

Restauration des marges alluviales du Rhône sur le site des casiers de l'Ile-Vielle

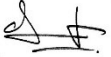
Etude de faisabilité



Restauration des marges alluviales du Rhône sur le site des casiers de l'Île-Vielle

Note technique en phase d'étude de faisabilité

MAÎTRES D'OUVRAGE	Commune de Mondragon Rue des Clastres – 84430 MONDRAGON
	Communauté de Communes Rhône Lez Provence 1260, Avenue Théodore AUBANEL, CS 200 99 - 84500 BOLLENE
PARTENAIRES TECHNIQUES	Conservatoire d'espaces naturels de Provence-Alpes-Côte d'Azur CEN PACA Immeuble Atrium Bât. B 4, avenue Marcel Pagnol - 13100 AIX-EN-PROVENCE
	CNR Ingénierie, DIGP 2022-271 2 rue André Bonin - 69316 LYON cedex 04
MAITRE D'OEUVRE	BIOTEC 92, Quai Pierre Scize - 69005 LYON

CONTRÔLE QUALITÉ	NOM	DATE	SIGNATURE
RÉALISÉ PAR	Cécile DAURIAT	02/2026	
VÉRIFIÉ PAR	Philippe ADAM	03/2026	
APPROUVÉ PAR	Philippe ADAM	03/2026	

INDICE DU DOCUMENT	DATE	DÉSIGNATION DE LA RÉVISION
-00	03/03/2026	1 ^{ère} version
-01	23/03/2026	2 ^{ème} version

SOMMAIRE

1	Introduction.....	4
1.1	Contexte	4
1.2	Objectifs	4
1.3	Localisation de la zone d'étude	5
1.4	Typologie des aménagements Girardon	6
2	Synthèse des données d'entrée	7
2.1	Synthèse du diagnostic.....	7
2.1.1	<i>Histoire :</i>	7
2.1.2	<i>Hydrologie et fonctionnement hydraulique :</i>	8
2.1.3	<i>Ecologie :</i>	9
2.1.4	<i>Analyse et interprétation :</i>	10
2.2	Acquisition et analyses des données complémentaires.....	10
2.2.1	<i>Suivi des niveaux d'eau</i>	10
2.2.2	<i>Caractérisation du massif sédimentaire</i>	13
2.2.3	<i>Résultat des analyses en laboratoire :</i>	18
2.2.4	<i>Bathymétrie</i>	20
2.3	Synthèse des usages sur le site.....	21
2.4	Analyse des données hydrauliques.....	21
3	Scénario d'aménagement.....	24
3.1	Postulats	24
3.2	Propositions d'actions.....	24
3.2.1	<i>Retrouver une dynamique latérale</i>	24
3.2.2	<i>Redynamiser les îlons, réhydrater les milieux humides, faciliter la circulation des eaux, réalimenter les annexes hydrauliques</i>	25
3.2.3	<i>Diversifier les conditions d'implantation des végétaux, réinitialiser les milieux</i>	25
3.2.4	<i>Action passive de diversification des milieux, guider/augmenter l'activité morpho-dynamique du Rhône</i>	26
3.2.5	<i>Lutte contre les EEE</i>	26
3.3	Programmation	26
3.3.1	<i>Etape 1</i>	28
3.3.2	<i>Etape 2</i>	29
3.3.3	<i>Etape 3</i>	30
3.3.4	<i>Etape 4</i>	31
3.4	Estimation des coûts.....	32
4	Conclusion	32
5	Annexe.....	33

1 Introduction

1.1 Contexte

La Communauté de Communes Rhône Lez Provence (CCRLP) et la Mairie de Mondragon souhaitent approfondir les actions de restauration sur les « Casiers » de l'île Vieille situés en rive gauche du Vieux Rhône de Donzère sur le périmètre de l'ENS de l'île Vieille créé en 2019. Ce territoire, d'une superficie de 260 ha, est une des zones humides majeures à l'échelle de la basse vallée du Rhône, dont les actions de gestion sont labellisées Plan Rhône. L'entièreté du site est en zone Natura 2000.

Le Conservatoire d'Espaces Naturels Provence Alpes Côte d'Azur (CEN PACA) assure l'animation territoriale et la mise en oeuvre du plan de gestion de cet ENS, avec le soutien des acteurs suivants : collectivités territoriales, Département, Agence de l'Eau, Compagnie Nationale du Rhône, Fédération départementale de pêche, associations d'usagers...

Le Comité de gestion de l'ENS de l'île Vieille a décidé d'engager un approfondissement des d'études de faisabilité menées en 2020 sur les casiers, pour élargir les actions projetées au contexte Rhodanien de la restauration écologique portées par d'autres Maîtres d'Ouvrage comme la Compagnie Nationale du Rhône. Une étude de la fonctionnalité hydrologique et d'identification d'actions de restauration a été menée par le bureau CESAME environnement en 2020 sous Maîtrise d'ouvrage de la CCRLP et de la commune de Mondragon.

La présente étude de faisabilité concerne donc ce projet de restauration des casiers de l'île Vieille. Cette dernière s'inscrit dans les actions du plan de gestion de l'ENS. Il répond également au cadre du Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) Rhône Méditerranée Corse et aux objectifs de la Directive Cadre européenne sur l'Eau.

L'importance des enjeux biologiques et fonctionnels exprimés sur ces casiers, la diversité des usages constatés (actuellement non contenus), et les fortes pressions anthropiques exercées sur ce périmètre ont permis de convaincre le territoire de l'importance d'assurer la maîtrise foncière et la conservation de cet espace.

Ainsi en 2018, avec l'appui du CEN PACA, un projet a été déposé par la CCRLP dans le cadre de l'appel à projets permanent du Plan Rhône en faveur des zones humides, visant :

- d'une part à conforter l'emprise foncière de la Commune sur la zone humide par l'acquisition de 114 hectares de foncier non bâti, portant ainsi la maîtrise foncière publique de cet espace de 93 à 207 hectares, et
- d'autre part à permettre l'établissement d'un premier plan de gestion pour ce site à la fois majeur et emblématique du Rhône aval.

1.2 Objectifs

Les processus d'alluvionnement sur les marges alluviales du Rhône et la suppression de la mobilité latérale due aux anciens aménagements Girardon pour la navigation 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 (herbacées, 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 rapport à la nappe phréatique. Cette sédimentation a également entraîné la quasi-disparition des milieux aquatiques permanents au sein des marges.

De façon générale, les ambitions du projet sont les suivantes :

- 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 XXème 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.

Le projet vise à pallier localement les phénomènes décrits ci-avant 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, plage de dépôt, recréation 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 berge, etc.).

La présente note technique accompagne les pièces graphiques produites (doc. n°24.056-ETU-02 et n°24.056-ETU-03) et vise à rappeler synthétiquement la problématique, la synthèse des données existantes et nouvellement acquises, le diagnostic mené puis la description détaillée des travaux prescrits ainsi qu'une première estimation des coûts de travaux.

1.3 Localisation de la zone d'étude

Le site d'étude est localisé en rive gauche du Vieux-Rhône de Donzère Mondragon, entre les PK 194.5 et 197.5, sur la commune de Mondragon (84).

La figure ci-après localise le site à l'échelle du Vieux-Rhône et à l'échelle de l'ENS, situé par ailleurs sur le Domaine concédé de la CNR par l'Etat.

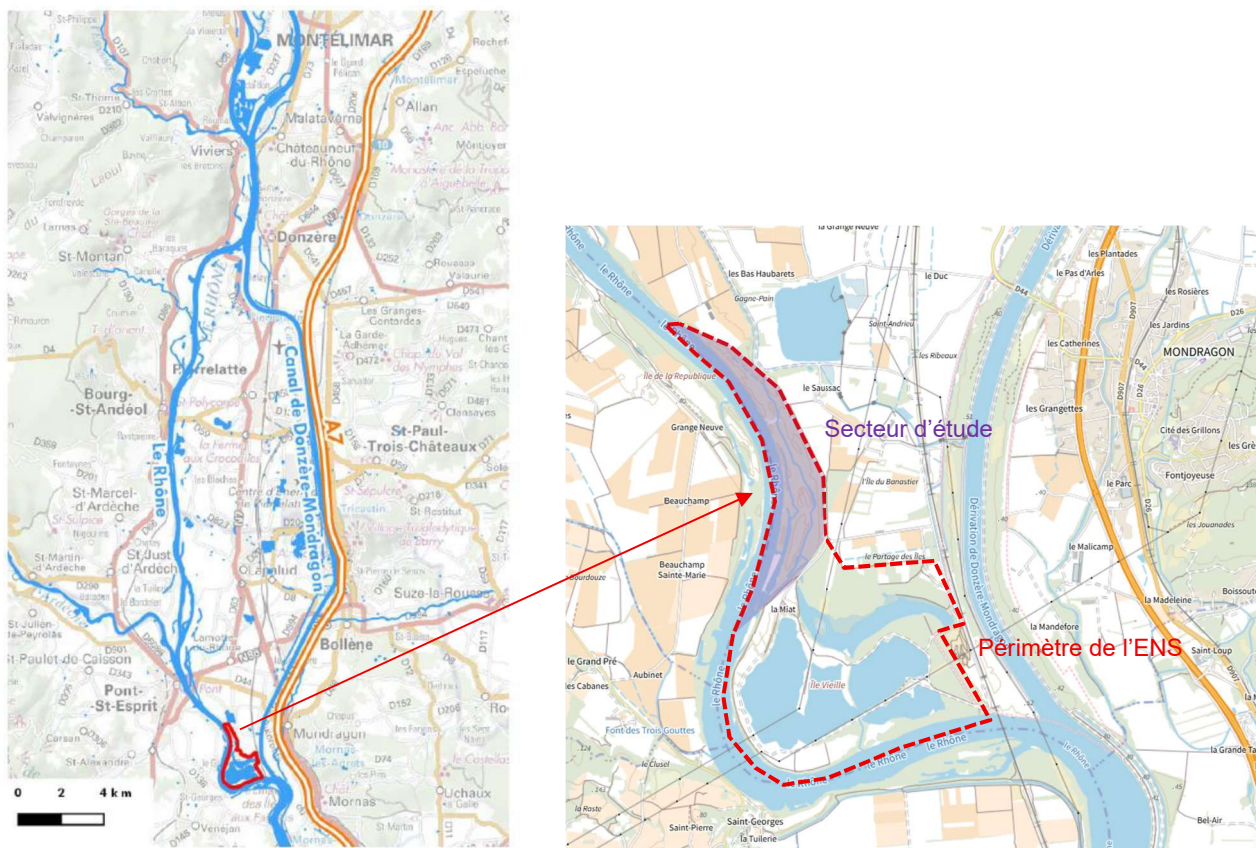


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude (source CNR, géoportail)

1.4 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).

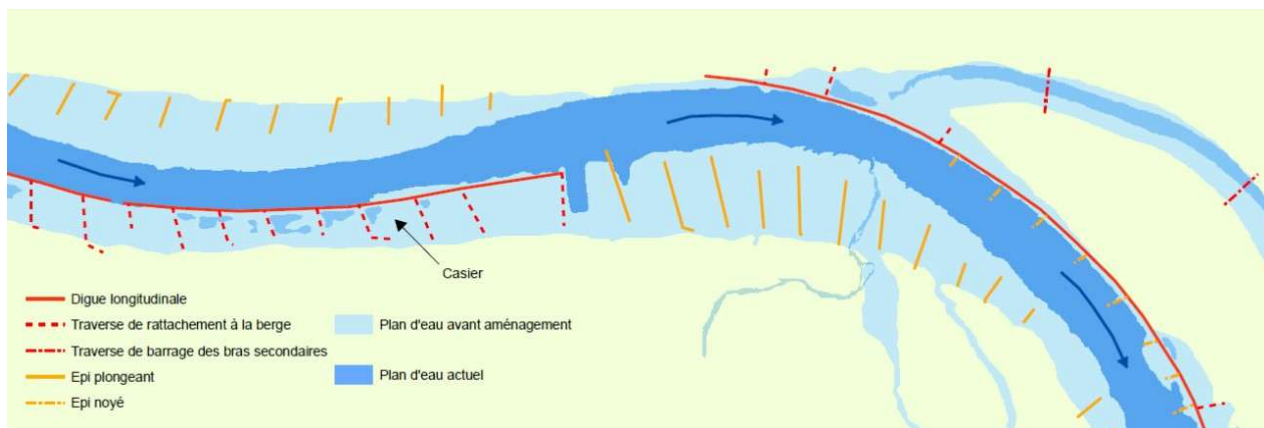


Figure 2 : Schéma de principe des aménagements Girardon (figure CNR)

2 Synthèse des données d'entrée

2.1 Synthèse du diagnostic

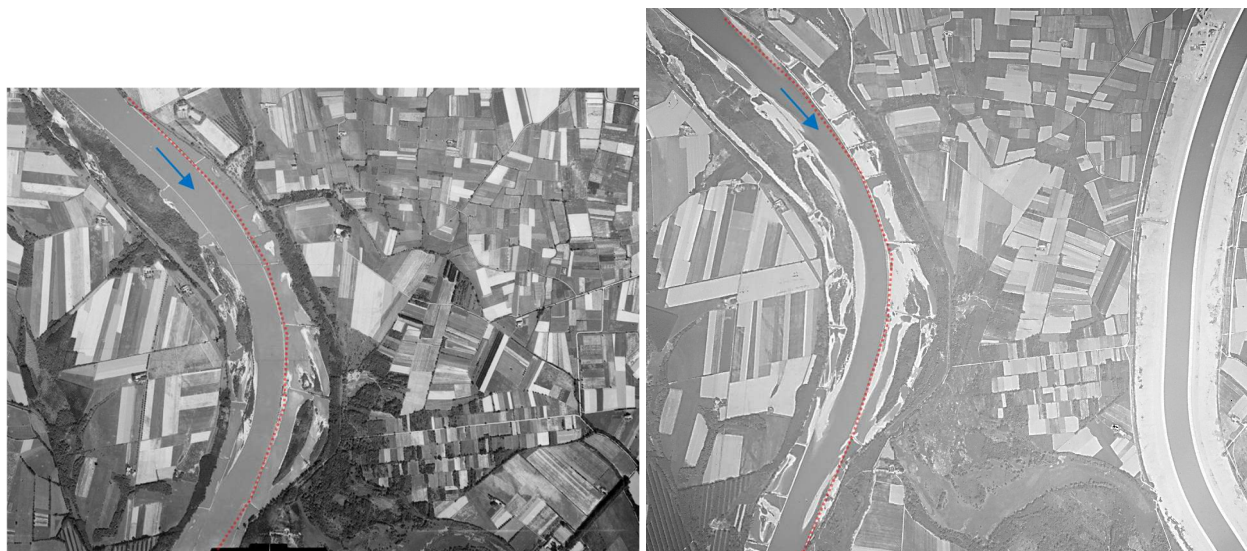
Dans le cadre du plan de gestion 2000-2024, l'ENS de l'Île vieille a fait l'objet d'un diagnostic très détaillé et réalisé par le CEN PACA (Tome 1, PDG 2000-2024) préalable à l'élaboration du programme d'actions (Tome 2, PDG 2000-2024).

Les données acquises par le CEN, couplées aux visites de site effectuées les 25.11.2024, 21.01.2025 et 26.02.2025, ont permis de dégager les principaux enseignements nécessaires à la compréhension de l'état actuel du site et de sa trajectoire d'évolution puis de hiérarchiser les principaux enjeux ayant guidé l'élaboration des propositions d'intervention développées dans la présente étude.

2.1.1 Histoire :

Les photos suivantes permettent de comprendre l'historique du site et son évolution notamment à la suite des deux principaux événements/modifications subis :

- Début XIXème : **la construction des aménagements Girardon** qui figent 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. La configuration des casiers et les modalités de connexion entre eux et le Rhône créent des conditions de sédimentation différenciées.
- Années 1950 : **la construction du complexe hydraulique de Donzère-Mondragon**, 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 déconnexion 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.
- Des années 1970 aux années 2000 : **plusieurs opérations de curage/extraction et d'entretien des casiers** sont menées. Il en résulte la topographie actuelle et notamment la configuration de la plupart des étangs résiduels.



1947 : Ouvrages Girardon aisément submersibles

1954 : Construction et mise en service du canal de Donzère, déconnexion des casiers Girardon

Figure 3 : Extrait des photos aériennes anciennes illustrant la déconnexion des Casiers Girardon depuis la mise en service du canal de Donzère-Mondragon (IGN)



1973 : Atterrissement et boisement des marges du Rhône à l'intérieur des Casiers Girardon



2024 : Boisement complet des casiers Girardon

Figure 4 : Extrait des photos aériennes anciennes illustrant l'évolution des marges du Rhône à l'intérieur des Casiers Girardon depuis la mise en service du canal de Donzère-Mondragon (IGN)

2.1.2 Hydrologie et fonctionnement hydraulique :

Le barrage de Donzère régule le partage des débits entre le Vieux Rhône et le canal de Donzère-Mondragon alimentant la centrale de Bollène.

Depuis 1986, le **débit maximum turbinable à la centrale de Bollène est de 1 980 m³/s**. Il s'agit du débit objectif pour le canal. Le **débit réservé dans le Vieux Rhône est de 75 m³/s**.

- tant que le débit total du Rhône est **supérieur à 2 055 m³/s** (75+1980 m³/s), le canal est alimenté à plein (1980 m³/s) et le débit du Vieux Rhône correspond au débit résiduel (supérieur à 75 m³/s) ;
- lorsque le débit du Rhône est **inférieur à 2 055 m³/s**, l'alimentation du canal est réduite afin de maintenir un débit de 75 m³/s dans le Vieux Rhône ;
- en crue, lorsque le débit du Rhône dépasse **6 000 m³/s** (≈ crue biennale), le débit dérivé vers le canal est réduit progressivement ;
- en crue majeure, lorsque le débit du Rhône dépasse **8 000 m³/s** (≈ crue de fréquence de retour 15 ans), le débit dérivé vers le canal est limité à 1 500 m³/s.

Ce fonctionnement a modifié les conditions hydrodynamiques et hydro-sédimentaires du Rhône. Le Vieux Rhône ne bénéficie plus des crues courantes qui sont le moteur des processus morphodynamiques et morpho-écologiques.

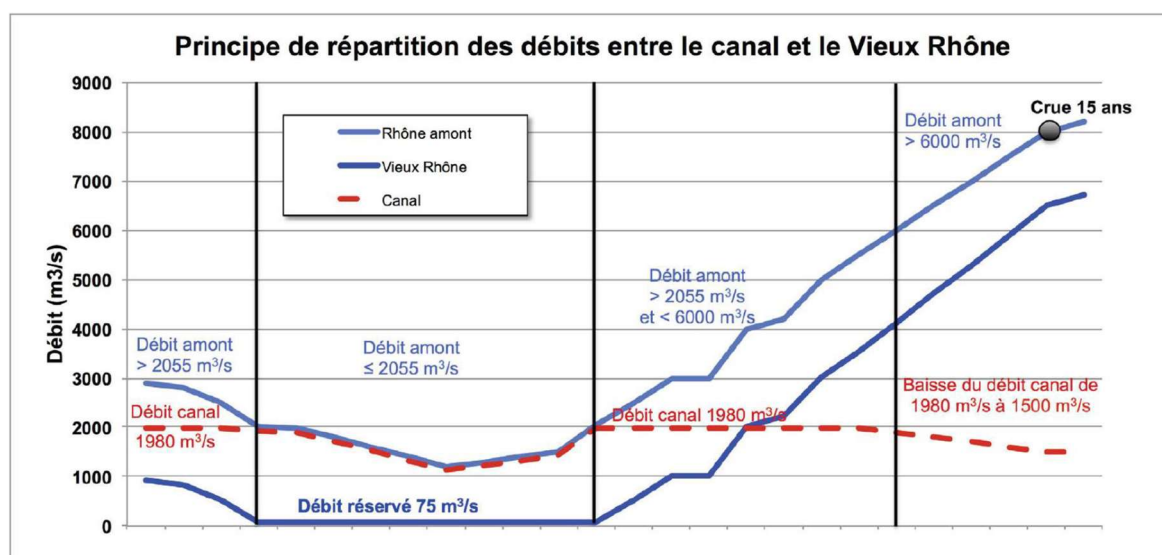


Figure 5 : Schéma de répartition des débits entre le canal de Donzère-Mondragon et le Vieux Rhône en fonction du débit total du Rhône (CNR)

2.1.3 Ecologie :

Façonné par la mise en œuvre des casiers Girardon au XIX^{ème} puis par des phases successives de remaniements et d'interventions dans l'emprise des casiers jusqu'au début des années 2000 (ainsi que des plantations de peupleraies), le site a ensuite évolué librement sous l'influence de l'hydrologie modifiée du Rhône et de son transport sédimentaire. Il en résulte aujourd'hui un développement marqué par une forte hétérogénéité spatiale et fonctionnelle.

Deux périodes majeures expliquent cette évolution :

- Une dynamique de progression primaire depuis la création des casiers jusque dans les années 1970 (première grande phase de sédimentation généralisée) ;
- Une perturbation de cette évolution par des opérations d'extractions, d'entretien ou de déboisement jusqu'au début des années 2000 avec l'émergence d'une dynamique secondaire.

L'aménagement de la rive gauche du Vieux Rhône a d'abord favorisé l'accélération des processus de sédimentation en marge du lit, facilitant l'installation de formations de bois tendres, telles que les saulaies arborescentes (minoritaires), les peupleraies sèches ou les forêts-galeries à peuplier blanc. En l'absence de renouvellement morphologique, certaines de ces formations ont ensuite évolué vers des boisements alluviaux plus matures, dominés par des essences de bois dur (notamment des frênaies-ormeaie).

Les interventions anthropiques, combinées à une hydrologie fortement contrôlée du Rhône – en particulier le maintien d'un débit réservé de 75 m³/s pouvant perdurer plusieurs mois – ont ainsi contribué à une homogénéisation progressive des formes et des conditions de développement de la végétation. Aujourd'hui, bien que subsistent encore quelques témoins de cette dynamique primaire (voir figure 6), les interventions humaines récentes sur la partie sud ont façonné un milieu largement uniformisé dans toutes ses composantes (cote de fond, pente des berges, etc.). Cette artificialisation a imposé une dynamique secondaire, propice au développement d'espèces rudérales, le plus souvent exogènes, adaptées aux milieux perturbés.

Ainsi, le développement d'espèces invasives considérées comme des « transformers » telles la jussie (*Ludwigia peploides*) qui forme de vastes herbiers dans les zones d'eau stagnante, ceinturées par des asters américains (*Symphotrichum x salignum*) puis un rideau de faux indigo (*Amorpha fruticosa*) et d'érable negundo (*Acer negundo*) qui se propage, lui, aux abords de toutes les pièces d'eau, fige considérablement la dynamique de colonisation végétale. A noter également l'envahissement des marges hautes par des foyers étendus de renouée de Bohême (*Reynoutria x bohemica*) et des draperies denses de concombre anguleux (*Sicyos angulata*) ou à Periploca (*Periploca graeca*).

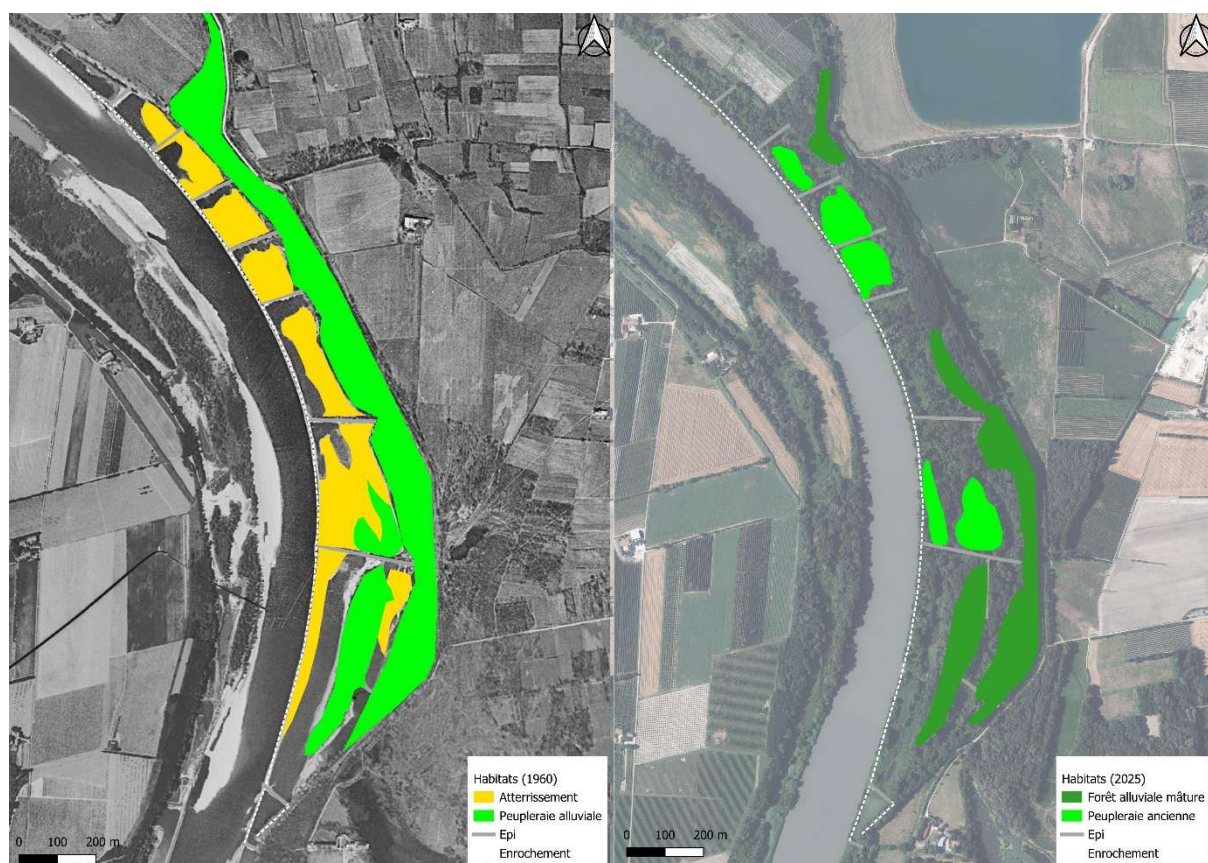


Figure 6 : Evolution des habitats contenus dans les casiers Girardon entre 1960 et aujourd'hui (BIOTEC).

2.1.4 Analyse et interprétation :

Cette profonde mutation du style fluvial et les bouleversements morpho-écologiques et biologiques qui en découlent ne sont pas sans rappeler d'autres secteurs sur le Rhône et d'autres cours d'eau à régime régulé (Rhin, Dordogne entre autres). Face à l'incapacité du cours d'eau à renouveler lui-même ses formes, les communautés végétales s'homogénéisent et leurs cortèges se banalisent inéluctablement.

C'est en substance ce que concluent les études récentes menées sur des sites restaurés et témoins le long du Rhône à l'issue d'un suivi mené sur plusieurs années après restauration (Janssen P. et al.), à savoir que si les opérations de restauration montrent rapidement des effets positifs sur le rajeunissement et la diversification des communautés riveraines les premières années, la perte des processus naturels de rajeunissement (transport sédimentaire, érosion, variabilité des débits) favorise à terme la simplification et l'homogénéisation fonctionnelle des communautés riveraines. Les actions locales de restauration (reprofilage de berge) ou d'entretien peuvent modifier les réponses aux gradients environnementaux, mais ne compensent pas l'altération des processus hydro-sédimentaires à grande échelle.

En d'autres termes, si dans un futur proche, le régime hydro-sédimentaire du Rhône n'est pas rétabli, les ambitions de restaurations resteront nécessairement mesurées. Ainsi, pour être vectrices de plus-values écologiques, les actions de restauration devront :

- Être menées à une échelle suffisante ;
- Permettre une forme d'instabilité structurelle (« chaos ») favorisant les évolutions sédimentaires (érosion/ dépôt) et limitant l'homogénéisation rapide des conditions de milieu et l'installation d'espèces végétales exotiques ;
- Être réalisées à des cotes suffisamment basses pour être le plus régulièrement dépendantes des variations de niveaux d'eau et du transport sédimentaire puis bénéficier de remaniements fréquents.

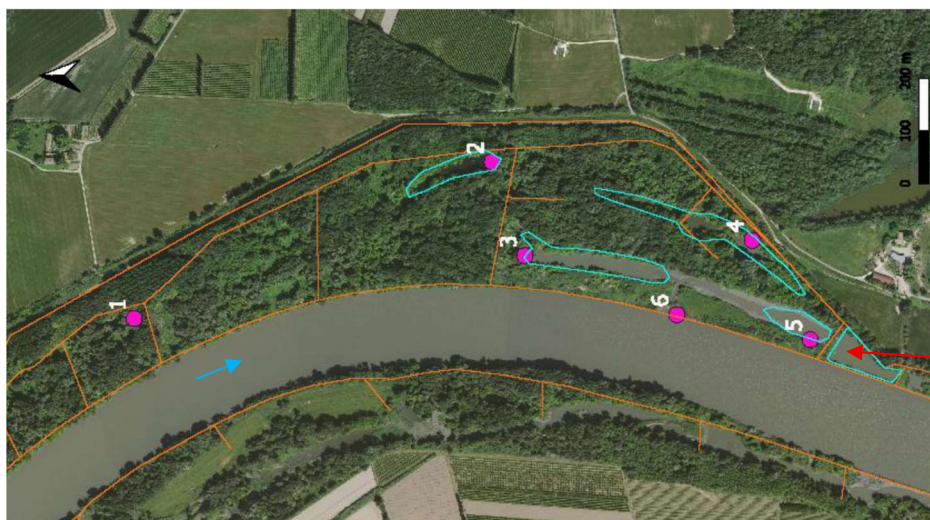
2.2 Acquisition et analyses des données complémentaires

Pour permettre le dimensionnement des actions de restauration proposées et évaluer leur faisabilité technique ainsi que les conditions de réalisation, un certain nombre de données complémentaires ont été acquises dans le cadre de la présente mission.

2.2.1 Suivi des niveaux d'eau

Le site d'étude comporte plusieurs plans d'eau résultant du cloisonnement d'une partie du lit mineur du fleuve dont les conditions de connexion avec le Rhône actuel et de variation des niveaux d'eau sont peu connues.

Pour comprendre les relations hydrauliques entre le Rhône et ses marges puis déterminer les facteurs influençant la répartition et la dynamique des milieux, une série de 5 sondes (type LevelLogger) à enregistrement automatique ont été installées dans les principales pièces d'eau (sondes n°1 à 5) et une sonde dans le Rhône (sonde n°6), pendant une durée d'un an (date de début d'enregistrement 20/01/2025). A noter qu'un des casiers, situé en aval du plan d'eau n°5, est en connexion continue avec le Rhône (lacune dans la digue longitudinale) et n'est donc pas équipé de sonde.

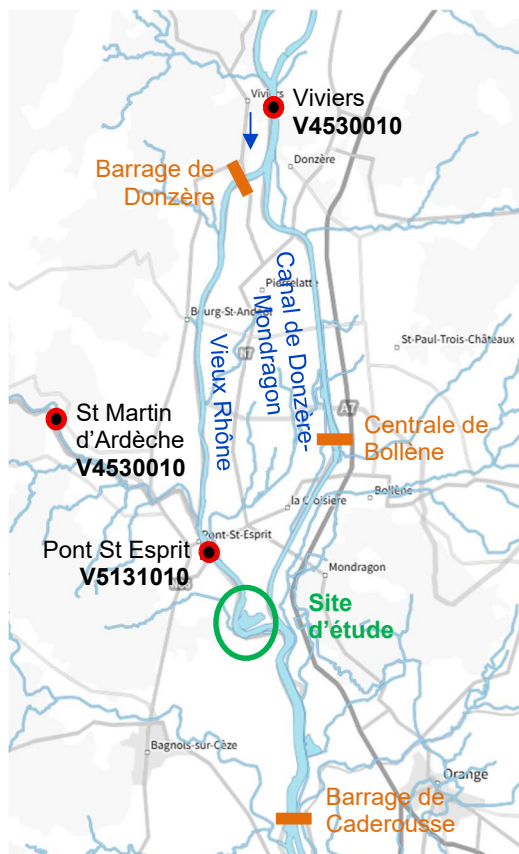


Plan d'eau en connexion continue avec le Rhône, non équipé de sonde

Figure 7 : Localisation des sondes d'enregistrement des niveaux d'eau (BIOTEC)

L'ensemble des mesures de hauteur d'eau ont été calées en NGF sauf pour la sonde n°1 qui n'a pu bénéficier d'un nivellement fiable. Cette sonde a donc été calée selon une cote arbitraire relative.

Afin d'évaluer les facteurs influençant les variations du niveau du Rhône et des plans d'eau, les enregistrements ont été couplés aux informations suivantes :



- Les données pluviométriques issues de la **station météorologique de Pont Saint Esprit (07)** (Source : Météociel)
- Les données de débits de la station hydrométrique implantée sur le Rhône en amont de la défluence canal de Donzère-Mondragon/Vieux Rhône (**Viviers (V4530010)**).
- Les données de débits de la station hydrométrique implantée sur le Vieux Rhône en amont du site et en aval de la confluence avec l'Ardèche (**Pont Saint Esprit (V5131010)**)
- Les données de débits de la station hydrométrique implantée sur l'Ardèche (**Ardèche/Saint Martin d'Ardèche (V5064010)**)

Figure 8 : Localisation des stations hydrologiques utilisées et des principaux ouvrages hydro-électriques implantés sur le Rhône (IGN)

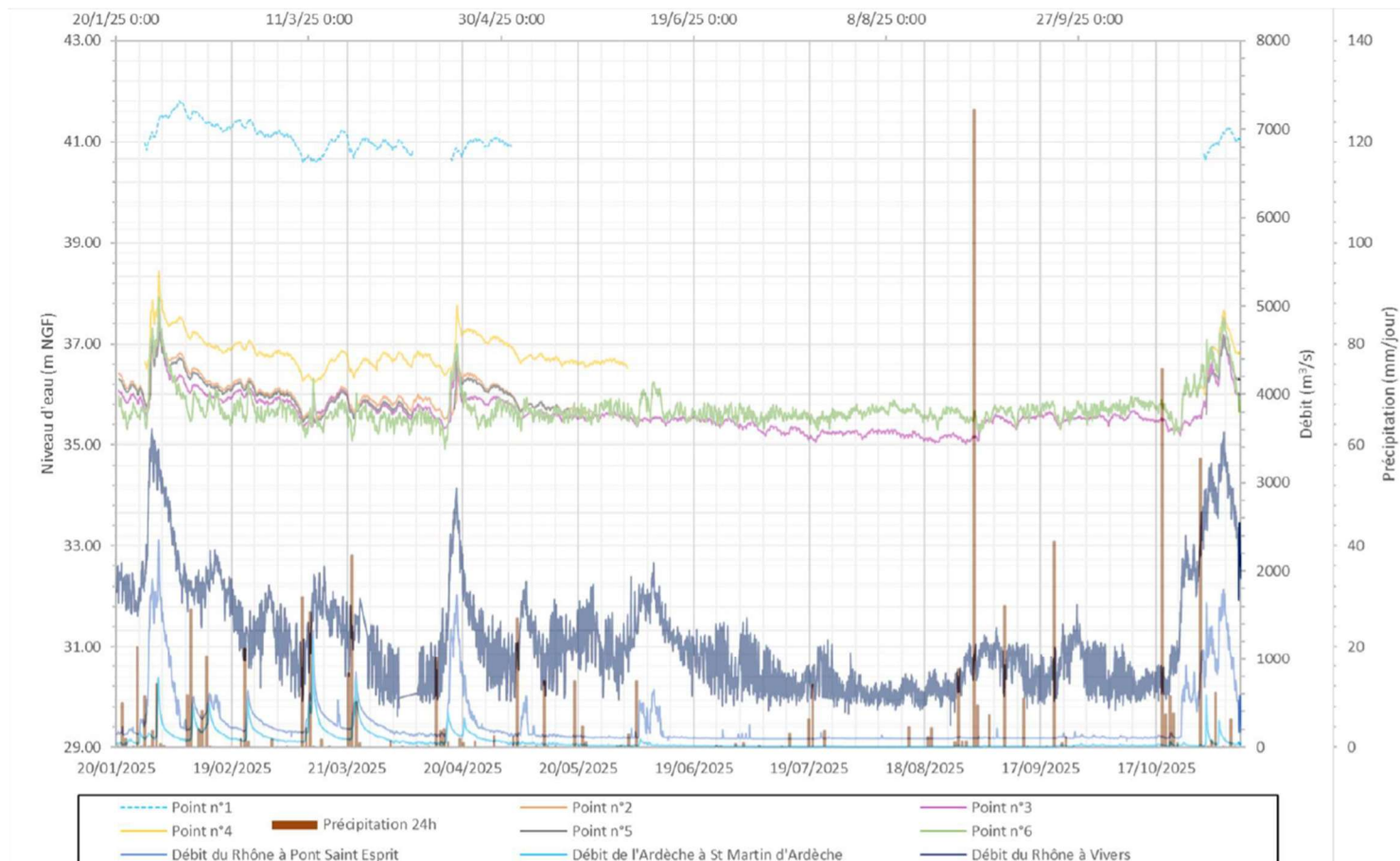


Figure 9 : Graphique compilé des mesures de niveaux d'eau des 6 sondes et des données hydrologiques et pluviométriques (GEOTHER)

Observations sur la période d'enregistrement :

- Le linéaire d'étude se situe dans le remous hydraulique du barrage de Caderousse. A débit stable à la station de Pont Saint Esprit, le niveau du Rhône varie quotidiennement de quelques dizaines de centimètres sous l'influence du fonctionnement du barrage (ondulations régulières).
- Ces micro-fluctuations, nettement visibles sur la courbe de la sonde n°6 implantée dans le Rhône, ne correspondent pas aux micro-fluctuations visibles sur les courbes des sondes situées dans les plans d'eau. Ces dernières semblent suivre les fluctuations quotidiennes et importantes de débits du Rhône à la station de Viviers. Elles montrent en effet les mêmes longueurs d'onde avec cependant un décalage horaire important.
- Les précipitations, même importantes, n'ont pas d'incidence sur le niveau des plans d'eau. Ceci conforterait l'hypothèse que les plans d'eau constituent un affleurement de nappe.
- Le niveau moyen du vieux Rhône en basses eaux (débit réservé de 75 m³/s + débit de basses eaux de l'Ardèche ~20m³/s) correspond à la cote ~ 35,5 m NGF +/- 20cm. La médiane de l'ensemble des niveaux mesurés à la sonde n°6 pendant 1 an est de 35,65m NGF. La moyenne est de 35,85mNGF. Ceci montre que les périodes de montées d'eaux sont anecdotiques à l'échelle de l'année.
- Le débit du Rhône a dépassé le débit d'objectif du canal de Donzère-Mondragon à 3 reprises dans l'année (27/01 au 04/02, 16/04 au 20/04, 24/10 au 08/11), occasionnant une augmentation du débit et des niveaux d'eau dans le Vieux Rhône. Ces augmentations coïncident avec l'augmentation des niveaux des plans d'eau selon des valeurs seuil qui sont spécifiques pour chaque plan d'eau. Les relevés des sondes couplés à l'analyse des données LIDAR montrent les connexions suivantes avec le Vieux Rhône :
 - o Plan d'eau n°3 à partir du niveau ~36,30 m NGF (soit un débit du Vieux Rhône de ~1160m³/s à Pont Saint Esprit)
 - o Plan d'eau n°5 puis plan d'eau n°4 à partir du niveau ~36,70 m NGF (soit un débit du Vieux Rhône de ~1650m³/s à Pont Saint Esprit) ;
 - o Plan d'eau n°2 à partir du niveau ~37,10 m NGF (soit un débit du Vieux Rhône de ~1720m³/s à Pont Saint Esprit)

Une connexion entre les plans d'eau n°3 et 2 est observée à partir de ~37,90 m NGF (soit un débit du Vieux Rhône de ~2350m³/s à Pont Saint Esprit).

Ces connexions sont permises par l'intermédiaire de brèches situées dans la digue longitudinale puis par les anciens chenaux reliant les différents plans d'eau. La brèche la plus basse se situe en aval du plan d'eau n°3. Le second point bas se situe au niveau du tenon séparant le plan d'eau n°5 du plan d'eau en connexion direct avec le Rhône.

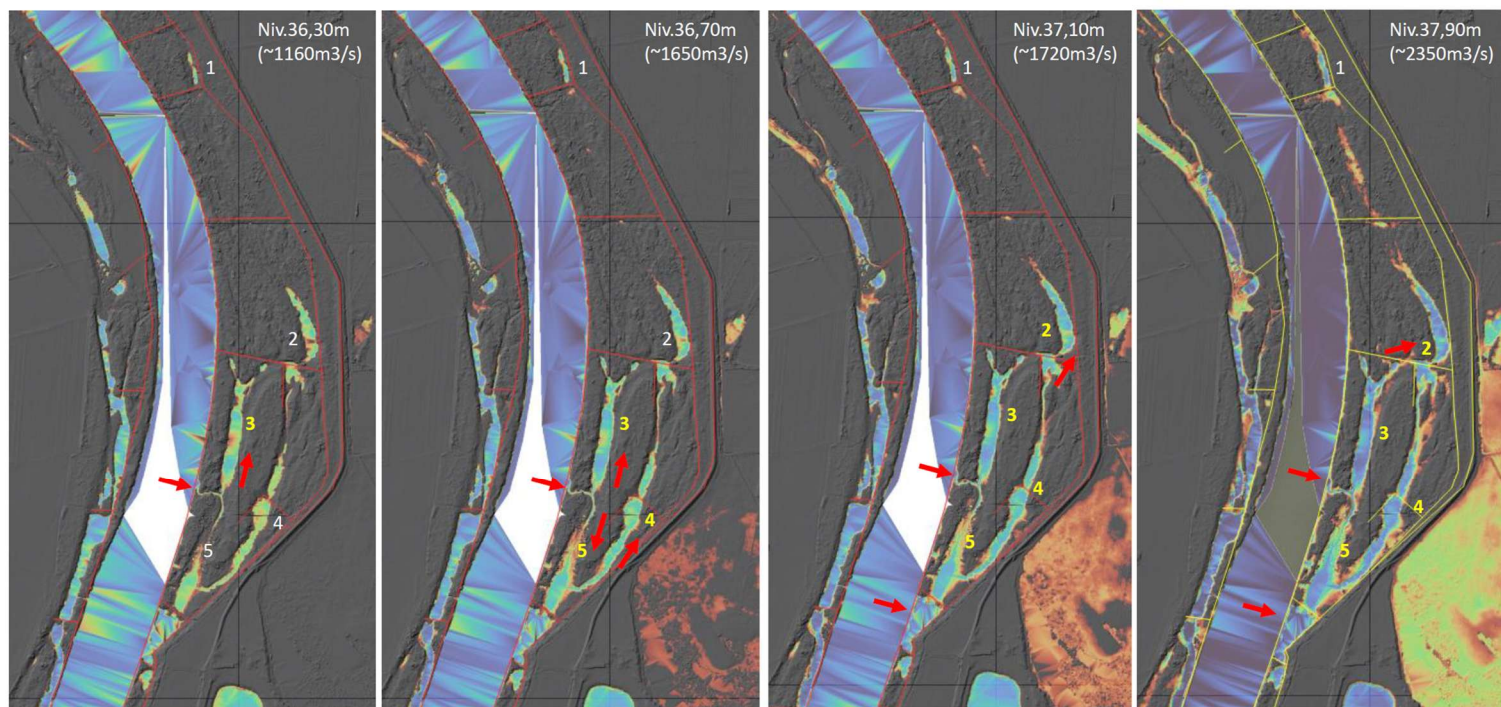


Figure 10 : Extrait des données LIDAR montrant les dépressions topographiques alimentées pour chacune des cotes de niveau d'eau permettant la connexion entre le Vieux Rhône et les différents plans d'eau (BIOTEC)

- Les hauteurs d'eau enregistrées n'ont pas permis d'observer de connexion avec le plan d'eau n°1 qui est resté isolé. Selon les données LIDAR, ce plan d'eau pourrait être alimenté par les eaux de débordement à partir d'un niveau d'eau dépassant ~39 m NGF soit un débit estimé à environ 3600m³/s (~Q5) à Pont Saint Esprit. Néanmoins, ce plan d'eau a enregistré des variations qui suivent globalement les variations des autres plans d'eau (en dehors des pics de crue débordante).
- En période de hautes eaux, le niveau des étangs est supérieur au niveau du Vieux Rhône. Inversement, en période basses eaux, le niveau des étangs dont une partie est à sec, se trouve en dessous du niveau du Vieux Rhône.
- Cinq crues de l'Ardèche non concomitantes avec une crue du Rhône, ont été observées dont une crue biennale (~1100m³/s). Dans la configuration actuelle, seule la crue biennale permet d'influencer suffisamment la ligne d'eau du Vieux Rhône pour permettre une connexion avec le plan d'eau n°3.
- Lorsqu'une crue de l'Ardèche est concomitante avec une crue du Rhône, la ligne d'eau du Vieux Rhône connaît un pic fugace, équivalent à l'onde de crue de l'Ardèche.

Pour plus de lisibilité, le présent rapport ne reprend que la synthèse des résultats. Pour plus de détails, le rapport complet des investigations est présenté en annexe.

Interprétation des données et conclusions :

- Le niveau des plans d'eau semble majoritairement influencé par la nappe du Rhône qui semble elle-même plutôt influencée par l'hydrologie du Rhône amont. Le Vieux Rhône et les plans d'eau paraissent donc relativement déconnectés d'un point de vue hydrogéologique.
- En prenant en considération les débits de crues caractéristiques du Vieux Rhône à la station de Pont Saint Esprit (Q2 : 2650m³/s, Q5 : 3880 m³/s, Q10 : 4690m³/s, Q20 : 5470 m³/s, Q50 : 6480m³/s), les deux brèches principales dans la digue longitudinale ne permettent la connexion entre le Vieux Rhône et les étangs qu'à partir d'une crue significative. Le réseau de plans d'eau aval n'est relié qu'à partir d'un débit dépassant les 2500 m³/s (~Q2) et l'ensemble du réseau incluant la partie amont, qu'à partir de Q5. Cette fréquence de connexion est trop faible pour influencer la dynamique morphologique-écologique des plans d'eau. Le fonctionnement actuel des plans d'eau a donc très peu de lien direct avec le fleuve.
- Compte tenu de la régulation des débits du Vieux Rhône sur une très grande partie de l'année, seule l'activité hydrologique de l'Ardèche permet de générer des fluctuations de niveaux plus régulières. En considérant le Vieux Rhône au débit réservé, une crue annuelle de l'ordre de 400 à 500 m³/s de l'Ardèche occasionne une variation du niveau d'eau de l'ordre de 50 à 60 cm. Pour restaurer des surfaces en marge du Vieux Rhône susceptibles d'être affectées par ces crues, il est donc nécessaire d'abaisser significativement les terrains à une cote inférieure ou égale à 36,50mNGF. Toutes les surfaces situées à une cote plus élevée, demeureront relativement perchées et donc peu soumises à la dynamique alluviale.

2.2.2 Caractérisation du massif sédimentaire

Comme évoqué, les différents aménagements du Rhône ont contribué au piégeage d'une grande quantité de sédiments dans les casiers Girardon. Dans la perspective d'opérations de restauration et notamment d'abaissement des marges du Rhône, il est indispensable de caractériser la nature des sols concernés en vue d'évaluer les possibilités de réinjection dans le Rhône et également les potentialités d'évolution morphologique des aménagements en lien avec l'activité morpho-dynamique du Rhône (érosabilité des sédiments).

Une série de sondages au pénétromètre manuel a été réalisée de manière à identifier la cote de l'ancienne terrasse du Rhône constituée par des graves grossières (supposée peu mobilisable dans le contexte hydrodynamique actuel) et ainsi évaluer l'épaisseur du remplissage des casiers Girardon constitué de sédiments plus fins. L'implantation des sondages a été réalisée selon un cadrillage régulier afin d'obtenir une bonne représentation de la géométrie du massif sédimentaire et générer un MNT du toit des graviers.

Une série de sondages à la tarière manuelle et de prélèvement d'échantillons ont ensuite permis la réalisation d'analyses en laboratoire afin de caractériser la granulométrie des sédiments fins et détecter d'éventuelles pollutions. La localisation des sondages a été déterminée en fonction de l'évolution du remplissage des casiers, étudiée d'après une analyse diachronique du site. Cette étude a permis de cibler les secteurs les plus soumis à l'atterrissement pendant la période la plus exposées aux pollution des eaux (1947-1970) et donc la plus propice à la contamination des sédiments.

Pour plus de lisibilité, le présent rapport ne reprend que la synthèse des résultats. Pour plus de détails, le rapport complet des investigations est présenté en annexe.

Résultats des sondages au pénétromètre :

Sur la zone d'étude, 55 sondages ont été réalisés. L'épaisseur moyenne est de 3,81 m avec un minimum à 0,53m et un maximum à 7,50m sans refus. De plus, 6 points n'ont pas eu de refus, à plusieurs profondeurs différentes, entre 5,5m et 7,5m, faute de longueur de tiges suffisante (cf. figure 11).

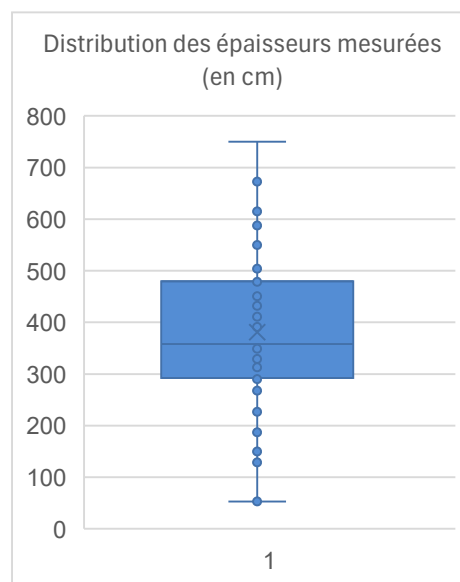
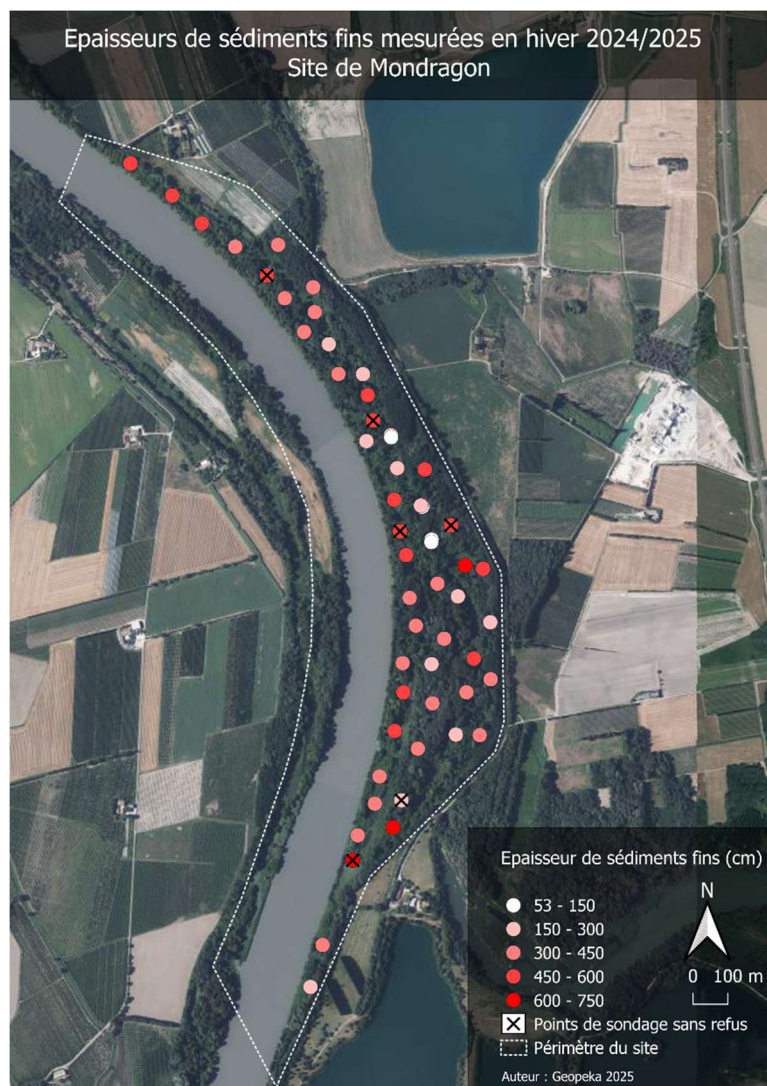


Figure 11 : Localisation des sondages au pénétromètre et des épaisseurs de sédiments fins mesurées (GEOPEKA)

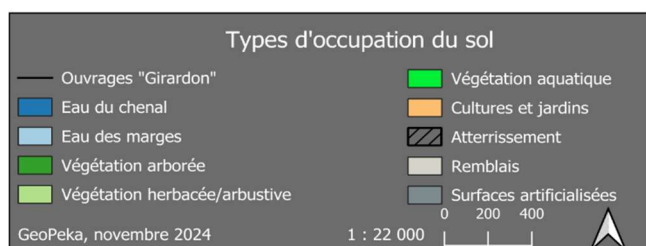
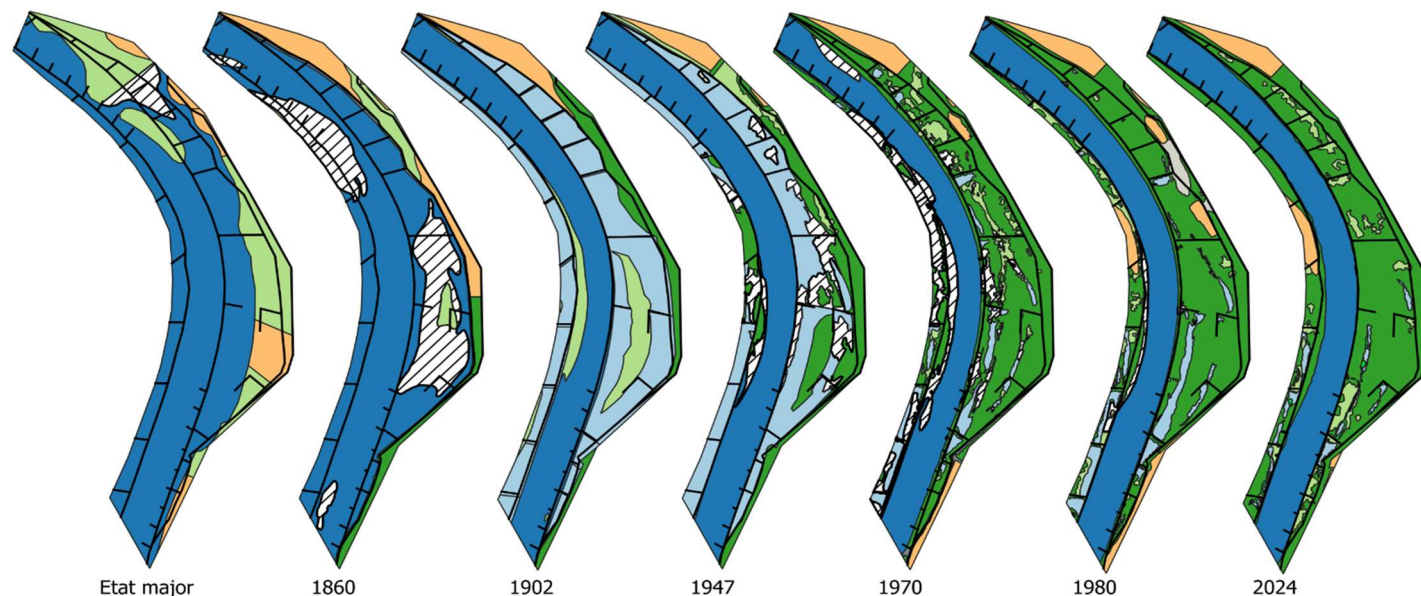
Tranches de profondeur (cm)	0-150	150-300	300-450	450-600	600-750
Nombre de points	3	11	23	13	5

L'analyse de la répartition spatiale des épaisseurs révèle :

- Des épaisseurs importantes (+500 cm) sur le casier le plus à l'amont (n°1).
- Des épaisseurs de l'ordre de 350 cm sur les casiers n°2, 3, 4 et 5, où l'atterrissement entre 1902 et 1947 avait été peu important, mais très rapide sur la période suivante.
- Des épaisseurs moyennes relativement faibles (épaisseur médiane <300 cm) sur le casier n°6 avec un dôme du toit de galets dans la partie centrale du casier, correspondant à un atterrissement précoce (1902-1947). Les mesures les plus proches du chenal, où l'atterrissement a été plus tardif présente des profondeurs plus importantes.
- Des épaisseurs importantes sur le casier n°7 (épaisseur médiane d'env. 400 cm) avec un dôme très haut du toit du galet en aval du tenon nord.
- Des épaisseurs de l'ordre de 350 cm sur le casier n°8 et 9 avec des profondeurs importantes à proximité du chenal et dans le secteur du tenon délimitant les deux casiers.
- Des épaisseurs assez faibles sur les casiers n°10 et 11 (env. 300 cm).

Résultats de l'analyse diachronique :

Sur le secteur d'étude, la période de sédimentation la plus active se situe entre 1902 et 1970. Les surfaces en eau occupent à peine 37% du site en 1970 contre 78% en 1902. Les anciennes surfaces en eau des « casiers Girardon » se comblent et sont remplacées par une végétation arbustive puis arborée. Les bois ont été multipliés par 5 depuis 1902 et représentent aujourd'hui 40% de la surface du site (cf. Figure 12).



Date	Document	Auteur géoréférencement
Etat major	Carte de l'Etat major	IGN
1860	Carte topographique du cours du Rhône, dit « Atlas de 1860 »	P.Gaydou
1902	Atlas bathymétrique	OSR / G.Raccasi
1947	Prises de vue aériennes historiques	OSR / P.Gaydou
1970	Prises de vue aériennes historiques	GeoPeka
1980	Prises de vue aériennes historiques	GeoPeka
Actuel	Orthophotoplan	IGN

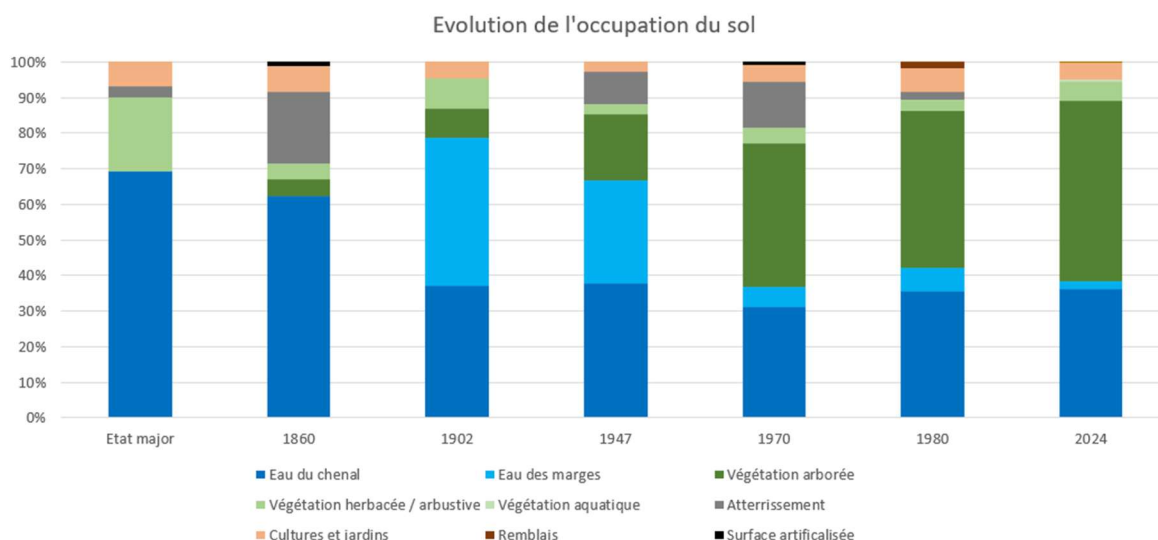


Figure 12 : Rendu cartographique de l'analyse diachronique et synthèse de l'évolution de l'occupation des sols de 1820 à 2024 (GEOPEKA)

Sur la carte d'Etat Major et l'atlas de 1860, l'occupation du sol montre un fleuve actif avec des atterrissements mobiles. En 1902, après construction des casiers, il est possible de noter la fixation d'un îlot au centre des casiers 7 et 8, mais l'ensemble de la surface reste encore en eau libre. La situation avant la mise en eau de l'aménagement de Donzère-Mondragon révèle deux phénomènes : l'atterrissement progressif de l'intérieur des casiers et le développement d'une strate arborée sur l'îlot des casiers 7 et 8 mais aussi sur les espaces périphériques aux zones en eau. La terrestrialisation du casier s'accélère nettement avec la période suivante. Entre 1970 et aujourd'hui l'occupation du sol évolue seulement à la marge avec une lente progression des boisements sur les strates basses.

L'évolution de la sédimentation entre 1947 et 1970 a permis de proposer un plan d'échantillonnage. Parmi les transects proposés, il a été décidé de retenir le plus représentatif de la période ciblée (casier 7).

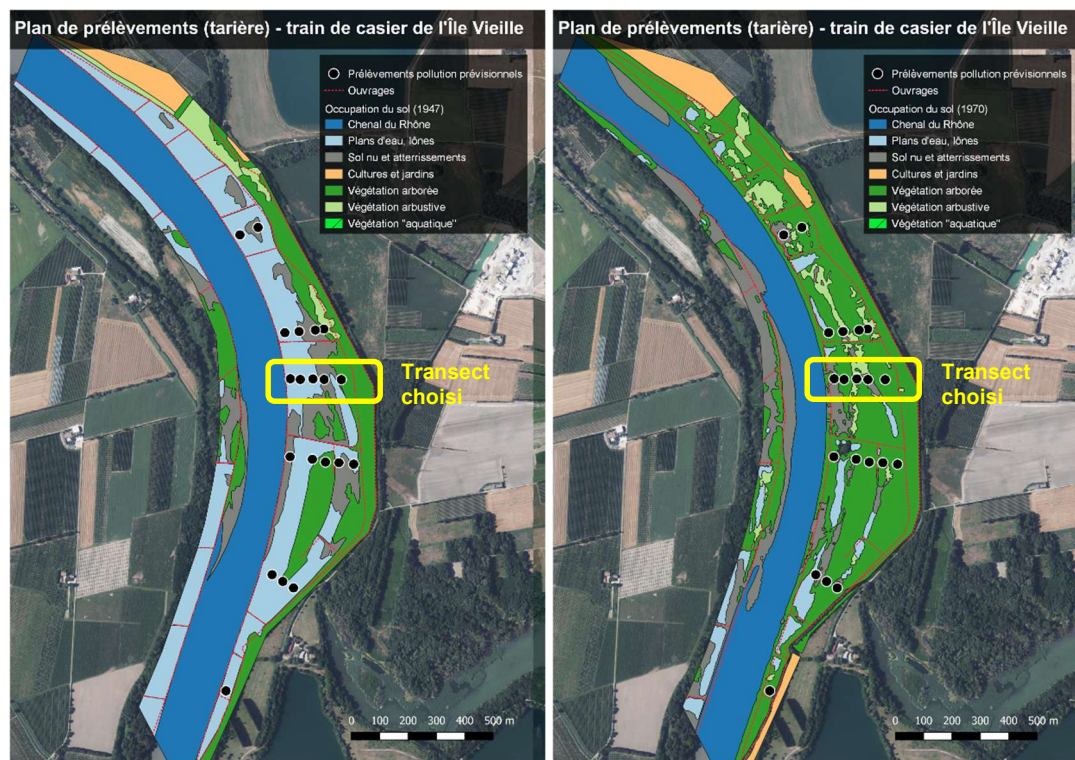


Figure 13 : Plan de prélèvement de sédiment proposé (GEOPEKA)

Résultats des sondages à la tarière :

Les prélèvements d'échantillon de sédiment ont respecté le protocole soumis par la CNR qui consiste à réaliser un double prélèvement par tranche de sol de 1m jusqu'au toit des graviers.

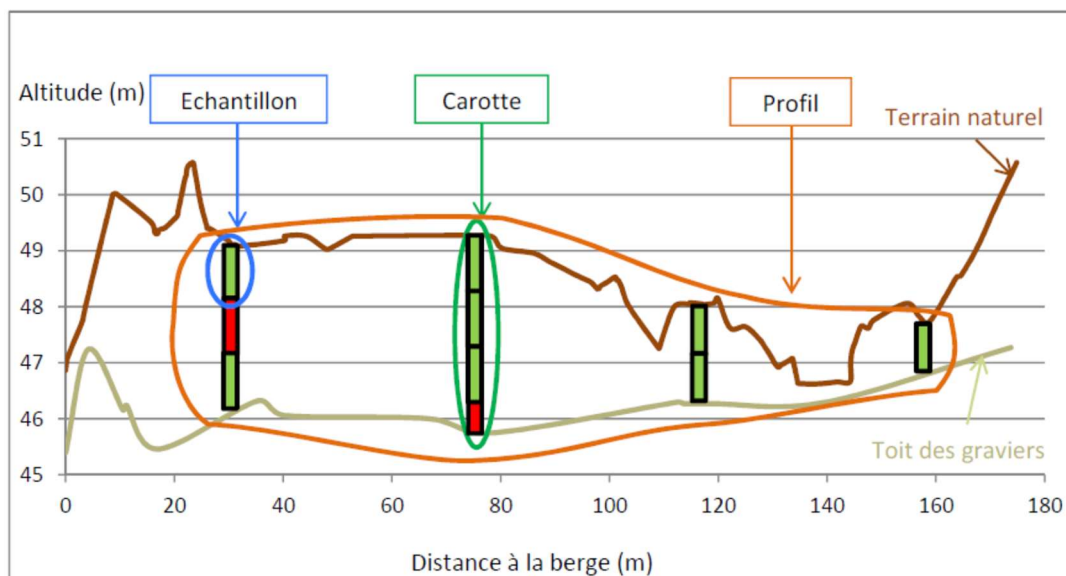


Figure 14 : Protocole d'échantillonnage utilisé (CNR)

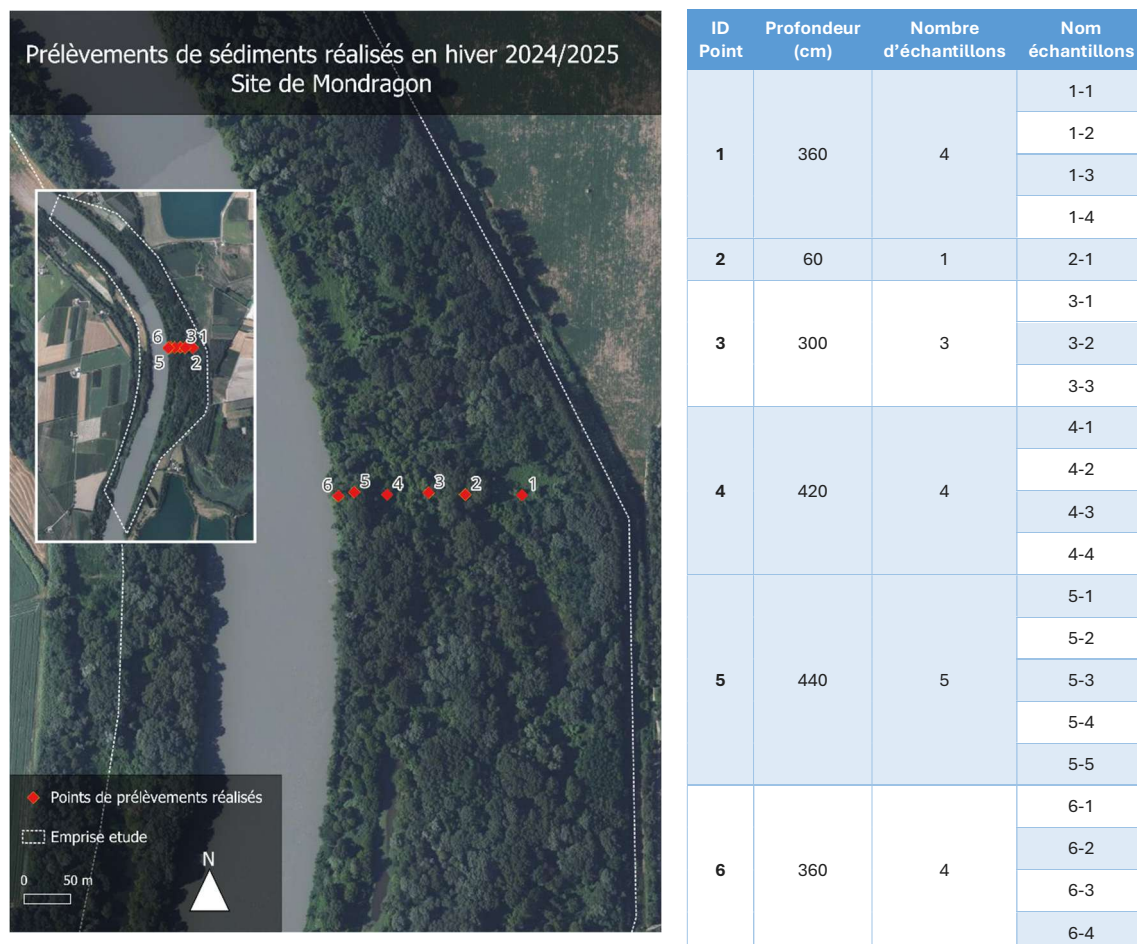


Figure 15 : Localisation du profil et des sondages. Tableau récapitulatif des prélèvements effectués par sondage et par tranche de sol (GEOPEKA)

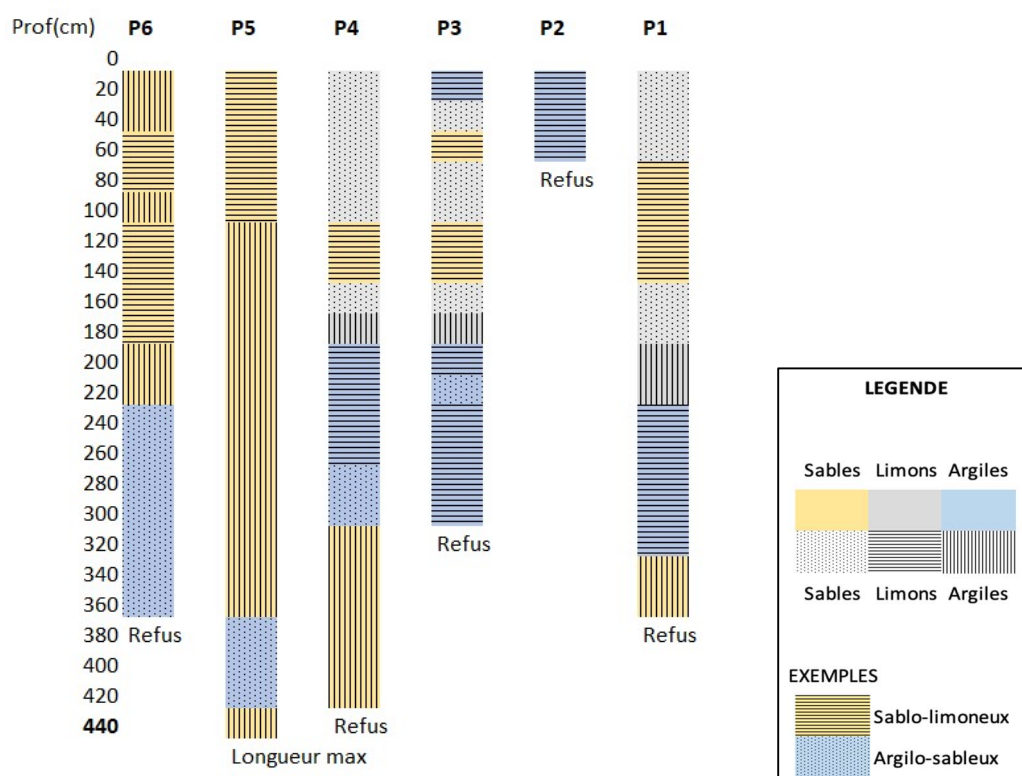


Figure 16 : Relevé des strates sédimentaires traversées lors des sondages (GEOPEKA)

Interprétation des résultats :

Les dépôts plutôt argileux du fond, qui présentent altimétriquement une limite supérieure assez homogène, correspondrait à des dépôts s'étant produit dans des conditions plutôt lentiques permettant une décantation de matière fine. Ces dépôts proviennent certainement de l'époque où les casiers étaient en eau mais isolés du chenal par la digue longitudinale (période 1902-1947 ?). Les dépôts le couvrant sont quant à eux plus grossiers, avec des passées sableuses, et correspondant possiblement à une sédimentation liée à des crues successives (dépôts de débordement) qui ont favorisé la terrestrialisation du casier dans les premières décennies de la deuxième moitié du XXe siècle. Les dépôts sableux en position sommitale et à proximité du chenal sont eux aussi des dépôts de crues, issus d'un transport en charriage gradué.

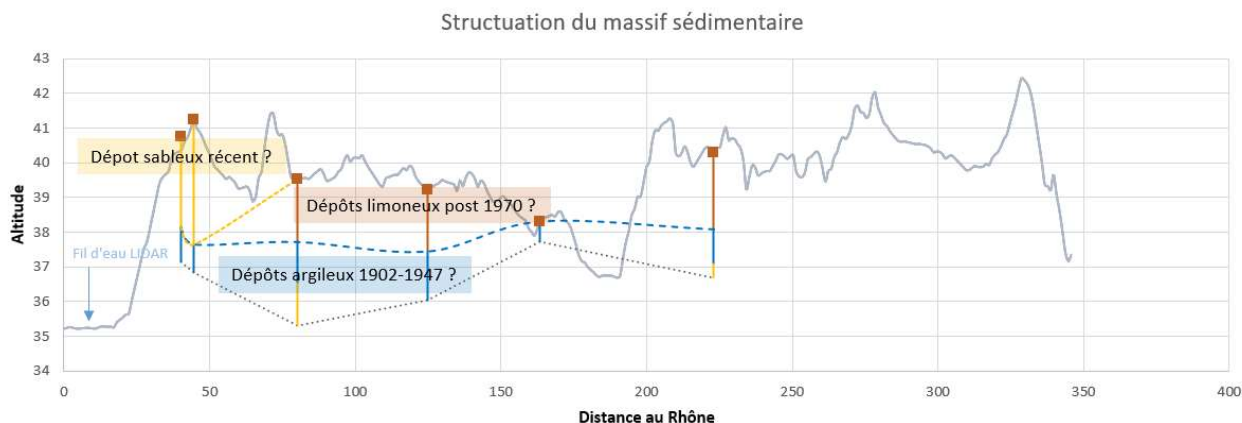


Figure 17 : Profil d'interprétation des différentes phases de sédimentation (GEOPEKA)

2.2.3 Résultat des analyses en laboratoire :

Les analyses suivantes ont été réalisées sur chacun des échantillons prélevés :

Analyses des sédiments sur matière sèche :

- Granulométrie 5 fractions
- Phosphore total
- Azote Kjeldahl
- Carbone organique total
- Perte au feu (matières organiques)
- Densité
- Métaux (Arsenic, Cadmium, Chrome, Cuivre, Mercure, Nickel, Plomb, Zinc)
- PCB totaux ($\sum$ des 7 PCB)
- HAP totaux ($\sum$ des 16 HAP)

L'interprétation des résultats est réalisée au regard des seuils définis dans la recommandation V2 de la DREAL

Les PCB, métaux et HAP permettent de calculer le Qsm (indice de contamination polymétallique).

$$Q_{sm} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{Ci}{Si}$$

Avec :
 C_i : concentration du polluant i dans le sédiment
 S_i : valeur seuil S_i du polluant i (arrêté du 9 août 2006)
 n : nombre de polluants analysés

- Si le Qsm est inférieur ou égal à 0.1, les sédiments sont considérés comme non pollués, le risque est négligeable, les matériaux peuvent être remis à l'eau sans contraintes,
- Si le Qsm est supérieur à 0.1 et inférieur ou égal à 0.5, le risque est considéré faible et la dangerosité est à vérifier par la réalisation d'un test Eco toxicologique : le *Brachionus calyciflorus*,
- Si le Qsm est supérieur à 0.5, le risque est considéré comme non négligeable, ceci impose la réalisation d'un diagnostic approfondi par la réalisation du test éco toxicologique *Brachionus calyciflorus* et d'un test de lixiviation.

Dans ce dernier cas, les analyses complémentaires concernent :

Analyses sur lixiviats :

- Arsenic Chlorures

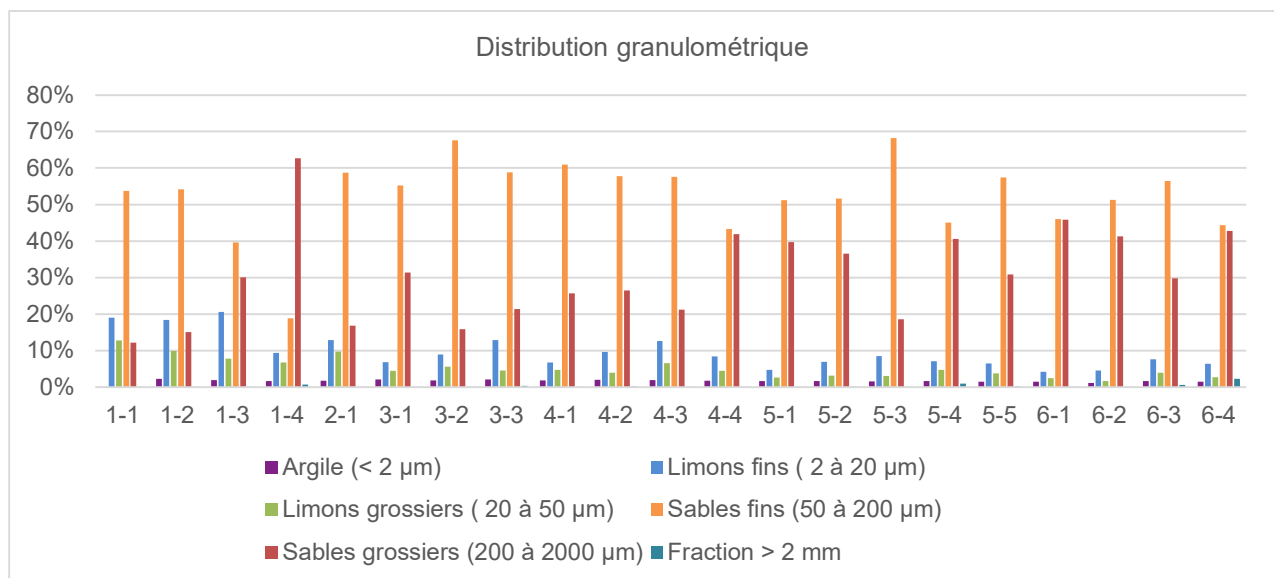
- Baryum Sulfates
- Cadmium Fluorures
- Chrome total Indice phénols
- Cuivre PCB totaux (Σ des 7 PCB_i)
- Mercure HAP totaux (Σ des 16)
- Molybdène COT sur éluât
- Nickel FS (fraction soluble)
- Plomb
- Antimoine
- Sélénium
- Zinc

Analyses des sédiments sur matières brutes/sèches :

- Hydrocarbures (C10 a C40)
- BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes)

Pour plus de lisibilité, le présent rapport ne reprend que la synthèse des résultats. Pour plus de détails, le tableau complet des analyses est présenté en annexe.

Résultats de granulométrie :



Résultats vis à vis des seuils S1 de la loi sur l'eau :

- **Métaux** : Sur l'ensemble des échantillons, seul un échantillon (C3-3) dépasse le seuil pour le Nickel. Notons que ce même échantillon montre des concentrations en métaux globalement plus élevées que les autres échantillons.
- **HAP** : RAS
- **PCB** : Aucun échantillon ne dépasse le seuil S1 de la loi sur l'eau (0.68mg/kg).

Résultats vis-à-vis des recommandations V2 pour les PCB :

- 5/6 carottes se situent entre S1 (10µg/kg) et S2 (60µg/kg)
- 1/6 carotte dépasse le seuil S2 (60µg/kg)
- La concentration moyenne à l'échelle du transect se situe entre S1 (10µg/kg) et S2 (60µg/kg)

Au vu des résultats, selon les préconisations de la DREAL dans le cadre d'une réinjection des sédiments dans le Rhône, il sera demandé une vérification d'une non-aggravation des conditions aval. Les conditions de réinjection sont fonction de la concentration en PCB présente dans la couche de surface des futurs lieux de réinjection et de sédimentation.

Résultats vis-à-vis du calcul Qsm :

- 20/21 échantillons se situent entre 0.1 et 0.5 et nécessitent donc la réalisation complémentaire d'un **Test d'écotoxicologie** (*Brachionus calyciflorus*).
- 1/21 échantillon dépasse 0.5 et nécessite donc la réalisation complémentaire d'un **Test d'écotoxicologie** (*Brachionus calyciflorus*) et d'un **Test de lixiviation**.

Résultats vis-à-vis des tests d'écotoxicologie et de lixiviation :

Les tests d'écotoxicologie et de lixiviation sont négatifs sur l'ensemble des échantillons. Les sédiments sont donc considérés comme non écotoxiques.

Conclusions et hypothèses retenues :

Au regard des taux de pollution mesurés et des seuils réglementaires pris en compte, la réinjection des sédiments dans le Rhône serait autorisée sous réserve de satisfaire aux demandes de dérogation de la DREAL (vérification de la non-aggravation des conditions aval pour les PCB).

Le remplissage sédimentaire des casiers est composé majoritairement de sable fin et grossier donc de matériaux aisément érodables et ce, sur des profondeurs généralement importantes. D'après le MNT généré à partir des sondages, la base du remplissage des casiers (base des graviers) se situerait approximativement au niveau de la ligne d'eau du Vieux Rhône dans des conditions de basses eaux (débit réservé).

Cela permet de considérer qu'en cas de retrait de la protection de berge que constitue la digue longitudinale, toute l'épaisseur du massif de sédiments fins serait exposée aux contraintes érosives dès les premières crues, sans pour autant initier un affouillement sous-fluvial ou un déplacement général du lit grâce à la présence sous-jacente de la terrasse graveleuse qui demeure peu mobilisable.

Le MNT du toit des graviers permet également de formuler une hypothèse sur le niveau d'implantation des ouvrages Girardon (digue et tenons) en considérant que ceux-ci ont été construits à la surface de l'ancienne terrasse avec une profondeur d'ancrage qui reste à identifier. Selon les retours d'expérience de la CNR sur d'autres ouvrages Girardon, l'ancrage des ouvrages est constaté sur environ 0.5 mètre de profondeur sur une largeur d'environ 12 mètres.

En considérant que les ouvrages Girardon étaient submergés dès la crue annuelle, soit pour un débit d'environ 2500m³/s avant la construction du canal de Donzère-Mondragon (référence de débit selon la station de Viviers), il est pris comme hypothèse que la cote du sommet des ouvrages pourrait correspondre approximativement au niveau de la crue bisannuelle actuelle du Vieux Rhône soit environ 2680m³/s (référence de débit selon la station de Pont Saint Esprit).

Au stade de l'étude de faisabilité, l'ensemble de ces hypothèses permet d'approximer la section moyenne des ouvrages Girardon à :

- Pour la digue longitudinale : ~ 44 m²
- Pour les tenons : ~ 27 m²

A noter que ces hypothèses demeurent très maximalistes et méritent d'être vérifiées par la réalisation de sondages spécifiques permettant de préciser la géométrie des ouvrages et notamment leur largeur en base et leur profondeur d'ancrage afin de consolider les volumes d'enrochement correspondant.

2.2.4 Bathymétrie

Des relevés bathymétriques ont été réalisés sur le Vieux Rhône et une partie des plans d'eau.

Le vieux Rhône a bénéficié d'un levé multifaisceaux permettant d'obtenir un MNT complet du fond du lit sur l'ensemble du linéaire d'étude.

Les plans d'eau n'ont pu être prospectés que partiellement en raison de l'encombrement et de l'envasement important rendant les accès et la progression des engins de mesure difficile. Plusieurs points de mesures ont néanmoins pu être relevés permettant de connaître la profondeur de la plupart des pièces d'eau.

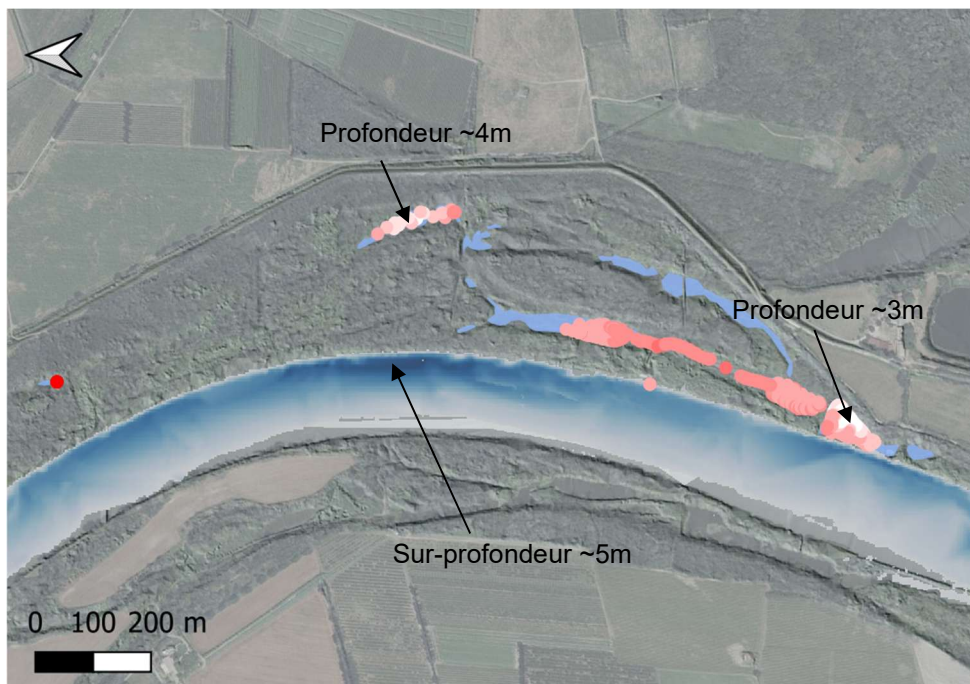


Figure 18 : Extrait cartographique des données bathymétriques acquises sur le Vieux Rhône et les plans d'eau (BIOTEC)

Les levés dans le Vieux Rhône mettent en évidence la présence d'une fosse de concavité, de profondeur importante (~5 m) sur environ 300 mètres linéaires.

Les plans d'eau non prospectés montrent des profondeurs réduites et sont à sec une partie de l'année. Seuls deux plans d'eau présentent des profondeurs plus importantes (~3 à 4 mètres en moyenne).

2.3 Synthèse des usages sur le site

Aucun aménagement pour l'accueil du public n'est présent sur le site d'étude. Cependant, le site est utilisé pour la chasse et la pêche.

Le site est bordé par la digue de Saussac à l'Est (digue insubmersible). A l'arrière de la digue, des gravières sont implantées au Nord et au Sud puis des exploitations agricoles sur le reste du linéaire.

Aucun réseau enterré ou aérien ne parcourt le site.

2.4 Analyse des données hydrauliques

En fonction des données hydrauliques disponibles à la station de Pont Saint Esprit, il est possible d'apprécier des forces tractrices sur le site au centre du site.

Les cotes des lignes d'eau des crues caractéristiques mesurées à la station de Pont saint Esprit ont été projetées sur le site en prenant considérant une pente de 0,06%.

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 :

$$D75 \text{ (cm)} = \frac{\tau}{0.8}$$

Avec :

D75 = diamètre correspondant à 75% des matériaux de diamètre inférieur sur une courbe granulométrique.
 τ = force tractrice estimée (Kg/m²)

Soit la pente de la ligne d'eau du Vieux Rhône sur le site, égale à environ 0.6 ‰, 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	75	0.0	0.0	0.0
Q ₂	2650	2.7	1.6	2.0
Q ₅	3880	4.2	2.0	2.5
Q ₁₀	4690	4.8	2.9	3.6
Q ₂₀	5470	5.5	3.3	4.1
Q ₅₀	6480	5.9	3.5	4.4

Figure 19 : Evaluation des forces tractrices et diamètre des particules mobilisables sur le site du Vieux Rhône (BIOTEC)

Cette estimation ne permet évidemment pas au concepteur de dimensionner le projet d'aménagement, mais constitue un moyen de contrôle simple de déterminer si les terrains en place sont mobilisables et quel type de végétation est susceptible de fixer les sols, 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

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, l'implantation d'un couvert herbacé permettrait "théoriquement" de stabiliser les sols, 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/obstacles susceptibles de générer des remous et des accélérations localisées.

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 n'est tenu compte que des contraintes de cisaillement de l'écoulement des eaux, alors qu'en crue, il doit exister des contraintes relativement fortes dues à la position en extérieur de méandre sur la majorité du linéaire d'étude, ce qui explique la présence de sols remaniés en aval des points durs constitués par certains tenons affleurants ou à l'arrière des brèches existantes dans la digue longitudinale.

En ce qui concerne l'évaluation du diamètre maximum des matériaux mobilisables, soit vraisemblablement 4-5 cm environ, cela confirme que les matériaux sableux constituant le massif sédimentaire seront facilement érodables en bordure du chenal principal si ceux-ci sont bien exposés aux écoulements (front d'érosion abrupt) tandis que les graviers de l'ancienne terrasse du Rhône seront difficilement mobilisables.

Cette approche très empirique ne donne que des ordres de grandeur éventuellement valables pour la partie riveraine de l'actuel chenal. Compte tenu des surfaces importantes d'expansion de crue contenues dans les casiers, de la densité de la végétation en place, de la longueur et de la structure ramifiée du réseau de

chenaux potentiellement emprunté par les eaux de crue puis de l'influence du remous hydraulique du barrage aval, il est très difficile d'estimer le comportement des eaux en crue à l'intérieur des casiers et donc de dimensionner des aménagements par le biais du seul calcul hydraulique. Il est en effet probable que la configuration des lieux soit globalement propice au ralentissement dynamique des eaux et donc à l'atterrissement, ce qui pousserait à s'orienter vers la création des bras vifs plutôt de grandes dimensions et particulièrement profonds si l'on souhaite assurer une circulation pérenne des eaux au sein des marges alluviales. Dans cette configuration et compte tenu des faibles capacités hydrodynamiques en présence, il est en revanche probable que ces chenaux restent figés et n'offrent que peu de renouvellement des formes, élément essentiel pour relancer et favoriser la diversification des milieux et l'activité morpho-écologique.

A l'inverse, si l'ouverture des chenaux reste faible pour favoriser la concentration des écoulements et la pression hydrodynamique et ainsi initier une évolution morphologique spontanée, il est possible que les matériaux ainsi transportés se redéposent rapidement en partie aval par manque d'énergie. Ceci favoriserait le comblement des chenaux et leur fermeture rapide avec le développement de la végétation, puis à terme, la déconnexion des marges alluviales.

C'est pourquoi, dans ce cas de figure, il est préconisé de privilégier une approche pragmatique basée sur l'expérimentation et l'observation qui peut également être doublée d'une approche calculatoire.

Une modélisation 2D des écoulements peut en effet s'avérer utile pour estimer les vitesses d'écoulement dans différents gabarits de chenaux et évaluer les pertes de charges susceptibles de favoriser l'atterrissement.

Evidemment, ce type d'analyse ne peut refléter parfaitement la réalité du terrain et prendre en compte ses évolutions. Cet outil doit donc être considéré comme tel, à l'appui d'une démarche d'intervention par étapes, dont chacune serait nourrie et adaptée des enseignements de la précédente pour ainsi obtenir les meilleurs gains fonctionnels et écologiques.

3 Scénario d'aménagement

3.1 Postulats

Sur la base de l'analyse des données et du diagnostic réalisé, un certain nombre de postulats d'aménagements ont pu être dégagés :

- Actuellement, le niveau des étangs semble majoritairement influencé par la nappe du Rhône. La connexion entre le Vieux Rhône et ses marges ne s'établit qu'à partir d'une crue significative (~Q2 pour la partie aval et ~Q5 pour la partie amont). Il est nécessaire d'augmenter la fréquence de connexion pour réinitier une dynamique écologique plus en lien avec le fonctionnement hydraulique du Rhône.
- Compte tenu de la régulation des débits du Vieux Rhône sur une très grande partie de l'année, seule l'activité hydrologique de l'Ardèche permet de générer des fluctuations de niveaux plus régulières et nécessaires à la dynamique des habitats de grèves.
- Les valeurs de forces tractrices estimées du Rhône en crue sont limitées. Pour favoriser la biodiversité et proposer un site dynamique d'un point de vue des crues, il faut agir plutôt activement lors de la réalisation des travaux, avec la proposition de falaises verticales, de déflecteurs/obstacles susceptibles de générer des remous et des accélérations localisées.
- Le remplissage sédimentaire des casiers est composé majoritairement de sable fin et grossier donc de matériaux aisément érodables. Le toit des graviers implantés approximativement sur le niveau moyen du Rhône demeure néanmoins peu érodable et limite les possibilités de déplacement généralisé du lit vif en extérieur de méandre.
- Il est très difficile d'estimer le comportement des eaux en crue à l'intérieur des casiers et donc de dimensionner des aménagements par le biais du seul calcul hydraulique. Il convient ainsi de rester humble dans les choix de dimensionnement des aménagements et de procéder par une démarche itérative pour partie expérimentale.
- En dehors des emprises de terrassement, il est important de préserver les boisements matures existants sur l'emprise des casiers et limiter les perturbations pour éviter la progression des espèces exotiques envahissantes.
- Dans une optique de développement durable et compte tenu de la non-pollution des substrats existants (analyses CNR), les surplus de déblais peuvent être réinjectés dans le Rhône, au droit du site en tant que recharge alluviale du fleuve (sous réserve de l'avis de la DREAL et des résultats des études hydrauliques nécessaires pour évaluer la capacité du Rhône à reprendre ces matériaux).

3.2 Propositions d'actions

A partir de ces postulats, il est proposé un scénario d'aménagement composé d'une série d'actions en lien avec les objectifs de restauration morpho-écologiques défendus. L'ensemble des mesures décrites sont retranscrites sur le plan de situation et les profils en travers n°1 à n°10 accompagnant la présente note (doc. n°24.056-ETU-02 et n°24.056-ETU-03).

3.2.1 Retrouver une dynamique latérale

⇒ **Suppression de la digue longitudinale, amorce de fronts d'érosion**

La suppression de la digue longitudinale en enrochement, permettra de réactiver l'érosion latérale qui est ici favorisée par la situation en extérieur de méandre et par la nature sableuse des matériaux contenus dans les casiers.

Pour maximiser le travail du fleuve et la diversification des marges, il est proposé la réalisation de **fronts d'érosion subverticaux** en partie centrale du site (la plus exposée aux forces hydrauliques) et l'**amorce d'encoches d'érosion** sous la forme de festons offrant une confrontation encore plus directe avec les écoulements.

La digue en enrochement peut être supprimée sur l'ensemble du linéaire d'étude à l'exception des extrémités amont et aval au niveau du premier et du dernier casier, sur respectivement environ 300m et 100m afin d'éviter la déstabilisation de la berge et l'exposition des enjeux adjacents (terres agricoles).

3.2.2 Redynamiser les étangs, réhydrater les milieux humides, faciliter la circulation des eaux, réalimenter les annexes hydrauliques

- ⇒ **Suppression des tenons, création d'amorce de chenaux secondaires (d'alimentation permanente), creusement d'un fossé aisément érodable assurant la continuité hydraulique dans les lônes**

Après suppression de la digue longitudinale, la pénétration des eaux à l'intérieur des casiers reste freinée par la présence de tenons perpendiculaires aux écoulements, l'atterrissement des anciens chenaux de crue et la végétation s'y développant.

Pour permettre à l'eau de cheminer à nouveau au sein des marges alluviales et ainsi réactiver le façonnement de bras secondaires, de nouveaux milieux humides et réalimenter les anciennes annexes hydrauliques encore présentes, il est proposé :

- **La création de larges amorces de bras vif** en connexion directe avec le chenal du Vieux Rhône et orientées dans l'axe des écoulements principaux. Ces bras seront abaissés sous le niveau de basses eaux du Rhône de manière à rester en eau en permanence. Ils sont implantés dans la continuité des chenaux secondaires existants ou réouverts dans le cadre du projet pour favoriser leur alimentation.
- **La suppression des tenons** sur l'ensemble de leurs linéaires. Les vides laissés par le démontage et l'évacuation des ouvrages ne sont pas remblayés de manière à restaurer la continuité des anciens chenaux les recoupant et à créer autant de points bas supplémentaires susceptibles d'être empruntés par les eaux de crue. Les ancrages amont de chaque tenon au niveau du perré de Saussac sont conservés pour maintenir l'intégrité de l'ouvrage et prévenir des risques d'affouillement en cas de formation d'un chenal de crue au plus proche du perré.
- **La réouverture d'un chenal de crue** parcourant les casiers d'amont en aval et rejoignant le réseau de plans d'eau les plus en marge du Rhône pour favoriser leur connexion. Comme déjà évoqué, pour offrir le meilleur gain morpho-écologique et fonctionnel, le dimensionnement de ce chenal secondaire doit permettre un façonnement et un remaniement régulier par les eaux de crue. En première approche, la dimension et la cote de fond retenue pour la réouverture du chenal sont basées sur les caractéristiques des chenaux actifs existants entre les lônes, à savoir un profil en « V » plus ou moins évasé de ~20m de large et un fond calé à la cote ~35mNGF +/- 20cm. La géométrie du chenal pourra être affinée par la réalisation d'une modélisation hydraulique mettant en évidence d'éventuelles pertes de charges potentiellement préjudiciables à la pérennité de la section d'écoulement.

3.2.3 Diversifier les conditions d'implantation des végétaux, réinitialiser les milieux

- ⇒ **Création de risbermes aisément submersibles, plantations de pieux et boutures de saules pour relance de la dynamique végétale et création de points de fixation isolés (diversification physique), cote non favorable aux EEE.**

La diversification des milieux alluviaux est permise par la diversification des formes mais également par la diversification des modalités d'alimentation en eau. L'abaissement significatif des terrains aux abords du chenal d'écoulement principal permettra la restauration d'espaces alluviaux en lien avec les fluctuations les plus fréquentes du Rhône qui restent désormais majoritairement influencées par les crues de l'Ardèche contrairement aux étangs contenus dans les casiers qui eux, restent influencés par les crues du Rhône moins fréquentes.

Le terrassement de larges risbermes aisément submersibles implantées à une cote proche du niveau moyen annuel du Rhône et en bordure du chenal principal, permettra de créer des espaces de grèves propices à l'implantation de formations pionnières (saulaie, mégaphorbiaie, roselière) et des espaces de transition avec les formations en arrière-berge (boisement plus mature ou annexes hydrauliques).

La recolonisation végétale de ces espaces sera assurée par l'implantation spontanée d'espèces véhiculées naturellement par le Rhône. Il est néanmoins proposé d'aider à la relance des dynamiques, par la plantation de spots de boutures et de pieux de salicacées. Ces massifs disséminés auront pour avantage de créer quelques points d'accroches capables de fixer ponctuellement les sédiments et de générer un microrelief favorable à la diversification des conditions d'implantation des végétaux.

Les surfaces régulièrement inondées et balayées par les courants sont peu propices à l'installation des espèces exotiques présentes sur le site (renouée asiatique, jussie, amorpha, negundo) et constituent un moyen d'éradication efficace pour les emprises actuellement colonisées.

3.2.4 Action passive de diversification des milieux, guider/augmenter l'activité morpho-dynamique du Rhône

- ⇒ **Abandon du bois mort issu des travaux forestiers dans les bras vifs et les chenaux, enchevêtrement de troncs ancrés sur risbermes**

Les divers retours d'expériences en termes de restauration morpho-écologique sur grand cours d'eau démontrent que les formes générées par le cours d'eau lui-même grâce à ses actions morpho-dynamiques sont sources de bien meilleures plus-values écologiques et fonctionnelles que les formes créées par la main de l'Homme même diversifiées qui restent souvent figées. C'est pourquoi, dans un contexte de cours d'eau privé d'une énorme partie de sa puissance, il est préconisé l'emploi de mesures passives pour augmenter sa capacité à modifier ses formes et rajeunir ses milieux. Pour ce faire, il est proposé de réutiliser avantageusement les produits du déboisement nécessaire à la libération des emprises de terrassement sous la forme d'enchevêtrements placés sur le parcours de l'eau. Ces structures composées d'arbres entiers et de souches, pourront être solidement ancrées dans le sol lorsqu'elles se situent en confrontation directe avec les écoulements en bordure du chenal principal ou simplement échouées ou mises en travers des bras vifs et chenaux de crue.

3.2.5 Lutte contre les EEE

- ⇒ **Eradication des foyers de renouées asiatiques et de Jussie**

La plupart des espèces exotiques envahissantes (renouées asiatiques, robinier, amorpha, asters américains, etc.) se concentrent principalement dans les secteurs ayant subi des perturbations importantes liées à d'anciennes pratiques de curage et/ou d'entretien (dévégétalisation), notamment aux abords des plans d'eau aval. La majorité de ces secteurs est comprise dans l'emprise des terrassements réalisés dans le cadre des aménagements.

Préalablement aux opérations de terrassement, l'ensemble des parties aériennes des espèces concernées sont fauchées/coupées et broyées finement pour neutraliser tout risque de multiplication végétative. Les organes souterrains seront soit retirés du sol par dessouchage dans le cas des espèces ligneuses soit par purge des matériaux contenant des rhizomes et résidus de racines puis par un broyage desdits matériaux.

Concernant la Jussie qui colonise une grande partie des plans d'eau actuels, il existe peu de moyens de lutte hormis la fauche régulière et l'exportation. Le moyen le plus efficace pour limiter son expansion reste la modification de ses conditions d'installation et notamment, l'ombrage, les variations fréquentes et importantes du niveau des eaux associées à des vitesses d'écoulement relativement soutenues. Dans le contexte actuel du Rhône et ses marges (dynamique réduite), il est peu probable de parvenir à ce niveau de modification de conditions et donc à éradiquer cette espèce. Il serait néanmoins possible de limiter son expansion par la mise en place de mesure de gestion rigoureuse sur certains plans d'eau si tant est que ceux-ci restent faciles d'accès et de taille modérée.

Concernant les secteurs hors zone de terrassement, il est préconisé la gestion ciblée du robinier et de l'érable négundo par des actions de cerclage/écorçage régulières.

3.3 Programmation

Comme énoncé, compte tenu des incertitudes liées à la dynamique des écoulements en période de crue (vitesses, forces tractrices, puissance spécifique), aux réponses morpho-dynamiques associées et aux tendances d'évolutions attendues, il est proposé de décliner le projet sous la forme d'un programme composé de 4 étapes successives, entre-coupées de périodes d'observation et de relevés permettant d'identifier les atouts des différents aménagements réalisés et les éventuelles améliorations/adaptations à apporter. Selon la durée de suivi qui pourra être adaptée en fonction des événements hydrologiques subis et des évolutions constatées, les enseignements ainsi acquis permettront d'intégrer les interventions correctives aux étapes suivantes et de bénéficier d'une réelle démarche adaptative, source de plus-values fonctionnelles.

La hiérarchisation des étapes successives a été guidée par les priorités et critères suivants :

- Proximité du chenal principal et des impacts liés aux variations du niveau d'eau et des crues ;
- Eloignement des enjeux existants (digue et perré de Saussac) pour le décroisement des casiers ;
- Niveau de perturbation du milieu et de colonisation par les espèces exotiques envahissantes ;
- Sectorisation des interventions et rationalisation des volumes de terrassement en vue des opérations de réinjection dans le Rhône ;
- Montant financier prévisionnel ;

Pour mener à bien ce programme d'intervention, il sera nécessaire de prévoir un certain nombre d'études complémentaires et de missions dont les principales sont :

- La réalisation de sondages complémentaires pour caractériser la géométrie des ouvrages Girardon et affiner le volume d'enrochement extrait ;
- Le dimensionnement des aménagements à un niveau AVP et la réalisation d'une modélisation hydraulique 2D prenant en compte non seulement les événements caractéristiques de crue liés au Rhône mais également les crues de l'Ardèche non concomitantes.
- La réalisation d'une étude faune-flore 4 saisons sur l'ensemble du secteur d'étude ;
- La réalisation d'une étude de cas par cas permettant de statuer sur la procédure réglementaire à suivre ;
- La réalisation d'un dossier réglementaire chapeau intégrant l'ensemble du programme ;
- La réalisation d'un dossier réglementaire spécifique par étape d'intervention intégrant éventuellement les mesures correctives des étapes précédentes ;
- La réalisation d'une mission de maîtrise d'œuvre (PRO/ACT/DET/AOR) par étape de travaux ;
- La mise en place de mesures de suivis hydrologiques, morphologiques et écologiques après chaque étape de travaux et rédaction d'un rapport de diagnostic.
- La mise en place de mesures de suivi en fin de programme sur plusieurs années.

En considérant les différents délais d'études et d'instruction réglementaire, le planning d'intervention pourrait se décliner comme suit :

Programme d'intervention	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Sondages complémentaires											
Inventaires faune/flore 4 saisons											
Mission AVP et modélisation hydraulique											
Etude de cas par cas			R								
Dossier réglementaire chapeau			R	R	R	R					
ETAPE 1 - Mission MOE				PRO							
ETAPE 1 : Dossier réglementaire				R	R	R	R				
ETAPE 1 : Travaux					X	X	X	X			
ETAPE 1 : suivi post travaux											
ETAPE 2 - Mission MOE						PRO					
ETAPE 2 : Dossier réglementaire						R	R	R	R		
ETAPE 2 : Travaux							X	X	X	X	
ETAPE 2 : suivi post travaux											
ETAPE 3 - Mission MOE								PRO			
ETAPE 3 : Dossier réglementaire								R	R	R	R
ETAPE 3 : Travaux									X	X	X
ETAPE 3 : suivi post travaux											
ETAPE 4 - Mission MOE										PRO	
ETAPE 4 : Dossier réglementaire										R	R
ETAPE 4 : Travaux											X
Suivi post travaux (durée fixée par les services de l'Etat)											X

PRO : Elaboration du dossier de Projet

R : Temps dédié à la rédaction des dossiers réglementaire et à leur instruction

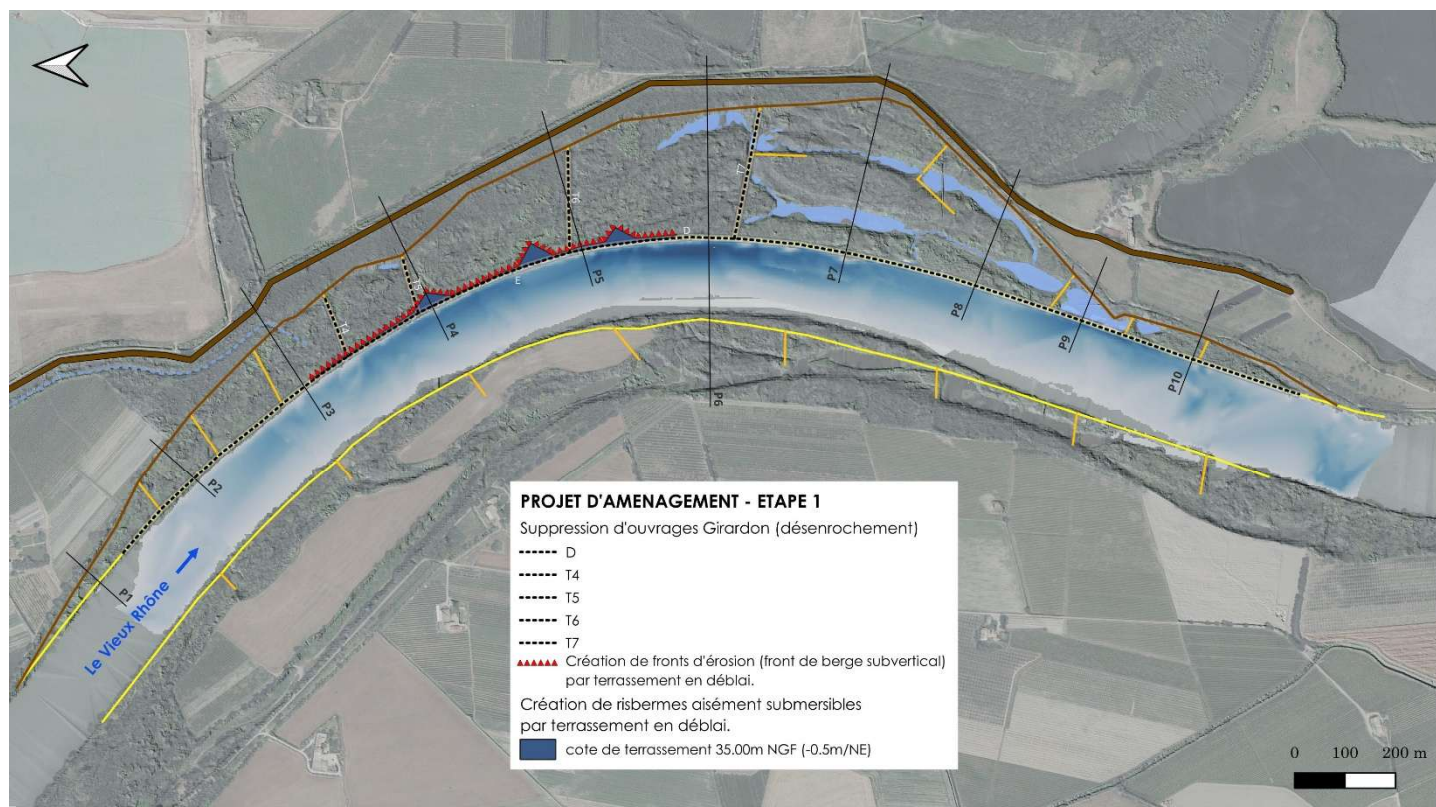
X : Temps dédié à la réalisation des travaux

Figure 20 : Planning prévisionnel de mise en œuvre du programme de travaux

Ce planning se base sur des hypothèses assez optimistes concernant les durées de travaux et d'instruction réglementaire. Il ne prend pas en compte les aléas susceptibles d'intervenir en cours de réalisation et qui pourraient occasionner des délais supplémentaires, à savoir :

- Le risque de crue pendant les chantiers et d'interruption des travaux pouvant décaler l'intervention sur l'année suivante.
- La durée de validité des inventaires faune-flore et l'installation éventuelle d'espèces protégées sur l'emprise des travaux.
- L'absence d'événements hydrologiques significatifs entre deux phases de travaux et le décalage des mesures correctives dans le temps.

3.3.1 Etape 1



RESTAURATION DES MARGES ALLUVIALES DU RHÔNE SUR LE SITE DES CASIERS DE L'ILE VIEILLE

Plan de situation

Figure 21 : Localisation des travaux liés à l'étape 1 (BIOTEC)

Cette première étape d'intervention concerne la suppression de la digue longitudinale (D), la création de fronts et d'encoches d'érosion puis la suppression des tenons présents dans l'axe des fronts d'érosions (T4, T5, T6 et T7).

Il est considéré que :

- L'ensemble des surfaces de terrassement sont préalablement défrichées ;
- Les foyers d'espèces invasives comprises dans l'emprise des terrassements sont traités ;
- L'ensemble des volumes d'enrochements démontés sont évacués et valorisés ;
- L'ensemble des déblais meubles sont réinjectés au Rhône.

Digue D	2 575 m
Tenon T4, T5, T6, T7	730 m
Encoches érosion E1, E2, E3	3 900 m ²

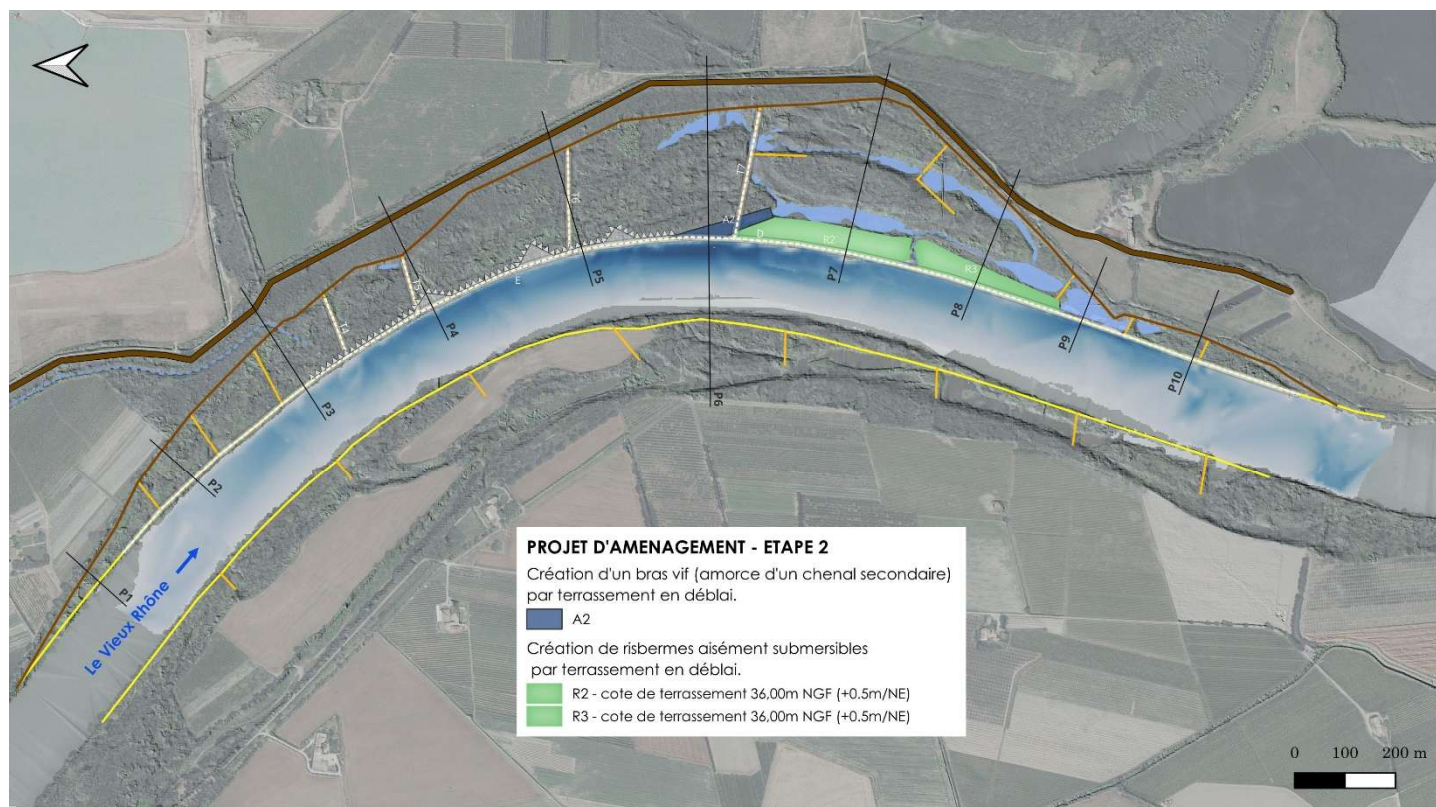
Déblai d'enrochement	135 200 m ³
Déblai de sédiments meubles	19 500 m ³
Déboisement	70 000 m ²
Traitement espèces invasives	370 m ²

Figure 22 : Principales dimensions et volumes de travaux liés à l'étape 1

PS : A ce stade, le volume d'enrochement ne prend pas en compte la séparation de la matrice fine qu'il contient. Le tri des blocs au godet squelette permet en effet de réduire le volume d'enrochement brut à exporter et de séparer la fraction fine qui s'ajoute au déblai de sédiments meubles réinjectés au Rhône.

Le calcul des surfaces contaminées par les espèces exotiques a été réalisé selon un ratio représentatif du niveau de colonisation constaté lors des relevés de terrain (ici 5 et 2% de surface colonisées). Ces surfaces seront à affiner avec la réalisation de relevés plus fins et spécifiques.

3.3.2 Etape 2



RESTAURATION DES MARGES ALLUVIALES DU RHÔNE SUR LE SITE DES CASIERS DE L'ILE VIEILLE

Plan de situation

Figure 23 : Localisation des travaux liés à l'étape 2 (BIOTEC)

Cette deuxième étape d'intervention concerne la création d'une amorce de chenal secondaire (A2) connectée aux plans d'eau aval et la création de deux risberme basses (R2 et R3) en bordure entrecoupée de la brèche existante. Ces travaux comprennent également la mise en place de structures de diversification implantées sur l'emprise des risbermes (enchevêtrements de troncs ancrés).

Il est considéré que :

- L'ensemble des surfaces de terrassement sont préalablement défrichées ;
- Les foyers d'espèces invasives comprises dans l'emprise des terrassements sont traités ;
- L'ensemble des déblais meubles sont réinjectés au Rhône.

Risberme R2	16 130 m ²
Risberme R3	11 660 m ²
Bras vif A2	4 225 m ²

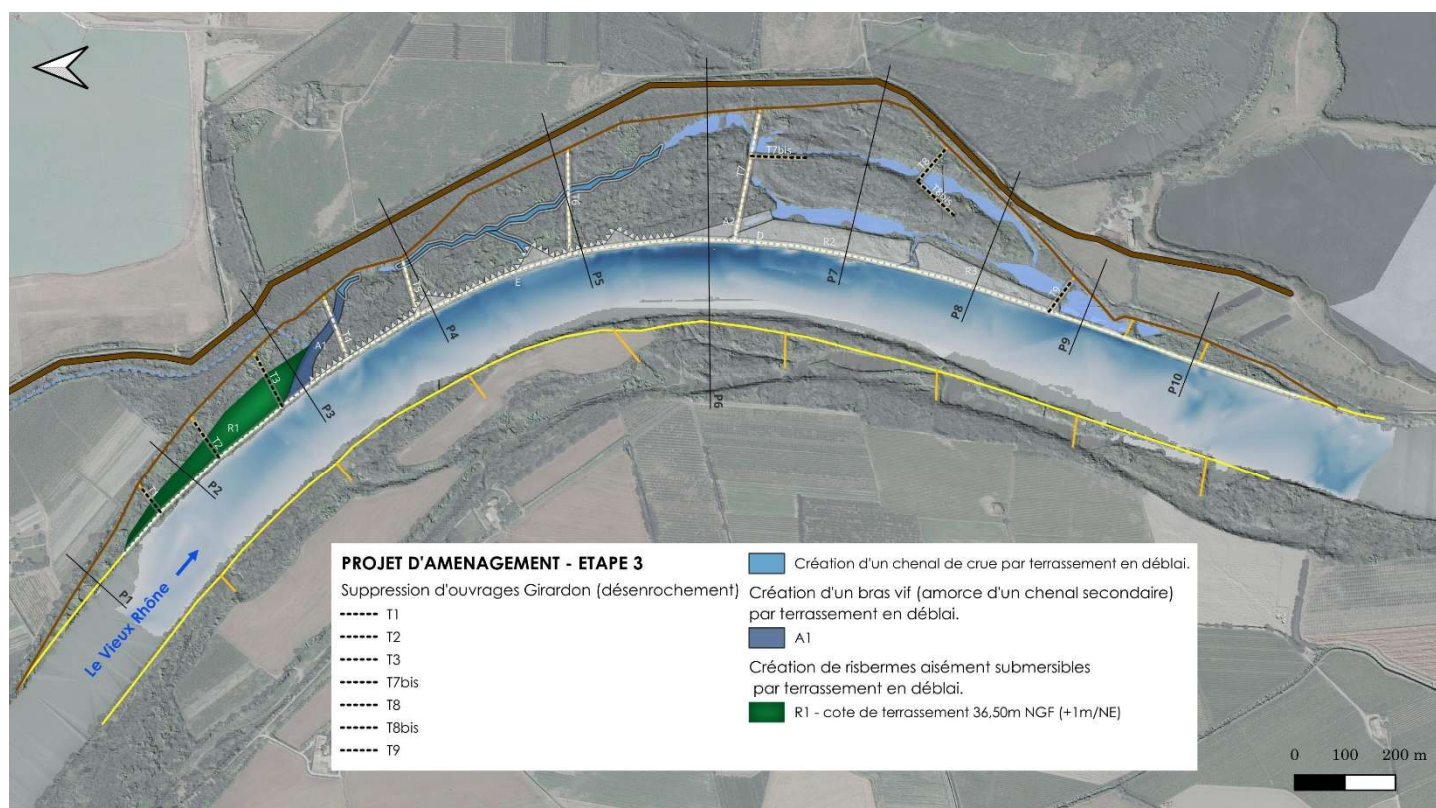
Déblai de sédiments meubles	100 100 m ³
Déboisement	32 100 m ²
Traitement espèces invasives	7 600 m ²

Figure 24 : Principales dimensions et volumes de travaux liés à l'étape 2

Ces volumes ne prennent pas en compte les éventuelles reprises/adaptations liées à l'étape 1.

PS : Le calcul des surfaces contaminées par les espèces exotiques a été réalisé selon un ratio représentatif du niveau de colonisation constaté lors des relevés de terrain (ici 50 et 10% de surfaces colonisées). Ces surfaces seront à affiner avec la réalisation de relevés plus fins et spécifiques.

3.3.3 Etape 3



RESTAURATION DES MARGES ALLUVIALES DU RHÔNE SUR LE SITE DES CASIERS DE L'ÎLE VIEILLE

Plan de situation

Figure 25 : Localisation des travaux liés à l'étape 3 (BIOTEC)

Cette troisième étape d'intervention concerne la création d'une risberme basse (R1), d'une amorce de chenal secondaire (A1) en partie amont du site. Cette entrée d'eau est poursuivie par la réouverture d'un chenal de crue progressant au sein des casiers jusqu'aux plans d'eau aval situés en marge du Rhône. Il est également prévu la suppression des tenons interceptés par ces aménagements et le chemin des écoulements (T1, T2, T3, T7, T7bis, T8, T8bis, T9). Ces travaux comprennent également la mise en place de structures de diversification implantées sur l'emprise de la risberme (enchevêtrements de troncs ancrés) et du chenal secondaires (arbres et souches) puis la plantation de massifs de pieux et boutures de salicacées.

Il est considéré que :

- L'ensemble des surfaces de terrassement sont préalablement défrichées ;
- Les foyers d'espèces invasives comprises dans l'emprise des terrassements sont traités ;
- L'ensemble des volumes d'enrochements démontés sont évacués et valorisés ;
- L'ensemble des déblais meubles sont réinjectés au Rhône.

Risberme R1	22 170 m ²
Bras vif A1	5 315 m ²
Chenal de crue	600 m
Tenons T1, T2, T3, T7, T7bis, T8, T8bis, T9	947 m

Déblai d'enrochement	20 500 m ³
Déblai de sédiments meubles	152 000 m ³
Déboisement	53 200 m ²
Traitement espèces invasives	1 800 m ²

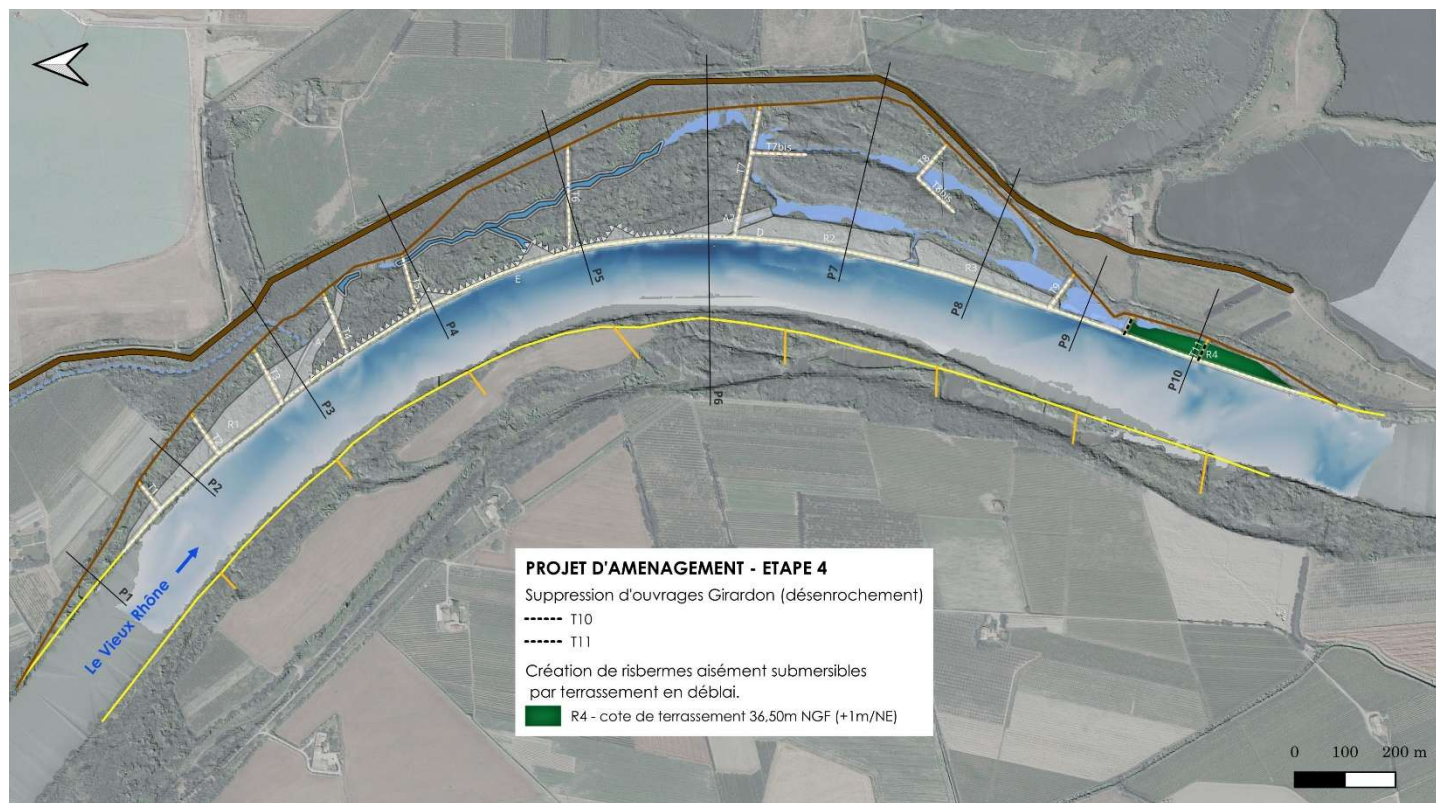
Figure 26 : Principaux postes de travaux liés à l'étape 3

Ces volumes ne prennent pas en compte les éventuelles reprises/adaptations liées aux étapes 1 et 2.

PS : A ce stade, le volume d'enrochement ne prend pas en compte la séparation de la matrice fine qu'il contient. Le tri des blocs au godet squelette permet en effet de réduire le volume d'enrochement brut à exporter et de séparer la fraction fine qui s'ajoute au déblai de sédiments meubles réinjectés au Rhône.

Le calcul des surfaces contaminées par les espèces exotiques a été réalisé selon un ratio représentatif du niveau de colonisation constaté lors des relevés de terrain (ici 2 et 5% de surfaces colonisées). Ces surfaces seront à affiner avec la réalisation de relevés plus fins et spécifiques.

3.3.4 Etape 4



RESTAURATION DES MARGES ALLUVIALES DU RHÔNE SUR LE SITE DES CASIERS DE L'ILE VIEILLE

Plan de situation

Figure 27 : Localisation des travaux liés à l'étape 4 (BIOTEC)

Cette quatrième et dernière étape d'intervention concerne la création d'une risberme basse (R4) en partie aval du site et la suppression des deux derniers tenons (T10 et T11). Ces travaux comprennent également la mise en place de structures de diversification implantées sur l'emprise de la risberme (enchevêtrements de troncs ancrés) puis la plantation de massifs de pieux et boutures de salicacées.

Il est considéré que :

- L'ensemble des surfaces de terrassement sont préalablement défrichées ;
- Les foyers d'espèces invasives comprises dans l'emprise des terrassements sont traités ;
- L'ensemble des volumes d'enrochements démontés sont évacués et valorisés ;
- L'ensemble des déblais meubles sont réinjectés au Rhône.

Risberme R4	10 335 m ²
Tenons T10, T11	95 m

Déblai d'enrochement	2 900 m ³
Déblai de sédiments meubles	39 300 m ³
Déboisement	12 300 m ²
Traitement espèces invasives	3 200 m ²

Figure 28 : Principaux postes de travaux liés à l'étape 4

Ces volumes ne prennent pas en compte les éventuelles reprises/adaptations liées aux étapes 1, 2 et 3.

PS : A ce stade, le volume d'enrochement ne prend pas en compte la séparation de la matrice fine qu'il contient. Le tri des blocs au godet squelette permet en effet de réduire le volume d'enrochement brut à exporter et de séparer la fraction fine qui s'ajoute au déblai de sédiments meubles réinjectés au Rhône.

Le calcul des surfaces contaminées par les espèces exotiques a été réalisé selon un ratio représentatif du niveau de colonisation constaté lors des relevés de terrain (ici 30 et 2% de surfaces colonisées). Ces surfaces seront à affiner avec la réalisation de relevés plus fins et spécifiques.

3.4 Estimation des coûts

L'estimation des coûts liée à l'ensemble des travaux définis au stade de l'étude de faisabilité est évaluée à **environ 4'112'000 euros HT (reste à affiner en concertation avec la CNR)** et qui peuvent être divisés selon les 4 étapes susmentionnées :

-	Etape 1 :	~1'200'000 € HT
-	Etape 2 :	~920'000 € HT
-	Etape 3 :	~1'521'000€ HT
-	Etape 4 :	~473'000€ HT

Ces montants ne prennent pas en compte les éventuelles reprises/adaptations liées aux étapes 1, 2 et 3, ni les aléas/risques susceptibles d'intervenir en cours de chantier (risques de crue, allongement des délais de travaux, aléas liés aux incertitudes sur les volumes et types de matériaux terrassés, etc.) ni les éventuelles mesures ERC qui pourraient être nécessaires.

Le détail de l'estimation des coûts par étape de travaux est fourni en annexe.

Les montants et prix unitaires utilisés résultent de divers chantiers menés par la CNR sur les marges du Rhône ces dernières années. Les prix sont donc réalistes mais les postes de travaux devront être détaillés plus finement lors des phases d'étude ultérieures notamment vis-à-vis d'éventuelles contraintes d'accès supplémentaires ou modalités de réalisation particulières notamment liées à l'exécution d'éventuels terrassements sous l'eau (démontage de la digue) ou liées aux techniques de réinjection dans le Rhône (voie terrestre ou voie fluviale).

4 Conclusion

Ce sont les connaissances et expériences récentes acquises dans les domaines de la restauration hydro-écologique et fonctionnelle des cours d'eau qui ont conduit aux propositions de réactivation de la dynamique alluviale du Rhône sur le site de l'île Vieille.

Il a été vu que les aménagements Girardon réalisés au début XXème siècle sur le lit du fleuve pour en favoriser la navigation puis la construction du canal de Donzère-Mondragon dérivant l'essentiel du débit, ont conduit à la déconnection des marges alluviales désormais fixées au sein des casiers et non fonctionnelles.

Dans ce contexte, les gestionnaires du site de l'île Vieille ont l'ambition de démanteler une grande partie de ces ouvrages afin de redonner au fleuve une certaine activité géo-dynamique tout en sachant que le contexte global du Rhône demeure très anthropisé (absence de transport solide, lissage des débits et absence de petites crues, banalisation des peuplements végétaux au profit d'essences néophytes à tendance invasive, etc.).

Un programme d'actions en plusieurs étapes a été développé et discutés pour aboutir au dossier présenté. Celui-ci permettra de supprimer totalement les ouvrages Girardon sur le site d'étude, de contrôler et limiter l'expansion des espèces néophytes invasives, puis de recréer une mosaïque d'habitats diversifiés (fronts d'érosion, grèves pionnières, franges alluviales végétalisées, etc.) tout en conservant les boisements plus mûres de l'arrière-berge et en préservant la digue de Saussac des écoulements préférentiels.

Plusieurs investigations devront être encore être réalisées pour concrétiser ces actions et notamment une modélisation hydraulique puis un relevé faune-flore 4 saisons nécessaire à la rédaction des demandes d'autorisations administratives.

5 Annexe

Annexe 1 : Estimation des coûts de travaux

Annexe 2 : Rapport de suivi des niveaux d'eau (GEOTHER)

Annexe 3 : Rapport de caractérisation du massif sédimentaire (GEOPEKA)

Annexe 4 : Résultat des analyses physico-chimiques de sédiment (BIOTEC)

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



Maîtrise d'ouvrage :

Communauté de Communes
Rhône Lez Provence
1260, avenue Théodore Aubanel
CS 200 99
84500 BOLLENE

communauté de communes
RHÔNE LEZ PROVENCE
Bolleville - Combe-Lès-Pontons - L'Isle-sur-Rhône - Mondragon - Miravalles

Commune de Mondragon
Rue des Clâstres
84430 MONDRAGON

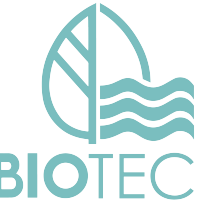
Mondragon
Commune de Mondragon

ETUDE DE FAISABILITE

RESTAURATION DES MARGES ALLUVIALES DU RHÔNE
SUR LE SITE DES CASIERS DE L'ILE VIEILLE

Plan de situation

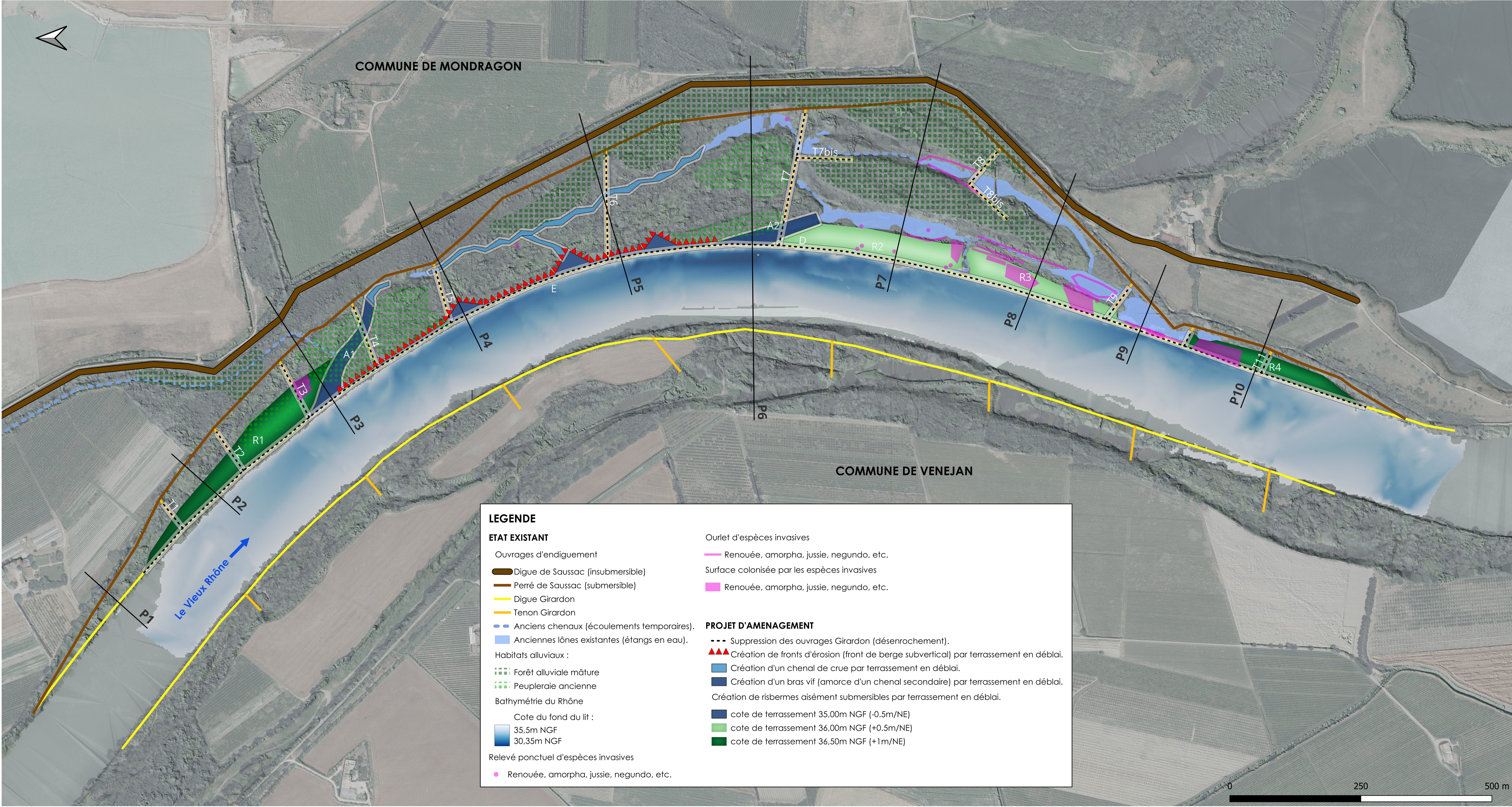
Echelle 1/4000e



92, quai Pierre Scize
69005 LYON
Tel : +(33) 04.78.14.06.06
Mail : biotec@biotec.fr
Site : biotec.fr

Réf / 24.056-ETU-02

Format : 950 x 405		
Contrôle : P.Adam		
RELEVÉ	DESSINÉ	VERSION
P.Adam	C.Dauriat	1 / 04.02.2026
C.Dauriat		
G.Huyghe		



Maîtrise d'ouvrage :

Communauté de Communes
Rhône Les Provence
1260, avenue Théodore Aubanel
CS 200 99
84500 BOLLENE

Commune de Mondragon
Rue des Cloîtres
84430 MONDRAGON

Logo Rhône Les Provence

Logo Mondragon

ETUDE DE FAISABILITE

RESTAURATION DES MARGES ALLUVIALES DU RHÔNE
SUR LE SITE DES CASIERS DE L'ÎLE-VIEILLE

Profil en travers
Echelle - 1/500°

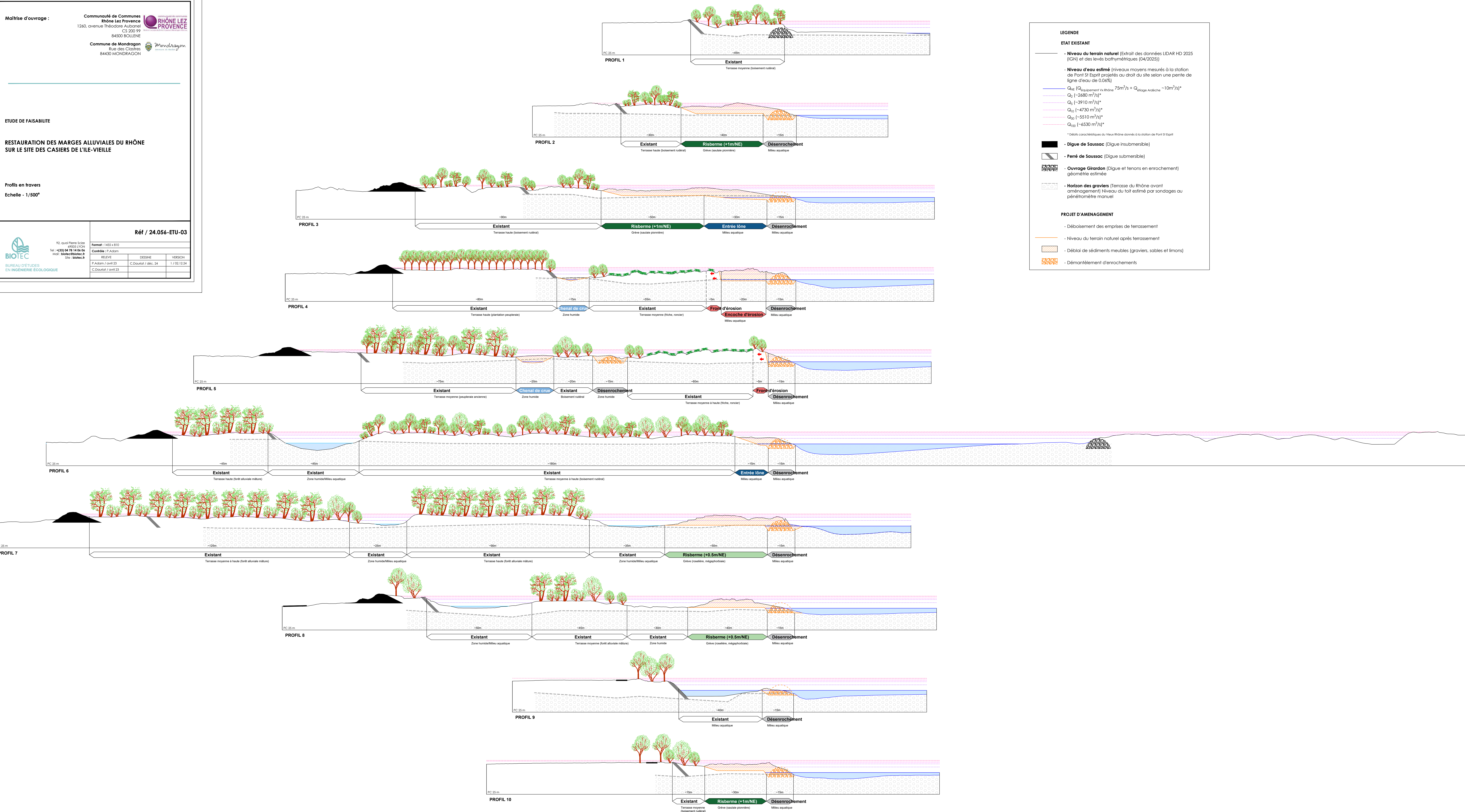
Logo BIOTEC

92, quai Pierre Schœ
49035 LYON
Tel : +33(0) 4 78 14 06 06
Mail : biotec@biotec.fr
Site : biotec.fr

BUREAU D'ÉTUDES
EN INGÉNIERIE ÉCOLOGIQUE

Réf / 24.056-ETU-03

Format : 1455 x 810		
Contrôle : P.Adam		
RELEVÉ	DESSINÉ	VERSION
P.Adam / avril 23	C.Dauriat / déc. 24	1 / 02.12.24
C.Dauriat / avril 23		



LEGENDE

ETAT EXISTANT

- Niveau du terrain naturel (Extrait des données LIDAR HD 2025 (IGN) et des levés bathymétriques (04/2025))

- Niveau d'eau estimé (niveaux moyens mesurés à la station de Pont St Esprit projetés au droit du site selon une pente de ligne d'eau de 0.06%)

$Q_{He} (Q_{équipement} \times V_{Rhône} 75m^3/s + Q_{étage Ardèche} \sim 10m^3/s)^*$

$Q_2 (\sim 2680 m^3/s)^*$

$Q_5 (\sim 3910 m^3/s)^*$

$Q_{10} (\sim 4730 m^3/s)^*$

$Q_{50} (\sim 5510 m^3/s)^*$

$Q_{100} (\sim 6530 m^3/s)^*$

* Débits caractéristiques du Vieux Rhône donnés à la station de Pont St Esprit

- Digue de Saussac (Digue insubmersible)

- Perte de Saussac (Digue submersible)

- Ouvrage Girardon (Digue et tenons en enrochement) géométrie estimée

- Horizon des graviers (Terrasse de Rhône avant aménagement) Niveau du toit estimé par sondages au pénétromètre manuel

PROJET D'AMENAGEMENT

- Déboisement des emprises de terrassement

- Niveau du terrain naturel après terrassement

- Déblai de sédiments meubles (graviers, sables et limons)

- Démantèlement d'enrochements

**RESTAURATION DES MARGES ALLUVIALES DU RHONE
SUR LE SITE DES CASIERS DE L'ILE VIEILLE, A MONDRAGON**

ETAPE 1 Digue + Tenons T4/T5/T6/T7 + Fronts d'érosion E1/E2/E3

ESTIMATION DES COUTS (EC)

N° de poste	Désignation de la nature de l'ouvrage	Unité	Prix HT unitaire	Quantité	Montant HT
1	TRAVAUX PRELIMINAIRES				
1.1	PLAN D'ASSURANCE QUALITE				
1.1.1	Note d'exécution générale, études d'exécution et demandes d'agrément des fournitures	F	5 000.00	1	5 000.00
1.1.2	Documents de suivi d'exécution, rapport de chantier	F	5 000.00	1	5 000.00
1.1.3	Rapport de fin de travaux et plans de recolement	F	8 000.00	1	8 000.00
1.2	INSTALLATION ET REPLIEMENT DE CHANTIER	F	30 000.00	1	30 000.00
1.3	IMPLANTATION DES OUVRAGES ET PIQUETAGE	F	4 000.00	1	4 000.00
1.4	OUVRAGES PROVISOIRES, ACCES ET DERIVATION DES EAUX, ETC.	F	8 000.00	1	8 000.00
	TOTAL 1 : TRAVAUX PRELIMINAIRES				60 000.00
	HT				
2	TRAVAUX FORESTIERS				
2.1	TRAVAUX EN REGIE	U	40.00	200	8 000.00
2.2	DEFRICHEMENT/DEBOISEMENT/DESSOUCHAGE	m ²	5.00	70 000	350 000.00
2.3	FAUCHE ET BROYAGE FIN DE FOYERS D'ESPECES INVASIVES	m ²	5.00	370	1 850.00
	TOTAL 2 : TRAVAUX FORESTIERS				359 850.00
	HT				
3	FOURNITURE DES MATERIAUX ET VEGETAUX				
3.1	FOURNITURE DE PIEUX VIVANTS DE SALICACEES	U	6.00		
3.2	FOURNITURE DE BOUTURES DE SALICACEES	U	2.00		
3.3	FOURNITURE DE GRAINES POUR ENSEMENCEMENT	m ²	0.8		
	TOTAL 3 : FOURNITURE DES MATERIAUX ET VEGETAUX				
	HT				

**RESTAURATION DES MARGES ALLUVIALES DU RHONE
SUR LE SITE DES CASIERS DE L'ILE VIEILLE, A MONDRAGON**

ETAPE 1 Digue + Tenons T4/T5/T6/T7 + Fronts d'érosion E1/E2/E3

ESTIMATION DES COUTS (EC)

N° de poste	Désignation de la nature de l'ouvrage	Unité	Prix HT unitaire	Quantité	Montant HT
4	MISE EN ŒUVRE DES AMENAGEMENTS				
4.1	DEBLAI D'ENROCHEMENT (Y.C. RECUPERATION DE BLOCS ET EVACUATION)	m ³	5.00	135 200	676 000.00
4.2	DEBLAIS DES SUBSTRATS CONTAMINES, PROF 1.5 M PUIS CRIBLAGE/CONCASSAGE	m ³	10.00	555	5 550.00
4.3	DEBLAI DE SEDIMENTS MEUBLES	m ³	3.00	19 500	58 500.00
4.4	REINJECTION DES SEDIMENTS DANS LE RHÔNE	m ³	2.00	19 500	39 000.00
4.5	PLANTATION DE PIEUX VIVANTS DE SALICACEES	U	5.00		
4.6	MISE EN PLACE DE BOUTURES DE SALICACEES	U	1.50		
4.7	ENSEMENCEMENT DES SURFACES TRAVAILLEES HORS D'EAU	m ²	0.70		
4.8	REPRISE ET MISE EN PLACE DE SOUCHES ET TRONCS (OBSTACLES AUX ECOULEMENTS)	U	200.00		
4.9	EVACUATION DE DECHETS EN DECHARGE	m ³	30.00		
	TOTAL 4 : MISE EN ŒUVRE DES AMENAGEMENTS HT				779 050.00
5	GARANTIE ET SUIVI DES AMENAGEMENTS (3 SAISONS VEGETATIVES)				
5.1	GARANTIE ET SUIVI DES PIEUX VIVANTS	U	3.00		
5.2	GARANTIE ET SUIVI DES BOUTURES DE SALICACEES	U	1.00		
5.3	GARANTIE ET SUIVI DES ENSEMENCEMENTS	m ²	1.00		
5.4	SUIVI ET ELIMINATION DES ESPECES EXOTIQUES ENVAHISSANTES	F	10 000.00		
	TOTAL 5 : GARANTIE ET SUIVI DES AMENAGEMENTS (3 SAISONS VEGETATIVES) HT				
6	SUIVI DES INVASIVES SUR 2 SAISONS VEGETATIVES SUPPLEMENTAIRES				
6.1	SUIVI ET ELIMINATION DES ESPECES EXOTIQUES ENVAHISSANTES	F	7 500.00		
	TOTAL 6 : SUIVI DES INVASIVES SUR 2 SAISONS VEGETATIVES SUPPLEMENTAIRES HT				

RESTAURATION DES MARGES ALLUVIALES DU RHONE
SUR LE SITE DES CASIERS DE L'ILE VIEILLE, A MONDRAGON

ETAPE 1 Digue + Tenons T4/T5/T6/T7 + Fronts d'érosion E1/E2/E3

ESTIMATION DES COUTS (EC)

N° de poste	Désignation de la nature de l'ouvrage	Unité	Prix HT unitaire	Quantité	Montant HT
	RECAPITULATIF				
	1. TRAVAUX PRELIMINAIRES				60 000.00
	2. TRAVAUX FORESTIERS				359 850.00
	3. FOURNITURE DES MATERIAUX ET VEGETAUX				
	4. MISE EN ŒUVRE DES AMENAGEMENTS				779 050.00
	5. GARANTIE ET SUIVI DES AMENAGEMENTS (3 SAISONS VEGETATIVES)				
	6. SUIVI DES INVASIVES SUR 2 SAISONS VEGETATIVES SUPPLEMENTAIRES				
	TOTAL (HT) : ETAPE 1				
	RESTAURATION DES MARGES ALLUVIALES DU RHONE				
	SUR LE SITE DES CASIERS DE L'ILE VIEILLE, A MONDRAGON				1 198 900.00
	TVA (20 %)				239 780.00
	TOTAL (TTC) : ETAPE 1				
	RESTAURATION DES MARGES ALLUVIALES DU RHONE				
	SUR LE SITE DES CASIERS DE L'ILE VIEILLE, A MONDRAGON				1 438 680.00

**RESTAURATION DES MARGES ALLUVIALES DU RHONE
SUR LE SITE DES CASIERS DE L'ILE VIEILLE, A MONDRAGON**

ETAPE 2 Risbermes R2/R3 + Bras vif A2

ESTIMATION DES COUTS (EC)

N° de poste	Désignation de la nature de l'ouvrage	Unité	Prix HT unitaire	Quantité	Montant HT
1	TRAVAUX PRELIMINAIRES				
1.1	PLAN D'ASSURANCE QUALITE				
1.1.1	Note d'exécution générale, études d'exécution et demandes d'agrément des fournitures	F	5 000.00	1	5 000.00
1.1.2	Documents de suivi d'exécution, rapport de chantier	F	5 000.00	1	5 000.00
1.1.3	Rapport de fin de travaux et plans de recolement	F	8 000.00	1	8 000.00
1.2	INSTALLATION ET REPLIEMENT DE CHANTIER	F	30 000.00	1	30 000.00
1.3	IMPLANTATION DES OUVRAGES ET PIQUETAGE	F	4 000.00	1	4 000.00
1.4	OUVRAGES PROVISOIRES, ACCES ET DERIVATION DES EAUX, ETC.	F	8 000.00	1	8 000.00
	TOTAL 1 : TRAVAUX PRELIMINAIRES	HT			60 000.00
2	TRAVAUX FORESTIERS				
2.1	TRAVAUX EN REGIE	U	40.00	200	8 000.00
2.2	DEFRICHEMENT/DEBOISEMENT/DESSOUCHAGE	m ²	5.00	32 100	160 500.00
2.3	FAUCHE ET BROyage FIN DE FOYERS D'ESPECES INVASIVES	m ²	5.00	7 600	38 000.00
	TOTAL 2 : TRAVAUX FORESTIERS	HT			206 500.00
3	FOURNITURE DES MATERIAUX ET VEGETAUX				
3.1	FOURNITURE DE PIEUX VIVANTS DE SALICACEES	U	6.00		
3.2	FOURNITURE DE BOUTURES DE SALICACEES	U	2.00		
3.3	FOURNITURE DE GRAINES POUR ENSEMENCEMENT	m ²	0.8		
	TOTAL 3 : FOURNITURE DES MATERIAUX ET VEGETAUX	HT			

**RESTAURATION DES MARGES ALLUVIALES DU RHONE
SUR LE SITE DES CASIERS DE L'ILE VIEILLE, A MONDRAGON**

ETAPE 2 Risbermes R2/R3 + Bras vif A2

ESTIMATION DES COUTS (EC)

N° de poste	Désignation de la nature de l'ouvrage	Unité	Prix HT unitaire	Quantité	Montant HT
4	MISE EN ŒUVRE DES AMENAGEMENTS				
4.1	DEBLAI D'ENROCHEMENT (Y.C. RECUPERATION DE BLOCS ET EVACUATION)	m ³	5.00		
4.2	DEBLAIS DES SUBSTRATS CONTAMINES, PROF 1.5 M PUIS CRIBLAGE/CONCASSAGE	m ³	10.00	11 300	113 000.00
4.3	DEBLAI DE SEDIMENTS MEUBLES	m ³	3.00	100 100	300 300.00
4.4	REINJECTION DES SEDIMENTS DANS LE RHÔNE	m ³	2.00	100 100	200 200.00
4.5	PLANTATION DE PIEUX VIVANTS DE SALICACEES	U	5.00		
4.6	MISE EN PLACE DE BOUTURES DE SALICACEES	U	1.50		
4.7	ENSEMENCEMENT DES SURFACES TRAVAILLEES HORS D'EAU	m ²	0.70		
4.8	REPRISE ET MISE EN PLACE DE SOUCHES ET TRONCS (OBSTACLES AUX ECOULEMENTS)	U	200.00	69	13 895.00
4.9	EVACUATION DE DECHETS EN DECHARGE	m ³	30.00		
	TOTAL 4 : MISE EN ŒUVRE DES AMENAGEMENTS HT				627 395.00
5	GARANTIE ET SUIVI DES AMENAGEMENTS (3 SAISONS VEGETATIVES)				
5.1	GARANTIE ET SUIVI DES PIEUX VIVANTS	U	3.00		
5.2	GARANTIE ET SUIVI DES BOUTURES DE SALICACEES	U	1.00		
5.3	GARANTIE ET SUIVI DES ENSEMENCEMENTS	m ²	1.00		
5.4	SUIVI ET ELIMINATION DES ESPECES EXOTIQUES ENVAHISSANTES	F	10 000.00	1	10 000.00
	TOTAL 5 : GARANTIE ET SUIVI DES AMENAGEMENTS (3 SAISONS VEGETATIVES) HT				10 000.00
6	SUIVI DES INVASIVES SUR 2 SAISONS VEGETATIVES SUPPLEMENTAIRES				
6.1	SUIVI ET ELIMINATION DES ESPECES EXOTIQUES ENVAHISSANTES	F	7 500.00	2	15 000.00
	TOTAL 6 : SUIVI DES INVASIVES SUR 2 SAISONS VEGETATIVES SUPPLEMENTAIRES HT				15 000.00

RESTAURATION DES MARGES ALLUVIALES DU RHONE
SUR LE SITE DES CASIERS DE L'ILE VIEILLE, A MONDRAGON

ETAPE 2 Risbermes R2/R3 + Bras vif A2

ESTIMATION DES COUTS (EC)

N° de poste	Désignation de la nature de l'ouvrage	Unité	Prix HT unitaire	Quantité	Montant HT
	RECAPITULATIF				
	1. TRAVAUX PRELIMINAIRES				60 000.00
	2. TRAVAUX FORESTIERS				206 500.00
	3. FOURNITURE DES MATERIAUX ET VEGETAUX				
	4. MISE EN ŒUVRE DES AMENAGEMENTS				627 395.00
	5. GARANTIE ET SUIVI DES AMENAGEMENTS (3 SAISONS VEGETATIVES)				10 000.00
	6. SUIVI DES INVASIVES SUR 2 SAISONS VEGETATIVES SUPPLEMENTAIRES				15 000.00
	TOTAL (HT) : ETAPE 2				
	RESTAURATION DES MARGES ALLUVIALES DU RHONE				918 895.00
	SUR LE SITE DES CASIERS DE L'ILE VIEILLE, A MONDRAGON				
	TVA (20 %)				183 779.00
	TOTAL (TTC) : ETAPE 2				
	RESTAURATION DES MARGES ALLUVIALES DU RHONE				1 102 674.00
	SUR LE SITE DES CASIERS DE L'ILE VIEILLE, A MONDRAGON				

**RESTAURATION DES MARGES ALLUVIALES DU RHONE
SUR LE SITE DES CASIERS DE L'ILE VIEILLE, A MONDRAGON**

ETAPE 3 Tenons T1/T2/T3/T7bis/T8/T8bis/T9 + Risberme R1 + Bras vif A1 + Lône

ESTIMATION DES COUTS (EC)

N° de poste	Désignation de la nature de l'ouvrage	Unité	Prix HT unitaire	Quantité	Montant HT
1	TRAVAUX PRELIMINAIRES				
1.1	PLAN D'ASSURANCE QUALITE				
1.1.1	Note d'exécution générale, études d'exécution et demandes d'agrément des fournitures	F	5 000.00	1	5 000.00
1.1.2	Documents de suivi d'exécution, rapport de chantier	F	5 000.00	1	5 000.00
1.1.3	Rapport de fin de travaux et plans de recolement	F	8 000.00	1	8 000.00
1.2	INSTALLATION ET REPLIEMENT DE CHANTIER	F	30 000.00	1	30 000.00
1.3	IMPLANTATION DES OUVRAGES ET PIQUETAGE	F	4 000.00	1	4 000.00
1.4	OUVRAGES PROVISOIRES, ACCES ET DERIVATION DES EAUX, ETC.	F	8 000.00	1	8 000.00
	TOTAL 1 : TRAVAUX PRELIMINAIRES				60 000.00
	HT				
2	TRAVAUX FORESTIERS				
2.1	TRAVAUX EN REGIE	U	40.00	200	8 000.00
2.2	DEFRICHEMENT/DEBOISEMENT/DESSOUCHAGE	m ²	5.00	53 200	266 000.00
2.3	FAUCHE ET BROYAGE FIN DE FOYERS D'ESPECES INVASIVES	m ²	5.00	1 800	9 000.00
	TOTAL 2 : TRAVAUX FORESTIERS				283 000.00
	HT				
3	FOURNITURE DES MATERIAUX ET VEGETAUX				
3.1	FOURNITURE DE PIEUX VIVANTS DE SALICACEES	U	6.00	1 110	6 660.00
3.2	FOURNITURE DE BOUTURES DE SALICACEES	U	2.00	2 220	4 440.00
3.3	FOURNITURE DE GRAINES POUR ENSEMENT	m ²	0.8	88 680	70 944.00
	TOTAL 3 : FOURNITURE DES MATERIAUX ET VEGETAUX				82 044.00
	HT				

**RESTAURATION DES MARGES ALLUVIALES DU RHONE
SUR LE SITE DES CASIERS DE L'ILE VIEILLE, A MONDRAGON**

ETAPE 3 Tenons T1/T2/T3/T7bis/T8/T8bis/T9 + Risberme R1 + Bras vif A1 + Lône

ESTIMATION DES COUTS (EC)

N° de poste	Désignation de la nature de l'ouvrage	Unité	Prix HT unitaire	Quantité	Montant HT
4	MISE EN ŒUVRE DES AMENAGEMENTS				
4.1	DEBLAI D'ENROCHEMENT (Y.C. RECUPERATION DE BLOCS ET EVACUATION)	m ³	5.00	20 500	102 500.00
4.2	DEBLAIS DES SUBSTRATS CONTAMINES, PROF 1.5 M PUIS CRIBLAGE/CONCASSAGE	m ³	10.00	2 600	26 000.00
4.3	DEBLAI DE SEDIMENTS MEUBLES	m ³	3.00	152 000	456 000.00
4.4	REINJECTION DES SEDIMENTS DANS LE RHÔNE	m ³	2.00	152 000	304 000.00
4.5	PLANTATION DE PIEUX VIVANTS DE SALICACEES	U	5.00	1 110	5 550.00
4.6	MISE EN PLACE DE BOUTURES DE SALICACEES	U	1.50	2 220	3 330.00
4.7	ENSEMENCEMENT DES SURFACES TRAVAILLEES HORS D'EAU	m ²	0.70	88 680	62 076.00
4.8	REPRISE ET MISE EN PLACE DE SOUCHES ET TRONCS (OBSTACLES AUX ECOULEMENTS)	U	200.00	85	17 085.00
4.9	EVACUATION DE DECHETS EN DECHARGE	m ³	30.00		
	TOTAL 4 : MISE EN ŒUVRE DES AMENAGEMENTS HT				976 541.00
5	GARANTIE ET SUIVI DES AMENAGEMENTS (3 SAISONS VEGETATIVES)				
5.1	GARANTIE ET SUIVI DES PIEUX VIVANTS	U	3.00	1 110	3 330.00
5.2	GARANTIE ET SUIVI DES BOUTURES DE SALICACEES	U	1.00	2 220	2 220.00
5.3	GARANTIE ET SUIVI DES ENSEMENCEMENTS	m ²	1.00	88 680	88 680.00
5.4	SUIVI ET ELIMINATION DES ESPECES EXOTIQUES ENVAHISSANTES	F	10 000.00	1	10 000.00
	TOTAL 5 : GARANTIE ET SUIVI DES AMENAGEMENTS (3 SAISONS VEGETATIVES) HT				104 230.00
6	SUIVI DES INVASIVES SUR 2 SAISONS VEGETATIVES SUPPLEMENTAIRES				
6.1	SUIVI ET ELIMINATION DES ESPECES EXOTIQUES ENVAHISSANTES	F	7 500.00	2	15 000.00
	TOTAL 6 : SUIVI DES INVASIVES SUR 2 SAISONS VEGETATIVES SUPPLEMENTAIRES HT				15 000.00

RESTAURATION DES MARGES ALLUVIALES DU RHONE
SUR LE SITE DES CASIERS DE L'ILE VIEILLE, A MONDRAGON

ETAPE 3 Tenons T1/T2/T3/T7bis/T8/T8bis/T9 + Risberme R1 + Bras vif A1 + Lône

ESTIMATION DES COUTS (EC)

N° de poste	Désignation de la nature de l'ouvrage	Unité	Prix HT unitaire	Quantité	Montant HT
	RECAPITULATIF				
	1. TRAVAUX PRELIMINAIRES				60 000.00
	2. TRAVAUX FORESTIERS				283 000.00
	3. FOURNITURE DES MATERIAUX ET VEGETAUX				82 044.00
	4. MISE EN ŒUVRE DES AMENAGEMENTS				976 541.00
	5. GARANTIE ET SUIVI DES AMENAGEMENTS (3 SAISONS VEGETATIVES)				104 230.00
	6. SUIVI DES INVASIVES SUR 2 SAISONS VEGETATIVES SUPPLEMENTAIRES				15 000.00
	TOTAL (HT) : ETAPE 3 RESTAURATION DES MARGES ALLUVIALES DU RHONE SUR LE SITE DES CASIERS DE L'ILE VIEILLE, A MONDRAGON				1 520 815.00
	TVA (20 %)				304 163.00
	TOTAL (TTC) : ETAPE 3 RESTAURATION DES MARGES ALLUVIALES DU RHONE SUR LE SITE DES CASIERS DE L'ILE VIEILLE, A MONDRAGON				1 824 978.00

**RESTAURATION DES MARGES ALLUVIALES DU RHONE
SUR LE SITE DES CASIERS DE L'ILE VIEILLE, A MONDRAGON**

ETAPE 4 Tenons T10/T11 + Risberme R4

ESTIMATION DES COUTS (EC)

N° de poste	Désignation de la nature de l'ouvrage	Unité	Prix HT unitaire	Quantité	Montant HT
1	TRAVAUX PRELIMINAIRES				
1.1	PLAN D'ASSURANCE QUALITE				
1.1.1	Note d'exécution générale, études d'exécution et demandes d'agrément des fournitures	F	5 000.00	1	5 000.00
1.1.2	Documents de suivi d'exécution, rapport de chantier	F	5 000.00	1	5 000.00
1.1.3	Rapport de fin de travaux et plans de recolement	F	8 000.00	1	8 000.00
1.2	INSTALLATION ET REPLIEMENT DE CHANTIER	F	30 000.00	1	30 000.00
1.3	IMPLANTATION DES OUVRAGES ET PIQUETAGE	F	4 000.00	1	4 000.00
1.4	OUVRAGES PROVISOIRES, ACCES ET DERIVATION DES EAUX, ETC.	F	8 000.00	1	8 000.00
	TOTAL 1 : TRAVAUX PRELIMINAIRES				60 000.00
	HT				
2	TRAVAUX FORESTIERS				
2.1	TRAVAUX EN REGIE	U	40.00	200	8 000.00
2.2	DEFRICHEMENT/DEBOISEMENT/DESSOUCHAGE	m ²	5.00	12 300	61 500.00
2.3	FAUCHE ET BROYAGE FIN DE FOYERS D'ESPECES INVASIVES	m ²	5.00	3 200	16 000.00
	TOTAL 2 : TRAVAUX FORESTIERS				85 500.00
	HT				
3	FOURNITURE DES MATERIAUX ET VEGETAUX				
3.1	FOURNITURE DE PIEUX VIVANTS DE SALICACEES	U	6.00	520	3 120.00
3.2	FOURNITURE DE BOUTURES DE SALICACEES	U	2.00	1 040	2 080.00
3.3	FOURNITURE DE GRAINES POUR ENSEMENCEMENT	m ²	0.8	10 400	8 320.00
	TOTAL 3 : FOURNITURE DES MATERIAUX ET VEGETAUX				13 520.00
	HT				

**RESTAURATION DES MARGES ALLUVIALES DU RHONE
SUR LE SITE DES CASIERS DE L'ILE VIEILLE, A MONDRAGON**

ETAPE 4 Tenons T10/T11 + Risberme R4

ESTIMATION DES COUTS (EC)

N° de poste	Désignation de la nature de l'ouvrage	Unité	Prix HT unitaire	Quantité	Montant HT
4	MISE EN ŒUVRE DES AMENAGEMENTS				
4.1	DEBLAI D'ENROCHEMENT (Y.C. RECUPERATION DE BLOCS ET EVACUATION)	m ³	5.00	2 900	14 500.00
4.2	DEBLAIS DES SUBSTRATS CONTAMINES, PROF 1.5 M PUIS CRIBLAGE/CONCASSAGE	m ³	10.00	4 800	48 000.00
4.3	DEBLAI DE SEDIMENTS MEUBLES	m ³	3.00	39 300	117 900.00
4.4	REINJECTION DES SEDIMENTS DANS LE RHÔNE	m ³	2.00	39 300	78 600.00
4.5	PLANTATION DE PIEUX VIVANTS DE SALICACEES	U	5.00	520	2 600.00
4.6	MISE EN PLACE DE BOUTURES DE SALICACEES	U	1.50	1 040	1 560.00
4.7	ENSEMENCEMENT DES SURFACES TRAVAILLEES HORS D'EAU	m ²	0.70	10 400	7 280.00
4.8	REPRISE ET MISE EN PLACE DE SOUCHES ET TRONCS (OBSTACLES AUX ECOULEMENTS)	U	200.00	26	5 167.50
4.9	EVACUATION DE DECHETS EN DECHARGE	m ³	30.00		
	TOTAL 4 : MISE EN ŒUVRE DES AMENAGEMENTS HT				275 607.50
5	GARANTIE ET SUIVI DES AMENAGEMENTS (3 SAISONS VEGETATIVES)				
5.1	GARANTIE ET SUIVI DES PIEUX VIVANTS	U	3.00	520	1 560.00
5.2	GARANTIE ET SUIVI DES BOUTURES DE SALICACEES	U	1.00	1 040	1 040.00
5.3	GARANTIE ET SUIVI DES ENSEMENCEMENTS	m ²	1.00	10 400	10 400.00
5.4	SUIVI ET ELIMINATION DES ESPECES EXOTIQUES ENVAHISSANTES	F	10 000.00	1	10 000.00
	TOTAL 5 : GARANTIE ET SUIVI DES AMENAGEMENTS (3 SAISONS VEGETATIVES) HT				23 000.00
6	SUIVI DES INVASIVES SUR 2 SAISONS VEGETATIVES SUPPLEMENTAIRES				
6.1	SUIVI ET ELIMINATION DES ESPECES EXOTIQUES ENVAHISSANTES	F	7 500.00	2	15 000.00
	TOTAL 6 : SUIVI DES INVASIVES SUR 2 SAISONS VEGETATIVES SUPPLEMENTAIRES HT				15 000.00

RESTAURATION DES MARGES ALLUVIALES DU RHONE
SUR LE SITE DES CASIERS DE L'ILE VIEILLE, A MONDRAGON

ETAPE 4 Tenons T10/T11 + Risberme R4

ESTIMATION DES COUTS (EC)

N° de poste	Désignation de la nature de l'ouvrage	Unité	Prix HT unitaire	Quantité	Montant HT
	RECAPITULATIF				
	1. TRAVAUX PRELIMINAIRES				60 000.00
	2. TRAVAUX FORESTIERS				85 500.00
	3. FOURNITURE DES MATERIAUX ET VEGETAUX				13 520.00
	4. MISE EN ŒUVRE DES AMENAGEMENTS				275 607.50
	5. GARANTIE ET SUIVI DES AMENAGEMENTS (3 SAISONS VEGETATIVES)				23 000.00
	6. SUIVI DES INVASIVES SUR 2 SAISONS VEGETATIVES SUPPLEMENTAIRES				15 000.00
	TOTAL (HT) : ETAPE 4 RESTAURATION DES MARGES ALLUVIALES DU RHONE SUR LE SITE DES CASIERS DE L'ILE VIEILLE, A MONDRAGON				472 627.50
	TVA (20 %)				94 525.50
	TOTAL (TTC) : ETAPE 4 RESTAURATION DES MARGES ALLUVIALES DU RHONE SUR LE SITE DES CASIERS DE L'ILE VIEILLE, A MONDRAGON				567 153.00

**RESTAURATION DES MARGES ALLUVIALES DU RHONE
SUR LE SITE DES CASIERS DE L'ILE VIEILLE, A MONDRAGON**

RECAPITULATIF

ESTIMATION DES COUTS (EC)

Etapas	Montant HT
ETAPE 1 Digue + Tenons T4/T5/T6/T7 + Fronts d'érosion E1/E2/E3	1 198 900.00
ETAPE 2 Risbermes R2/R3 + Bras vif A2	918 895.00
ETAPE 3 Tenons T1/T2/T3/T7bis/T8/T8bis/T9 + Risberme R1 + Bras vif A1 + Lône	1 520 815.00
ETAPE 4 Tenons T10/T11 + Risberme R4	472 627.50
TOTAL (HT) : RESTAURATION DES MARGES ALLUVIALES DU RHONE SUR LE SITE DES CASIERS DE L'ILE VIEILLE, A MONDRAGON	4 111 237.50
TVA (20 %)	822 247.50
TOTAL (TTC) : RESTAURATION DES MARGES ALLUVIALES DU RHONE SUR LE SITE DES CASIERS DE L'ILE VIEILLE, A MONDRAGON	4 933 485.00

PROJET DE RESTAURATION DES MARGES ALLUVIALES DU RHONE SUR LE SITE DES CASIERS DE L'ÎLE-VIEILLE



FEVRIER 2025

VERSION 1.3



Référence document	Code document	Code Client	Code Prestation
	R-	MOND	RHO-MARGE
Version	1.3		
Responsable	Guillaume Fantino		
Rédacteurs principaux	M. GAVINET / G. FANTINO		
Autres rédacteurs	G.FANTINO		
Destinataire	BIOTEC		

Tableau des révisions		
Version	Date	Modification
1.0	11/2024	Analyse cartographique
1.0.1	12/2025	Sondage
1.1	01/2025	Relecture/Validation
1.2	02/2025	Prélèvement
1.3	02/2025	Relecture/Validation



Tables des matières

A. Rappel du contexte de l'étude.....	4
1 Contexte général et demande opérationnelle	4
2 Prestations demandées	4
3 Périmètre d'étude	5
B. Cartographie diachronique de l'occupation du sol.....	7
1 Méthodologie.....	7
1.1 Dates retenues et géoréférencement des images manquantes	7
1.2 Vectorisation de l'occupation du sol	7
2 Résultats	9
C. Mesures des épaisseurs de sédiments fins	12
1 Méthodologie.....	12
1.1 Sondages pénétrométriques manuels	12
1.2 Conditions de terrain	13
2 Résultats de la campagne de sondages	15
D. Prélèvements des échantillons de sols	16
1 Méthodologie.....	16
1.1 Prélèvements	16
2 Résultats des prélèvements	19
2.1 Epaisseurs et stratigraphie sommaire	19



A. RAPPEL DU CONTEXTE DE L'ETUDE

1 CONTEXTE GENERAL ET DEMANDE OPERATIONNELLE

La Communauté de Communes Rhône Lez Provence (CCRLP) et la Mairie de Mondragon souhaitent approfondir les actions de restauration sur les « Casiers » de l'Île Vieille situés en rive gauche du Vieux Rhône de Donzère sur le périmètre de l'Espace Naturel Sensible (ENS) de l'Île Vieille créé en 2019. Cet ENS, d'une superficie de 260 ha et classé par ailleurs zone Natura 2000, est l'une des zones humides majeures à l'échelle de la basse vallée du Rhône. Le Conservatoire d'Espaces Naturels Provence Alpes Côte d'Azur (CEN PACA) assure l'animation territoriale et la mise en œuvre du plan de gestion de cet ENS, avec le soutien de divers acteurs (collectivités territoriales, Département, Agence de l'Eau, Compagnie Nationale du Rhône, Fédération départementale de pêche, associations d'usagers...).

Le Comité de gestion de l'ENS de l'Île Vieille a décidé d'engager un approfondissement des d'études de faisabilité menées en 2020 (une étude de la fonctionnalité hydrologique et d'identification d'actions de restauration a été menée par le bureau CESAME environnement) sur les anciens casiers de sédimentation du Rhône, pour élargir les actions de gestion et de restauration du site.

C'est dans ce cadre, que la mairie de Mondragon, avec l'assistance à maîtrise d'ouvrage du CEN PACA et la Compagnie Nationale du Rhône (CNR) a mandaté le bureau d'étude BIOTEC pour l'élaboration d'un projet de restauration des marges alluviales du Rhône sur le site des casiers de l'Île Vieille. Il s'agit de réaliser une étude de faisabilité pour la restauration des fonctionnalités de ces marges alluviales via différents types de travaux (restauration de lône, démantèlement partiel des ouvrages dit « Girardon »).

2 PRESTATIONS DEMANDEES

GeoPeka intervient en soutien au travail de BIOTEC. Les objectifs de notre intervention sont :

- La réalisation une étude diachronique de l'occupation du sol afin de comprendre l'évolution morphologique du site et de définir au mieux un plan d'échantillonnage.
- La réalisation une campagne de sondages pénétrométriques pour connaître les épaisseurs de sédiments fins (n=50).
- Le prélèvement d'une vingtaine d'échantillon afin de définir les niveaux de pollution du site.
- L'utilisation des données existantes de modélisation hydraulique afin de définir les potentialités de restauration hydro-sédimentaire.



3 PERIMETRE D'ETUDE

Le site d'étude est un train de casiers dit « Girardon », localisé en rive gauche du Vieux Rhône sur la commune de Mondragon (cf. Figure 1). Le site se trouve à 4 km en aval de la confluence de l'Ardèche et à environ 16 km en amont du barrage de Caderousse, dont la retenue a une influence sur le fonctionnement hydraulique du Vieux Rhône au droit du site d'étude.

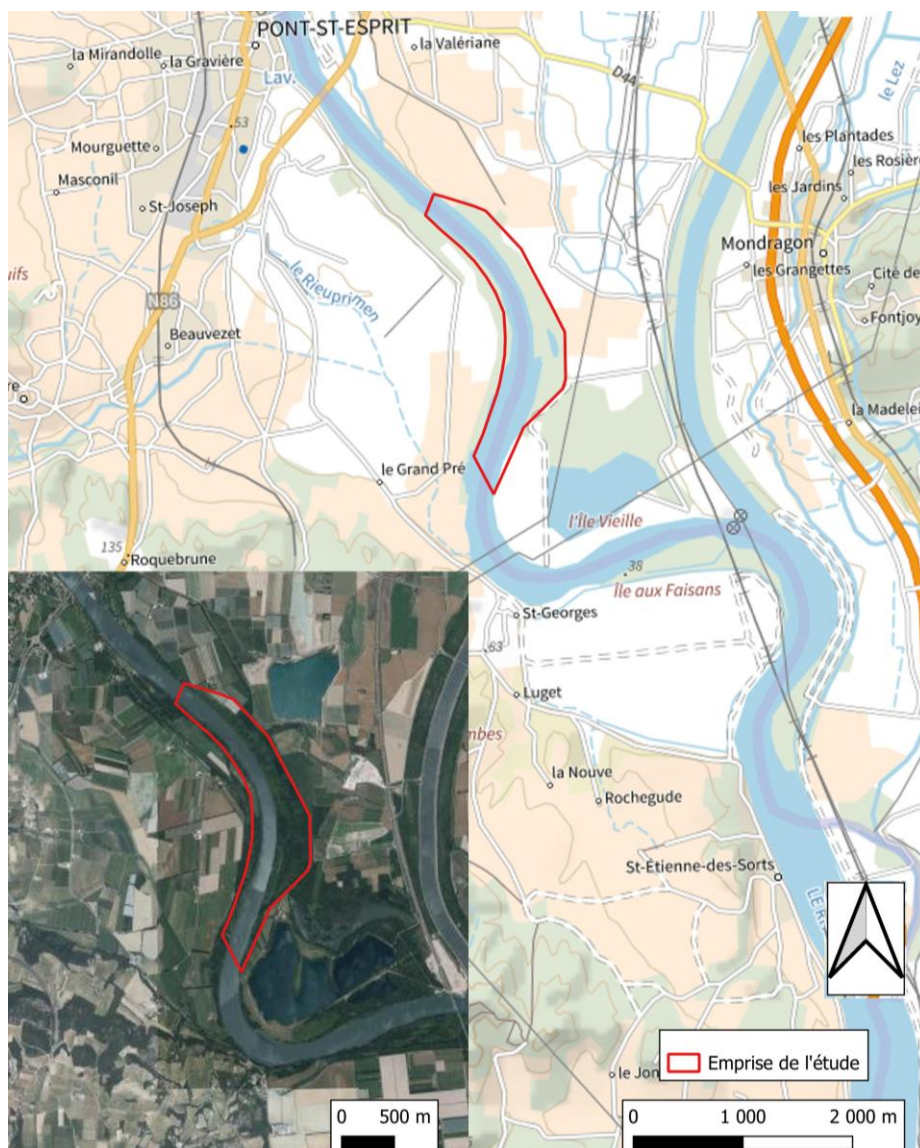


Figure 1 : Localisation du site d'étude

Sur ce secteur, le Vieux Rhône a subi différentes phases d'aménagement depuis plusieurs siècles, dont deux ont eu une incidence particulièrement importante sur son fonctionnement naturel :

- Les aménagements dits « Girardon », de l'ingénieur du même nom, réalisés entre la fin du XIX^{ème} siècle et les années 1930, correspondant à la construction d'épis et de digues en enrochements longitudinaux et transversaux. Ces ouvrages ont

été implantés afin de concentrer les écoulements du fleuve dans un chenal principal propice à la navigation, en l'empêchant de divaguer, notamment en crue, dans ses bras secondaires et annexes aquatiques et humides latérales qui constituent les « marges alluviales ». Le site des casiers de l'Île Vieille fait partie de ces aménagements, construit en l'occurrence à la fin du XIXe s. Les espaces ainsi isolés du fleuve se sont progressivement comblés par les apports de sédiments. Le train de casiers de l'Île Vieille se compose de 11 casiers.

- Les aménagements hydroélectriques de la 2^e moitié du XX^e siècle sont constitués de barrages avec retenues au fil de l'eau et d'usines de production alimentées par un canal artificiel. Ils permettent également la navigation, créant ainsi des tronçons court-circuités appelés « Vieux Rhône » au débit fortement réduit. En 1952, l'aménagement hydroélectrique de Donzère-Mondragon a donc été mis en service et a conduit à la mise au débit réservé d'un tronçon originel du Rhône sur 29 km (le plus long de tous les Vieux Rhône).

Ces différents aménagements ont contraint le lit du Rhône, et ont entraîné une déconnection des marges alluviales par exhaussement progressif de ces dernières (cf. figure 2).

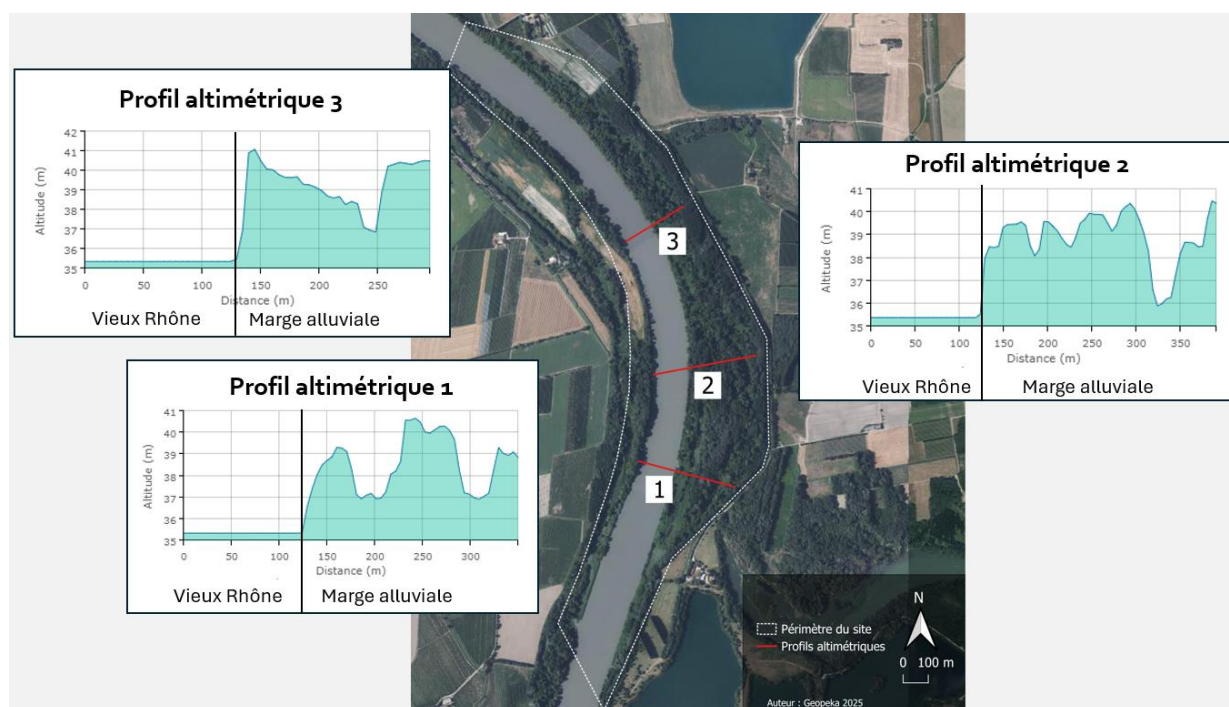


Figure 2 : Profils altimétriques entre le vieux Rhône et la marge alluviale

B. CARTOGRAPHIE DIACHRONIQUE DE L'OCCUPATION DU SOL

1 METHODOLOGIE

1.1 Dates retenues et géoréférencement des images manquantes

Les dates retenues pour réaliser la cartographie diachronique de l'occupation du sol et les documents utilisés sont listés dans le Tableau ci-dessous.

Les plans anciens et les prises de vue aériennes les plus récentes ont été géoréférencées. Le travail de géoréférencement a porté sur les sites et les dates mentionnées dans le Tableau 1. Un minimum de 10 points d'amer a été utilisés par image. Ils ont été répartis de la manière la plus homogène possible sur l'emprise de la photographie aérienne. Parfois cette équirépartition était difficile à réaliser en raison du manque de repère fixe (maison, route).

Date	Document	Auteur géoréférencement
Etat major	Carte de l'Etat major	IGN
1860	Carte topographique du cours du Rhône, dit « Atlas de 1860 »	P.Gaydou
1902	Atlas bathymétrique	OSR / G.Raccasi
1947	Prises de vue aériennes historiques	OSR / P.Gaydou
1970	Prises de vue aériennes historiques	GeoPeka
1980	Prises de vue aériennes historiques	GeoPeka
Actuel	Orthophotoplan	IGN

Tableau 1. Documents utilisés pour la cartographie diachronique

1.2 Vectorisation de l'occupation du sol

La vectorisation a été établie entre 1/500° et 1/ 1000° et 9 classes d'occupation du sol ont été déterminées (cf. Figure 3) :



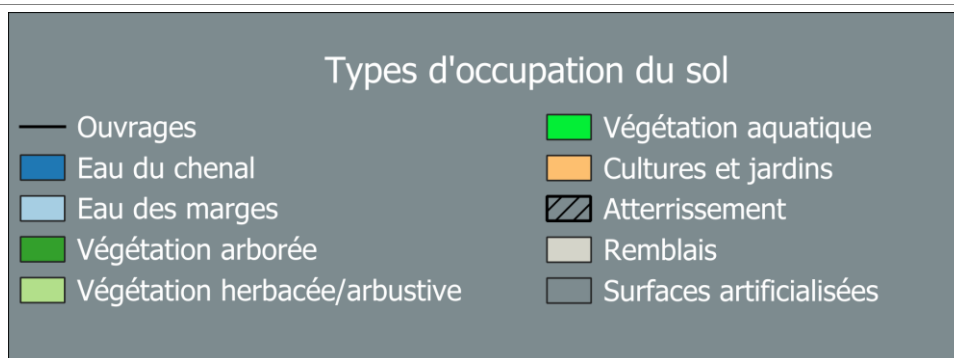


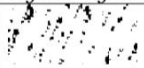
Figure 3. Types d'occupation du sol retenus pour la cartographie diachronique

D'un point de vue méthodologique, il est important de garder à l'esprit que la détermination de la nature précise de l'occupation du sol sur la carte d'Etat Major et les plans de 1860 et 1902 reste difficile en raison de la faible précision pour la première carte, du manque de lisibilité des documents (1860 et 1902) ou encore par l'absence de l'information (1902). Sur les planches de « l'atlas de 1860 », la nature de l'occupation du sol est renseignée par deux types d'informations (figuré et mention sous forme de lettre ou d'abréviation, cf. Figure 55) mais la qualité de numérisation des planches rend parfois assez difficile une interprétation claire de ces éléments visuels. Sur l'atlas bathymétrique, les zones en eau, les ouvrages (digues, enrochements) et le bâti sont les seules informations qu'il est possible de caractériser avec certitude. Une partie de l'étude diachronique est donc soumise à interprétation.

L'atlas des Ponts et Chaussées renseigne sur la localisation des ouvrages déjà construits en 1860, tels que la digue de Saussac, définie à l'époque comme insubmersible (1 790 m de longueur et construite en remblais non revêtue).



- Une symbologie surfacique en deux classes qui semble caractériser les surfaces végétalisées selon un critère de densité.

<i>Symbologie de l'atlas</i>	<i>description</i>	<i>Interprétation</i>
	Tirets aux contours flous	Végétation buissonnante
	Ronds et points généralement regroupés en « bosquets »	Végétation arbustive à arborée

- Un système de codification textuelle précise la nature du sol ou de son recouvrement selon 13 classes.

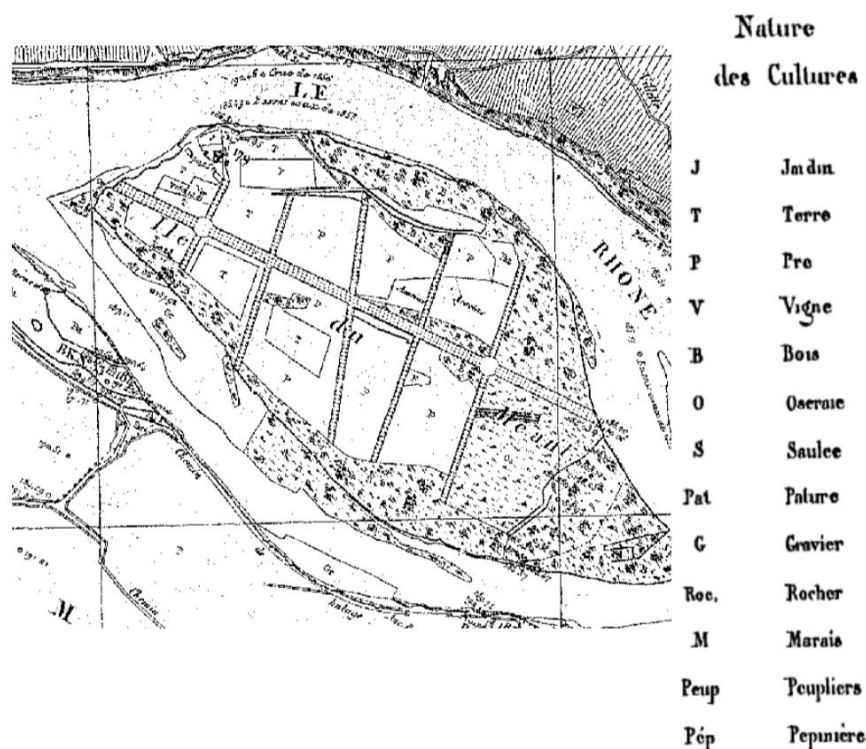
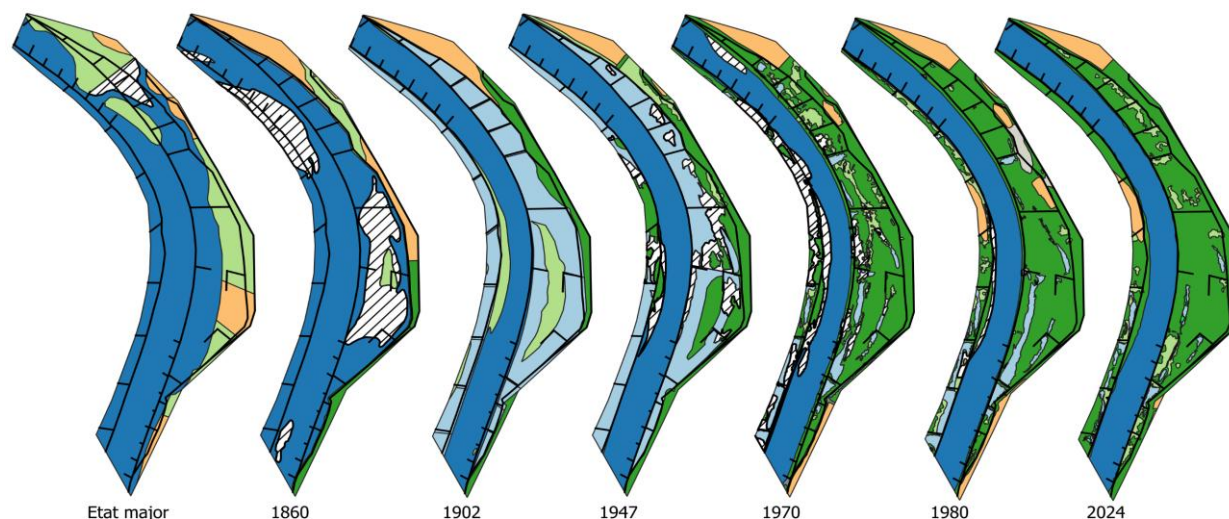


Figure 5. Types d'occupation du sol sur l'atlas de 1860 (Talaska, 2015. OHM-VR)

2 RESULTATS

Les cartographies suivantes ne sont présentées qu'à titre illustratif, les données SIG sont transmises avec ce rapport.

Sur le secteur d'étude, la période de sédimentation la plus active se situe entre 1902 et 1970. Les surfaces en eau occupent à peine 37% du site en 1970 contre 78% en 1902. Les anciennes surfaces en eau des « casiers Girardon » se comblent et sont remplacées par une végétation arbustive puis arborée. Les bois ont été multipliés par 5 depuis 1902 et représentent aujourd'hui 40% de la surface du site (cf. Figure 6 et Tableau 2).



A noter que la figuration des ouvrages sur les dates « Etat Major » et 1860 ne sert qu'à la comparaison, les ouvrages n'étant pas encore construits à ces époques (sauf la digue de Saussac)

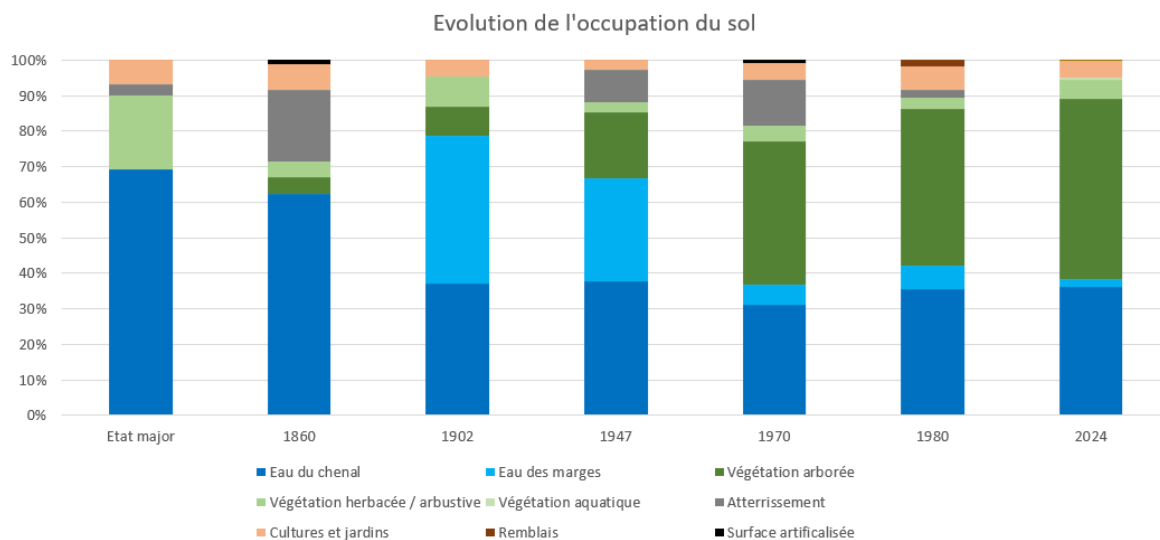


Figure 6 : Evolution de l'occupation du sol sur le site de Mondragon

	Etat major	1860	1902	1947	1970	1980	2024
Eau du chenal	69%	62%	37%	38%	31%	35%	36%
Eau des marges	0%	0%	41%	29%	6%	7%	2%
Végétation arborée	0%	5%	8%	18%	40%	44%	51%
Végétation herbacée / arbustive	21%	4%	9%	3%	5%	3%	6%
Végétation aquatique	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%
Atterrissement	3%	20%	0%	9%	13%	2%	0%
Cultures et jardins	7%	7%	5%	3%	5%	7%	5%
Remblais	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%
Surface artificialisée	0%	1%	0%	0%	1%	0%	0%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tableau 2 : Pourcentages de l'évolution de l'occupation du sol sur le site de Mondragon

Sur la carte d'Etat Major et l'atlas de 1860, l'occupation du sol montre un fleuve actif avec des atterrissements mobiles. En 1902, après construction des casiers, il est possible de noter la fixation d'un îlot au centre des casiers 7 et 8, mais l'ensemble de la surface reste encore en eau libre. La situation avant la mise en eau de l'aménagement de Donzère Mondragon révèle deux phénomènes : l'atterrissement progressif de l'intérieur des casiers et le développement d'une strate arborée sur l'îlot des casiers 7 et 8 mais aussi sur les espaces périphériques aux zones en eau. La terrestrialisation du casier s'accélère nettement avec la période suivante. Entre 1970 et aujourd'hui l'occupation du sol évolue seulement à la marge avec une lente progression des boisements sur les strates basses.



C. MESURES DES EPAISSEURS DE SEDIMENTS FINS

1 METHODOLOGIE

1.1 Sondages pénétrométriques manuels

Les sondages réalisés sont des mesures pénétrométriques manuelles. Techniquement, un train de tiges en acier est enfoncé manuellement à l'aide d'une petite masse dans les alluvions fines jusqu'à atteindre la couche de sédiments grossiers (graviers, galets, blocs), correspondant à la nappe de charriage issue du Petit Age Glaciaire (PAG), et qui limite l'enfoncement du train de tiges. La hauteur de tige enfoncée est alors mesurée (cf. figure 7).

Les points de sondages sont réalisées selon un échantillonnage pré-établie par GeoPeka et qui est suivi sur le terrain grâce à l'utilisation d'un DGPS à précision décimétrique. Cette technique d'implantation explique une partie des écarts entre le plan d'échantillonnage prévisionnel et la localisation des mesures (voir paragraphe 1.3).

Lorsque des doutes subsistaient sur la nature des matériaux qui stoppaient l'enfoncement (racine, bloc isolé), un second sondage a été réalisé à proximité du premier. Le sondage est fini lorsque la tige ne s'enfonce plus. Généralement, ce refus d'enfoncement apparaît progressivement à la rencontre du toit de galet, après une dizaine de centimètre. Parfois le refus est plus long et très progressif, et il est donc probable que certaines mesures indiquent une épaisseur de sédiments fins plus grande que la réalité. Tout sondage inférieur au mètre a fait l'objet d'un second point de mesure, localisé à proximité, lorsqu'un doute subsistait quant à l'atteinte du toit de graviers.



Figure 7 : Opérateur enfonçant un train de tiges

1.2 Conditions de terrain

Les campagnes de sondages se sont déroulées entre le 9/12/2024 et le 16/01/2025. A cause d'un défaut de matériel, la campagne de sondage s'est étalée sur deux périodes. Elles ont permis l'acquisition de 55 sondages, sur les 52 points prévus. En effet, certains points ont eu plusieurs sondages à cause de refus précoces (racine, remblais etc...). La réalisation d'un second point de sondage au droit du premier permet de vérifier la véracité de la mesure.

Site	Date campagne de terrain	Nombre de sondages prévus	Nombre de sondages réalisés
Mondragon	Du 9/12/2024 au 13/12/2024	52	24 (+ 3 sondages de vérification)
Mondragon	Du 14/01/2025 au 16/01/2025	28	28
Total			52 (+3 sondages de vérification)

Tableau 3. Date des campagnes terrain et nombre de sondages réalisés

Les conditions hydrologiques du Rhône durant la première période de mesures de terrain, en décembre 2024, étaient bonnes. En effet une faible crue a eu lieu durant la semaine de prospection, mais n'impactant à aucun moment les relevés pénétrométriques.

Pour la période de janvier, les débits étaient bien plus hauts, même si la décrue s'était déjà enclenchée. Le fort niveau du Rhône a contraint le déplacement d'un point se situant en eau dans une des lônes de la zone d'étude. De plus, certains sondages situés proches des berges et des bras morts, ont vu leurs derniers mètres avant refus traverser une couche limoneuse assez liquide, ce qui a entraîné une difficulté pour leur enfoncement (cf. Figure 6).

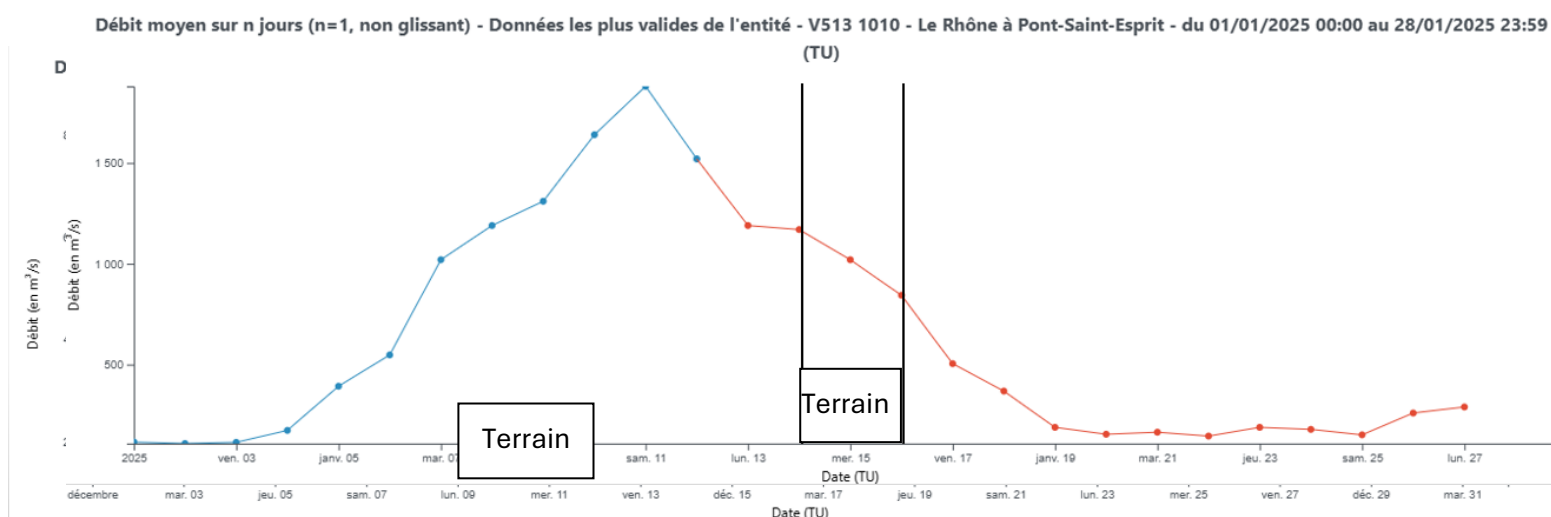


Figure 8 : Conditions d'hydrologie du Rhône pendant les mesures de terrain

Pour la majorité des points de sondages, leur localisation a respecté le plan prévisionnel et sont compris dans un rayon de 10 m maximum autour des points de sondages prévisionnels. Néanmoins certains points ont été décalés pour les raisons suivantes :



- Localisation de points de sondage dans des zones inaccessibles à cause de la végétation (bosquet d'arbustes épineux).
- Localisation de points dans des zones en eau

De plus, le GPS et le DGPS ont pu être perturbé par la présence d'une couverture végétale dense par endroit, entraînant un décalage du point lors du choix de son emplacement.

Le tableau suivant (cf. Tableau 4) montre les classes d'écarts pour les 55 points de sondages.

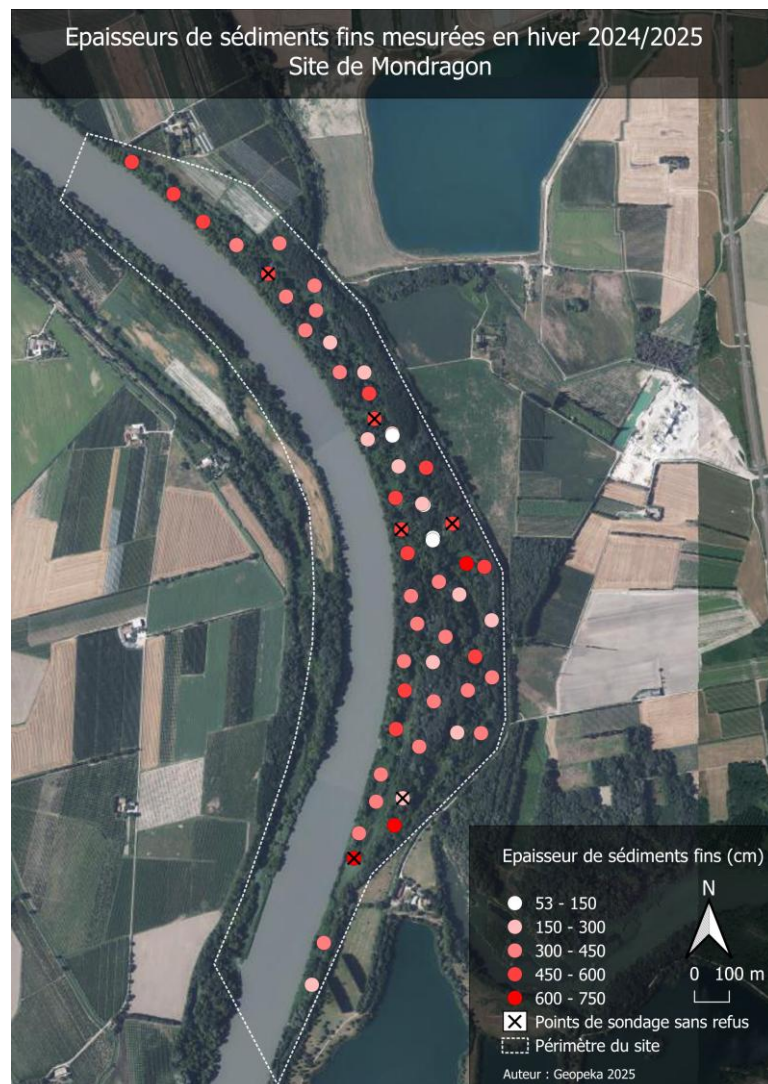
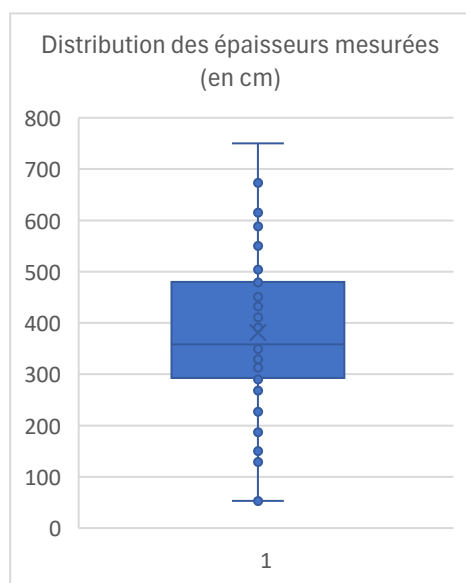
Site	Nombre de sondages réalisés	Nombre de sondages avec un décalage compris entre				
		0 - 5 m	5 - 10 m	10 - 20 m	20 - 30 m	30 - 50 m
Mondragon	55	14	21	13	5	2

Tableau 4. Distance de décalage entre les plans de sondages et les sondages réalisés.



2 RESULTATS DE LA CAMPAGNE DE SONDAGES

Sur la zone d'étude, 55 sondages ont été réalisés. L'épaisseur moyenne est de 3,81 m avec un minimum à 0,53m et un maximum à 7,50m sans refus. De plus 6 points n'ont pas eu de refus, à plusieurs profondeurs différentes, entre 5,5m et 7,5m, faute de longueur de tiges suffisante (cf. figure 9).



Statistiques épaisseurs (cm)	Médiane	Moyenne	Max	Min
Mondragon	358	381	> 750	53

Tranches de profondeur (cm)	0-150	150-300	300-450	450-600	600-750
Nombre de points	3	11	23	13	5

Figure 9 : Épaisseurs de sédiments fins mesurés (en cm) sur le site de Mondragon

L'analyse de la répartition spatiale des épaisseurs révèle :

- Des épaisseurs importantes (+500 cm) sur le casier le plus à l'amont (n°1)
- Des épaisseurs de l'ordre de 350 cm sur les casiers n°2, 3, 4 et 5, où l'atterrissement entre 1902 et 1947 avait été peu important, mais très rapide sur la période suivante
- Des épaisseurs moyennes relativement faible (épaisseur médiane <300 cm) sur le casier n°6 avec un dôme du toit de galet dans la partie central du casier, correspondant à un atterrissement précoce (1902-1947). Les mesures les plus proches du chenal, où l'atterrissement a été plus tardif présente des profondeurs plus importantes.
- Des épaisseurs importantes sur le casier n°7 (épaisseur médiane d'env. 400 cm) avec un dôme très haut du toit du galet en aval du tenon nord.
- Des épaisseurs de l'ordre de 350 cm sur le casier n°8 et 9 avec des profondeurs importantes à proximité du chenal et dans le secteur du tenon délimitant les deux casiers
- Des épaisseurs assez faibles sur les casiers n°10 et 11 (env. 300 cm).

D. PRELEVEMENTS DES ECHANTILLONS DE SOLS

1 METHODOLOGIE

1.1 Prélèvements

Les prélèvements de sédiments fins ont été réalisés à l'aide d'une tarière manuelle (Cf. Figure 10). La campagne de terrain s'est déroulée sur la semaine 3 (2025). Elle a permis la réalisation de 6 points de prélèvements (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Par **point de prélèvement**, il faut entendre la réalisation d'une **carotte** donnant lieu au prélèvement de plusieurs **échantillons** de sédiments dont le nombre varie selon la profondeur du carottage. Conformément au protocole défini dans le CCTP, un échantillon de 50 cl de sédiments a été prélevé par tranche de 1 mètre d'épaisseur de sédiments fins jusqu'à la profondeur du toit de graviers. La dernière tranche de prélèvement pouvait intégrer une épaisseur de 1,2 m mais au-delà, un nouvel échantillon a été réalisé. Par exemple, un prélèvement de 1,20 m ne donnait lieu qu'à un seul échantillon mais un prélèvement de 1,30 m donnait lieu à deux échantillons (tranche 0 – 1,2 m et tranche 1,2 – 1,3 m). Les échantillons prélevés ont été stockés dans des glacières réfrigérées à l'aide de pains de glace jusqu'à leur enlèvement par un transporteur à destination du laboratoire d'analyse. Une qualification sommaire de la granulométrie a été réalisée en fonction des textures (sable/limon/argile) pour chaque tranche de 20 cm d'épaisseur prélevée (hauteur de la tête de prélèvement de la tarière). Tous les échantillons ont été doublés, en réalisant un deuxième prélèvement à la tarière au droit du premier par manque de matière première. Ces doublons d'échantillons, permettront dans le cas nécessaire, de réaliser une deuxième campagne d'analyse des sédiments plus poussée.





Figure 10 : Opérateur effectuant un carottage avec une tarière manuelle

ID Point	Nombre d'échantillon
1	4
2	1
3	3
4	4
5	5
6	4

Tableau 5 : Nombre d'échantillons par prélèvement (n total = 21)



Figure 11. Localisation des points de prélèvements sur le site de Mondragon

Les points de prélèvements ont tous été réalisés à moins de 10 m des points du plan initial. En effet, des décalages ont été nécessaires pour la réalisation de certains prélèvements, généralement liés à la présence d'arbres ou de massifs d'arbustes épineux. Pour le point 2, un deuxième prélèvement de vérification a été effectué au droit du premier, pour vérifier la faible profondeur relevée. La deuxième mesure a confirmé la profondeur de 60 cm. Le Point 6 a été rajouté durant la campagne de terrain, pour obtenir un nombre suffisant d'échantillons ainsi qu'une meilleure analyse des sédiments proches du vieux Rhône.

En fonction de la profondeur de sédiments fins, ainsi que de la longueur maximum de la tarière (450cm), le nombre d'échantillons par point varie de 1 à 5 et sont listés dans le tableau ci-dessous.

ID Point	Profondeur (cm)	Nombre d'échantillons	Nom échantillons
1	360	4	1-1
			1-2
			1-3
			1-4
2	60	1	2-1
3	300	3	3-1
			3-2

			3-3
4	420	4	4-1
			4-2
			4-3
			4-4
5	440	5	5-1
			5-2
			5-3
			5-4
			5-5
6	360	4	6-1
			6-2
			6-3
			6-4

Tableau 6 : Récapitulatif des points de prélèvements et des échantillons

2 RESULTATS DES PRELEVEMENTS

2.1 Epaisseurs et stratigraphie sommaire

Les épaisseurs de sédiment fin prélevés sont reportés sur la figure ci-dessous (cf. figure 11). Globalement, en comparant avec les données de sondages les plus proches, les profondeurs constatées sur chacun des points de prélèvement sont cohérentes avec nos premières séries de mesures. Seul le sondage établi à 615 cm présente un écart notable avec le prélèvement d'une profondeur de 360 cm. Toutefois notons que les métadonnées de ce sondage précise que l'enfoncement a été « *assez dure rapidement puis enfoncement lent* » traduisant certainement un percement de la nappe de gracier du PAG sans refus net.





Figure 12 : comparaison des profondeurs des sondages pénétrométrique et des prélèvements à la tarière

Les stratigraphies sommaires établies montrent bien que les espaces les plus proches du chenal correspondent aux parties hautes du massif sédimentaire et sont sableuses, avec des argiles sous-jacentes. A partir de P4, les dépôts sableux sommitaux disparaissent pour être remplacés par un mélange limoneux avec des passées sableuses. Cette structure se retrouve sur P3 et P1.

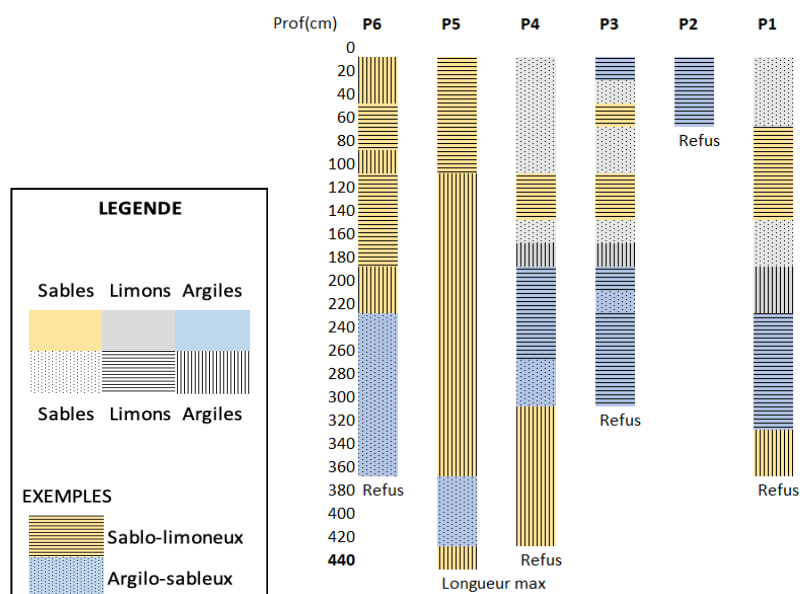
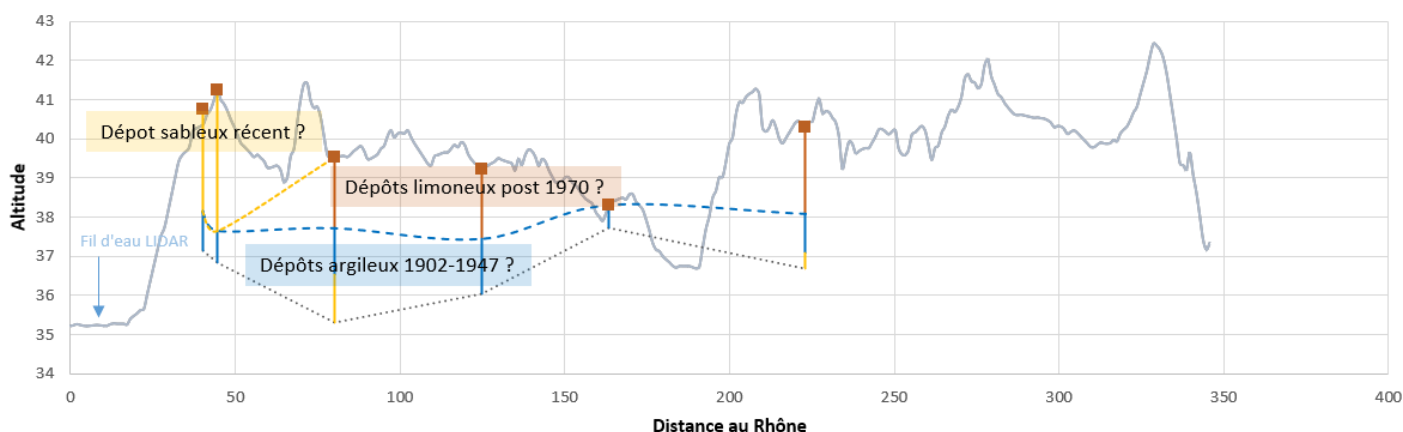


Figure 13. Strates sédimentaires traversées par les prélèvements à la tarière

Une première interprétation de ces résultats pourrait être la suivante :

Les dépôts plutôt argileux du fond, qui présentent altimétriquement une limite supérieure assez homogène correspondrait à des dépôts s'étant produit dans des conditions plutôt lenticule permettant une décantation de matière fine. Ces dépôts proviennent certainement de l'époque où les casiers étaient en eau mais isolés du chenal par la digue longitudinale (période 1902-1947 ?). Les dépôts le couvrant sont quant à eux plus grossiers, avec des passées sableuses, et correspondant possiblement à une sédimentation liée à des crues successives (dépôts de débordement) qui ont favorisées la terrestrialisation du casier dans les premières décennies de la deuxième moitié du XXe s. Les dépôts sableux en position sommitale et à proximité du chenal sont eux aussi des dépôts de crues, issus d'un transport en charriage gradué.

Structuration du massif sédimentaire



RESTAURATION DES MARGES ALLUVIALES DU RHONE
SUR LE SITE DES CASIERS DE L'ILE VIEILLE, A MONDRAGON

Informations sur les échantillons

Echantillon-n°	25-018317-01	25-018317-02	25-018317-03	25-018317-04	25-018317-05
Date de réception:	10.02.2025	10.02.2025	10.02.2025	10.02.2025	10.02.2025
Désignation	1-1	1-2	1-3	1-4	2-1
Type d'échantillons:	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment
Prélèvement:	05.02.2025	05.02.2025	05.02.2025	05.02.2025	05.02.2025
Récipient:	2*250ml VBrun WES002	2*250ml VBrun WES002	2*250ml VBrun WES002	2*250ml VBrun WES002	2*250ml VBrun WES002
Température de réception (C°):	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9
Début des analyses:	10.02.2025	10.02.2025	10.02.2025	10.02.2025	10.02.2025
Fin des analyses:	19.02.2025	19.02.2025	19.02.2025	19.02.2025	19.02.2025
Echantillon-n°	25-018317-06	25-018317-07	25-018317-08	25-018317-09	25-018317-10
Date de réception:	10.02.2025	10.02.2025	10.02.2025	10.02.2025	10.02.2025
Désignation	3-1	3-2	3-3	4-1	4-2
Type d'échantillons:	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment
Prélèvement:	05.02.2025	05.02.2025	05.02.2025	05.02.2025	05.02.2025
Récipient:	2*250ml VBrun WES002	2*250ml VBrun WES002	2*250ml VBrun WES002	2*250ml VBrun WES002	2*250ml VBrun WES002
Température de réception (C°):	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9
Début des analyses:	10.02.2025	10.02.2025	10.02.2025	10.02.2025	10.02.2025
Fin des analyses:	19.02.2025	19.02.2025	19.02.2025	19.02.2025	19.02.2025
Echantillon-n°	25-018317-11	25-018317-12	25-018317-13	25-018317-14	25-018317-15
Date de réception:	10.02.2025	10.02.2025	10.02.2025	10.02.2025	10.02.2025
Désignation	4-3	4-4	5-1	5-2	5-3
Type d'échantillons:	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment
Prélèvement:	05.02.2025	05.02.2025	05.02.2025	05.02.2025	05.02.2025
Récipient:	2*250ml VBrun WES002	2*250ml VBrun WES002	2*250ml VBrun WES002	2*250ml VBrun WES002	2*250ml VBrun WES002
Température de réception (C°):	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9
Début des analyses:	10.02.2025	10.02.2025	10.02.2025	10.02.2025	10.02.2025
Fin des analyses:	19.02.2025	19.02.2025	19.02.2025	19.02.2025	19.02.2025
Echantillon-n°	25-018317-16	25-018317-17	25-018317-18	25-018317-19	25-018317-20
Date de réception:	10.02.2025	10.02.2025	10.02.2025	10.02.2025	10.02.2025
Désignation	5-4	5-5	6-1	6-2	6-3
Type d'échantillons:	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment	Sédiment
Prélèvement:	05.02.2025	05.02.2025	05.02.2025	05.02.2025	05.02.2025
Récipient:	2*250ml VBrun WES002	2*250ml VBrun WES002	2*250ml VBrun WES002	2*250ml VBrun WES002	2*250ml VBrun WES002
Température de réception (C°):	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9
Début des analyses:	10.02.2025	10.02.2025	10.02.2025	10.02.2025	10.02.2025
Fin des analyses:	19.02.2025	19.02.2025	19.02.2025	19.02.2025	19.02.2025
Echantillon-n°	25-018317-21				
Date de réception:	10.02.2025				
Désignation	6-4				
Type d'échantillons:	Sédiment				
Prélèvement:	05.02.2025				
Récipient:	2*250ml VBrun WES002				
Température de réception (C°):	10.9				
Début des analyses:	10.02.2025				
Fin des analyses:	19.02.2025				

RESTAURATION DES MARGES ALLUVIALES DU RHONE SUR LE SITE DES CASIERS DE L'ILE VIEILLE, A MONDRAGON

			25-018317-01	25-018317-02	25-018317-03	25-018317-04	25-018317-05	25-018317-06	25-018317-07	25-018317-08	25-018317-09	25-018317-10	25-018317-11	25-018317-12	25-018317-13	25-018317-14	25-018317-15	25-018317-16	25-018317-17	25-018317-18	25-018317-19	25-018317-20	25-018317-21	
Désignation d'échantillon	Unité	S1	1-1	1-2	1-3	1-4	2-1	3-1	3-2	3-3	4-1	4-2	4-3	4-4	5-1	5-2	5-3	5-4	5-5	6-1	6-2	6-3	6-4	
Analyse physique																								
Perte au feu (550°C)	mg/kg MS		46000	30000	15000	12000	70000	32000	32000	29000	24000	26000	24000	18000	31000	30000	20000	23000	22000	37000	16000	25000	16000	
Matière sèche	% masse MB		77,7	76,3	81,5	80,4	73,1	81,5	79,5	79,0	80,4	81,3	80,0	79,6	89,0	84,3	87,4	75,8	72,7	87,8	90,8	81,4	81,2	
Analyse physico-chimique																								
Densité en vrac	kg/m³ MB		1100	1200	1500	1200	1100	1100	1100	1100	990	1200	1800	1000	1100	1200	1500	1500	1200	1100	1200	1400	1400	
Paramètres globaux / Indices																								
COT calculé d'ap. matière organique	mg/kg MS		27200	25000	16100	9050	17200	16300	15300	16400	13700	15100	15400	10100	9590	16600	14800	19500	13700	37400	8190	14000	12000	
Azote total Kjeldahl (NTK)	mg/kg MS		1200	810	550	350	980	920	630	770	820	760	640	430	440	580	540	690	770	540	370	650	490	
Métaux lourds																								
Éléments																								
Chrome (Cr)	mg/kg MS	150	38	40	30	21	45	34	50	72	46	49	38	30	24	27	29	41	52	27	23	44	29	
Nickel (Ni)	mg/kg MS	50	26	43	36	23	46	35	43	55	44	41	39	29	29	33	33	39	45	32	29	43	29	
Cuivre (Cu)	mg/kg MS	100	35	40	27	23	38	25	37	62	35	37	32	20	62	15	19	19	30	46	19	15	30	21
Zinc (Zn)	mg/kg MS	300	160	160	120	100	160	120	170	250	150	170	150	110	91	98	110	130	230	94	85	140	120	
Arsenic (As)	mg/kg MS	30	11	21	16	11	23	18	20	28	21	22	16	12	9	12	14	25	15	11	14	26	12	
Cadmium (Cd)	mg/kg MS	2	0.4	0.4	<0.4	0.4	0.8	0.7	0.9	1.3	1	0.8	0.5	<0.4	<0.4	<0.4	0.4	0.5	1.1	<0.4	<0.4	0.9	0.4	
Mercuré (Hg)	mg/kg MS	1	0.4	0.7	0.9	0.3	0.4	0.2	0.5	0.9	0.3	0.6	0.4	0.2	<0.1	0.2	0.2	0.6	0.6	0.1	0.1	0.3	0.3	
Plomb (Pb)	mg/kg MS	100	74	71	56	40	66	47	84	86	58	82	51	34	25	34	40	75	60	28	28	63	41	
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)																								
Naphtalène	mg/kg MS		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Acénaphthylène	mg/kg MS		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Acénaphthène	mg/kg MS		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Fluorène	mg/kg MS		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Phénanthrène	mg/kg MS		0.09	0.1	0.09	0.12	<0,05	<0,05	0.13	0.08	<0,05	0.07	0.13	0.1	0.12	0.06	0.13	0.08	0.19	<0,05	<0,05	<0,05	0.09	
Anthracène	mg/kg MS		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Fluoranthène	mg/kg MS		0.17	0.21	0.17	0.24	0.14	0.09	0.21	0.18	0.12	0.17	0.25	0.18	0.24	0.11	0.21	0.15	0.32	0.08	0.1	0.11	0.2	
Pyrène	mg/kg MS		0.14	0.17	0.13	0.14	0.11	0.07	0.18	0.13	0.1	0.15	0.2	0.15	0.19	0.08	0.15	0.11	0.22	0.06	0.08	0.09	0.17	
Benzo(a)anthracène	mg/kg MS		0.09	0.12	0.1	0.11	0.08	<0,05	0.11	0.1	0.07	0.11	0.15	0.1	0.11	<0,05	0.13	0.08	0.17	<0,05	<0,05	0.06	0.11	
Chrysène	mg/kg MS		0.09	0.12	0.1	0.12	0.1	<0,05	0.13	0.11	0.12	0.12	0.15	0.09	0.09	<0,05	0.13	0.08	0.18	<0,05	<0,05	0.07	0.1	
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS		0.15	0.18	0.16	0.17	0.15	0.07	0.23	0.16	0.12	0.21	0.24	0.14	0.15	0.08	0.19	0.13	0.26	0.07	0.08	0.12	0.17	
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS		<0,05	0.08	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0.08	<0,05	<0,05	0.06	0.09	<0,05	0.06	<0,05	0.08	<0,05	0.08	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Benzo(a)pyrène	mg/kg MS		0.1	0.13	0.1	0.11	0.08	<0,05	0.14	0.09	0.07	0.11	0.14	0.1	0.11	<0,05	0.13	0.08	0.15	<0,05	<0,05	0.07	0.11	
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg MS		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Indéno(1,2,3,c,d)pyrène	mg/kg MS		0.09	0.09	0.07	0.07	<0,05	<0,05	0.1	0.06	<0,05	0.09	0.1	<0,05	0.08	<0,05	0.08	<0,05	0.11	<0,05	<0,05	<0,05	0.06	
Benzo(g,h,i)peryène	mg/kg MS		0.08	0.09	0.06	0.06	<0,05	<0,05	0.1	0.06	<0,05	0.09	0.09	<0,05	0.07	<0,05	0.07	<0,05	0.1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
mg/kg MS		22.8	1	1.3	0.98	1.2	0.66	0.23	1.4	0.99	0.62	1.2	1.5	0.85	1.2	0.33	1.3	0.7	1.8	0.21	0.25	0.53	1	
Somme des HAP																								
Polychlorobiphényles (PCB)																								
PCB n° 28	mg/kg MS		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
PCB n° 52	mg/kg MS		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
PCB n° 101	mg/kg MS		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0.013	<0,01	<0,01	0.025	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
PCB n° 118	mg/kg MS		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
PCB n° 138	mg/kg MS		0.013	0.013	<0,01	<0,01	0.014	<0,01	0.038	0.025	0.012	0.037	0.025	0.013	<0,01	<0,01	0.023	0.013	0.014	<0,01	<0,01	0.025	<0,01	
PCB n° 153	mg/kg MS		0.013	<0,01	<0,01	<0,01	0.014	0.012	0.05	0.025	0.012	0.037	0.025	0.013	<0,01	<0,01	0.023	0.013	0.014	<0,01	<0,01	0.025	<0,01	
PCB n° 180	mg/kg MS		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0.014	<0,01	0.038	0.025	<0,01	0.025	0.013	<0,01	<0,01	<0,01	0.011	<0,01	0.014	<0,01	<0,01	0.012	<0,01	
Somme des 7 PCB	mg/kg MS	0.68	0.026	0.013	0.050	0.050	0.04	0.01	0.14	0.08	0.03	0.12	0.06	0.03	0.05	0.05	0.06	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06	0.05	
Somme des 7 PCB				0.139			0.041	0.228			0.233				0.224					0.211				
Granulométrie																								
Argille (< 2 µm)	g/kg MS	0.002	22.10	22.90	19.40	16.20	17.30	21.30	18.80	20.60	18.70	20.10	19.20	17.80	16.70	16.70	15.60	16.30	14.60	14.50	11.70	16.30	15.30	
Limons fins (2 à 20 µm)	g/kg MS	0.01	190.50	184.20	206.20	94.00	190.50	68.00	89.80	128.80	67.20	128.80	125.90	83.90	46.90	69.50	85.10	70.60	64.40	41.80	45.30	76.40	63.80	
Limons grossiers (20 à 50 µm)	g/kg MS	0.025	128.30	99.30	77.60	67.70	97.30	45.00	55.70	45.20	47.20	39.50	65.80	44.70	26.40	31.70	30.50	47.10	37.30	24.10	16.60	39.30	27.30	
Sables fins (50 à 200 µm)	g/kg MS	0.125	537.00	542.00	396.10	188.50	587.50	551.70	675.80	588.40	609.30	577.60	575.70	433.10	512.20	516.30	682.40	450.30	574.20	460.50	513.20	564.60	443.30	
Sables grossiers (200 à 2000 µm)	g/kg MS	1.1	121.80	151.00	300.40	626.80	168.30	313.50	158.90	213.70	256.60	264.60	212.30	419.40	397.40	365.60	186.40	406.10	308.10	458.40	413.20	297.70	427.90	
Fraction > 2 mm	g/kg MS	2	0.30	0.50	0.30	6.90	0.80	0.40	1.00	3.20	0.90	1.70	1.10	1.20	0.40	1.00	1.00	9.50	1.30	1.00	1.00	5.80	22.40	
%			0.03%	0.05%	0.03%	0.69%	0.08%	0.04%	0.10%	0.32%	0.09%	0.17%	0.11%	0.12%	0.04%	0.10%	0.10%	0.95%	0.13%	0.10%	0.10%	0.58%	2.24%	
Préparation d'échantillon																								
Minéralisation à l'eau régale	MS		17/02/2025	17/02/2025	17/02/2025	17/02/2025	17/02/2025	17/02/2025	17/02/2025	17/02/2025	17/02/2025	17/02/2025	17/02/2025	17/02/2025	17/02/2025	17/02/2025	17/02/2025	17/02/2025	17/02/2025	17/02/2025	17/02/2025	17/02/2025	17/02/2025	

RESTAURATION DES MARGES ALLUVIALES DU RHONE SUR LE SITE DES CASIERS DE L'ILE VIEILLE, A MONDRAGON

PCB		C1	C2	C3	C4	C5	C6	transect
Loi sur l'eau	C< 0.68 mg/kg Seuil S1	x	x	x	x	x	x	x
	C> 0.68 mg/kg Seuil S1							
Recommandation V2 de la DREAL	C<10microg/kg							
	10<C<60microg/kg	x	x		x	x	x	x
	C>60microg/kg			x				

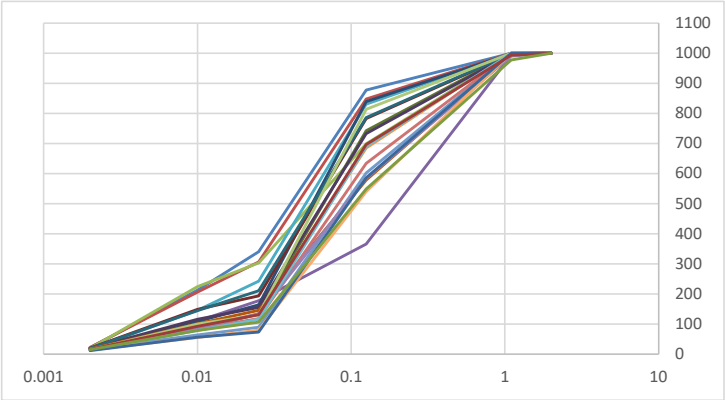
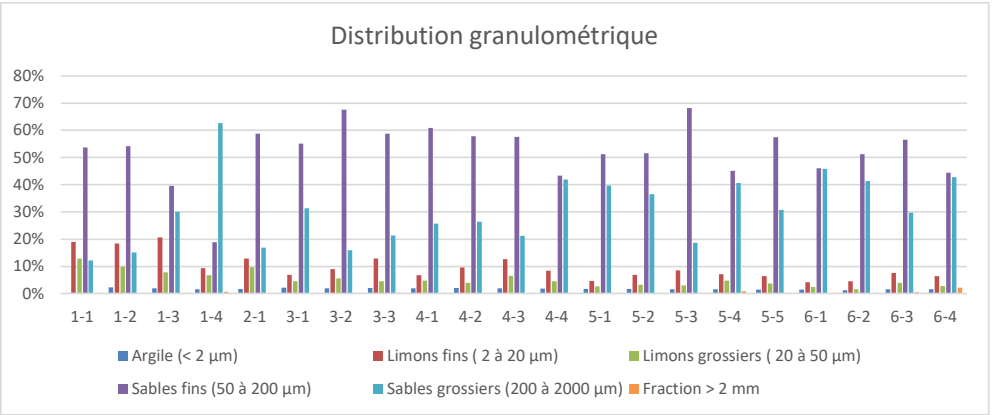
Date campagne	2025																				
Localisation	Ile Vieille																				
Carottes	Ile Vieille 1				Ile Vieille-2	Ile Vieille-3			Ile Vieille-5				Ile Vieille-5					Ile Vieille 6			
Echantillon	1_1	1_2	1_3	1_4	2_1	3_1	3_2	3_3	4_1	4_2	4_3	4_4	5_1	5_2	5_3	5_4	5_5	6_1	6_2	6_3	6_4
Somme des 7 PCB (mg/kg)	0.026	0.013	0.050	0.050	0.041	0.012	0.140	0.076	0.025	0.120	0.063	0.025	0.050	0.050	0.057	0.026	0.041	0.050	0.050	0.061	0.050
Hauteur de l'échantillon (m)	1	1	1	0.6	0.6	1	1	1	1	1	1	1.2	1	1	1	1	0.4	1	1	1	0.6
Hauteur de la carotte (m)	3.60				0.60	3.00			4.20				4.40					3.60			
Concentration moyenne pondérée par carotte (mg/kg)	0.0331				0.041	0.076			0.0567				0.0453					0.0531			
Concentration moyenne pondérée par profil (mg/kg)	0.052																				

RESTAURATION DES MARGES ALLUVIALES DU RHONE
SUR LE SITE DES CASIERS DE L'ILE VIEILLE, A MONDRAGON

	1-1	1-2	1-3	1-4	2-1	3-1	3-2	3-3	4-1	4-2	4-3	4-4	5-1	5-2	5-3	5-4	5-5	6-1	6-2	6-3	6-4
0.002	22.1	22.9	19.4	16.2	17.3	21.3	18.8	20.6	18.7	20.1	19.2	17.8	16.7	16.7	15.6	16.3	14.6	14.5	11.7	16.3	15.3
0.01	212.6	207.1	225.6	110.2	146.1	89.3	108.6	149.4	85.9	116.5	145.1	101.7	63.6	86.2	100.7	86.9	79	56.3	57	92.7	79.1
0.025	340.9	306.4	303.2	177.9	243.4	134.3	164.3	194.6	133.1	156	210.9	146.4	90	117.9	131.2	134	116.3	80.4	73.6	132	106.4
0.125	877.9	848.4	699.3	366.4	830.9	686	840.1	783	742.4	733.6	786.6	579.5	602.2	634.2	813.6	584.3	690.5	540.9	586.8	696.6	549.7
1.1	999.7	999.4	999.7	993.2	999.2	999.5	999	996.7	999	998.2	998.9	998.9	999.6	999.8	1000	990.4	998.6	999.3	1000	994.3	977.6
2	1000	999.9	1000	1000.1	1000	999.9	1000	999.9	999.9	999.9	1000	1000.1	1000	1000.8	1001	999.9	999.9	1000.3	1001	1000.1	1000

	1-1	1-2	1-3	1-4	2-1	3-1	3-2	3-3	4-1	4-2	4-3	4-4	5-1	5-2	5-3	5-4	5-5	6-1	6-2	6-3	6-4
Argile (< 2 µm)	0.02	22.90	19.40	16.20	17.30	21.30	18.80	20.60	18.70	20.10	19.20	17.80	16.70	16.70	15.60	16.30	14.60	14.50	11.70	16.30	15.30
Limons fins (2 à 20 µm)	190.50	184.20	206.20	94.00	128.80	68.00	89.80	128.80	67.20	96.40	125.90	83.90	46.90	69.50	85.10	70.60	64.40	41.80	45.30	76.40	63.80
Limons grossiers (20 à 50 µm)	128.30	99.30	77.60	67.70	97.30	45.00	55.70	45.20	47.20	39.50	65.80	44.70	26.40	31.70	30.50	47.10	37.30	24.10	16.60	39.30	27.30
Sables fins (50 à 200 µm)	537.00	542.00	396.10	188.50	587.50	551.70	675.80	588.40	609.30	577.60	575.70	433.10	512.20	516.30	682.40	450.30	574.20	460.50	513.20	564.60	443.30
Sables grossiers (200 à 2000 µm)	121.80	151.00	300.40	626.80	168.30	313.50	158.90	213.70	256.60	264.60	212.30	419.40	397.40	365.60	186.40	406.10	308.10	458.40	413.20	297.70	427.90
Fraction > 2 mm	0.30	0.50	0.30	6.90	0.80	0.40	1.00	3.20	0.90	1.70	1.10	1.20	0.40	1.00	1.00	9.50	1.30	1.00	1.00	5.80	22.40

	1-1	1-2	1-3	1-4	2-1	3-1	3-2	3-3	4-1	4-2	4-3	4-4	5-1	5-2	5-3	5-4	5-5	6-1	6-2	6-3	6-4
Argile (< 2 µm)	0%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	1%	1%	1%	2%	2%
Limons fins (2 à 20 µm)	19%	18%	21%	9%	13%	7%	9%	13%	7%	10%	13%	8%	5%	7%	9%	7%	6%	4%	5%	8%	6%
Limons grossiers (20 à 50 µm)	13%	10%	8%	7%	10%	5%	6%	5%	5%	4%	7%	4%	3%	3%	3%	5%	4%	2%	2%	4%	3%
Sables fins (50 à 200 µm)	54%	54%	40%	19%	59%	55%	68%	59%	61%	58%	58%	43%	51%	52%	68%	45%	57%	46%	51%	56%	44%
Sables grossiers (200 à 2000 µm)	12%	15%	30%	63%	17%	31%	16%	21%	26%	26%	21%	42%	40%	37%	19%	41%	31%	46%	41%	30%	43%
Fraction > 2 mm	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	1%	2%
	98%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%



RESTAURATION DES MARGES ALLUVIALES DU RHONE
SUR LE SITE DES CASIERS DE L'ILE VIEILLE, A MONDRAGON

Seuil S1			1-1	1-2	1-3	1-4	2-1	3-1	3-2	3-3	4-1	4-2	4-3	4-4	5-1	5-2	5-3	5-4	5-5	6-1	6-2	6-3	6-4
Métaux lourds																							
Eléments																							
Chrome (Cr)	mg/kg MS	150.00	38.00	40.00	30.00	21.00	45.00	34.00	50.00	72.00	46.00	49.00	38.00	30.00	24.00	27.00	29.00	41.00	52.00	27.00	23.00	44.00	29.00
Nickel (Ni)	mg/kg MS	50.00	26.00	43.00	36.00	23.00	46.00	35.00	43.00	55.00	44.00	41.00	39.00	29.00	29.00	33.00	33.00	39.00	45.00	32.00	29.00	43.00	29.00
Cuivre (Cu)	mg/kg MS	100.00	35.00	40.00	27.00	23.00	38.00	25.00	37.00	62.00	35.00	37.00	32.00	20.00	15.00	19.00	19.00	30.00	46.00	19.00	15.00	30.00	21.00
Zinc (Zn)	mg/kg MS	300.00	160.00	160.00	120.00	100.00	160.00	120.00	170.00	250.00	150.00	160.00	120.00	110.00	91.00	98.00	110.00	130.00	230.00	94.00	85.00	140.00	120.00
Arsenic (As)	mg/kg MS	30.00	11.00	21.00	16.00	11.00	23.00	18.00	20.00	28.00	21.00	22.00	16.00	12.00	9.00	12.00	14.00	25.00	15.00	11.00	14.00	26.00	12.00
Cadmium (Cd)	mg/kg MS	2.00	0.40	0.40	0.20	0.40	0.80	0.70	0.90	1.30	1.00	0.80	0.50	0.20	0.20	0.20	0.40	0.50	1.10	0.20	0.20	0.90	0.40
Mercure (Hg)	mg/kg MS	1.00	0.40	0.70	0.90	0.30	0.40	0.20	0.50	0.90	0.30	0.60	0.40	0.20	0.05	0.20	0.20	0.60	0.60	0.10	0.10	0.30	0.30
Plomb (Pb)	mg/kg MS	100.00	74.00	71.00	56.00	40.00	66.00	47.00	84.00	86.00	58.00	82.00	51.00	34.00	25.00	34.00	40.00	75.00	60.00	28.00	28.00	63.00	41.00
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)																							
Naphtalène	mg/kg MS		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acénaphtylène	mg/kg MS		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acénaphène	mg/kg MS		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fluorène	mg/kg MS		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Phénanthrène	mg/kg MS		0.09	0.10	0.09	0.12	0.00	0.00	0.13	0.08	0.00	0.07	0.13	0.10	0.12	0.06	0.13	0.08	0.19	0.00	0.00	0.00	0.09
Anthracène	mg/kg MS		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fluoranthène	mg/kg MS		0.17	0.21	0.17	0.24	0.14	0.09	0.21	0.18	0.12	0.17	0.25	0.18	0.24	0.11	0.21	0.15	0.32	0.08	0.10	0.11	0.20
Pyrène	mg/kg MS		0.14	0.17	0.13	0.17	0.11	0.07	0.18	0.14	0.10	0.15	0.20	0.15	0.19	0.08	0.15	0.11	0.22	0.06	0.08	0.09	0.17
Benzo(a)anthracène	mg/kg MS		0.09	0.12	0.10	0.11	0.08	0.00	0.12	0.10	0.07	0.11	0.15	0.10	0.11	0.00	0.13	0.08	0.17	0.00	0.00	0.06	0.11
Chrysène	mg/kg MS		0.09	0.12	0.10	0.12	0.10	0.00	0.13	0.11	0.12	0.12	0.15	0.09	0.09	0.00	0.13	0.08	0.18	0.00	0.00	0.07	0.10
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS		0.15	0.18	0.16	0.17	0.15	0.07	0.23	0.16	0.12	0.21	0.24	0.14	0.15	0.08	0.19	0.13	0.26	0.07	0.08	0.12	0.17
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS		0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.06	0.09	0.00	0.06	0.00	0.08	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00
Benzo(a)pyrène	mg/kg MS		0.10	0.13	0.10	0.11	0.08	0.00	0.14	0.09	0.07	0.11	0.14	0.10	0.11	0.00	0.13	0.08	0.15	0.00	0.00	0.07	0.11
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg MS		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Indéno(1,2,3,c,d)pyrène	mg/kg MS		0.09	0.09	0.07	0.07	0.00	0.00	0.10	0.06	0.00	0.09	0.10	0.00	0.08	0.00	0.08	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.06
Benzo(g,h,i)pérylène	mg/kg MS		0.08	0.09	0.06	0.06	0.00	0.00	0.10	0.06	0.00	0.09	0.09	0.00	0.07	0.00	0.07	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
Somme des HAP	mg/kg MS	22.8	1.00	1.29	0.98	1.17	0.66	0.23	1.41	0.98	0.60	1.18	1.54	0.86	1.22	0.33	1.30	0.71	1.78	0.21	0.26	0.52	1.01
Somme des 7 PCB	mg/kg MS	0.68	0.026	0.013	0.050	0.050	0.041	0.012	0.140	0.076	0.025	0.120	0.063	0.025	0.050	0.050	0.057	0.026	0.041	0.050	0.050	0.061	0.050

Total	Qsm	0.1	0.34	0.44	0.38	0.26	0.44	0.32	0.49	0.65	0.42	0.49	0.37	0.25	0.20	0.25	0.28	0.43	0.49	0.23	0.22	0.43	0.28
-------	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Chrome (Cr)	Qsm	1	0.25	0.27	0.20	0.14	0.30	0.23	0.33	0.48	0.31	0.33	0.25	0.20	0.16	0.18	0.19	0.27	0.35	0.18	0.15	0.29	0.19
Nickel (Ni)	Qsm	1	0.52	0.86	0.72	0.46	0.92	0.70	0.86	1.10	0.88	0.82	0.78	0.58	0.58	0.66	0.66	0.78	0.90	0.64	0.58	0.86	0.58
Cuivre (Cu)	Qsm	1	0.35	0.40	0.27	0.23	0.38	0.25	0.37	0.62	0.35	0.37	0.32	0.20	0.15	0.19	0.19	0.30	0.46	0.19	0.15	0.30	0.21
Zinc (Zn)	Qsm	1	0.53	0.53	0.40	0.33	0.53	0.40	0.57	0.83	0.50	0.57	0.50	0.37	0.30	0.33	0.37	0.43	0.77	0.31	0.28	0.47	0.40
Arsenic (As)	Qsm	1	0.37	0.70	0.53	0.37	0.77	0.60	0.67	0.93	0.70	0.73	0.53	0.40	0.30	0.40	0.47	0.83	0.50	0.37	0.47	0.87	0.40
Cadmium (Cd)	Qsm	1	0.20	0.20	0.10	0.20	0.40	0.35	0.45	0.65	0.50	0.40	0.25	0.10	0.10	0.10	0.20	0.25	0.55	0.10	0.10	0.45	0.20
Mercure (Hg)	Qsm	1	0.40	0.70	0.90	0.30	0.40	0.20	0.50	0.90	0.30	0.60	0.40	0.20	0.05	0.20	0.20	0.60	0.60	0.10	0.10	0.30	0.30
Plomb (Pb)	Qsm	1	0.74	0.71	0.56	0.40	0.66	0.47	0.84	0.86	0.58	0.82	0.51	0.34	0.25	0.34	0.40	0.75	0.60	0.28	0.28	0.63	0.41

Métaux total	Qsm	0.125	0.42	0.55	0.46	0.30	0.55	0.40	0.57	0.80	0.51	0.58	0.44	0.30	0.24	0.30	0.33	0.53	0.59	0.27	0.26	0.52	0.34
HAP	Qsm	1	0.04	0.06	0.04	0.05	0.03	0.01	0.06	0.04	0.03	0.05	0.07	0.04	0.05	0.01	0.06	0.03	0.08	0.01	0.01	0.02	0.04
PCB	Qsm	1	0.038	0.019	0.074	0.074	0.060	0.018	0.206	0.112	0.037	0.176	0.093	0.037	0.074	0.074	0.084	0.038	0.060	0.074	0.074	0.090	0.074

			Minimum	Maximum
Chrome (Cr)	mg/kg MS	150.00	21.00	72.00
Nickel (Ni)	mg/kg MS	50.00	23.00	55.00
Cuivre (Cu)	mg/kg MS	100.00	15.00	62.00
Zinc (Zn)	mg/kg MS	300.00	85.00	250.00
Arsenic (As)	mg/kg MS	30.00	9.00	28.00
Cadmium (Cd)	mg/kg MS	2.00	0.00	1.30
Mercure (Hg)	mg/kg MS	1.00	0.10	0.90
Plomb (Pb)	mg/kg MS	100.00	25.00	86.00
Somme des HAP	mg/kg MS	22.8	0.21	1.78