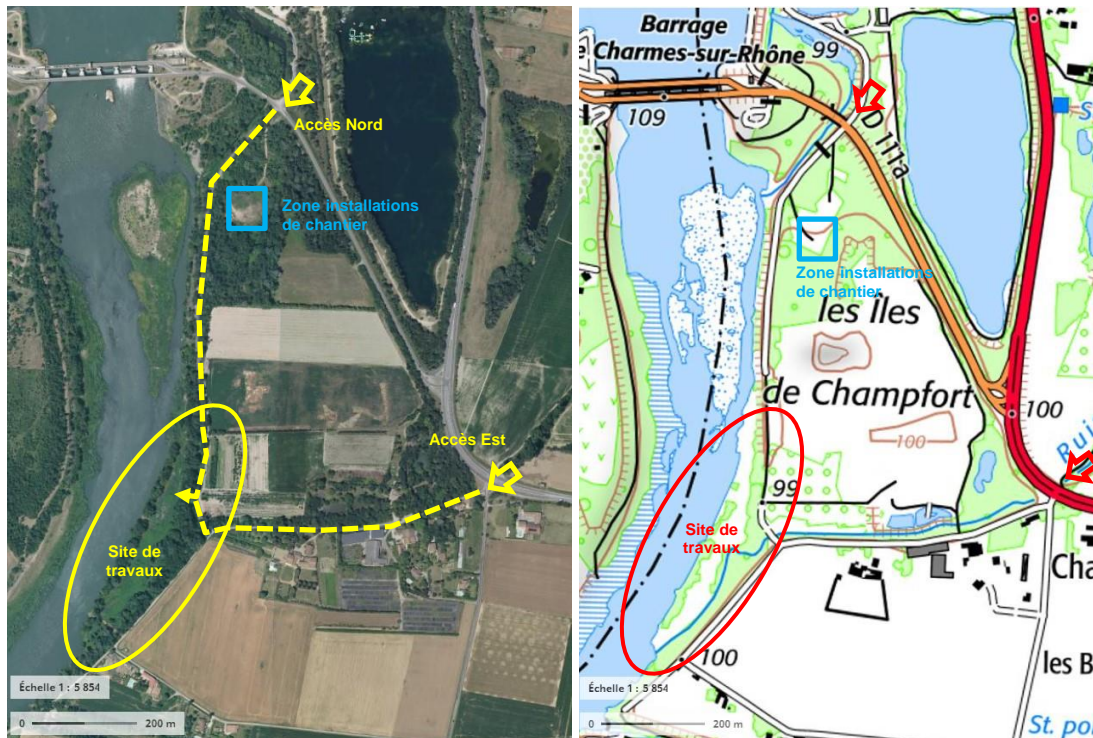


Figure 33 : Illustrations des accès au site de travaux et localisation de la zone d'installations de chantier (source : geoportail.fr)

La reconnaissance des travaux à réaliser se fera sous l'autorité du Maître d'œuvre, en présence de la totalité du personnel affecté au chantier. Lors de cette réunion préalable, des dispositions précises concernant la réalisation des travaux seront arrêtées :

- Accès au chantier ;
- Zones où les engins évolueront ;
- Zones de stockage des matériaux ;
- Localisation des espèces végétales à tendance invasive (néophytes) ;
- Cotes des terrassements et aménagements, etc.

Les déboisements concerneront essentiellement l'abattage et le dessouchage des arbres positionnés sur l'ancienne digue en enrochements des casiers Girardon.

En outre, il s'agira des différentes opérations suivantes :

- Le fauchage, le débroussaillage de buissons et arbustes ;
- L'abattage des arbres de tous diamètres situés sur les emprises de terrassements ;
- L'ébranchage, le débitage éventuel des billots à la tronçonneuse et la mise en stock provisoire de ces billots et troncs sur un site proposé à l'agrément du Maître d'œuvre ;
- Le câblage éventuel des billes ;
- L'arrachage des souches au moyen d'un engin mécanique et la remise en état de l'emplacement dessouché ;
- La récupération et la mise en stock dans les emprises du chantier des souches sur un site proposé à l'agrément du Maître d'œuvre pour réutilisation dans le cadre du chantier ;
- Le chargement et transport dans les emprises du chantier des ramilles, branches, billots et troncs en vue de leur broyage et/ou de leur réutilisation sur le site en tant qu'hibernaculums ;
- Le broyage des surplus de déchets végétaux.

5.2 Gestion des espèces néophytes à tendance invasive

La gestion des espèces néophytes à tendance invasive se fera à plusieurs niveaux :

- Suppression des renouées asiatiques au droit des surfaces de terrassements.
- Gestion sélective des boisements existants.

La suppression des renouées asiatiques au droit des surfaces de terrassements comprendra les différents éléments suivants :

- Cartographie précise des foyers de renouée du japon avant travaux. Les foyers situés dans l'emprise du chantier (accès, zone d'installation de chantier, zones de terrassement) seront piquetés. Dans la totalité de ces emprises, les tiges de renouées seront fauchées puis mises en bigs-bags et séchées sur une place de dépôt préalablement préparée ;
- Décaissement à l'engin des massifs sur une profondeur minimale de 1.5 m.
- Ramassage et chargement de l'ensemble des matériaux et rhizomes dégrappés jusqu'au site de criblage. Au cours des phases de mouvement de matériaux, toutes les précautions devront être prises afin d'éviter tout risque de dispersion des plantes. Un schéma de principe pourra être demandé à l'entreprise afin de présenter la méthodologie envisagée. La pelle mécanique et le camion de transport seront entièrement décontaminés, à chaque fin d'intervention et de manière encore plus rigoureuse au moment de leur déplacement hors du chantier afin d'éviter tout risque de dispersion sur d'autres chantiers.
- Chargement des matériaux issus des terrassements des substrats contaminés en déblai mis en stock provisoire et l'alimentation d'un engin de criblage à haut rendement à vitesse variable de type trommel de 5.5 m de long, 2 m de diamètre ou équivalent et présentant une ouverture de maille de 15 mm. La totalité des matériaux sera criblée quelle que soit la granulométrie.
- Mise en dépôt des fragments de renouées asiatiques en vue de leur séchage et évacuation.
- Mise en dépôt provisoire des matériaux criblés exempts de fragments de renouée asiatique en vue de leur réinjection dans le Rhône en tant que recharge alluviale.

Il est à noter que les enrochements situés dans l'emprise de foyers de renouée du japon seront acheminés vers la plateforme de traitement, puis triés au godet squelette ou à l'aide d'un scalpeur. Les rhizomes et débris végétaux extraits seront regroupés avec les matériaux meubles pour criblage.

La gestion sélective des boisements existants comprendra les éléments suivants :

- Repérage des espèces ligneuses néophytes au sein des boisement riverains à préserver et marquage (robiniers et érables negundo essentiellement).
- Cerclage des troncs à une hauteur d'environ 1,5 mètre du sol sur une largeur supérieure ou égale à 30 cm, en laissant une petite bande d'écorce tire-sève pour éviter de dévitaliser trop rapidement le sujet ligneux et ainsi éviter de trop nombreux nouveaux rejets.
- Dans les endroits ainsi fortement traités et peu contaminés par des renouées asiatiques, ensemencement des surfaces travaillées (mélange grainier n°1) et mise en place de boutures de salicacées, diamètre 3-4 cm, longueur \geq 80 cm (liste de plantes n° 2A).
- Dans les endroits ainsi fortement traités et contaminés par des renouées asiatiques, mise en place de boutures de salicacées, diamètre 3-4 cm, longueur \geq 150 cm (liste de plantes n° 2B).
- Suivi de l'éventuelle reprise des arbres cerclés durant trois saisons végétatives et nouvelle opération de cerclage le cas échéant.

5.3 Travaux de terrassement

Les travaux de terrassement comprennent les différentes opérations suivantes :

- Le démantèlement de la digue longitudinale Girardon sur un linéaire de quelques 400 mètres avec selon les descriptions ci-dessus la suppression des renouées asiatiques et les travaux forestiers d'abattage et de dessouchage.
- La récupération des blocs d'enrochements de cette digue longitudinale et la mise en dépôt provisoire des blocs sur une surface de stockage pour leur valorisation ultérieure.
- Le terrassement en déblais de trois grandes anses le long de la berge, avec la réalisation d'un front sub-vertical érodable.
- La réalisation de terrasses facilement inondables, à des cotes différentes, à savoir sous le niveau d'étiage en partie amont afin de faciliter les écoulements du Rhône puis légèrement au-dessus de la cote du niveau d'eau d'étiage afin de favoriser l'implantation d'un type de végétation adaptée tout en limitant le développement des espèces néophytes à tendance invasive.
- La création de deux îlots avec les matériaux les plus grossiers du site à une cote quelques 30 cm sous le niveau d'étiage du Rhône.
- La réinjection des sédiments meubles dans le lit vif du Rhône.

La création des deux îlots en matériaux plus grossiers issus du site se réalisera par la mise en place d'une piste de matériaux dans le lit vif du Rhône, largeur environ 10 mètres, hauteur environ 0.5 mètre au-dessus de la cote du débit réservé du Rhône, les matériaux étant poussé au bull. Le façonnement des îlots se réalisant ensuite en déblai à la pelle en se retirant, avec un niveau fini quelques 30 cm sous le niveau d'étiage.

L'intégralité des matériaux alluvionnaires fins sains excédentaires sera restituée au Rhône, ceci sous la forme de risberme et antennes obliques successives exposées aux écoulements du Rhône, avec :

- Une phase provisoire : elle consiste à réaliser plusieurs bandes successives dans le Rhône par poussage progressif dans le fleuve selon les indications des plans et du maître d'œuvre. La largeur de ces antennes successives sera d'environ 10 m afin de permettre la circulation des camions en toute sécurité et devra être d'une hauteur de 0.5 m au-moins au-dessus du débit réservé. Les emprises sont indiquées sur la vue en plan et les coupes en travers ci-avant. Elles seront réalisées à l'avancement par poussage des matériaux à l'aide d'un bull. Les camions pourront déverser les matériaux en reculant sur ces pistes.
- Une phase définitive : les antennes seront façonnées au retrait à l'aide d'une pelle hydraulique par déblai jusqu'à obtenir les emprises des formes requises et avec un niveau fini de 20 à 30 cm sous la ligne d'eau au débit réservé.

5.4 Travaux de diversification des habitats

Dans l'objectif conjoint de diversifier les conditions d'habitats et de réemployer au maximum les produits issus du chantier, il sera placé en des endroits choisis en concertation avec le Maître d'œuvre, des agglomérats de produits forestiers (souches, enchevêtrement de troncs, branches, etc.).

La prestation comprend :

- la récupération et reprise de souches, troncs et branches sur l'emprise du chantier (laissés sur place lors de l'opération des travaux forestiers), leur amenée à pied d'œuvre, puis leur mise en place de manière soignée et en tas en fonction des remarques du Maître d'œuvre.
- la fixation (fourniture et pose) des éléments de diversification.





Figure 34 : Illustrations de la restauration hydro-écologique de l'Arve en aval de l'A411 par élargissement/suppression de remblais artificiels, puis création d'embâcles artificiels, mise en place de pieux vivants, etc. (maîtrise d'œuvre Biotec en collaboration avec Safège mandataire, photos en cours de travaux 2022, puis en période hivernale 2023 puis après une crue de fréquence centennale en novembre 2023)

5.5 Travaux de remise en état

La remise en état du site de travaux sera établie de manière à effacer les traces des travaux qui concernent les emprises, les zones d'installation de chantier, les accès, etc. Cette remise en état sera conforme à l'état des lieux réalisé avant travaux. A la fin du chantier, matériels et autres installations seront repliés. Les éventuels matériaux utilisés en remblai seront repris et exportés, les éventuels panneaux de signalétique seront remis en place. Les revêtements de chaussées et enrobés dégradés seront repris le cas échéant.

5.6 Planification des travaux

En termes de période de travaux, la période estivale-automnale, grossièrement d'août à novembre est la période où les débits moyens du Rhône au barrage de Charmes sont les plus faibles (voir figure 26). D'un point de vue des impacts sur la reproduction de la faune, notamment les batraciens et les oiseaux, on privilégiera les principaux travaux en période de fin d'été, notamment les travaux forestiers.

	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars
Démarrage des travaux (installations, implantation, etc.)								
Travaux forestiers, y-compris gestion EEE								
Principaux terrassements, y-compris dés-enrochements								
Pieux vivants, boutures, plantations								
Ensemencements et finitions								

Figure 35 : Illustration des périodes de travaux envisagés

En ce qui concerne le phasage des travaux, le phasage suivant est prévu à ce stade. Il pourra être adapté au moment de la consultation des entreprises :

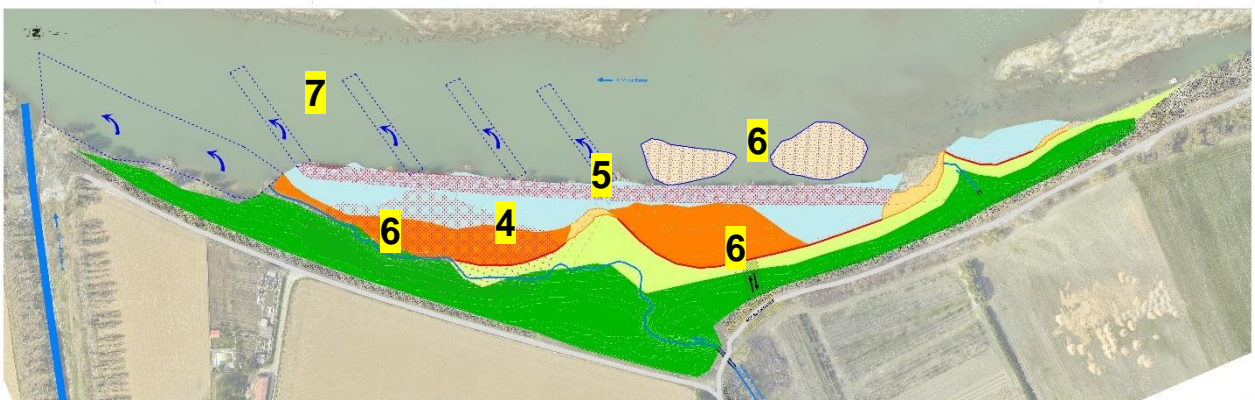
1. Installations de chantier/lieu de stockage des matériaux



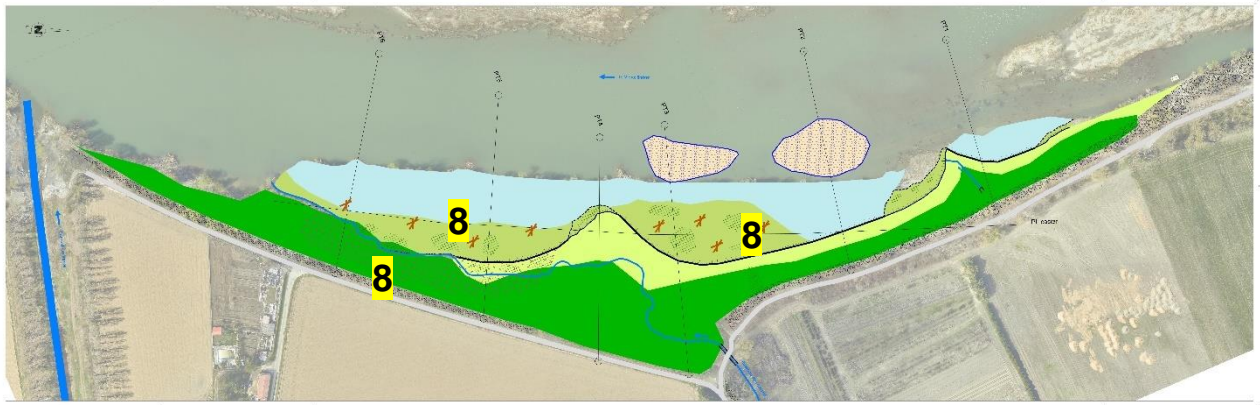
2. Accès travaux
3. Travaux forestiers



4. Fauche des renouées asiatiques, terrassement des rhizomes et criblage
5. Démontage digue centrale et récupération de blocs d'enrochements
6. Terrassement et façonnage de la berge, du front de berge puis des risbermes et des îlots
7. Réinjection des excédents de terrassements sains dans le Rhône



8. Mise en place des pieux et boutures de salicacées
9. Travaux de remise en état, y-compris ensemencements localisés et au droit des anciennes surfaces d'installations de chantier et de stockage des matériaux



5.7 Bilan des matériaux

Le bilan des mouvements de matériaux occasionnés par le chantier est consigné dans le tableau ci-après.

Récupération de blocs et évacuation	20'000 m ³
Terrassement en déblais des substrats contaminés et criblage	10'000 m ³
Terrassement en déblai de sédiments meubles	48'000 m ³
Création d'îlots en remblai	5'000 m ³
Exportation de surplus de matériaux dans le Rhône (réinjection)	53'000 m ³

Les enrochements déblayés seront évacués pour être valorisés.

L'énergie au cœur des territoires

2 rue André Bonin
69316 LYON CEDEX 04 - FRANCE
Tél. : +33 (0) 472 00 69 69

cnr.tm.fr

