



HAL
open science

Schéma directeur de ré-activation de la dynamique fluviale des marges du Rhône

Pauline Gaydou

► **To cite this version:**

Pauline Gaydou. Schéma directeur de ré-activation de la dynamique fluviale des marges du Rhône.
[Rapport de recherche] CNRS UMR 5600 - EVS. 2013. hal-03444308

HAL Id: hal-03444308

<https://hal.science/hal-03444308>

Submitted on 23 Nov 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Schéma directeur de ré-activation
de la dynamique fluviale des marges
du Rhône



Observatoire
des Sédiments
du Rhône

Version du 23 mai 2013

Rapport de synthèse



Pauline Gaydou sous la dir. scientifique de JP. Bravard
IRG, UMR "Environnement Ville Société", CNRS



2
0
1
2
S
E
M
E
S
T
R
E
6

Ce travail a été réalisé dans le cadre de l'Observatoire des Sédiments du Rhône, plateforme de recherche de la ZABR, grâce à l'appui scientifique, technique et financier de la Compagnie Nationale du Rhône, l'Agence de l'Eau, la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement, les Régions Rhône-Alpes, Languedoc-Roussillon et Provence-Alpes-Côte-D'azur, et l'Europe. Cette étude a été financée dans le cadre du Plan Rhône.

Ce travail a été réalisé entre Septembre 2009 et Février 2013, à l'UMR 5600 (CNRS) dans les locaux de l'Institut de Recherches Géographiques (Lyon 2).

Je remercie à la CNR, Sylvain Reynaud, Christophe Moiroud, Marc Zylberblat, Eric Doutriaux et Guy Collilieux pour leur aide et notamment toutes les ressources qui ont été mises à ma disposition. Je remercie à la DREAL, Sylvie Vigneron et Nicolas Viaud pour les cartes des enjeux de la plaine alluviale du Rhône et des périmètres de protection écologiques. Je remercie à l'Agence de l'Eau Eve Sivade, Patrice Pautrat et Laurence Clottes, pour les différentes réunions qui m'ont permis d'utiliser les résultats de mon travail dans le cadre d'autres problématiques.

Je remercie au CEREGE, Mireille Provansal, Sébastien Robresco (2009) et Nicolas André-Poyaud (2010) pour leur apport de connaissance sur les vieux Rhône de Caderousse, Avignon et Vallabrègues.

Je remercie à l'Université Lyon 2 Nicolas Valé (2005), Jean-Louis Portevin (2004) et Déborah Nadal (2008) pour leur apport de connaissance sur les vieux Rhônes de Montélimar et de Péage-de-Roussillon.

Je remercie à l'OSR, Guillaume Fantino pour son appui méthodologique et technique, et pour son aide à la valorisation des résultats de ce travail.

Je remercie Jean-Paul Bravard pour son encadrement scientifique, son expertise et son soutien.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	6
METHODOLOGIE	9
I. Etude historique de l'évolution de la dynamique fluviale du Rhône	12
1. Etude de la dynamique fluviale	12
Etude de l'hydromorphologie en 1860.....	12
Etude de l'évolution des puissances spécifiques depuis 150 ans.....	13
Le débit morphogène.....	14
La pente longitudinale	16
La largeur.....	16
2. Evolution de l'occupation des sols	16
L'occupation des sols en 1860	16
L'occupation des sols post-aménagements Girardon et pré-aménagements CNR.....	17
L'occupation des sols actuelle.....	17
3. Le recensement des aménagements	18
Le recensement des aménagements en 1860	18
Le recensement des aménagements avant-travaux CNR	18
Le recensement des aménagements en 2006.....	18
4. L'estimation de l'épaisseur des dépôts	19
Description des données de 1860.....	19
Description des données avant-travaux CNR	19
Description des données récentes	20
Traitement des données topographiques et bathymétriques	20
Calcul des volumes de sédiments stockés.....	21
5. Détermination de la propriété des sols	22
6. Carte des unités de sensibilité potentielle à l'inondation et à la sédimentation	22
II. Enjeux locaux et faisabilité hydraulique	23
7. Recensement des éléments vulnérables	23
8. Enjeux écologiques	23
9. Enjeux patrimoniaux	24
10. Etude du paysage.....	25
Structure paysagère à l'échelle du territoire (échelle du vieux Rhône et de ses marges)....	25
Structure paysagère à l'échelle du fleuve	25
11. Etude de la faisabilité hydraulique.....	25
Le calcul des puissances spécifiques actuelles par kilomètre	25
La résistance de la berge	25
L'orientation du courant en crue.....	26
12. Développement du modèle de croisement des données et carte de synthèse de la faisabilité.....	26
Bibliographie	29
PRINCIPAUX RESULTATS A L'ECHELLE DES 15 VIEUX RHONE ETUDIES	31
III. Etude historique : Amélioration des connaissances des aménagements Girardon et de leurs impacts	32

1. Les aménagements Girardon	32
2. Les unités dont les dynamiques sédimentaire et d'inondation sont modifiées par les aménagements Girardon.....	32
Type 1 : Casier Girardon	33
Type 2 : Bras secondaire déconnecté.....	33
Type 3 : Refuges aquatiques.....	34
Type 4 : Banc de galets en rive convexe	35
3. Effets des aménagements sur les écosystèmes	36
4. Effets des aménagements sur l'hydrologie du fleuve.....	37
5. Blocs diagramme résumant les impacts des aménagements Girardon et des aménagements CNR sur la dynamique fluviale	37
6. Synthèse des unités modifiées par les aménagements Girardon à l'échelle des 14 RCC...	39
IV. Etude du paysage.....	42
1. La structure paysagère.....	42
2. Les unités paysagères.....	42
V. Synthèse de la faisabilité.....	58
VI. Informations sur les travaux de remobilisation des marges alluviales du Rhône	69
Bibliographie.....	71
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	72
ANNEXES.....	74

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Tableau d'après Petit et al., 2007	13
Figure 2 : tableau présentant le débit décennal, centennal et millénal des affluents majeurs du Rhône issu de l'Etude Globale Rhône, 2002	15
Figure 3 : Schéma illustrant le modèle de croisement des données pour aboutir à la première carte de synthèse	27
Figure 4 : En rive gauche, l'unité « Lamiat » est une unité de type 1 (vieux Rhône de Donzère-Mondragon, PK 196). Elle a été formée par l'implantation d'une digue longitudinale en lit mineur reliée à la berge par des tenons.....	33
Figure 5 : En rive droite, la lône du Passerou est une unité de type 2 (vieux Rhône de Donzère-Mondragon, PK 173). Elle a été formée par l'implantation d'un barrage amont et aval (digue longitudinale et tenons) déconnectant le bras secondaire du chenal principal, de barrages et de seuils de fond favorisant le dépôt de sédiments et l'assèchement de la lône.....	34
Figure 6 : Le long de la rive droite, au niveau du PK 183, on observe des épis noyés reliés à une digue longitudinale. Ces épis contribuent à fixer le fond du chenal. Cette unité illustre le type 3.	35
Figure 7 : En rive gauche, le banc des Oves est une unité de type 4 (vieux Rhône de Péage-de-Roussillon, PK 53). Elle a été formée par l'implantation d'épis plongeants en rive convexe permettant la fixation d'un banc de galets.	36
Figure 8 : Vieux Rhône de Beauchastel, rive gauche, photo prise depuis la rive droite (Gaydou, le 22.06.10).....	43
Figure 9 : Vieux Rhône de Donzère-Mondragon, le casier de convexité est visible à gauche de la photo, situé en rive droite vue depuis l'amont	44
Figure 10 : Vieux Rhône de Donzère-Mondragon, Pk 178 rive droite (Gaydou, 2.08.11)	44
Figure 11 : Vieux Rhône de Donzère-Mondragon, Pk 173 rive droite (Gaydou, le 2.08.11)	45
Figure 12 : Vieux Rhône de Saint-Vallier, prise de vue en direction de l'aval depuis un belvédère en rive droite (Gaydou, le 13.09.10).....	46
Figure 13 : Vieux Rhône de Bourg-Lès-Valence, Casier de Cornas (Gaydou, le 22.06.10)	47
Figure 14 : Vieux Rhône de Bourg-Lès-Valence, Pk 103 rive droite, photo prise depuis l'intérieur du casier (Gaydou, le 22.06.10)	48
Figure 15 : Vieux Rhône de Péage-de-Roussillon, vue vers l'amont.....	48
Figure 16 : Vieux Rhône de Péage-de-Roussillon, rive droite, prise de vue depuis le centre du chenal, en direction de l'aval (Gaydou, le 14.05.08).....	49
Figure 17 : Vieux Rhône de Montélimar, rive droite, photo prise depuis le Château de Rochemaure (Gaydou, le 4.08.08).....	50
Figure 18 : Vieux Rhône de Péage-de-Roussillon, quais de Serrières en rive droite (Gaydou, le 14.05.08).....	51
Figure 19 : Vieux Rhône de Péage-de-Roussillon, rive gauche, vue vers l'amont	51
Figure 20 : Vieux Rhône de Péage-de-Roussillon, vue vers l'amont.....	52
Figure 21 : Vieux Rhône de Montélimar, vue depuis le pont de Rochemaure, vers l'amont (Gaydou, le 4.08.08).....	53
Figure 22 : Vieux Rhône de Péage-de-Roussillon, lône de la Platière vue vers l'amont (Gaydou, le 22.07.08).....	54
Figure 23 : Vieux Rhône de Bourg-Lès-Valence, rive droite, vue en direction de l'amont (Gaydou, le 22.07.08).....	55
Figure 24 : Vieux Rhône de Montélimar, rive gauche vue depuis la rive droite (Gaydou, le 4.08.08)..	56
Figure 25 : Vieux Rhône de Montélimar, l'unité est visible à droite de la photographie, elle se situe en rive gauche car la photo est prise depuis le pont de Rochemaure, en direction de l'amont (Gaydou, le 4.08.08).....	57
Figure 26 : Vieux Rhône de Montélimar, rive gauche, vue vers l'amont.....	58
Figure 27 : Vieux Rhône de Beauchastel, vue vers l'aval depuis le barrage (Gaydou, le 22.06.10)....	58
Figure 28 : Tableau de synthèse de l'étude de faisabilité	67
Figure 29 : Tableau de synthèse de la faisabilité du réélargissement des unités modifiées par les aménagements Girardon, par vieux Rhône	69
Figure 30 : Graphique du pourcentage de la superficie des unités prioritaires pour la réactivation de la dynamique fluviale des marges du Rhône situé à l'intérieur du Domaine Public Fluvial et du Domaine Concédé, par vieux Rhône	69

INTRODUCTION

L'élaboration du schéma directeur de réactivation de la dynamique fluviale du Rhône est une action de l'Observatoire des Sédiments du Rhône, plateforme de recherche de la ZABR, qui a débuté en 2009. Cette action est financée par le Plan Rhône ainsi que par des fonds européens FEDER. Elle a été développée au sein de l'UMR 5600 – CNRS par Pauline Gaydou sous la responsabilité scientifique de Jean-Paul Bravard.

Suite à la grande crue de 2003 qui a causé d'importants dégâts, notamment en aval de la confluence de l'Ardèche, la problématique des inondations est devenue un des enjeux majeurs du Plan Rhône. Dans ce contexte, une nouvelle réflexion a vu le jour, avec comme site d'expérimentation le vieux-Rhône de Montélimar. Il s'agit, sur les tronçons court-circuités, de remobiliser les sédiments stockés dans les marges par le démantèlement des digues obsolètes qui servaient autrefois à la navigation, et de permettre ainsi de restaurer la dynamique fluviale et d'accroître la capacité d'écoulement de l'ancien chenal. L'élargissement induit par cette technique devrait aussi permettre de redonner un espace de liberté au fleuve lui permettant de restaurer des milieux alluviaux fonctionnels et un transit des sédiments sableux.

Une étude méthodologique pilote a débuté en 2003 sur le vieux-Rhône de Montélimar, fruit d'une collaboration entre la Compagnie Nationale du Rhône, la Zone Atelier Bassin du Rhône, l'Université Lyon 2 et l'UMR 5600. Son objectif était de mettre en perspective historique les processus de raréfaction des îles et de sédimentation à l'échelle de la marge, ensuite de désigner les secteurs où la réhabilitation a le plus de chance de réussir compte tenu de la dynamique du système, enfin de proposer des opérations-tests de ré-élargissement. Les premiers travaux réalisés sont ceux de J. L. Portevin et N. Valé, étudiants en master de géographie de l'Université Lyon 2 sous la responsabilité conjointe de Jean-Paul Bravard, professeur de géographie, et de Guy Collilieux, alors responsable du département environnement de la Compagnie nationale de Rhône, Division de l'ingénierie (Portevin, 2003 ; Valé, 2004). Cette méthode géomorphologique a ensuite été enrichie d'autres critères : l'écologie et le patrimoine qui peuvent représenter localement des contraintes au ré-élargissement. Ce sont les travaux de D. Nadal (Nadal, 2008), étudiante en master de géographie à l'Université Lyon 2 sous la responsabilité conjointe de Jean-Paul Bravard et de Christophe Moiroud, responsable actuel du département environnement de la Compagnie Nationale du Rhône, Division de l'ingénierie.

C'est dans la ligne de ces études que la méthodologie du schéma directeur a été développée. Il s'agit de coupler plusieurs critères afin de déterminer les potentialités et la faisabilité du démantèlement des ouvrages Girardon pour la restauration de la dynamique fluviale des marges du Rhône.

La première partie du schéma directeur consiste à améliorer la connaissance des impacts des aménagements Girardon sur le fleuve par l'étude de l'évolution de la dynamique fluviale, de l'occupation des sols, de la topographie, de la dynamique sédimentaire et d'inondation, et du paysage au cours des 150 dernières années. Il recense également toutes les digues construites depuis 1860 et étudie la propriété foncière. Concernant les vieux Rhône de Caderousse, Avignon et Vallabrègues, cette première partie a été pour partie réalisée par deux étudiants en master au CEREGE sous la direction de Mireille Provansal et en partenariat avec les directions de Valence et d'Avignon de la CNR (Sébastien Robresco, 2010 et Nicolas André-Poyaud, 2011).

La deuxième partie consiste à réaliser une base de données recensant les éléments de vulnérabilité, les enjeux écologiques et patrimoniaux. Elle amorce la réflexion sur la faisabilité hydraulique de la remobilisation des sédiments.

La troisième partie est basée sur la réalisation d'un modèle de croisement des différentes informations afin d'aboutir à une carte de synthèse de la faisabilité. Ce modèle, adapté pour le traitement des couches SIG à l'aide du logiciel Arcgis, permet d'automatiser la méthode de croisement des données sur tous les vieux Rhône, de mettre à jour la carte de synthèse finale dans le cas d'une modification ou d'un complément de la cartographie des enjeux, et de réaliser différents tests en fonction des scénarios définis (périmètre des zones de protection, hiérarchisation des différents critères). C'est en cela, un véritable outil d'aide à la décision, qui peut être actualisé au fur et à mesure de l'acquisition de données.

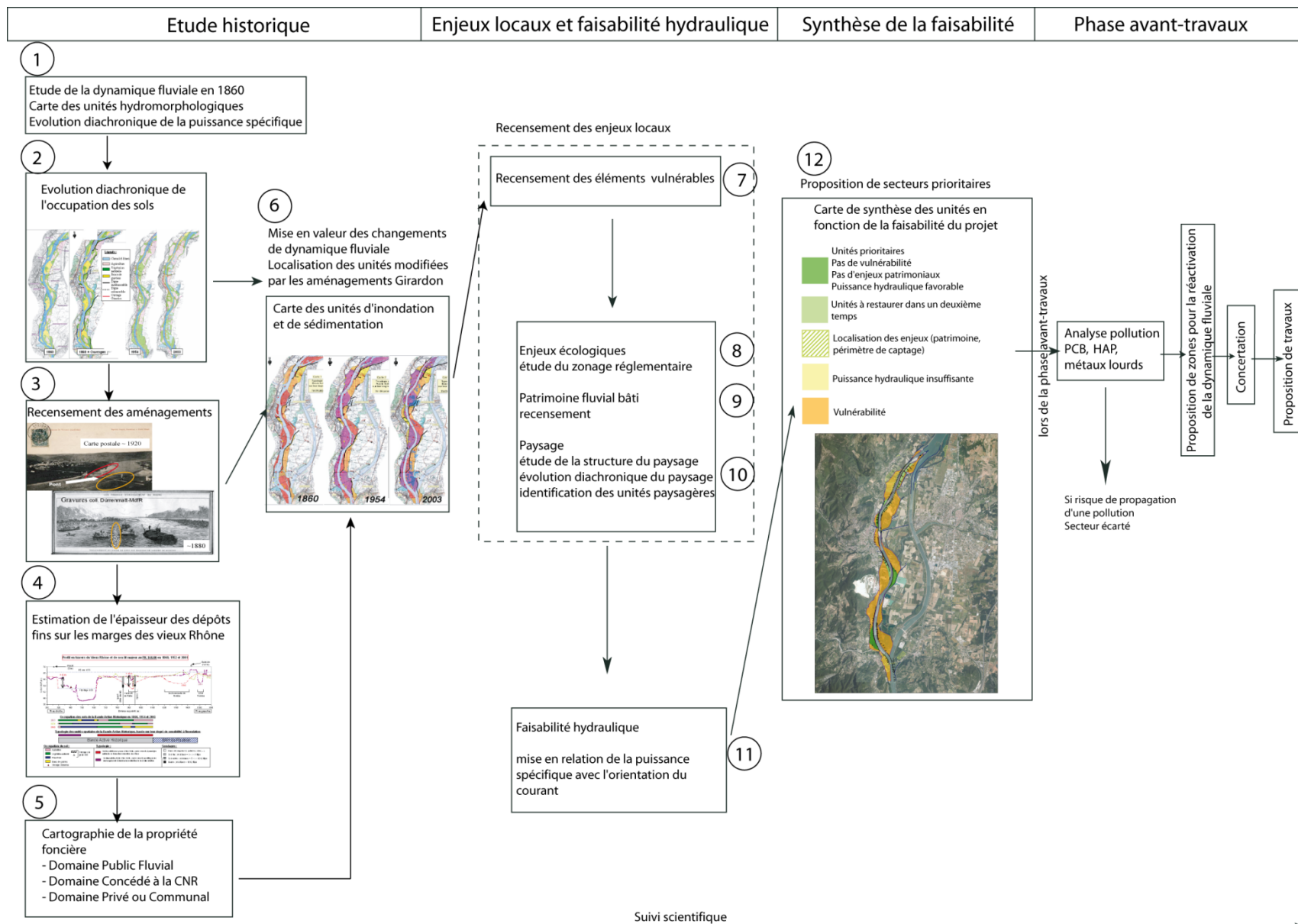
Le schéma directeur est une base de données qui a pour vocation l'aide à la décision. Il améliore la connaissance des aménagements Girardon et de leurs impacts. Il donne des potentialités et éclaire sur la sensibilité des espaces à rendre au fleuve. Il amorce la réflexion sur la faisabilité hydraulique, bien que seul un retour d'expérience puisse fournir des éléments de compréhension.

Il constitue une base de discussion mais ne prend pas de décision quant au déplacement ou à la destruction d'enjeux, la prise de décision intervenant lors de la phase opérationnelle. Il n'accorde pas davantage de poids à un critère qu'à un autre.

La zone d'étude du schéma directeur correspond aux marges alluviales des 14 vieux Rhône (tronçons court-circuités par les aménagements hydrauliques de la CNR) : Chautagne, Belley, Brégnier Cordon, Pierre-Bénite, Péage-de-Roussillon, Saint-Vallier, Bourg-Lès-Valence, Beauchastel, Baix-Le-Logis-Neuf, Montélimar, Donzère-Mondragon, Caderousse, Avignon, Vallabrègues, plus le site de Miribel Jonage. Les marges alluviales sont les espaces situés entre le chenal actuel et la limite de la bande active historique de 1860. Ces milieux ont connu une modification de leurs conditions de sédimentation et d'inondation au cours des 150 dernières années ; elle varie en fonction des aménagements qui y ont été implantés.

Des études visant à étudier la faisabilité du démantèlement d'ouvrages navigation ont par ailleurs été menées hors vieux Rhône par l'équipe du CEREGE d'Aix-en-Provence au niveau de plusieurs îles et casiers en amont ou le long du Grand Rhône, ainsi que le long du Petit Rhône (Capanni, 2006 ; Zanetti, 2006 ; Monaco, 2008 ; Raccasi, 2008 ; Mackosso Mouele, 2009).

METHODOLOGIE



La méthodologie développée ici se découpe en trois parties. La première partie est une étude historique de l'évolution des marges alluviales du Rhône depuis 150 ans. La deuxième partie consiste à constituer une base de données servant de support et d'aide à la décision. La troisième partie est issue du croisement des différentes données acquises précédemment, c'est une synthèse de la faisabilité.

Le périmètre étudié par le schéma directeur est la **bande active historique des 14 vieux Rhône**, à laquelle s'ajoute la bande active historique du secteur de Miribel-Jonage.

La limite amont de chaque tronçon étudié se situe quelques kilomètres en amont du barrage, la limite aval se situe quelques kilomètres en aval de la restitution. Ainsi **la zone d'étude représente 160 kilomètres de linéaire et 17 100 hectares de superficie.**

Dès le départ le choix a été fait, avec les partenaires du projet, d'étudier l'ensemble de la bande active historique. Plusieurs éléments justifient ce choix :

1) on dispose de l'Atlas du paléoenvironnement de la plaine alluviale du Rhône qui donne une entité homogène sur l'ensemble des tronçons : la bande active de tressage historique.

2) La bande active de tressage historique est une unité à très forte dynamique fluviale datant d'il y a seulement 150-200 ans. C'est l'espace de divagation du fleuve, l'espace accordé au fleuve, il y a 150-200 ans. Par la suite cet espace s'est réduit, du fait de la diminution de l'intensité de la dynamique fluviale (fin du Petit Age Glaciaire, diminution des apports de sédiments), et du fait de l'aménagement du fleuve par l'homme et de son installation sur ses marges.

Bien que cet espace soit bien trop vaste pour y proposer un réélargissement du fleuve, au vu des aménagements actuels et de l'occupation de la plaine, **il est apparu intéressant de retracer l'historique du fleuve sur cet espace, afin de bien mesurer, et éventuellement faire mesurer aux riverains, la diminution progressive de l'espace dédié au fleuve.**

I. Etude historique de l'évolution de la dynamique fluviale du Rhône

1. Etude de la dynamique fluviale

Etude de l'hydromorphologie en 1860

Cette étude se base sur l'Atlas du paléoenvironnement de la plaine alluviale du Rhône en 1860, réalisé pour la DIREN de bassin en 2007 (Bravard et al., 2008). Les unités de la bande active historique créées au Petit Age Glaciaire ont été extraites de cet atlas.

La limite externe de la Bande Active Historique correspond à la limite de notre zone d'étude, au sens large. Cette surface correspond à **l'espace maximum envisageable pour le projet de réactivation de la dynamique fluviale**, sachant que cette limite et cet espace sont très théoriques compte tenu des réalités de l'occupation du lit majeur par les activités humaines. On peut le comparer à **l'espace de mobilité historique du fleuve**.

La Bande Active Historique, plus ou moins complexe selon les secteurs du Rhône, est composée de plusieurs unités, en partie ou en totalité présente selon les secteurs du fond de vallée :

Lit mineur à chenal unique : cette unité correspond à une surface en eau peu large, relativement stable latéralement depuis 10 000 ans. Il témoigne souvent d'un secteur à faible pente et faible énergie.

Bande active à tresses fluviales de 1860 : c'est l'unité la plus jeune (environ 150 ans). En 1860, le Rhône tresse sur la majorité de son tracé (à l'exception notable des secteurs où s'exprime le style précédent). Cela est dû aux apports importants de matériaux grossiers provenant de la fonte des glaciers et de l'érosion des versants principalement. La limite de la Bande Active correspond à l'emprise des chenaux et des bancs de galets régulièrement remaniés par les crues. Cette unité témoigne d'une forte dynamique fluviale, avec élargissement de la bande active si les apports sédimentaires augmentent et parfois accrétion verticale (exhaussement). Cette unité correspond à la bande active de tressage qui n'est pas impactée par des digues en 1860.

- *Bande active au début du XIXème siècle, isolée par des digues en 1860* : cette unité est également jeune (environ 150 ans). Elle témoigne d'une dynamique fluviale en train de s'affaiblir du fait de l'impact des digues qui l'isolent du chenal actif. Les digues présentes en 1860 sont en général considérées comme insubmersibles à l'époque (levées en terre, enrochements) ; elles ont pour vocation de protéger les terres agricoles et les habitations vis-à-vis de l'inondation, tout du moins de l'inondation directe. Ces ouvrages sont souvent disposés de manière à favoriser l'inondation par l'aval, cassant ainsi les courants destructeurs. Il existe également à cette époque des digues submersibles, principalement construites en enrochements, qui ont pour objectif de protéger la berge ou les terres agricoles de l'érosion, ceci jusqu'à un certain débit.
- *Bande active pré-XIXème isolée par des digues en 1860* : cette unité est isolée par des digues construites durant le XVIIIème siècle, ou avant. Elle témoigne d'un affaiblissement de la dynamique fluviale plus important que dans l'unité précédente, car son isolement du chenal actif est plus ancien.
- *Bande active du PAG abandonnée par migration du chenal ou par recouplement* : cette unité est la plus ancienne et elle se situe souvent sur les marges de la bande active historique. Elle témoigne d'une dynamique fluviale active mais passée ; elle a en effet progressivement diminué du fait de son isolement par migration latérale « naturelle » et lente du chenal (par opposition à la migration imposée par des aménagements anthropiques) ou par le recouplement brusque d'un bras lors d'une crue.

Il est intéressant de faire une comparaison entre les vieux Rhône sur les aspects suivants :

- La surface de la BAH
- La largeur maximale de la BAH
- Les unités qui la composent : leur création est-elle plus ou moins ancienne ? était-elle plus ou moins active, il y a 150 ans ?

Etude de l'évolution des puissances spécifiques depuis 150 ans

La notion de puissance spécifique a une quarantaine d'années. Elle a d'abord servi à évaluer la capacité de travail qu'une rivière peut effectuer : évaluation du transport solide (Bagnold 1966, 1977), puis à étudier les formes et la dynamique des méandres (Ferguson 1981, Bravard 1991) et enfin à **étudier la capacité de réaction et d'adaptation des rivières en réponse à des travaux d'aménagement** (Brookes, 1988) (in Petit et al., 2005).

En ce qui concerne notre sujet qui est la réactivation de la dynamique fluviale sur les marges du Rhône, la puissance spécifique est étudiée :

D'une part de façon diachronique, afin de mesurer les impacts, sur la dynamique fluviale, des aménagements construits pour la navigation

D'autre part, pour évaluer la capacité du fleuve à s'auto-ajuster suite à l'enlèvement des aménagements Girardon (au vue de la puissance spécifique actuelle).

De nombreux auteurs ont défini des seuils de puissance spécifique :

Tableau 1 : Valeurs « seuils » des puissances spécifiques au Q_b ou au $Q_{1,5}$

Inférieure à 15 W/m ²	Chenaux inactifs Méandres libres figés	Brookes (1988)
Inférieure à 35 W/m ²	Rivières incapables d'auto-ajustement	Brookes (1988)
Supérieure à 30 W/m ²	Méandres actifs	Ferguson (1991)
Supérieure à 50 W/m ² Entre 80 et 100 W/m ²	Tendance au tressage « Cycle » de la méandration de l'ordre d'une vingtaine d'années	Ferguson (1987) Bravard (1991)
Supérieure à 100 W/m ²	Tressage	Richards (1982)
Supérieure à 200 W/m ²	<i>Step pool system</i> Marche cuvette	Gintz et al. (1996)

Figure 1 : Tableau d'après Petit et al., 2007

- Les rivières dont la puissance spécifique ne dépasse pas 15 W/m² se caractérisent généralement par des chenaux inactifs et des méandres libres relativement figés.
- Les méandres actifs non confinés nécessitent des puissances au moins supérieures à 30 W/m², ce qui rejoint assez bien les conclusions de Brookes (1988) : ce dernier observe que les rivières dont la puissance est inférieure à 35 W/m², sont incapables d'un auto-ajustement en réponse à des aménagements ou à des contraintes extérieures.
- Par contre, les rivières où la puissance dépasse 50 W/m² commencent à avoir une dynamique de modification du tracé fort active, avec des processus pouvant même aboutir à la multiplication des chenaux et à la formation du tressage, ceci dépendant aussi de la taille du matériau qui constitue le fond du lit ; Richards (1982) considère que le tressage n'apparaît qu'au delà de 100 W/m². Par ailleurs, dans ces rivières à forte énergie (80 à 100 W/m²), le cycle apparition/disparition des méandres se réduirait à une vingtaine d'années (Bravard, 1991).

Depuis les travaux de Brookes (1988), de nombreuses recherches font état de la nécessité de relier la puissance spécifique et la résistance des berges (type de sédiments et végétation rivulaire) et la géométrie du chenal (la concentration de l'énergie et l'orientation du courant qui peuvent être induits par les apports solides).

En effet, un cours d'eau peut se réajuster morphologiquement avec une puissance spécifique inférieure à 25 W/m², si sa berge est facilement érodable et/ou les apports solides sont importants et activent l'érosion latérale. Autrement dit, la présence d'un banc au milieu du cours d'eau peut

provoquer des courants vers la berge qui favorisent son érosion. De même, la présence d'un affluent peut également augmenter la force des courants en direction de la berge.

L'article de Petit et al. (2005) illustre bien la complexité de la question : « ainsi, le Geer (Hesbaye), malgré une puissance inférieure à 15 W/m², peut se réajuster et créer une méandration secondaire face à des contraintes extérieures. Dans des rivières telles que l'Ourthe en Famenne, malgré des puissances relativement élevées (supérieures à 50 à 70 W/m²), le cycle de la méandration est supérieur au siècle. Mais, toujours en Famenne, on observe une tendance au tressage alors que les puissances sont nettement inférieures à la valeur seuil proposée par la littérature (puissance supérieure à 100 W/m²). Enfin, en Ardenne même, lorsque l'on atteint un seuil voisin de 100 W/m², on passe d'un système à méandres libres actifs à un système à lit sinueux (voire subrectiligne) à fond plat qui tend à se rapprocher du *step-pool-system* ».

En ce qui concerne le Rhône, en amont de Beaucaire, la base des berges est composée principalement de galets. En revanche en aval de Beaucaire les berges sont sableuses jusqu'à la base. Ainsi la puissance spécifique est certes plus importante en amont qu'en aval de Beaucaire, mais l'érodabilité des berges est plus importante en aval. Le seuil de 35 W/m² défini par Brookes comme le seuil à partir duquel un cours d'eau est capable de s'auto-ajuster a été déterminé à partir de l'étude du transport de charge grossière sur de petits cours d'eau. Ici, il s'agit d'un fleuve et les sédiments stockés dans les marges sont des sédiments fins peu cohésifs. Il en résulte que l'on peut se fonder raisonnablement sur des valeurs inférieures ou égales à 15 W/m².

La puissance spécifique dépend de la pente, du débit plein bord et de la largeur au débit à pleins bord.

$$\Omega \text{ (W/m}^2\text{)} = (\rho g Q S) / w$$

avec ρ la masse volumique du fluide (kg/m³) et g l'accélération due à la pesanteur (m/s²),

Q le débit plein bord (m³/s), S la pente longitudinale (m/m) et w la largeur à plein bord en mètres.

Les valeurs de puissance spécifique de 1860 sont issues de l'article de Bravard (2010).

En ce qui concerne le Rhône, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ et $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

Le débit morphogène

Le débit morphogène retenu pour la période post-aménagements Girardon et pré-aménagements CNR est le même que celui de 1860 car l'hydrologie de crue n'a pas changé depuis 150 ans (Haond et Sauquet, 2003).

Le débit morphogène considéré pour la période actuelle est $Q_b = Q_2 - Q_{\text{dérivé}}$, c'est-à-dire le débit de période de retour 2 ans duquel est soustrait le débit dérivé dans le canal hydro-électrique. Habituellement le débit utilisé pour le calcul de la puissance spécifique est le débit de période de retour 1,5 an ($Q_{1,5}$). Dans l'étude de redimensionnement expérimental des ouvrages de chenalisation sur le vieux Rhône de Montélimar, et du calcul des crues morphogènes, ce sont les valeurs de débits Q_2 et Q_5 qui sont retenues pour les calculs théoriques effectués pour évaluer la capacité morphogène du Rhône sur chaque site. *A l'état naturel, les crues susceptibles de former un chenal sont les crues fréquentes et débordantes de type Q_2 ou Q_5 . Au-delà, les crues plus fortes (Q_{10} à Q_{100} par exemple), même si elles génèrent des forces tractrices importantes, sont trop rares pour être morphogènes ; elles peuvent cependant provoquer de grandes modifications, agrandissement brusque du chenal comme destruction de celui-ci. En deçà, les crues à peine débordantes sont non morphogènes. Cependant en l'état actuel, les petites et moyennes crues transitent par le canal hydroélectrique. Seules les crues fortes transitent par les vieux Rhône, il est donc probable que les très fortes crues ont un poids morphogène plus important qu'avant.*

Le débit dérivé dans le canal hydro-électrique est issu du tableau suivant (source CNR) :

DEBIT DERIVE EN CRUE							
Chute	Débit dérivé maximal	Débit à partir duquel le débit dérivé est réduit x	Débit encore dérivé x	Débit du Rhône y	Débit encore dérivé y	Débit du Rhône z	Débit encore dérivé z
Chautagne	700	1400	300				
Belley	700	1400	500	1700	300	2000	0
Brégnier-Cordon	700	2500	500	3000	300	3500	200
Sault-Brénaz	700						
Pierre-Bénite	1365						
Péage-de-Roussillon	1600	5200	réduction linéaire			6000	800
Saint-Vallier	1650						
Bourg-lès-Valence	2200						
Beauchastel	2100						
Baix-le-Logis-Neuf	2100						
Montélimar	1850						
Donzère-Mondragon	1980	6000	réduction linéaire			7000	1500
Caderousse	2260						
Avignon (usine de Villeneuve)	1600						
Vallabrègues	2200						

Le débit Q_2 est issu des courbes de Gumbel fournies par la CNR aux stations de Pougny, Bognes, Brens, Pont de Lagnieu, Perrache, Ternay, Valence, Viviers et Beaucaire (annexe 1). On choisit la station qui se trouve juste en amont ou en aval du vieux Rhône. Lorsqu'un affluent majeur (selon l'Etude Globale Rhône : l'Arve, le Fier, l'Ain, la Saône, l'Isère, la Drôme, l'Ardèche, la Cèze, la Durance et le Gard) se jette dans le Rhône entre une station et un vieux Rhône, on utilise pour le calcul la station qui se situe à l'aval du vieux Rhône concerné afin de prendre en compte le débit apporté par l'affluent.

Si plusieurs affluents se jettent entre deux stations, pour connaître l'apport de chaque affluent on utilise le tableau suivant :

Affluents	Surface B.V. (km ²)	Q10 (m ³ /s)	Q100 (m ³ /s)	Q1000 (m ³ /s)
ARVE	1985	630	1160	1750
FIER	1385	940	1580	2220
AIN	3670	1410	2360	3440
SAÔNE	29908	2200	3355	4690
ISERE	11800	1600	3540	6050
EYRIEUX	854	1270	2470	3650
DRÔME	1642	310	870	1430
ARDECHE	2430	3390	6580	9710
CEZE	1309	1110	2560	3990
DURANCE	14400	2390	5000	7400
GARD	2070	2200	4380	6540

Figure 2 : tableau présentant le débit décennal, centennal et millénal des affluents majeurs du Rhône issu de l'Etude Globale Rhône, 2002

Les deux affluents apportent un débit correspondant au débit de la station aval moins le débit de la station amont. A partir de la comparaison du débit décennal (Q_{10}) des deux affluents, il est possible de connaître le pourcentage représenté par chaque affluent, et ainsi le débit apporté au Rhône par chaque affluent.

La pente longitudinale

La pente longitudinale pour la période post-aménagements Girardon et pré-aménagements CNR est la même que celle de 1860, elle est issue du fascicule d'Armand (1910, communiqué par la DREAL, cf annexe 2) qui donne les pentes kilométriques moyennes à l'étiage de 1867-1868 sur le Haut-Rhône et l'étiage de 1902-1903 sur le Bas-Rhône.

La pente longitudinale de la période actuelle est calculée à partir des valeurs de pente de l'Etude globale Rhône, modélisation hydraulique hors delta, diagnostic hydraulique de la situation actuelle. Les valeurs sont les niveaux des lignes d'eau correspondant au scénario de crue « Général 1 » (en mètres NGF Ortho, cf annexe 3). Ce scénario combine des crues océaniques en amont de l'Isère et des crues méditerranéennes en aval, pour des crues moyennes à fortes (Q_5 à Q_{150}). La pente est calculée en faisant la différence du niveau de la ligne d'eau au PK_n et du niveau d'eau au PK_{n-1} (à l'amont de Lyon) ou du niveau d'eau au PK_{n+1} (à l'aval de Lyon). On obtient des valeurs en mètres par kilomètre, qui sont converties en mètre par mètre.

La largeur

La largeur est estimée grâce à l'outil « calcul de distance » du logiciel SIG. On trace avec l'outil un profil en travers par PK sur la carte de l'occupation des sols. La largeur à pleins bords correspond à largeur de la section en eau + bancs de galets non végétalisés + la section de la lône. Elle est exprimée en mètres.

Pour chaque vieux Rhône, l'évolution des puissances spécifiques aux trois dates de 1860, 1950 et 2006 est étudiée. Les puissances spécifiques sont comparées entre les vieux Rhône, à chaque époque.

Par la suite, dans la partie faisabilité hydraulique, la puissance spécifique sera présentée au regard de la résistance des berges et de la géométrie du chenal.

Lors du calcul de la puissance spécifique, le paramètre « largeur » agit fortement sur le résultat du calcul. Ainsi en 1860 la puissance spécifique est relativement faible du fait de la largeur importante de la bande active à tresses fluviales. De même, la puissance spécifique post-aménagements Girardon et pré-aménagements CNR est forte du fait de la diminution importante de la largeur à pleins bords.

Notons que ce paramètre est difficile à estimer avec précision car il faudrait connaître précisément l'étendue spatiale de la crue morphogène.

2. Evolution de l'occupation des sols

La cartographie de l'occupation des sols différencie les catégories suivantes:

la surface en eau qui correspond au chenal principal et aux bras secondaires actifs

les lônes qui sont des bras secondaires en voie d'assèchement

les bancs de galets (ou de sable)

la forêt alluviale qui regroupe l'oseraie, la saulaie, la peupleraie, etc.

l'agriculture (céréales, vergers, vignes...)

l'aire d'activité : elle regroupe l'urbanisation, les industries, les gravières, les zones de loisirs, etc.

L'occupation des sols en 1860

La cartographie de l'occupation des sols est basée sur le contenu de l'Atlas des Ponts et Chaussées de 1860. Cet Atlas est composé de planches au 1/10 000^{ème} qui couvrent l'intégralité du Rhône, de Pyrimont (amont de Seyssel) à la mer ; il permet donc d'avoir une donnée homogène sur l'ensemble du linéaire du fleuve. Cet Atlas est d'une très bonne précision pour l'époque. Chaque planche renseigne sur le tracé du fleuve et l'occupation du sol puisqu'une légende distingue les objets : banc de galets, oseraie, peupleraie, saulaie, vigne, verger, entre autres. Le fleuve a été cartographié durant des « eaux moyennes ».

Chaque planche a été géoréférencée à l'aide du logiciel Arcgis 9.2.

Les cartes de 1860 ne possédant pas de coordonnées Lambert, le géoréférencement a été réalisé à partir de points d'amer communs à l'Atlas de 1860 et aux orthophotos de 2006 géoréférencées par

l'IGN (erreur de géoréférencement maximum de 2 mètres). La précision du géoréférencement varie selon les planches et elle est plus précise à l'intérieur de la Bande Active Historique que sur les marges. Les planches de l'Atlas ont été géoréférencées à partir d'une vingtaine de points d'amer avec une précision inférieure à 50 mètres.

Les polygones correspondant aux différentes unités d'occupation du sol ont été tracés à la main avec un zoom au 1/2500^{ème}.

En ce qui concerne les cartes réalisées, les polygones voisins sont collés entre eux. En revanche, pour les cartes obtenues à la CNR, les polygones ne sont pas jointifs, ce qui peut induire une erreur lors du calcul de surfaces réalisé à partir de ces cartes. Les cartes des vieux Rhône de Montélimar et Donzère fournies par le CNR ont été redessinées par souci de précision. Cependant, les cartes de Chautagne et Péage-de-Roussillon n'ont pas été redessinées faute de temps.

L'intégralité de l'occupation du sol de la Bande Active Historique entre la confluence du Fier et Beaucaire a été cartographiée afin d'apporter un complément à l'Atlas des zones inondables de la plaine alluviale du Rhône en 1860 (cf infra).

La répartition des surfaces des différentes unités dans la Bande Active Historique permet de connaître l'occupation humaine de la plaine en 1860. La comparaison des vieux Rhône entre eux permet de mettre en évidence des BAH davantage occupées par l'homme en 1860, que d'autres qui le seront plus tardivement ou qui seront par la suite délaissées par les activités humaines, pour diverses raisons.

L'occupation des sols en 1860 sera comparée, pour chaque vieux Rhône, avec la période post-aménagement Girardon et la période actuelle.

L'évolution de la surface en eau et des îlons permet, entre autres, de mieux percevoir les évolutions de la dynamique fluviale du fleuve.

L'occupation des sols post-aménagements Girardon et pré-aménagements CNR

La cartographie de l'occupation des sols se base sur des photographies aériennes prises entre 1946 (Donzère) et 1961 (Péage-de-Roussillon). Il est important que la mission IGN ait été réalisée avant le commencement des travaux des aménagements CNR.

La cartographie de l'occupation des sols de certains vieux Rhône avait déjà été réalisée par la CNR ou le CEREGE, si bien qu'il n'a pas été nécessaire d'acquérir les photos auprès de l'IGN. Il s'agit de Chautagne, Péage-de-Roussillon, Montélimar, Caderousse, Avignon et Vallabrègues. Pour les autres vieux Rhône, les photos aériennes ont été commandées à l'IGN grâce au budget du contrat CNRS. Ce travail a nécessité l'achat de seulement 47 photos, car des photos ont pu être empruntées à la bibliothèque de l'UMR 5600.

Les photos aériennes sont des missions noir et blanc, en général à l'échelle du 1/25000^{ème}.

Elles ont été scannées à la précision maximale du scanner du laboratoire IRG, soit 600 dpi.

Elles ont ensuite été découpées grâce au logiciel Photoshop.

Tout comme les plans de l'Atlas des Ponts et Chaussées, les photographies aériennes ont été géoréférencées avec le logiciel Arcgis 9.3 à partir de points d'amer communs à la photo et aux orthophotos 2006 IGN.

La précision varie en fonction des photos aériennes, quelques photos avaient une résolution vraiment mauvaise. La précision est plus importante à proximité du chenal en eau que sur les marges de la photo. Les photographies aériennes ont été géoréférencées à partir d'une vingtaine de points d'amer avec une précision inférieure à 10 mètres.

Les polygones de l'occupation des sols ont été tracés manuellement à l'échelle du 1/2500^{ème}. Les polygones des cartes réalisées sont collés entre eux mais certaines cartes fournies par la CNR, comme celles de Chautagne et Péage-de-Roussillon, présentent des polygones non collés. La carte n'a pas pu être redessinée faute de temps, et parce que les photos aériennes qui avaient permis la cartographie n'ont pas été retrouvées. L'occupation des sols des vieux Rhône de Péage-de-Roussillon, Montélimar, l'aval du vieux Rhône de Donzère, a été retracée.

Il n'est pas possible de connaître le débit à la prise de vue des photographies. En fonction du débit, la surface en eau est plus ou moins étendue. De même la couverture de la ripisylve masque la berge et peut favoriser une erreur des limites définies de quelques mètres.

L'examen de la répartition des unités d'occupation du sol à cette époque, et la comparaison avec 1860, permettent de mettre en valeur les changements d'occupation du sol induits, entre autres raisons, par les aménagements Girardon.

L'occupation des sols actuelle

L'occupation du sol actuelle a été tracée à partir des orthophotos IGN de 2006 géoréférencées, fournies par la CNR (pixel de 50 cm de côté, erreur de géoréférencement maximum de 2 mètres). Le tracé des polygones a été réalisé à l'échelle du 1/2500^{ème}. Les digues en enrochements de la CNR, ainsi que les zones de dépôt font partie de la catégorie « anthropisation ». De même que pour les autres périodes, les cartes fournies par la CNR présentaient des polygones disjoints. L'intégralité des informations figurant sur les cartes a donc été retracée sauf pour les vieux Rhône de Chautagne et Péage-de-Roussillon. Les polygones « aire d'activité » sont issus de la carte de l'Etude Globale Rhône actualisée en 2009 (source DREAL).

Cette carte sera réutilisée par la suite pour l'étude de la vulnérabilité (couche anthropisation) et l'étude du paysage.

3. Le recensement des aménagements

Le recensement des aménagements en 1860

Le recensement des aménagements présents en 1860 se base sur l'Atlas des Ponts et Chaussées de 1860. L'Atlas renseigne sur la localisation des digues, leur longueur, et leur typologie.

Ainsi les digues déjà construites en 1860 concernent essentiellement :

des aménagements réalisés pour lutter contre les inondations : digues insubmersibles et digues submersibles. Les digues sont qualifiées d'insubmersibles selon leur hauteur par rapport à la plaine. Il se peut qu'en 1856 l'eau soit passée au-dessus de la digue. Les digues insubmersibles, à l'époque, n'avaient pas toutes pour vocation d'éviter la mise en eau des terrains, mais contribuaient à barrer les courants de crue et à provoquer une inondation par l'aval moins destructrice. Ces digues sont des levées en terre (essentiellement sur le Rhône aval) ou des enrochements (essentiellement sur le Rhône amont).

des aménagements pour consolider la berge : digue avec perré, en enrochements...

Quelques digues de « navigation » sont déjà construites en 1860. Elles concernent essentiellement le vieux Rhône de Donzère-Mondragon (avec des premières digues dès 1840).

Etant donné les erreurs de géoréférencement des planches de l'Atlas, liées au faible nombre de points d'amer (cf méthodologie occupation du sol), certaines planches présentent un décalage par rapport à l'orthophoto actuelle. Etant donné que les ouvrages ont été digitalisés à partir de l'Atlas des Ponts et Chaussées, il se peut que la couche « aménagements 1860 », positionnée sur l'orthophoto actuelle, présente un décalage, variable selon les planches et les vieux Rhône, pouvant aller jusqu'à une trentaine de mètres.

Le recensement des aménagements avant-travaux CNR

Le recensement des aménagements présents avant les travaux de la CNR est basé sur les Plans Branciard. Ces plans localisent tous les aménagements réalisés pour la navigation entre 1840 et 1910.

Ils sont constitués de planches à l'échelle du 1/2000^{ème} ou du 1/5000^{ème}, détaillant essentiellement le chenal et ses marges proches. Les planches ont été géoréférencées à partir des planches de l'Atlas des Ponts et Chaussées car les bornes kilométriques SNR sont des points communs aux deux plans. Elles présentent donc le même degré de précision dans leur géoréférencement. La digitalisation des digues a été faite à l'échelle du 1/2500^{ème}.

Etant donné que les plans Branciards ont été géoréférencés à partir de l'Atlas des Ponts et Chaussées de 1860, certaines planches présentent un décalage par rapport à l'orthophoto actuelle, décalant les ouvrages, parfois d'une trentaine de mètres.

Les aménagements Girardon sont un ensemble d'ouvrages : digue longitudinale basse, tenons, épis (plongeants et noyés), seuils de fond, barrages, qui ont été conçus et mis en place entre 1880 et 1940 par l'ingénieur des Ponts et Chaussées Mr Girardon, pour favoriser la navigation sur le Rhône. Ces aménagements devaient permettre de concentrer les eaux du fleuve en un seul chenal : d'une part pour garantir un tirant d'eau suffisant pour la navigation, par le barrage des bras secondaires, et d'autre part pour permettre au Rhône en crue de creuser son lit et ainsi augmenter le tirant d'eau. Ils avaient pour objectif de fixer le tracé du fleuve, et notamment fixer la position des seuils dangereux pour la navigation (fixation des bancs de convexité par des épis plongeants, fixation de la concavité par une digue longitudinale et des tenons).

Le recensement des aménagements en 2006

Le recensement des aménagements présents en 2006 est basé sur un atlas imprimé, à l'échelle du 1/25000^{ème}, fourni par la CNR ; il est composé de plans de situation des ouvrages CNR de Génissiat à Port-Saint-Louis-du-Rhône. Les digues de la CNR sont reportées à la main sur les orthophotos actuelles. L'Atlas renseigne sur la typologie de l'ouvrage (mais n'en donne pas la date), il distingue :

- les digues insubmersibles
- les digues submersibles
- les seuils
- les barrages

Hormis par la réalisation d'un travail de vérification sur le terrain, il n'est pas possible de savoir si une digue présente en 1860 est encore présente en 2006, ni si elle assure toujours la même fonction. Etant donné le nombre d'ouvrages et le fait qu'ils sont parfois masqués par les alluvions, il n'est pas possible de contrôler leur état de manière systématique sur le terrain. Ainsi un travail de vérification avant-travaux devra être mené sur les sites faisant l'objet de projets.

Afin de pallier les erreurs de géoréférencement des Plans Avant-Travaux, et par la même, des plans Branciard (et donc le décalage des ouvrages de 1860 et avant-travaux par rapport à l'ortho actuelle), tous les ouvrages ont été replacés (par translation) avec plus de précision sur l'orthophoto en se basant sur les aménagements visibles actuellement. La couche « ouvrages 2006 » est donc la carte la plus précise et c'est celle-ci qui doit être utilisée pour localiser les aménagements en vue d'éventuels travaux.

4. L'estimation de l'épaisseur des dépôts

Description des données de 1860

L'Atlas des Ponts et Chaussées de 1860 donne un profil en travers par PK sauf en amont du PK 101 pour les vieux Rhône de Chautagne et Belley, et en aval du PK 93 pour le vieux Rhône de Brégnier-Cordon. Il semble que les profils en travers aient été tracés sur une autre version de l'Atlas, à ce jour inconnue (plusieurs versions ont été utilisées, chacune apportant ses informations en matière de profils). La précision de la localisation des points de mesure est identique à la précision du géoréférencement des planches de l'Atlas, soit 50 mètres maximum.

Pour chaque profil, l'Atlas présente en moyenne 33 points de mesure, soit un point de mesure tous les 80 mètres en moyenne. L'évolution altitudinale de la plaine entre deux points de mesure est donc supposée linéaire (un trait est tracé pour rejoindre les deux points ; parfois un point de mesure correspond à la crête d'une digue et le choix a été fait de rejoindre les deux points de mesure, et non de tracer un nouveau point fictif au pied de la digue). Les coordonnées d'altitude sont données en système de référencement Bourdalouë (1857-1864). La précision altimétrique est inconnue. G. Raccasi, dans sa thèse, a mesuré des écarts entre les levés de 1860 et les levés actuels inférieurs à 10 cm (étude d'un certain nombre de ces levés topographiques, notamment les points de mesure sur le talus de la voie SNCF entre Arles et Beaucaire). Cet ordre de précision est en accord avec les précisions des levés bathymétriques définis par Beautemps-Beauprés pour le levé des côtes dans la première moitié du XIX^e siècle. L'avis du professeur Gilles Ménard (Université de Savoie) sur le sujet est le suivant : en nivellement direct (avec un niveau et une mire) la précision des mesures étaient à cette époque à peine moins bonne qu'au XX^e siècle (à une erreur systématique près de 0,26 mm par mètre de dénivelée, due aux mires en bois de l'époque, la précision était de l'ordre du millimètre). Une marge d'erreur de 20 cm, c'est-à-dire plus ou moins 10 cm, semble donc être une marge d'erreur raisonnable.

Description des données avant-travaux CNR

La zone couverte par les Plans avant-travaux de la CNR est l'emplacement du canal hydroélectrique. Ainsi lorsque le tracé du canal est proche du vieux Rhône, les plans avant-travaux couvrent les marges du vieux Rhône ; en revanche lorsque le canal est éloigné, le plan ne couvre pas intégralement, ou pas du tout, le vieux Rhône (cas de Belley ou Donzère-Mondragon par exemple).

L'échelle de ces Plans peut être le 1/10000^{ème} (dans ce cas, il n'y a pas d'information altitudinale), le 1/5000^{ème} ou le 1/2000^{ème}. La date du plan dépend de la date de construction du canal hydroélectrique, il est en général tracé un ou deux ans avant.

Les plans avant-travaux ne sont pas géoréférencés. Le géoréférencement est effectué manuellement à partir de quatre repères figurant aux quatre coins du plan, renseignés en coordonnées Lambert Zone II. La précision est inférieure à 5 pixels.

En ce qui concerne le vieux Rhône de Donzère-Mondragon, les plans avant-travaux au 1/2000^{ème} ont d'abord été géoréférencés à partir des repères en système de coordonnées locales. Les douze feuilles étaient donc replacées les unes par rapport aux autres. Ensuite, le Plan au 1/10000^{ème} du secteur a été géoréférencé grâce aux coordonnées Lambert Zone II. Puis les plans au 1/2000^{ème} ont été géoréférencés manuellement à partir de points communs entre ces plans et les plans 1/10000^{ème}.

Les Plans Avant-Travaux de la CNR fournissent de nombreux points de mesure dans toute la plaine. Dans le cas de notre étude, seuls les points de mesure situés sur le tracé du profil en travers de 1860 nous intéressent, pour permettre une comparaison entre les deux dates. On relève en moyenne 36 points de mesure par profil ce qui représente une mesure tous les 73 mètres en moyenne. On suppose que l'évolution altimétrique est constante entre deux points de mesure.

Les données altitudinales figurent en système de référencement Lallemand (orthométrique). On ne connaît pas la précision des levés topographiques, c'est pourquoi une marge d'erreur de plus ou moins 50 cm semble raisonnable.

Les plans avant-travaux sont complétés par des profils bathymétriques issus de la base de données CNR. Ces informations sont fournies sous la forme d'un fichier .csv que l'on peut ouvrir avec Excel sur lequel figure les coordonnées X, Y en système de référencement Lambert Zone II ainsi que les coordonnées Z en système de référencement Orthométrique (Lallemand 1884 - 1892). Là encore, seuls les points situés à proximité du tracé du profil de 1860 sont conservés. La précision altitudinale des levés est inconnue, elle est probablement de l'ordre du décimètre. On dénombre en moyenne 181 points de mesure par profil bathymétrique. Les points sont espacés en moyenne de 5 mètres.

Description des données récentes

En ce qui concerne les vieux Rhône de Péage-de-Roussillon, Montélimar, Caderousse et Avignon, des campagnes topographiques effectuées en partenariat avec la CNR ont permis à N. Valé (2005), D. Nadal (2008), S. Robresco (2009) et N.A. Poyaud (2010) d'obtenir des points de mesure récents sur le tracé du profil de 1860.

En ce qui concerne les autres vieux Rhône, aucune campagne topographique n'a été réalisée récemment sur leurs marges. Les mesures topographiques sont donc extraites du levé LIDAR du Rhône réalisé en 2009-2010. Le LIDAR se présente sous la forme de planches de 1000 mètres de largeur avec un pixel de 2 mètres de largeur. Il est géoréférencé par l'IGN selon la même précision que pour les orthophotos (erreur de géoréférencement de 2 mètres maximum).

Le LIDAR couvre l'intégralité de la plaine alluviale du Rhône. Il présente une précision altimétrique comprise entre 10 et 20 cm. Les points de mesure situés dans des secteurs à forte hauteur d'eau ne peuvent pas être pris en compte car il s'agit d'un LIDAR topographique et non bathymétrique (la précision est donc mauvaise dans l'eau). Afin de compléter ces lacunes, la CNR a fourni des profils bathymétriques à raison d'un profil par PK. Nous compléterons les données du LIDAR par des profils bathymétriques issus de la base de données de la CNR et situés à proximité du tracé du profil de 1860. La précision des levés bathymétriques de la CNR à l'intérieur du chenal des vieux Rhône est inconnue, elle est probablement proche de la précision du LIDAR.

Traitement des données topographiques et bathymétriques

Le traitement des données n'a pas été nécessaire concernant les vieux Rhône de Péage-de-Roussillon, Montélimar, Caderousse et Avignon, qui ont fait l'objet d'études antérieures. Seuls quelques profils ont été tracés pour compléter les données sur les secteurs de Péage-de-Roussillon et Montélimar.

Les points de mesure figurant sur l'Atlas des Ponts et Chaussées sont digitalisés sous SIG à l'aide du logiciel Arcgis. Les côtes altitudinales sont reportées manuellement dans la table attributaire à partir de la lecture du plan.

On trace le profil en travers entre les deux points topographiques les plus éloignés. Ce segment est converti en « route » à l'aide de la boîte à outil d'Arcgis, son point de départ (0) étant la mesure située en haut à gauche (rive droite ; NB : Attention parfois le point situé le plus en haut à gauche ne correspond pas au point situé en rive droite et le profil est inversé, il a donc dans ce cas été remis à l'endroit).

A partir des Plans Avant-Travaux géoréférencés, les points de données topographiques sont reportés manuellement sur le tracé du profil de 1860. Les informations altitudinales sont parfois une mesure ponctuelle et parfois une courbe de niveau.

A partir des fichiers Excel des données bathymétriques, on a créé les points sous le logiciel Arcgis à partir des coordonnées X et Y figurant dans le fichier Excel.

Les différentes couches de données sont converties en un même système de projection : Lambert 93. Cependant les données altitudinales sont identiques aux informations lues sur les plans : Bourdalouë pour 1860 et Lallemand pour 1950.

Les différents points de mesure topographiques et bathymétriques sont projetés perpendiculairement sur le tracé du profil en travers. Leur distance par rapport à la rive droite est mesurée à l'aide de l'outil « Localiser des objets le long d'une route ».

Concernant les données LIDAR : 1) Il s'agit de créer une mosaïque par vieux Rhône, associant les différentes planches (outil créer une mosaïque d'Arcgis). Cette opération a été réalisée en amont par G. Fantino sauf pour les tronçons de Miribel-Jonage, Saint-Vallier, Beauchastel, et Baix-le-Logis-Neuf 2) Le tracé du profil en travers est converti en entité 3D à l'aide de la boîte à outils d'Arcgis 3) La polyligne est convertie en points à partir de l'outil ET Geowizard 4) Les mesures altimétriques des points sont extraites du LIDAR à l'aide de l'outil « extraire les valeurs à partir des points » d'Arcgis 5) la table attributaire ainsi obtenue donne la donnée altimétrique de chaque point en système de référencement IGN 69, ainsi que la distance normale de chaque point par rapport à la rive droite. Pour calculer la distance en mètres par rapport à la rive droite, il suffit de multiplier la distance normale par la longueur totale du profil.

Traitement des données sous Excel :

Les informations contenues dans les fichiers .dbf correspondant à chaque couche de données, sont copiées sous Excel. Les données sont ordonnées en fonction de leur distance par rapport à la rive droite. Les données altimétriques des systèmes Bourdalouë et Lallemand sont converties en système IGN 69 (la conversion Bourdalouë - Ortho est basée sur une carte issue d'un article de Jean Maillard cf. annexe 4 et la conversion Ortho - IGN 69 est basée sur un tableau de correspondance source IGN cf annexe 5). Le système de référencement IGN 69 (altitude normale) date de 1962-1970. Les données bathymétriques sont insérées dans la même colonne que les données topographiques. Ainsi on obtient le tableau suivant :

1860				1950				2009		
PK	Distance/ RD	Z(Bourdalouë)	Z IGN 69 (x+y)	PK	Distance/ RD	Z ortho	Z IGN 69 (x+y)	PK	Distance/ RD	Z IGN 69

Tracé des profils en travers sous Excel

La figure représentant les profils en travers correspond à un nuage de points. L'axe des abscisses correspond à la distance par rapport à la rive droite et l'axe des ordonnées correspond à l'altitude en mètres, en système de référencement IGN 69. Un profil est tracé par date. C'est le graphique obtenu sous Excel qui permet de mesurer la hauteur et la largeur de la sédimentation ayant eu lieu entre 1860 et 1950 et entre 1860 et 2009.

Traitement des profils en travers à l'aide d'Adobe Illustrator

Le graphique Excel est enregistré en PDF et importé sous Adobe Illustrator. Ce logiciel permet de gérer facilement l'épaisseur du trait du profil, de découper certains segments et de les faire figurer en pointillés, de rédiger des annotations permettant la localisation d'une îlône, de localiser l'emprise de la Bande Active Historique et enfin de dessiner les différentes digues présentes sur le profil à partir du recensement des ouvrages qui a été réalisé lors des étapes 2 et 3 du schéma directeur.

Calcul des volumes de sédiments stockés

A partir du graphique réalisé sous Excel, il est possible de **mesurer l'épaisseur des dépôts**. On estime à 10 cm la précision de la mesure. Il est possible également de mesurer la largeur sur laquelle s'est effectué ce dépôt. **A partir de l'étude historique et de l'évolution de la marge depuis 1860, il est également possible de savoir sur quelle longueur ce dépôt s'est fait**. Il ne reste plus qu'à multiplier la hauteur par la largeur et la longueur du dépôt et nous obtenons un volume. On estime à 3% la marge d'erreur liée au calcul du volume déposé dans une unité modifiée par les aménagements Girardon. **Par prudence, nous retiendrons une marge d'erreur de 10% du volume stocké à l'échelle des marges alluviales.**

Il est également essentiel de préciser que le volume annoncé comprend le volume des matériaux constituant les digues. Ainsi, le volume de sédiments potentiellement remobilisable correspond au volume estimé moins le volume des digues. Ce volume, qui n'a pas été calculé, dépend du nombre d'aménagement, de leur type, de leur état, de leurs matériaux de construction, etc.

5. Détermination de la propriété des sols

Suite aux discussions avec les partenaires du projet, le choix a été fait de ne pas se limiter au domaine concédé à la CNR et au Domaine Public Fluvial (DPF) pour étudier les potentialités de réactiver la dynamique fluviale. Le schéma directeur se doit d'être ambitieux, même si, lors de la phase opérationnelle, les travaux seront plus faciles à mettre en place dans le DPF que sur des terrains privés qu'il faudrait acquérir ou sur lesquels il faudrait mettre en place une servitude d'utilité publique.

Avant la deuxième moitié du XIX^{ème} siècle, le DPF correspondait à la Bande Active Historique du fleuve. Sa superficie a depuis été réduite par l'installation progressive de propriétaires privés dans la plaine.

La carte de la propriété des sols distingue :

- le domaine concédé à la CNR
- les terrains non concédés appartenant à la CNR
- le Domaine Public Fluvial
- les autres : propriété privée ou communale

Les données SIG de la limite du domaine concédé, du DPF et des terrains appartenant à la CNR sont des données de la CNR.

6. Carte des unités de sensibilité potentielle à l'inondation et à la sédimentation

La méthodologie est issue des travaux d'expérimentation menés sur le vieux Rhône de Montélimar en 2004 et 2005 (mémoire de N. Valé et J.L. Portevin). Une carte des unités avait été tracée en croisant les données de l'évolution de l'occupation du sol, du recensement des ouvrages ainsi que les données topographiques et bathymétriques. Il s'est avéré que les unités ainsi délimitées coïncidaient avec le modèle 2D hauteur-vitesse de la Compagnie Nationale du Rhône sur le secteur, contribuant ainsi à valider la méthode hydromorphologique, la moins coûteuse.

Les unités de sensibilité **potentielle** à l'inondation et à la sédimentation sont donc tracées de manière empirique.

Leur emprise est déterminée en fonction du type d'ouvrage (digue, levée), de son positionnement et de son orientation dans la plaine.

Lorsqu'il n'y a pas d'ouvrage et que la dynamique fluviale est « naturelle », alors l'unité est « ouverte à dynamique naturelle ». La sédimentation est le résultat net d'une alternance de phases de dépôt et de reprise des sédiments, au gré des crues. L'unité, ouverte, est fréquemment soumise aux inondations.

Lorsque l'ouvrage est une digue qualifiée d'insubmersible, jusqu'à un certain débit et à une certaine époque, l'unité est « protégée par une digue insubmersible ». Parfois les digues insubmersibles ne sont pas fermées, et servent à orienter les courants de crue pour favoriser une inondation par l'aval, moins destructrice. Dans ce cas, l'unité est dite « protégée inondée par l'aval ». Elle peut également être inondée latéralement ou par l'amont.

L'unité protégée présente un taux de sédimentation faible car elle est rarement inondée. La sédimentation est fine et les matériaux se déposent à la décrue.

Lorsque l'ouvrage est une digue submersible, pour un certain débit, à une certaine époque, l'unité est « partiellement protégée par une digue submersible ». Elle est protégée de l'inondation jusqu'à un

certain débit au delà duquel l'inondation peut provenir de l'amont, latéralement ou de l'aval. Ce type d'unité est plus souvent soumis à l'inondation que l'unité protégée. Il présente donc un taux de sédimentation plus fort, par piégeage des sédiments en arrière de la digue à la décrue.

Les ouvrages submersibles et insubmersibles ont parfois contribué à isoler de manière ancienne des chenaux secondaires de tressage ou des méandres. Les habitats développés depuis sont souvent d'une richesse particulière car très différents des peuplements actuels du Rhône courant.

Lorsque les ouvrages sont des digues Girardon, l'unité est dite « modifiée par les aménagements Girardon ». Les digues basses construites pour la navigation n'ont dans un premier temps pas d'effet sur l'inondation, l'unité est donc régulièrement inondée. Les ouvrages favorisent le piégeage des sédiments. Lors des crues, les sédiments se déposent en arrière des ouvrages et contribuent parfois, au fil des années, à combler totalement l'espace compris entre les tenons, ou la section en eau d'une île. La sédimentation est souvent très rapide et très forte (quelques décennies après l'implantation des ouvrages) et elle contribue, en exhaussant les marges alluviales, à rendre les berges de plus en plus insubmersibles.

La délimitation empirique des casiers peut être vérifiée lors de la phase avant-travaux, par rapport aux résultats d'un modèle 2D qui serait développé pour l'occasion.

Les informations contenues dans cette carte permettent de **localiser les casiers modifiés par les aménagements Girardon**. Ils sont prioritaires pour le projet de réactivation de la dynamique fluviale car la sédimentation y est forte et récente ; il s'agit essentiellement de sable facilement mobilisable, qui est un type de sédiment en transit devenu rare sur le fleuve.

Il n'y aura pas de projet de réactivation de la dynamique fluviale dans les casiers ouverts. Le projet consiste à remobiliser des sédiments par démantèlement d'ouvrages et non à créer des ouvrages pour remobiliser des zones qui ont été stables sur une longue période (cf le secteur compris entre Groslee et la confluence de l'Ain).

La répartition de la surface des casiers par vieux Rhône permet de connaître l'étendue des casiers Girardon et ainsi le potentiel du projet. La comparaison des casiers des différents vieux Rhône permet de mettre en évidence les vieux Rhône davantage impactés par des digues du XIX^{ème} siècle ou des ouvrages de navigation du XX^{ème} siècle. Il est probable qu'à l'intérieur d'un casier protégé, il y ait davantage d'anthropisation qu'à l'intérieur d'un casier protégé ou modifié par les aménagements Girardon. Il ne faut cependant pas exclure la possibilité de réactiver la dynamique fluviale dans des casiers protégés ou partiellement protégés si l'enjeu est la continuité du corridor de mobilité du fleuve.

II. Enjeux locaux et faisabilité hydraulique

7. Recensement des éléments vulnérables

L'étude des éléments de vulnérabilité est réalisée pour la période actuelle (2006) uniquement. Elle est basée sur les « couches enjeux » fournies par la DREAL de Bassin et sur la couche « aire d'activité » de la carte de l'occupation du sol (étapes 2 et 3) qui comprend l'urbanisation, les gravières, les zones de loisirs aménagées, les parkings, etc. Il est nécessaire de cartographier également les périmètres des zones de captage qui sont issus d'une couche SIG de la DDE (fournie par la CNR).

Le recensement des aménagements de la CNR effectué dans l'étape 2 est utilisé.

Ils figurent comme éléments vulnérables au côté des ponts, de la ViaRhona et des infrastructures de transport.

Ces différents éléments sont utilisés dans le modèle de croisement des données finales. Une zone tampon de 50 mètres est établie autour des éléments de vulnérabilité. Les zones situées en arrière de ces éléments ne pourront pas faire l'objet de travaux.

La carte de la vulnérabilité est une carte de l'état actuel qui ne préjuge pas du déplacement ou de la destruction d'un élément, choix qui sera réalisé au moment de la phase opérationnelle.

Il est difficile d'estimer la vulnérabilité d'un enjeu étant donné l'absence de retour d'expérience, suite au démantèlement de digues. En effet, un élément peut ne pas être menacé à court terme mais l'être à long terme par l'érosion du fleuve. Ainsi, la décision a été prise de ne pas discriminer des casiers à priori mais d'attendre de voir comment les choses évoluent une fois les digues enlevées, sachant que les blocs constituant les digues de navigation sont conservés pour permettre éventuellement de protéger un élément menacé.

8. Enjeux écologiques

Etant donné la nécessité d'avoir des données homogènes sur l'ensemble du corridor, l'étude porte uniquement sur le type de protection du site (Natura 2000, Réserve Naturelle, ZNIEFF 1 ou 2, ZICO...). Cela renseigne sur les données potentiellement disponibles (carte des habitats, liste des espèces...) et sur les éléments qui seront demandés lors du dossier de demande d'autorisation.

Lors de la phase avant travaux, afin de mieux connaître le type de milieu qui pourraient être impacté par les travaux, il est possible de se référer :

Au DOCOB, si la zone fait l'objet d'une protection (réserve naturelle, Natura 2000). Les gestionnaires doivent mettre au point un document d'objectif dans lequel doit figurer la carte des habitats selon le référentiel Corinne Biotope. Les DOCOB sont téléchargeables sur le site de la DREAL. Un réseau des gestionnaires de la biodiversité du fleuve Rhône vient également d'être créé.

Si la zone ne fait pas l'objet d'une protection Natura 2000, il est nécessaire de se rapprocher des scientifiques ayant réalisé des études sur ces différents milieux afin de mieux pouvoir estimer les enjeux écologiques en place.

NB : Le schéma directeur ne propose pas à priori de supprimer tel ou tel type d'habitat. Une discussion entre experts doit s'amorcer lors de la phase avant-travaux pour mieux évaluer les bénéfices/pertes d'une modification du milieu.

La philosophie générale du schéma directeur est que les enjeux écologiques ne doivent pas être perçus comme un bien figé. En effet, l'objectif de la réactivation de la dynamique fluviale est de recréer de nouveaux habitats, plus dynamiques et en lien avec le fleuve. La prise de décision consistera alors à comparer le milieu présent avec le milieu potentiellement recréé.

9. Enjeux patrimoniaux

Il s'agit de cartographier le patrimoine bâti qui risque d'être détruit directement ou indirectement (par érosion de la berge) dans le cadre du projet de réactivation de la dynamique fluviale.

Le patrimoine bâti est composé de :

- Pour la traversée : ponts, gués, bacs
- Pour la navigation : chemin de halage, quais, digues Girardon, bornes du Service Navigation
- Pour l'industrie : moulins
- Lieux de sociabilité : lavoirs
- Loisirs : bassin de joute
- Pour la mémoire des inondations: repères de crue

Le Service de l'inventaire du patrimoine de la Direction des affaires culturelles de la ville de Lyon réalise un inventaire des ouvrages de franchissement sur le Rhône. Ces données n'ont pas été disponibles dans le cadre du schéma directeur.

L'établissement public Territoire Rhône a réalisé un recensement des repères de crue le long du fleuve.

Les ponts, les gués, les bacs, les chemins de halage, les quais, les digues Girardon les bornes du service navigation sont visibles sur les cartes de l'Atlas des Ponts et Chaussées de 1860, sur les Plans Branciard ou sur les Plans Avant-Travaux.

NB : Le patrimoine est cartographié comme un enjeu. Une zone tampon est définie autour de l'objet et figure en hachures vert clair sur la carte finale.

Le schéma directeur ne fait que fournir la base de données qui servira d'aide à la décision, il ne propose pas de supprimer à priori tel ou tel élément patrimonial.

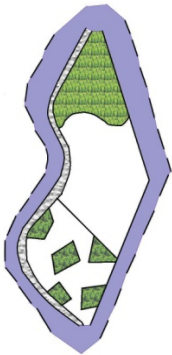
La décision de détruire ou non un élément de patrimoine devra prendre en compte :

- La rareté de ce patrimoine à l'échelle du vieux Rhône concerné et du fleuve dans son ensemble. Par exemple, les bornes SNR sont présentes tous les kilomètres, parfois sur les deux rives, tout comme les digues Girardon présentes sur quasiment tout le linéaire.
- Son état de conservation
- Son utilité
- Son intérêt économique
- L'attachement des riverains à son égard

La possibilité de proposer des solutions moins destructrices, comme par exemple la création de brèches dans les digues Girardon qui permettent de remobiliser les sédiments stockés, sans détruire les digues, et au contraire en les mettant en valeur, car souvent les digues Girardon sont invisibles sous les sédiments.

10. Etude du paysage

Structure paysagère à l'échelle du territoire (échelle du vieux Rhône et de ses marges)



Méthode :

Étude de la continuité (trame verte). Distinction du paysage fragmenté et du paysage dense.

Outils :

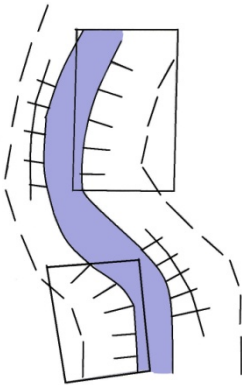
Prises de vue depuis les belvédères et utilisation de la cartographie de l'occupation du sol. Suite à l'expérimentation de la méthode sur plusieurs tronçons, les unités dont la superficie est supérieure à 1 150 000m² sont considérées comme denses.

Extraction des unités « forêt alluviale » pour cartographier la trame verte.

Restitution :

Permet de renseigner sur la fragilité ou la robustesse du paysage par rapport à des travaux de restauration de marges. S'il existe des structures denses, massives, la fragilité du paysage est faible. En revanche si la structure du paysage est fragmentée, la fragilité est forte.

Structure paysagère à l'échelle du fleuve



Méthode :

Structuration morpho-éco-paysagère. De quelle manière les aménagements ont-ils structuré le fleuve à l'échelle de la marge proche ?

Outils :

Vision en 2D à partir d'orthophotos, de Google Earth

Carte des aménagements 2D

Descente en bateau ou à pied le long des berges, traitement des photographies à travers une grille d'analyse (annexe 6), permettant de distinguer des unités paysagères.

Restitution :

Carte des unités morpho-éco-paysagères. Photos des unités élémentaires.

11. Etude de la faisabilité hydraulique

Pour étudier la faisabilité hydraulique, plusieurs données sont nécessaires :

Le calcul des puissances spécifiques actuelles par kilomètre

Plusieurs auteurs ont étudié le lien entre la dynamique fluviale et la puissance spécifique.

Etant donné que les sédiments des marges alluviales que l'on veut remobiliser sont en majorité sableux ou sablo-limoneux, la puissance spécifique permettant l'auto-ajustement du Rhône suite à l'enlèvement des digues est plus faible que le seuil communément admis pour la remobilisation de sédiments grossiers. On l'estime à 15 W/m². Ce seuil empirique, pourra être réajusté au cas par cas suite au retour d'expérience consécutif au démantèlement de digues.

De nombreux écrits (Petit et al., 2005) attirent l'attention sur la nécessité de prendre en compte d'autres paramètres, en plus de la puissance spécifique, pour estimer la capacité d'un cours d'eau à s'auto-ajuster. Il s'agit de :

La résistance de la berge

La résistance de la berge dépend du type de sédiment, de sa cohésion, de son épaisseur et de la végétation rivulaire.

D'après les sondages réalisés sur plusieurs vieux Rhône (Péage-de-Roussillon, Montélimar, Donzère) les sédiments déposés dans les marges alluviales sont principalement sablo-limoneux. Ils sont donc faiblement cohésifs et plus ou moins maintenus en place par les aménagements Girardon.

L'épaisseur des sédiments varie d'un casier de sédimentation à l'autre, les profils en travers renseignent sur l'épaisseur moyenne. Elle peut aller jusqu'à 5 mètres à Donzère-Mondragon.

En amont de Beaucaire, la base de la berge est constituée de galets. En aval de Beaucaire, elle est constituée de sédiments fins. Les berges en aval de Beaucaire sont donc plus facilement érodables qu'en amont (cf infra).

La végétation rivulaire n'intervient pas dans la résistance de la berge. Lors des travaux de démantèlement des digues, la forêt alluviale est coupée et les sédiments sont déstructurés pour faciliter la remobilisation.

L'orientation du courant en crue

L'orientation du courant en crue dépend de la géométrie du chenal et du sens de l'écoulement.

Cette information peut être tirée des modèles 2D de la CNR. S'ils n'existent pas, les données devront être extraites de la lecture des orthophotos.

Il y a érosion lorsque la puissance s'exprime de manière dissymétrique, c'est-à-dire lorsqu'elle est maximisée au droit de la berge par rapport à la valeur moyenne. Si le casier se situe en rive convexe, il sera soumis à des courants de crue plus faibles qu'un casier localisé en rive concave.

De même, la présence d'un banc de galets dans le chenal en eau peut créer des écoulements divergents qui maximisent la puissance au droit de la berge ; l'érosion est donc indirectement liée au transport sédimentaire.

C'est l'examen de ces trois informations qui permet de donner une indication sur la faisabilité hydraulique. Si celle-ci est insuffisante, le casier est déclassé et il figure en jaune sur la carte de faisabilité finale. Si la force du fleuve est insuffisante pour lui permettre de s'auto-ajuster une fois les digues enlevées, une solution consiste à procéder à la remobilisation des sédiments de manière mécanique. La restauration ne serait alors plus passive.

12. Développement du modèle de croisement des données et carte de synthèse de la faisabilité

Cette étape se découpe en deux parties.

La première étape est basée sur l'utilisation d'un **modèle de géotraitement** développé à l'aide ArcGis Builder (annexe 6). Il permet d'automatiser le traitement des différentes couches SIG (couches d'entrée, en bleu sur la figure) qui sont utilisés pour la définition des zones où des actions de restauration sont envisageables. Outre un gain de temps par rapport à une tâche à répliquer sur l'ensemble des vieux Rhône, il permet une uniformisation des données sur l'ensemble des tronçons, et offre par ailleurs la possibilité de tester différents scénarios en faisant varier les paramètres en entrée et une mise à jour simplifiée du schéma directeur quand une couche d'entrée a été modifiée.

Les données fournies en entrée au modèle sont :

La carte des unités de sensibilité potentielle à l'inondation et à la sédimentation, pour avoir la délimitation du périmètre à étudier.

Les cartes des infrastructures, des enjeux fonciers et des sites d'activité. Elles permettent d'identifier les zones « orange ».

Les cartes de la puissance spécifique et de l'orientation de la berge qui permettent d'identifier les zones « jaunes ».

La carte du patrimoine pour définir les zones « vert hachuré » à laquelle s'ajoutent les périmètres de captage figurant sur la carte des enjeux fonciers.

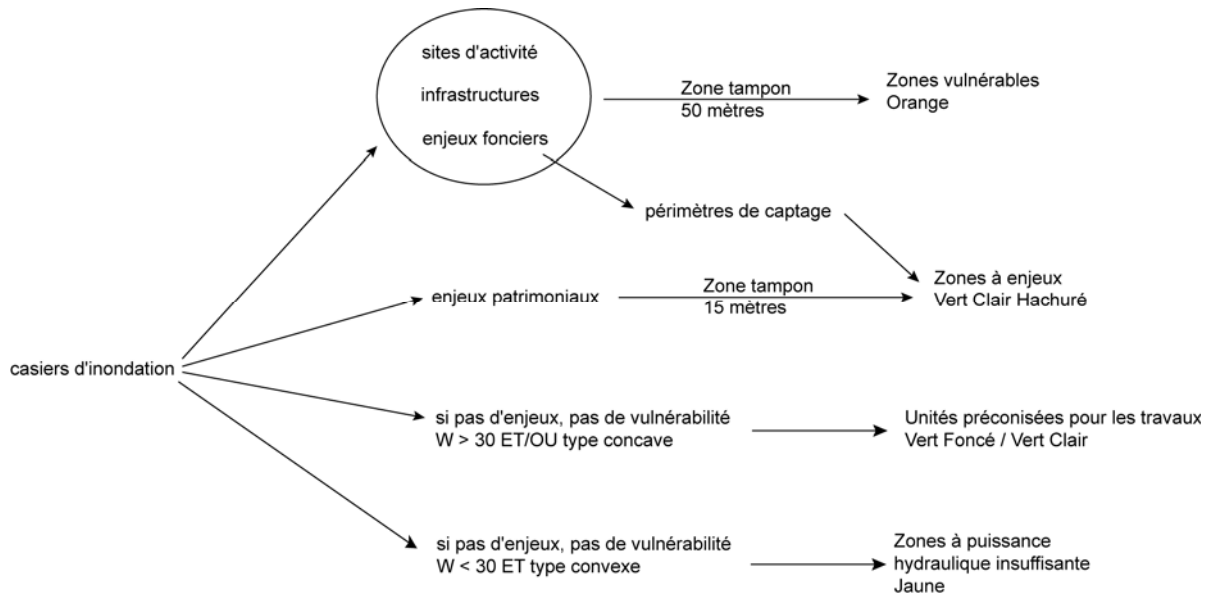


Figure 3 : Schéma illustrant le modèle de croisement des données pour aboutir à la première carte de synthèse

Le travail informatique ainsi réalisé permet de synthétiser de façon systématique les contraintes et l'énergie.

A l'échelle de l'ancienne bande active historique, cette méthode fournit des secteurs de grande dimension (car ne figure pas d'éléments vulnérables) dont la surface est irréaliste.

La deuxième étape consiste donc en une **phase de vérification par expertise**, destinée à réduire ces surfaces en fonction de critères acceptables :

Protection systématique de toutes les infrastructures lourdes telles que les routes importantes, les barrages, les voies ferrées, qui figurent en orange.






Maintien en l'état des zones agricoles établies sur les plus vieux périmètres de tressage pour lesquels la berge est stable en 1860 : zone orange.

Prise en compte des zones de convexité pour lesquels l'énergie est trop faible et ne permet pas de garantir le succès du réélargissement même à moyen terme : zone jaune. Cela ne veut pas dire qu'à long terme une érosion ne soit pas envisageable.

L'érosion latérale est donc proposée dans les secteurs où la dépose d'aménagements post 1860, Girardon ou pré-Girardon, permet, grâce à une énergie suffisante, à l'érosion de s'exercer dans des zones incomplètement sédimentées.

Cette deuxième phase **intègre la notion de temporalité** de la réalisation des travaux. En effet, la couleur verte foncée fait référence aux unités prioritaires. La couleur verte claire correspond à des unités qu'il est possible de réélargir dans un second temps compte tenu des enjeux locaux.

La carte de synthèse de la faisabilité finale distingue cinq couleurs :

	Unités prioritaires Pas de vulnérabilité Pas d'enjeux patrimoniaux Puissance hydraulique favorable
	Unités à restaurer dans un deuxième temps
	Localisation des enjeux (patrimoine, périmètre de captage)
	Puissance hydraulique insuffisante
	Vulnérabilité

Couleur verte foncée = faisabilité forte, à réaliser dans un premier temps du fait de l'absence d'enjeux et d'une bonne faisabilité hydraulique

Couleur verte claire = à réaliser dans un second temps du fait de la présence d'enjeux locaux, ou d'une faisabilité hydraulique faible, ou secteur ayant déjà été réhabilité dans le cadre du P10

Hachures vert clair = faisabilité forte mais attention présence d'enjeux écologiques ou patrimoniaux

Couleur jaune = faisabilité faible car puissance hydraulique insuffisante

Couleur orange = présence d'éléments vulnérables, faisabilité à discuter

Cette carte est la carte de synthèse de la faisabilité du projet, qui figure dans le schéma directeur. Elle est valable à la date à laquelle elle est produite. Les enjeux et la puissance hydraulique pouvant varier par la suite, certains points devront sans doute être actualisés.

La carte de synthèse ne doit pas être perçue comme figée, les couleurs peuvent évoluer en fonction des choix qui seront fait.

NB : Le schéma directeur doit être considéré comme une base de données permettant d'alimenter la réflexion et la décision. Il doit servir de base de discussion et ne pas fournir de conclusion définitive.

Bibliographie

- Andre-Poyaud N., 2010. Mémoire de deuxième année de Master, CEREGE Université Aix-Marseille.
- Bagnold R.A., 1966. An approach to the sediment transport problem from general physics, U.S. Geol.Survey Prof. Paper, 422-1.
- Bagnold R.A., 1977. Bedload transport by natural rivers. *Water Resources Research*, 13 (2), pp. 303-312.
- Bravard J.P., 1991. La dynamique fluviale à l'épreuve des changements environnementaux : Quels enseignements applicables à l'aménagement des rivières? *La Houille Blanche*, 7-8, pp. 515-521.
- Bravard J.P., 2010. Discontinuities in braided patterns : The River Rhône from Geneva to the Camargue delta before river training, *Geomorphology*, vol 117, Issue 3-4, pp 219-233.
- Bravard J.P., Provansal M., Arnaud-Fassetta G., Chabbert S., Gaydou P., Passy P., Melun G., Valleteau S., Richard F., 2008. Un atlas du paléo-environnement de la plaine alluviale du Rhône de la frontière Suisse à la mer. Chambéry, collection Edytem, 6, Cahiers du paléoenvironnement, 101-116.
- Brookes A., 1988. Channelized rivers, perspectives for environmental management. Wiley, New York, 326 p.
- Capanni R., 2006. Mémoire de deuxième année de Master, CEREGE Université Aix-Marseille.
- Compagnie Nationale du Rhône, 2002. Etude Globale pour une stratégie de réduction des risques dus aux crues du Rhône, Modélisation hydraulique hors delta, Diagnostic de la situation actuelle, 35p.
- Ferguson, 1981. Channel form and channel changes, in Lewin J. : *British Rivers* (Ed), Allen, London, pp. 91- 125.
- Gintz D., Hassan M.A. et Schmidt K.H., 1996. Frequency and magnitude of bedload transport in a mountain river. *Earth Surface Processes and Landforms*, 21, 433-455.
- Mackosso Mouele R., 2009. Caractérisation des accumulations liées aux aménagements sur les marges alluviales du Rhône : île du Pillet (amont d'Arles), mémoire de deuxième année de Master, CEREGE Université Aix-Marseille.
- Monaco M., 2008. Evolution morphologique du Grand Rhône : étude préliminaire en vue de la restauration hydraulique de la île Cassaire – St Pierre, Mémoire de deuxième année de master, CEREGE Université Aix-Marseille.
- Nadal D., 2008. La prise en compte du patrimoine fluvial dans le projet de restauration du vieux Rhône de Péage-de-Roussillon. Mémoire de première année de Master, Université Lyon 2.
- Petit F., Hallot E., Houbrechts G., Levecq Y., Mols J., Peeters A., Van Campenhout J., 2007. La typologie et les caractéristiques hydrogéomorphologiques des cours d'eau wallons, Actes du colloque de Namur.
- Petit F., Hallot E., Houbrechts G., Mols J., 2005. Evaluation des puissances spécifiques de rivières de moyenne et de haute Belgique, *Bulletin de la Société géographique de Liège*, 46, pp37-50.
- Richards K., 1982. *Rivers, Forms and Process in Alluvial Channels*. London, Methuen, 358 p.
- Portevin J.L., 2003. Mémoire de deuxième année de master, Université Lyon 2.
- Raccasi G., 2008. Mutations géomorphologiques récentes du Rhône aval : recherches en vue de la restauration hydraulique et de la gestion des crues, Thèse de doctorat de l'Université de Provence, 334 p.
- Robresco S., 2009. Evolution morpho-sédimentaire des berges du vieux Rhône de Vallabrègues, de 1970 à 2006, Mémoire de deuxième année de Master, CEREGE Université Aix-Marseille.

Valé N., 2004. Mémoire de deuxième année de Master, Université Lyon 2.

Zanetti C., 2006. Evolution de la ripisylve du Rhône inférieur depuis les années 50 et caractérisation de son état actuel entre Beaucaire et Arles, Mémoire de première année de Master, CEREGE Université Aix-Marseille.

PRINCIPAUX RESULTATS A L'ECHELLE DES 15 VIEUX RHONE ETUDIES

Seuls les principaux résultats, à l'échelle de l'ensemble des sites étudiés, sont présentés ici. Afin d'avoir des données plus détaillées, il est possible de se reporter au rapport du site concerné.

III. Etude historique : Amélioration des connaissances des aménagements Girardon et de leurs impacts

1. Les aménagements Girardon

Les aménagements Girardon sont un ensemble d'ouvrages : digue longitudinale basse, tenons, épis (plongeants et noyés), seuils de fond, barrages, qui ont été conçus et mis en place entre 1880 et 1920 par l'ingénieur des Ponts et Chaussées Mr Girardon, pour favoriser la navigation sur le Rhône. Ces aménagements devaient permettre de concentrer les eaux du fleuve en un seul chenal : d'une part pour garantir un tirant d'eau suffisant pour la navigation, par le barrage des bras secondaires, et d'autre part pour permettre au Rhône en crue de creuser son lit et ainsi augmenter le tirant d'eau. Ils avaient pour objectif de fixer le tracé du fleuve, et notamment fixer la position des seuils dangereux pour la navigation (fixation des bancs de convexité par des épis plongeants, fixation de la concavité par une digue longitudinale et des tenons).

Ces aménagements sont présents depuis le pont de Rochefort en amont (à l'aval du vieux Rhône de Chautagne) jusqu'à la mer. Ils sont moins nombreux en amont de Lyon, où ils se limitent à une digue longitudinale basse et des épis.

Ils sont visibles sur un **linéaire de 133 463 mètres** (au sein des 170 200 mètres de linéaire étudié), soit 78% de la longueur des 14 vieux Rhône.

Les aménagements Girardon ont eu pour conséquences majeures la diminution de la dynamique latérale du fleuve et la sédimentation des marges alluviales. On observe une diminution moyenne de 43% de la surface en eau entre 1860 et 1946-1961, une diminution moyenne de 93% de la superficie des bancs de galets (les sédiments présents dans le chenal sont évacués vers l'aval et ceux qui sont situés dans les marges alluviales sont colonisés par la végétation), une augmentation moyenne de 94% de la superficie de la forêt alluviale, la création de îles par le barrage de bras secondaires et leur disparition du fait de leur assèchement. Suite à l'implantation des aménagements Girardon, on mesure une augmentation de la puissance spécifique (1,7 fois plus importante) du fait de la diminution de la largeur du chenal.

2. Les unités dont les dynamiques sédimentaire et d'inondation sont modifiées par les aménagements Girardon

Au sein de la Bande Active Historique des 14 vieux Rhône étudiés, on identifie **101 unités dont la dynamique fluviale a été modifiée par les aménagements Girardon**. Cela représente une superficie de 5667 hectares.

Ces unités sont caractérisées :

- par une forte augmentation de la sédimentation.
- par une diminution progressive de leur sensibilité à l'inondation.

Les aménagements Girardon sont des digues basses conçues pour être submergées à partir d'un certain débit. Ces ouvrages, conçus pour la navigation, n'avaient pas pour vocation de protéger les terres vis-à-vis de l'inondation, mais bien de concentrer les eaux d'étiage en un chenal unique. Cependant, les aménagements Girardon ont eu pour effet de piéger les sédiments sur les marges du chenal. Cette forte sédimentation (le type de sédiment varie selon les secteurs) a eu pour conséquence une inondation de moins en moins fréquente des marges alluviales exhausées.

Suivant l'objectif recherché par les aménagements Girardon : barrage de bras secondaires, diminution de la largeur du chenal, fixation du tracé du fleuve, augmentation ou diminution de l'incision du chenal, renforcement de la berge, les différents types d'ouvrages n'ont pas tous été mobilisés et assemblés de la même façon.

Parmi les unités dont la dynamique fluviale a été modifiée par les aménagements Girardon, il est possible de différencier plusieurs sous-catégories en fonction du type d'aménagement Girardon et de sa vocation. Cette typologie est particulièrement importante car selon le type d'aménagement, la sédimentation (en terme d'épaisseur et de granulométrie) ne sera pas identique, les habitats aquatiques et alluviaux seront différents donnant lieu à l'implantation de communautés différentes et le paysage reflétant ces caractéristiques morpho-écologiques sera lui aussi différent.

Type 1 : Casier Girardon

Unité formée par la mise en place d'une digue longitudinale dans le chenal principal à une centaine de mètres de la berge, reliée à la berge par des tenons et parfois renforcée à sa base par des épis noyés. La vocation de cette association d'ouvrages est de piéger les sédiments entre les tenons et ainsi favoriser une progression de la berge au détriment de la largeur du chenal principal. Cette association est souvent placée en berge concave, mais également le long d'un tracé linéaire pour contraindre le chenal. Cette unité présente une sédimentation très forte (jusqu'à 5 mètres entre 1860 et 2009, 3,5 mètres en moyenne) et les ouvrages sont souvent dissimulés sous les sédiments (dépend des apports amont, de l'état des ouvrages et de la concavité plus ou moins prononcée ; ainsi le casier peut être en équilibre sédimentaire, en voie de comblement ou encore en eau). Les sédiments sont graveleux à la base puis de plus en plus fins, correspondant à des courants d'inondation de moins en moins forts et fréquents. Les sondages réalisés jusqu'alors montrent une fraction sableuse dominante (Sur les 23 sondages réalisés à Pont-Saint-Esprit, la fraction sableuse est dominante (entre 50 et 80%) avec une portion moyenne de sables de l'ordre de 70%. C'est le cas également à Péage-de-Roussillon (62 échantillons sur 84 présentent plus de 50% de sables) et Montélimar (47 échantillons sur 83 présentent plus de 50% de sables)).

La végétation alluviale est en voie d'assèchement, les individus ont tous le même âge et elle est parfois fortement dégradée du fait de la présence d'espèces invasives. Les rares prélèvements d'invertébrés font état d'un peuplement dégradé constitué en majorité d'espèces invasives (E. Castela). Les poissons visibles dans les trous d'eau formés entre les tenons se sont trouvés piégés lors de la précédente crue.

Ce type de casier favorise le piégeage des sédiments fins, ainsi des travaux qui consisteraient à recréer mécaniquement entre les tenons sans démanteler les ouvrages (ou créer des brèches) auraient une faible efficacité à long terme.

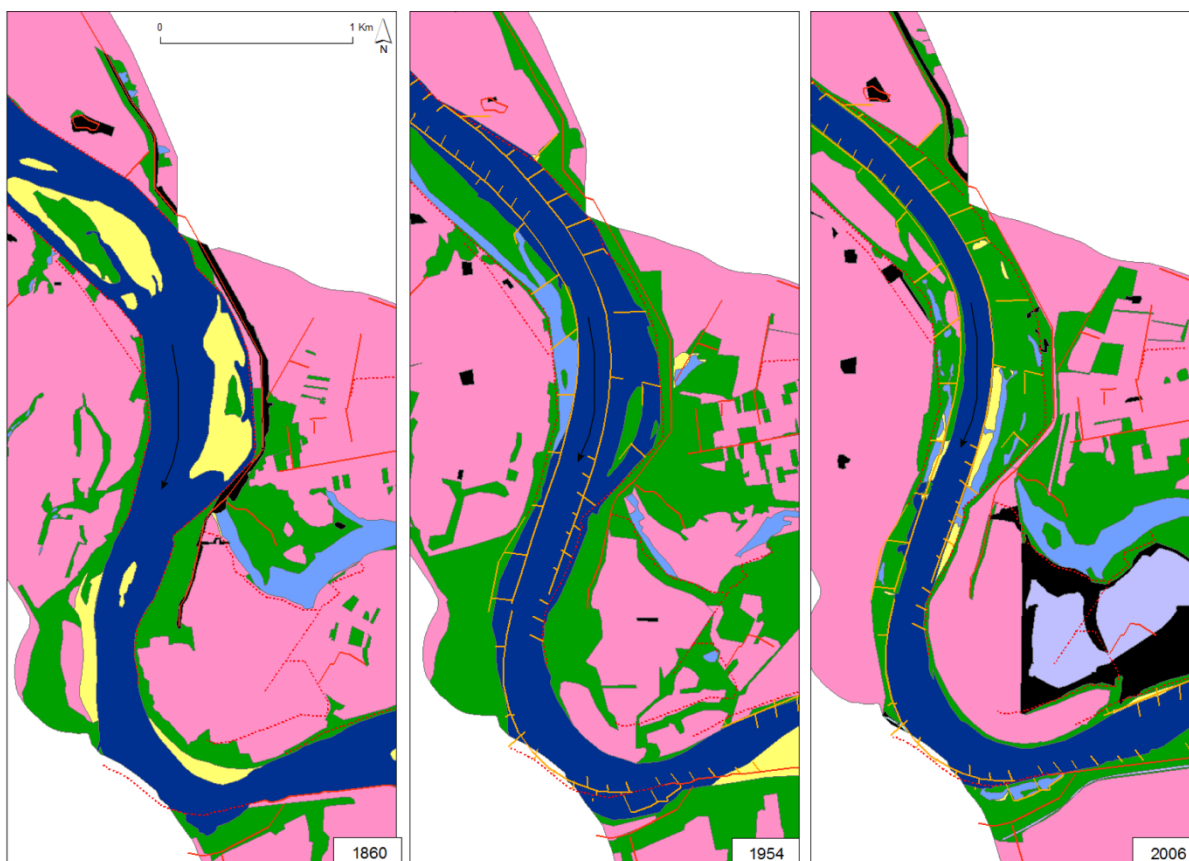


Figure 4 : En rive gauche, l'unité « Lamiat » est une unité de type 1 (vieux Rhône de Donzère-Mondragon, PK 196). Elle a été formée par l'implantation d'une digue longitudinale en lit mineur reliée à la berge par des tenons

Type 2 : Bras secondaire déconnecté

Unité correspondant au barrage d'un ou plusieurs chenaux de tressage secondaires par l'amont, l'aval ou les deux, ainsi que l'implantation de seuils de fonds dans la section en eau des chenaux pour favoriser le piégeage des sédiments et leur assèchement. Le barrage des bras secondaires avait pour vocation de concentrer les eaux du fleuve en un seul chenal à l'étiage pour assurer un tirant d'eau minimum. Il était donc dimensionné pour laisser passer l'eau au-delà d'un certain débit. La sédimentation des bras secondaires a parfois permis le rattachement d'une île à la plaine. Cette unité présente une sédimentation moyenne (1,6 mètres en moyenne), située sur les marges des chenaux secondaires principalement, conduisant à la rétractation de leur section d'écoulement. La sédimentation la plus forte se situe souvent en amont ou en aval du fait de la formation de bouchons. La granulométrie des dépôts est fine (limoneux), et d'autant plus fine que l'on s'éloigne de la connexion avec le chenal. Suivant l'âge, le type de déconnexion et l'alimentation actuelle des chenaux secondaires (eau provenant de la nappe ou d'un affluent), le boisement des berges des chenaux, les habitats différent et peuvent donner lieu à des peuplements intéressants, très différents des peuplements d'eau courante infodés au chenal principal.

Avec l'objectif de privilégier la plus grande diversité d'habitats et de peuplements le long du fleuve, il est intéressant d'étudier les écosystèmes en place pour mieux appréhender le type de travaux à privilégier (la reconnexion au Rhône n'est peut être pas la meilleure option).

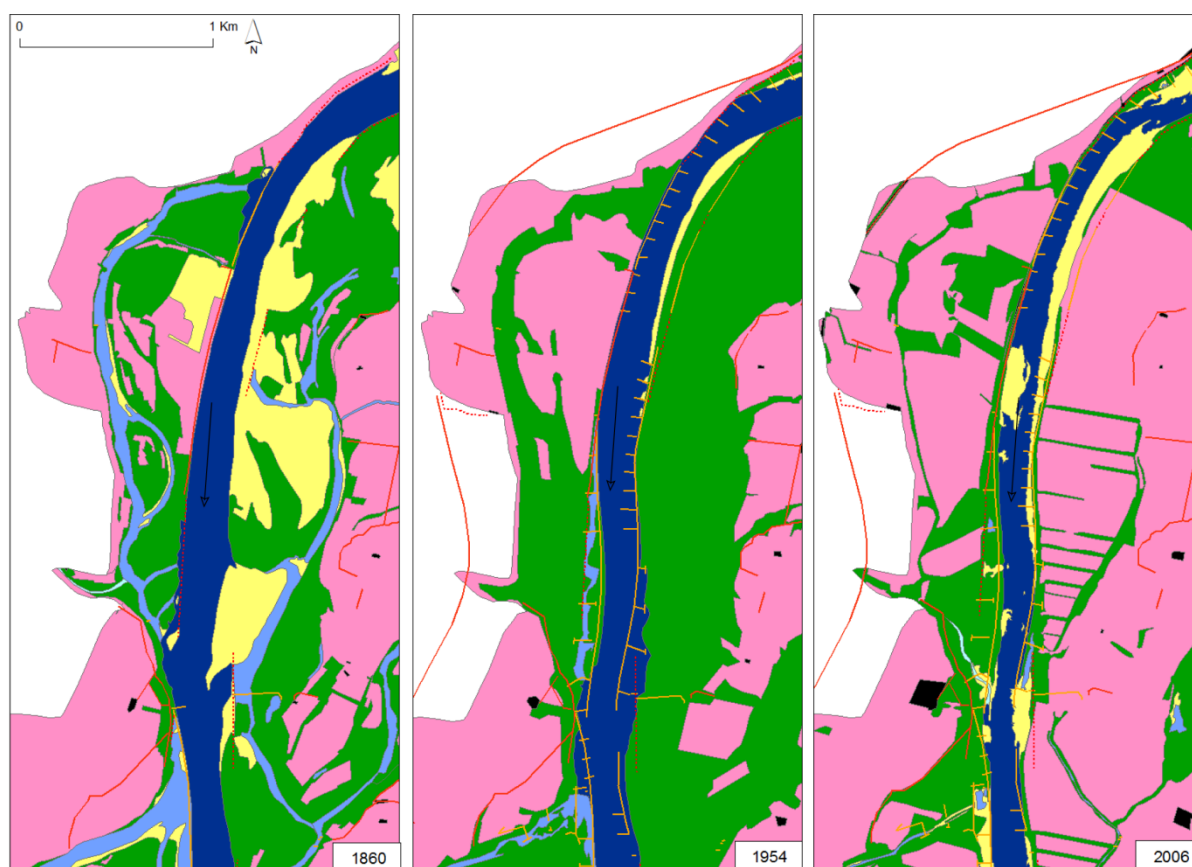


Figure 5 : En rive droite, la lône du Passerou est une unité de type 2 (vieux Rhône de Donzère-Mondragon, PK 173). Elle a été formée par l'implantation d'un barrage amont et aval (digue longitudinale et tenons) déconnectant le bras secondaire du chenal principal, de barrages et de seuils de fond favorisant le dépôt de sédiments et l'assèchement de la lône.

Type 3 : Refuges aquatiques

Unité constituée d'une digue longitudinale reliée à la berge par des tenons, en eau du fait du mauvais état des ouvrages ou immergée suite à un changement de l'orientation du chenal principal, ou unité constituée d'épis plongeants. Ces ouvrages servaient à renforcer la berge ou une digue longitudinale, stabiliser la section en eau du chenal, provoquer la sédimentation dans les mouilles. Ils sont particulièrement importants pour la stabilisation du profil en long, et servent de refuges à de nombreuses espèces de poissons, leur démantèlement est donc déconseillé.

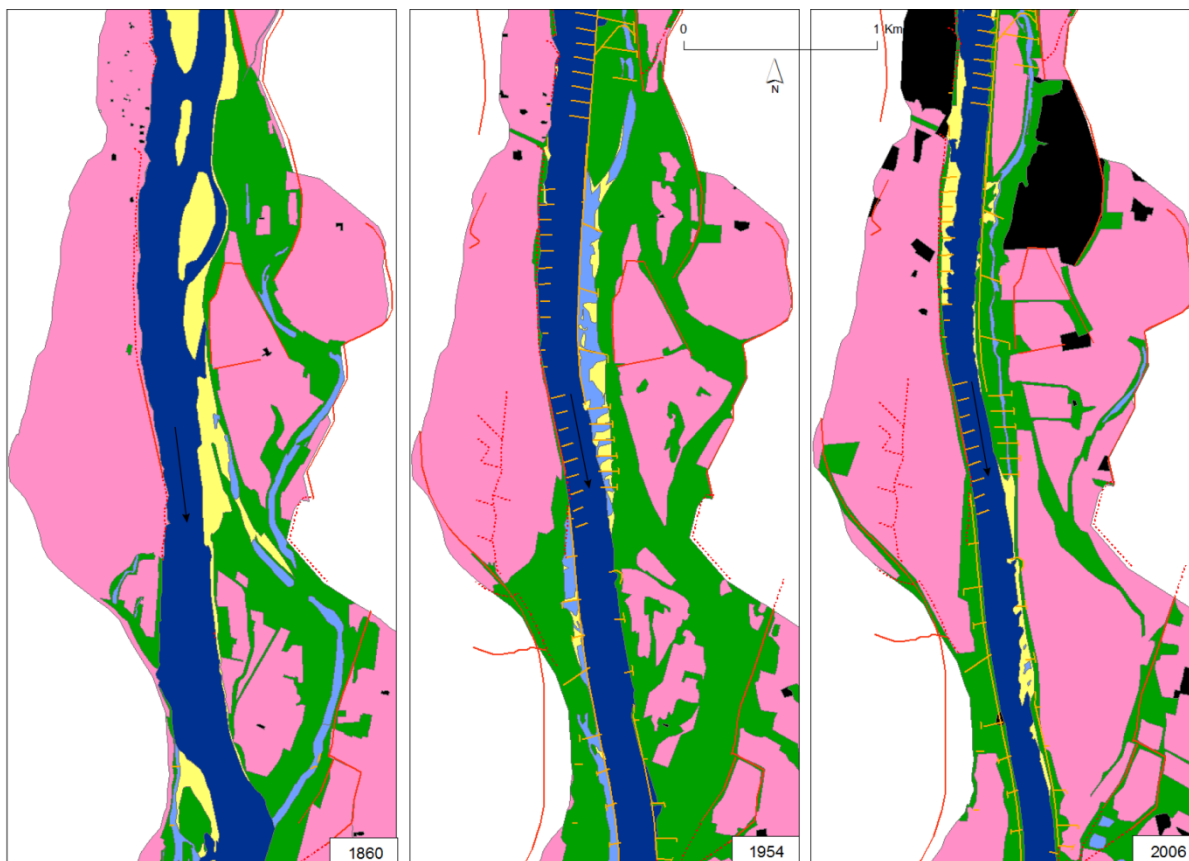


Figure 6 : Le long de la rive droite, au niveau du PK 183, on observe des épis noyés reliés à une digue longitudinale. Ces épis contribuent à fixer le fond du chenal. Cette unité illustre le type 3.

Type 4 : Banc de galets en rive convexe

Unité correspondant à des épis plongeurs implantés en rive convexe. Ces ouvrages avaient pour vocation de fixer la convexité du chenal. Ils ont souvent contribué au développement et à la stabilisation d'un banc de galets et ont parfois permis une progression de la berge au détriment de la largeur du chenal principal. Ils ont parfois barré un chenal secondaire, ont favorisé son comblement et ont permis le rattachement d'une île à la plaine. Cette unité est constituée d'un banc de galets (mis hors d'eau lors de la dérivation de la majeure partie du débit dans le canal hydroélectrique) et présente peu de sédiments fins, ceux-ci étant remobilisés à chaque crue car la végétation est régulièrement arasée pour éviter le boisement en lit mineur. Ces unités constituent des milieux de grève, favorables aux oiseaux notamment.

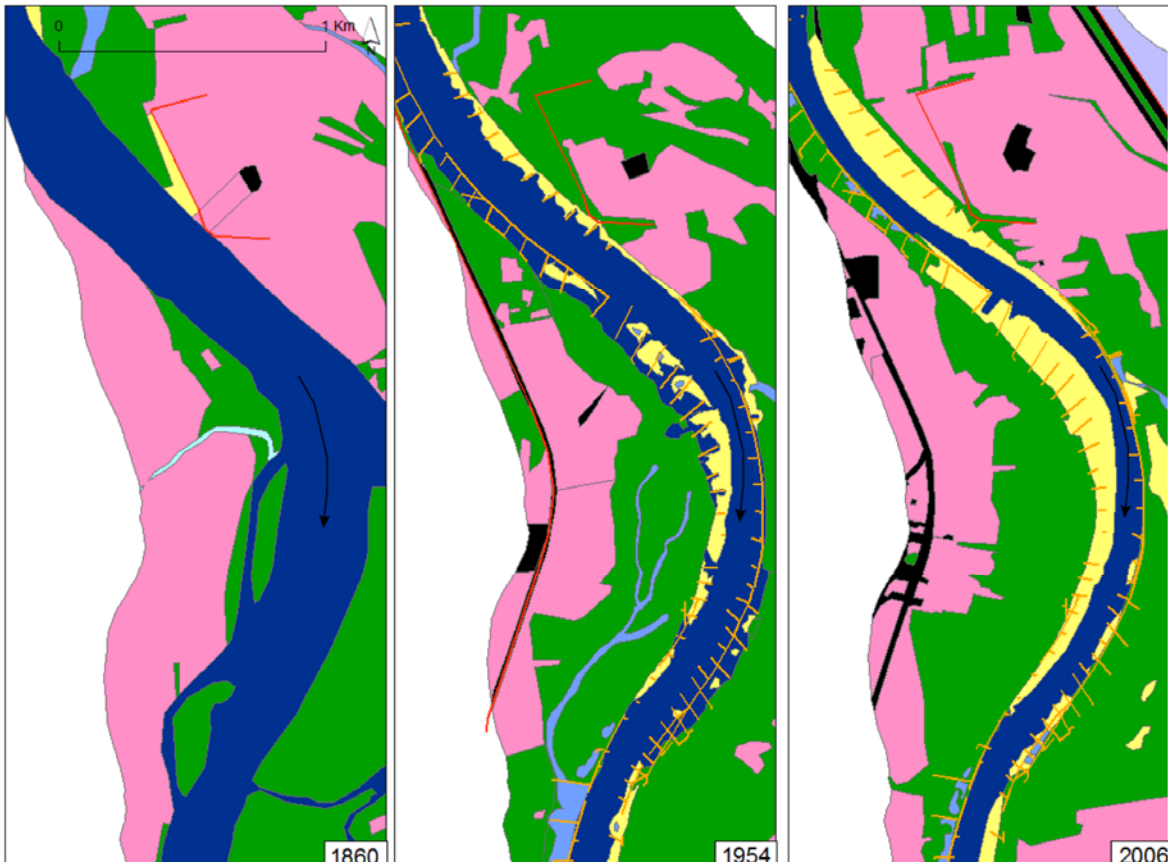


Figure 7 : En rive gauche, le banc des Oves est une unité de type 4 (vieux Rhône de Péage-de-Roussillon, PK 53). Elle a été formée par l'implantation d'épis plongeants en rive convexe permettant la fixation d'un banc de galets.

3. Effets des aménagements sur les écosystèmes

Les aménagements Girardon ont favorisé la **déconnexion latérale et verticale** du fleuve et de sa plaine alluviale. Ils ont provoqué l'exhaussement des marges alluviales par dépôt de sédiments. Conjointement à la mise en place des aménagements hydroélectriques et à la diminution du débit dans le tronçon court-circuité, ils ont favorisé **l'assèchement des milieux**.

« En déconnectant les annexes aquatiques (bras morts, bras secondaires) du chenal principal, les aménagements Girardon entraînent, dans un premier temps, une limitation des déplacements latéraux des organismes aquatiques. Ceci conduit, pour certaines espèces piscicoles, à une inaccessibilité à leur site de reproduction, une réduction du nombre de refuges potentiels en cas de crues, et une réduction des sites de nursery.

Dans un second temps, la sédimentation s'accroissant dans les annexes déconnectées, une homogénéisation des substrats et des faciès, est constatée, ceci induit une réduction de la diversité des biocénoses aquatiques et en particulier des invertébrés aquatiques » (E. Franquet, Feuillet Rhône aval).

Il semblerait également que les espèces d'invertébrés invasives dominent à l'intérieur des « casiers » Girardon (type 1) (sondages réalisés par E. Castela sur le vieux Rhône de Donzère-Mondragon).

« A plus long terme, cela entraîne une déconnexion de la ripisylve, qui ne peut plus s'alimenter par la nappe directement ou via le sous-écoulement, et qui tend donc à dépérir » (E. Franquet, Feuillet Rhône aval).

Ainsi, la forêt alluviale (notamment la forêt de bois tendres) déconnectée de la nappe alluviale, est en voie d'assèchement (B. Pont). La diminution de la dynamique latérale ne permet plus le rajeunissement des boisements. Des espèces collinaires s'implantent dans la plaine alluviale du fait de la diminution des fréquences d'inondation, elles favorisent une augmentation de la biodiversité mais l'on observe une perte de spécificité et parfois le développement d'espèces invasives.

Par ailleurs, les aménagements Girardon, en déconnectant certains bras du chenal principal ou en fixant des bancs de galets, ont contribué à **augmenter la diversité des milieux** présents le long du fleuve (par exemple une lône à alimentation phréatique ou un milieu de grève favorable aux oiseaux).

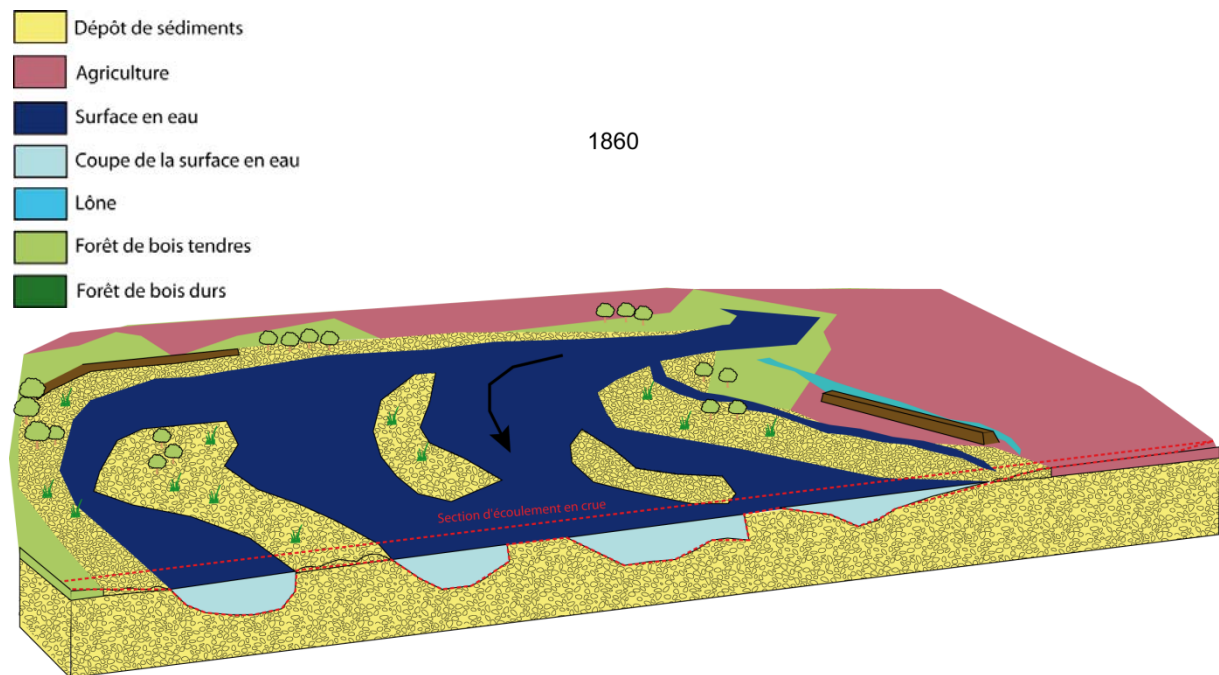
Du fait du développement des activités dans la plaine, les unités modifiées par les aménagements Girardon représentent parfois le **seul support de la végétation alluviale**, qui a disparu ailleurs.

4. Effets des aménagements sur l'hydrologie du fleuve

Les aménagements Girardon ont conduit à la diminution de la dynamique latérale, à laquelle s'ajoute une diminution de la connexion verticale suite à l'exhaussement des marges et à l'enfoncement du niveau de la nappe alluviale. On observe une **diminution des fréquences d'inondation** des marges alluviales.

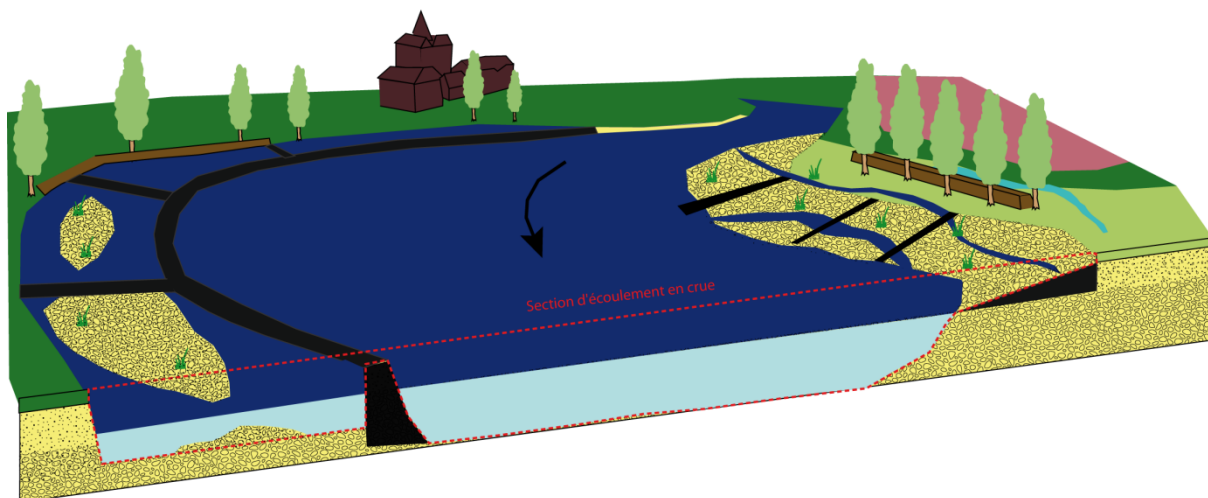
Les ouvrages Girardon ayant favorisé la sédimentation au détriment du chenal en eau, le Rhône a une **capacité d'écoulement en crue réduite**, contribuant à aggraver localement les niveaux d'eau lors des fortes crues.

5. Blocs diagramme résumant les impacts des aménagements Girardon et des aménagements CNR sur la dynamique fluviale



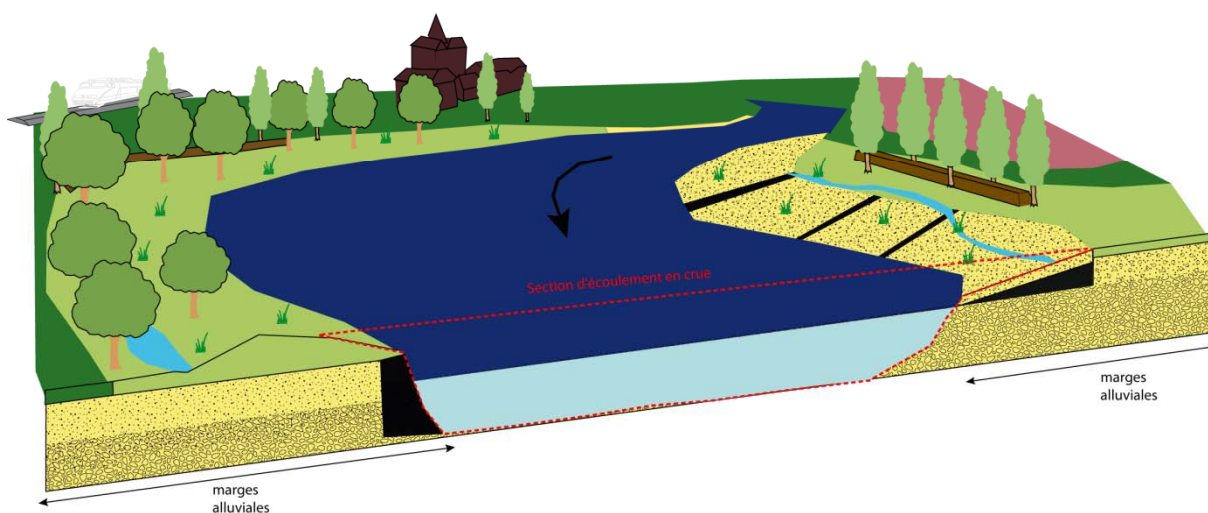
En 1860, le Rhône s'écoule en plusieurs bras, la bande active de tressage est large.

Construction des aménagements Girardon 1880 - 1920



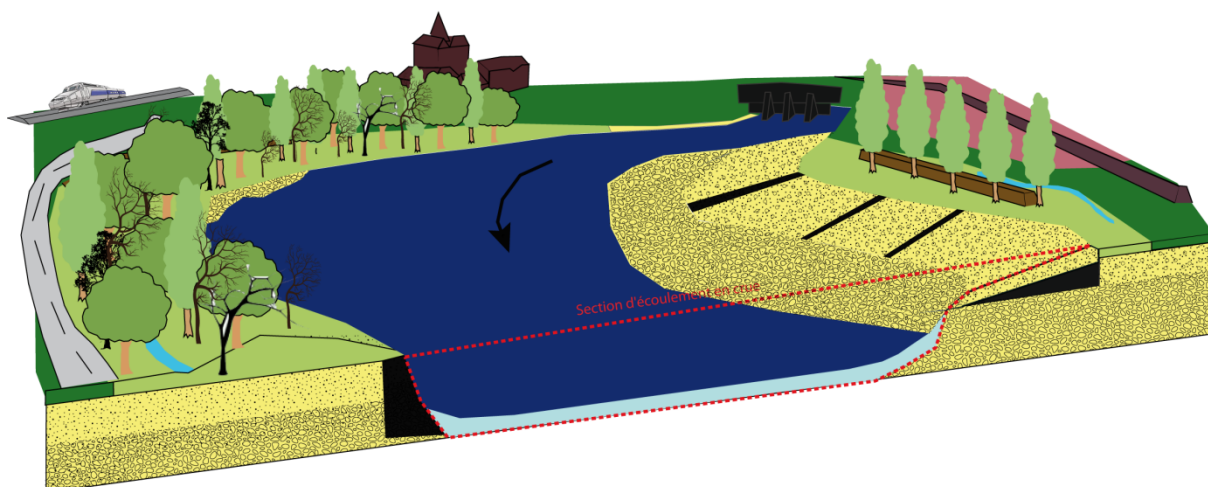
Les aménagements Girardon sont mis en place de part et d'autre du chenal pour augmenter la profondeur du chenal navigable. Ils permettent une avancée de la berge au détriment du chenal principal (180 mètres sur les deux rives) et barrent les chenaux secondaires. Les sédiments commencent à se déposer au gré des crues. Ces ouvrages ont permis d'augmenter la période navigable de 170 j/an à 355 j/an.

Après aménagements Girardon 1949 - 1961



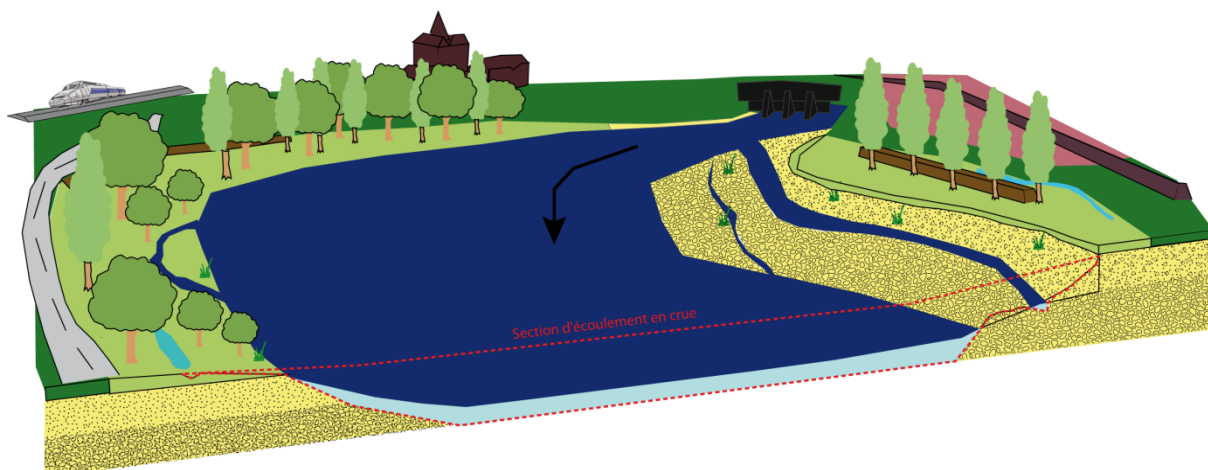
La sédimentation des marges alluviales est rapide. Cinquante ans après la mise en place des aménagements Girardon, les bras secondaires sont en voie d'assèchement et les casiers ont stocké plusieurs mètres de sédiments, rendant parfois les aménagements invisibles. Ce processus est à relativiser en aval de Donzère-Mondragon, où des casiers sont encore en eau et en connexion avec le chenal.

Actuel, Post-aménagements CNR
2009



Les aménagements de la CNR dérivent la majeure partie du débit dans le canal hydroélectrique, il ne passe plus dans le vieux Rhône qu'un débit réservé. La forêt alluviale perchée sur les marges est progressivement déconnectée de la nappe alluviale. Les milieux annexes sont de plus en plus difficiles d'accès pour la faune aquatique.

Après-travaux de démantèlement
d'ouvrages



Le démantèlement des ouvrages permet une érosion des marges alluviales, un élargissement du lit du fleuve et la fourniture de sables dans le chenal. De nouveaux milieux de grèves en pente douce peuvent ainsi être créés.

6. Synthèse des unités modifiées par les aménagements Girardon à l'échelle des 14 RCC

101 unités, dont la dynamique sédimentaire et d'inondation a été modifiée par les aménagements Girardon, ont été identifiées. Elles représentent une superficie de 5667 hectares soit 24% de la Bande Active Historique.

Le volume stocké par unité est compris entre 6037 et 8 863 936 m³ et la concentration de la sédimentation est comprise entre 589 et 81 240 m³/ha.

Le volume total de sédiments stockés dans les unités est estimé à 95 109 341 m³ (marge d'erreur de 10%, le volume est donc compris entre 85 598 407 et 104 620 275 m³). En faisant l'hypothèse qu'il s'agit de sables, sachant que 1 m³ de sable est égal à 1500 kg alors la masse de sédiments stockés dans les unités serait de 142 664 012 tonnes. Le volume de sédiments stocké dans chaque unité est résumé dans le tableau ci-dessous (en m³, les cases roses correspondent aux volumes hypothétiques estimés en l'absence de profils en travers en 1860). Le secteur de Miribel-Jonage est à considérer à part car il ne s'agit pas réellement d'unité modifiée par les aménagements Girardon, mais d'unité isolées par la construction d'une digue longitudinale navigation (le canal de Miribel), c'est pourquoi il n'a pas été pris en compte dans les calculs précédents.

VR	n°	Nom	TYPE1 volume m3	TYPE2 volume m3	TYPE4 volume m3
BY	1	Moiroud		1234306	
	2	Vieille Ile		406560	
	3	Prairie			413454
	4	Virignin	224000		
	5	Fournier	158718		
	6	Lucey		508140	
BC	7	Granges		488187	
	8	Noyés		3526452	
	9	Molottes		8863936	
MIJO	A	Méant		605214	
	B	Villette		329906	
	C	Miribel-Jonage		1198623	
PB	10	Vénissieux	243540		
	11	Ivoir	509611		
	12	Irigny	267212		
	13	Ciselande		721281	
	14	Table Ronde		653509	
	15	Millery	860027		
	16	Grigny	645837		
	17	Grigny RD	194566		
	18	Ternay	135072		
	19	Grand Carré		221226	
PDR	20	Arcoules	435968		
	21	Oves			260920
	22	Limony			997411
	23	Graviers	150400		
	24	Platière		1765981	
	25	Serrières	78525		
	26	Boussarde	556624		
	27	Village de Serrières	0		
	27b	St Saturnin	73710		
	28	Peyraud RD	43208		
	29	Dolon	257868		
	30	Peyraud		245875	
	31	La Sainte		714270	
SV	32	Vion (amont)	217074		

	33	Vion	246428		
	34	Lemps		1011650	
	35	Barres			348137
	36	Goule		456951	
	37	Gervans	189298		
BLV	38	Marette		289575	
	39	Traverse		879891	
	40	Mure	305185		
	41	Cornas	620928		
	42	Grande Traverse		1491942	
	43	Roche de Glun	552434		
	44	Bourg Lès Valence	895926		
BE	45	Champfort	1400490		
	46	Couriols	1154858		
	47	Banc de Chastagnon			1045620
	48	Beauchastel	79478		
	49	l'île Blanc	1022046		
	50	les Petits Robins	429549		
BLLN	51	Douriet	1491961		
	52	Baix	103163		
	53	Géronton	250047		
	54	Gouvernement Nord	1325468		
	55	la Quarantaine		1106175	
	56	Banc du Pouzin			55213
	57	Danioux			745845
	58	Saulce	470470		
	59	La Grande Ile	449150		
MO	60	Rochemaure	193021		
	61	Ancône		775775	
	62	Montélimar Nord	339885		
	63	Petite Ile		1305304	
	64	Teil	98355		
	65	Montélimar Sud	362866		
	66	Roubion		1813409	
	67	Teil aval		617584	
	68	Barcasse	1338734		
	69	Roussette	1613583		
	70	Passa		1060950	
	71	Gourd du Plat		0	
DM	72	Vires		1843565	
	73	Conche		3077510	
	74	Dames		3521978	
	75	Surelle		117070	
	76	Malaubert	720054		
	77	Dion		6840096	
	78	Souteyranne			
	79	Petit-Rhône		3453924	

	80	Désirade	3577038		
	81	Pont-St-Esprit	1952379		
	82	Carré		4703431	
	83	République	3432602		
	84	Lamiat	1807681		
	85	Vieille			6037
	86	Faisans amont	0		
	87	Faisans	1947695		
	88	Faisans aval			
CA	89	Codolet	0		
	90	Banc de l'Ardoise	360809		
	91	Ile de la Piboulette	0		
	92	Piboulette	655 296		
AV	93	Oiselets	270 750		
	94	Villeneuve	250 000		
	95	Château	783 686		
	96	Tenons d'Avignon	174580		
VA	97	Vanel		1249321	
	98	Beucaire	723474		
	99	Banc de Beaucaire			215208
	100	Gernica	15152		
TOTAL			36656479	56498760 – unités ABC = 54365017	4087845

IV. Etude du paysage

1. La structure paysagère

En ce qui concerne la structure du paysage, on observe une forte augmentation de la superficie boisée suite à la stabilisation des marges alluviales par les aménagements Girardon (+ 94% en moyenne). Celle-ci diminue ensuite du fait du développement des activités dans la plaine. Parfois les unités formées par les aménagements Girardon sont le seul support de la forêt alluviale. Le maintien de ces espaces est donc nécessaire afin de préserver la continuité du corridor et limiter le morcellement du paysage.

2. Les unités paysagères

Les ouvrages Girardon contribuent à structurer fortement le fleuve et son paysage et forment des **unités morpho-éco-paysagères**. Elles sont de quatre types : banc de convexité, casier de convexité, banc de convexité, casier tracé rectiligne.

Le long des 14 vieux Rhône, on distingue 15 unités paysagères différentes :

Unité banc de convexité

Cette unité reflète une dynamique. Le paysage observé est la résultante de la fixation de sédiments en rive convexe, formant un banc de galets, par des épis plongeurs de type Girardon.

En général cette unité est composée de deux plans :

Le banc de galets au premier plan, colonisé par des saules bas et une végétation pionnière entretenue par la CNR

Un rideau de végétation au deuxième plan, souvent composé de peupliers, situé à la limite de la berge de 1860.

La profondeur du champ de vision est importante (une cinquantaine de mètres).

La berge présente une pente douce.
La vision est ouverte, le paysage est lumineux.



Figure 8 : Vieux Rhône de Beauchastel, rive gauche, photo prise depuis la rive droite (Gaydou, le 22.06.10)

Unité casier de convexité



Figure 9 : Vieux Rhône de Donzère-Mondragon, le casier de convexité est visible à gauche de la photo, situé en rive droite vue depuis l'amont



Figure 10 : Vieux Rhône de Donzère-Mondragon, Pk 178 rive droite (Gaydou, 2.08.11)

Cette unité paysagère est structurée par les aménagements Girardon : elle a été formée par la mise en place d'une digue longitudinale adoptant un tracé convexe afin de repousser le cours du fleuve

contre l'autre rive. Elle était souvent reliée à la berge par des tenons et permettait souvent de barrer un bras secondaire et ainsi relier des bancs de galets à la berge.

En bateau depuis le centre du chenal, elle présente un seul plan visible. Elle est caractérisée par une berge de hauteur moyenne, abrupte. Les enrochements de la digue délimitant la rive sont parfois visibles en pied de berge. La berge est colonisée par une forêt de bois tendres dont les individus dispersés ont une cinquantaine d'années.

Unité casier de concavité

Cette unité reflète une dynamique. Le paysage observé résulte de la présence d'une digue longitudinale basse construite à partir de bloc de pierres, reliée à la berge par des tenons, et formant ce qui est souvent appelé un « casier Girardon ».



Figure 11 : Vieux Rhône de Donzère-Mondragon, Pk 173 rive droite (Gaydou, le 2.08.11)

On distingue trois sous-types en fonction du degré de sédimentation du casier :

- Casier de concavité en eau : les sédiments n'ont pas été piégés entre les tenons, les digues sont visibles et entourées d'eau. Cette unité n'est pas boisée, de ce fait le nombre de plans ainsi que la profondeur du champ de vision peuvent être importants, la vision est ouverte, le paysage est lumineux. La berge est constituée par la digue longitudinale basse, elle est donc de faible hauteur mais abrupte.



Figure 12 : Vieux Rhône de Saint-Vallier, prise de vue en direction de l'aval depuis un belvédère en rive droite (Gaydou, le 13.09.10)

- Casier de concavité partiellement sédimenté : les sédiments ont partiellement été piégés entre les tenons. Les digues sont peu visibles car elles sont recouvertes localement par les sédiments. Les courants de crue passant dans ces casiers permettent d'entretenir des « trous d'eau » entre les tenons. Cette unité a généralement été colonisée par une végétation de bois tendres, dont les individus sont mûres. Un seul plan est visible, celui du rideau de végétation. La profondeur du champ de vision est faible, la vision est fermée et le paysage est moins lumineux.



Figure 13 : Vieux Rhône de Bourg-Lès-Valence, Casier de Cornas (Gaydou, le 22.06.10)

- Casier de concavité sédimenté : une importante quantité de sédiments est piégée entre les tenons, contribuant à remplir le casier. Les digues sont invisibles car surmontées par les sédiments. Cette unité a été colonisée par une végétation composée de bois tendres, devenue mûre. Des espèces invasives sont également présentes. Le milieu composé d'arbustes et de lianes est parfois difficile d'accès. Cette unité se distingue de la précédente par l'absence de « trous d'eau » et une berge plus haute (4 mètres et plus). Le nombre de plans se limite à un seul, celui du rideau de végétation. La profondeur du champ de vision est faible, la vision est fermée et le paysage est sombre.



Figure 14 : Vieux Rhône de Bourg-Lès-Valence, Pk 103 rive droite, photo prise depuis l'intérieur du casier (Gaydou, le 22.06.10)

Unité casier au tracé rectiligne

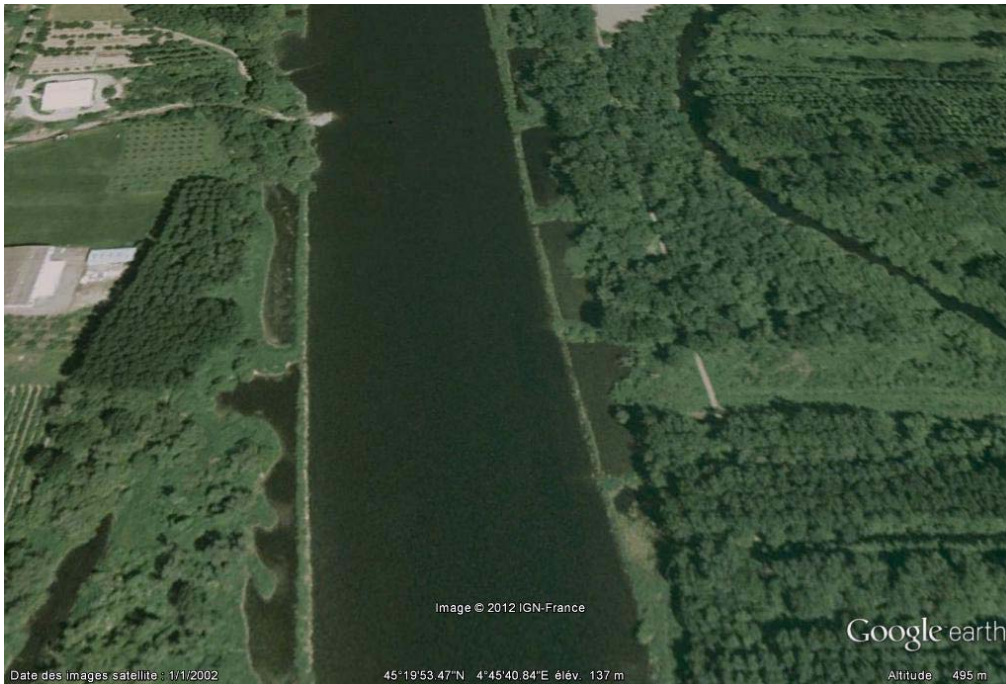


Figure 15 : Vieux Rhône de Péage-de-Roussillon, vue vers l'amont



Figure 16 : Vieux Rhône de Péage-de-Roussillon, rive droite, prise de vue depuis le centre du chenal, en direction de l'aval (Gaydou, le 14.05.08)

Cette unité est caractérisée par une berge de hauteur moyenne, abrupte. Depuis le centre du chenal, elle présente un seul plan visible. Elle est colonisée par une forêt de bois tendre, qui correspond souvent à un étroit corridor car la plaine alluviale située juste en arrière est souvent agricole. La digue longitudinale délimitant la berge a souvent été renforcée par des épis dont les blocs sont visibles dans le chenal. Ces épis ont parfois contribué à stocker des sédiments en amont, qui peuvent avoir été colonisés par une végétation pionnière.

Lorsque les aménagements Girardon sont encore visibles, ils sont parfois considérés par les riverains comme un patrimoine fluvial.

Les nouveaux espaces qu'ils ont contribué à créer sont le support d'activités multiples, qu'il est nécessaire de prendre en compte lors de réunions locales de concertation.

Unité agriculture

Cette unité paysagère est formée de plusieurs plans visibles. Le champ de vision est en général profond, cela dépend de la présence de haies. Cette unité est visible depuis la plaine ou un belvédère mais est souvent cachée en arrière de l'unité casier ou banc depuis le chenal. Les cultures sont essentiellement des vergers, des vignes, du maraichage ou des cultures de céréales intensives irriguées par les eaux du fleuve.

La vision est ouverte, lumineuse.



Figure 17 : Vieux Rhône de Montélimar, rive droite, photo prise depuis le Château de Rochemaure (Gaydou, le 4.08.08)

Unité urbanisation

Cette unité paysagère correspond au paysage des villes et à leurs abords aménagés. Elle est composée de plusieurs plans visibles. Le champ de vision est profond, la berge peut être abrupte ou en pente douce selon les aménagements des quais, la vision est ouverte et lumineuse.



Figure 18 : Vieux Rhône de Péage-de-Roussillon, quais de Serrières en rive droite (Gaydou, le 14.05.08)

Unité forêt alluviale

Cette unité paysagère correspond à des massifs de boisements. Elle est composée d'un seul plan visible qui est le rideau de végétation. La profondeur du champ de vision est faible, la vision est fermée et sombre. La berge peut être abrupte ou en pente douce selon les types d'aménagements.



Figure 19 : Vieux Rhône de Péage-de-Roussillon, rive gauche, vue vers l'amont

Unité aménagements de la Compagnie Nationale du Rhône

Cette unité paysagère correspond aux digues (en enrochements ou bétonnées), barrages, canaux, usines hydro-électriques, cités, rampe à bateaux etc.

Les contre-canaux peuvent abriter une faune et une flore intéressante. Les abords des canaux hydroélectriques sont colonisés par un fin corridor végétal, ce qui lui confère un caractère ouvert et lumineux. La hauteur des digues peut être un obstacle à la profondeur du champ de vision et donc au nombre de plans visibles.

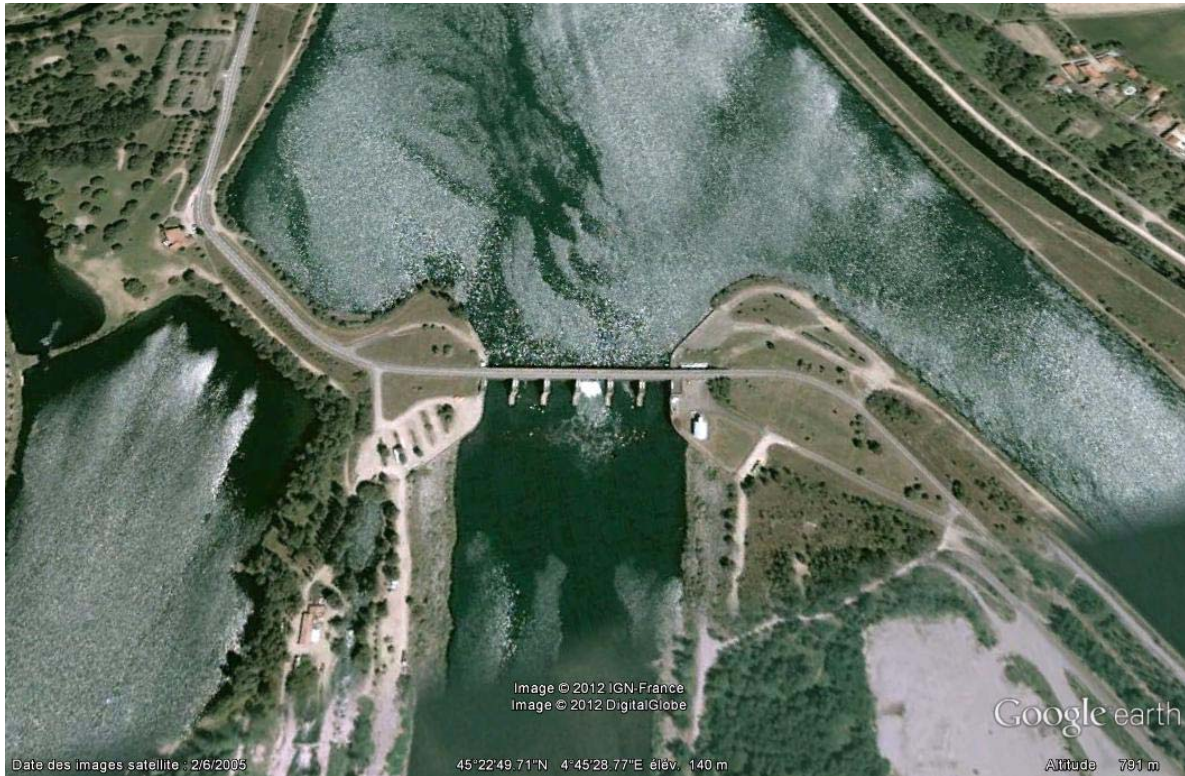


Figure 20 : Vieux Rhône de Pége-de-Roussillon, vue vers l'amont

Unité chenal en eau

Il s'agit du lit mineur du vieux Rhône alimenté par un débit réservé, du canal hydroélectrique, de la retenue et de la restitution.



Figure 21 : Vieux Rhône de Montélimar, vue depuis le pont de Rochemaure, vers l'amont (Gaydou, le 4.08.08)

Unité lône

Il s'agit des anciens bras de tressage encore en eau.



Figure 22 : Vieux Rhône de Péage-de-Roussillon, île de la Platière vue vers l'amont (Gaydou, le 22.07.08)

Unité infrastructures de transport

Il s'agit des voies ferrées et routières.



Figure 23 : Vieux Rhône de Bourg-Lès-Valence, rive droite, vue en direction de l'amont (Gaydou, le 22.07.08)

Unité tracé rectiligne

Cette unité est structurée par une digue paysanne stabilisant la berge le long d'un chenal au tracé rectiligne. Elle est caractérisée par une berge haute.



Figure 24 : Vieux Rhône de Montélimar, rive gauche vue depuis la rive droite (Gaydou, le 4.08.08)

Unité tracé rectiligne banc

Cette unité est structurée par une digue paysanne au pied de laquelle des sédiments se sont stockés (du fait de la mise en place d'épis ou non) ou ont été mis hors d'eau suite à la diminution du débit réservé. Les sédiments sont constitués en majorité de galets et forment un banc. Cette unité se situe donc à l'intermédiaire entre le banc de convexité et l'unité au tracé rectiligne.

Depuis le centre du chenal, on distingue deux plans. Le premier plan correspond au banc colonisé par une végétation pionnière et le second correspond à la berge de grande hauteur colonisée par un liseré d'arbres de type bois tendres.



Figure 25 : Vieux Rhône de Montélimar, l'unité est visible à droite de la photographie, elle se situe en rive gauche car la photo est prise depuis le pont de Rochemaure, en direction de l'amont (Gaydou, le 4.08.08)

Unité gravière

Il s'agit du paysage formé par les gravières en activité ou réhabilitées.



Figure 26 : Vieux Rhône de Montélimar, rive gauche, vue vers l'amont

Unité banc

Il s'agit d'un banc de galets situé au milieu du chenal, la plupart du temps mis hors d'eau par la dérivation de la majeure partie du débit dans le canal hydroélectrique.



Figure 27 : Vieux Rhône de Beauchastel, vue vers l'aval depuis le barrage (Gaydou, le 22.06.10)

V. Synthèse de la faisabilité

100 unités ont connu une modification de leurs conditions d'inondation et de sédimentation depuis la mise en place des aménagements Girardon. Ces unités ont été aménagées par différents types d'ouvrages : digue longitudinale, tenon, épi, seuil transversal, seuil de fond. Leur nombre varie en fonction des unités. Toutes les unités abritent des enjeux écologiques, elles sont concernées par différents périmètres de protection : Natura 2000, Réserve Naturelle, ZNIEFF 1, ZNIEFF 2, ZICO, ZPS, APPB, ZSC. Quasiment toutes les unités présentent des enjeux patrimoniaux, il peut s'agir des aménagements Girardon, de bornes en pierre du service Navigation, de repères de crue, de moulins, de bacs, pontons, bassins de joute, ponts suspendus, ruines, puits.

VR	Unité Girardon		Volume et superficie de l'unité modifiée par Girardon délimitée par l'étude historique				Aménagements Girardon	Enjeux		Espace retenu			
	n°	Nom	TYPE1 volume m ³	TYPE2 volume m ³	TYPE4 volume m ³	Superficie m ²	Volume/ha	nombre d'ouvrages concernés	enjeux écologiques	enjeux patrimoniaux	surface restauration	volume sédiments restauration	Commentaire
BY	1	Moiroud		1234306		844894	14609	2 digues longitudinales	Natura 2000, ZNIEFF 1, ZNIEFF2	digue Girardon	844894	1234306	Protection absolue de la digue et du contre-canal rive gauche de la CNR (retenue de Belley). Protection de l'évacuation du Séran dans une première étape. Dépose à discuter dans une deuxième étape. A déjà fait l'objet d'une restauration dans le cadre du P10.
	2	Vieille Ile		406560		733 701	5541	1 digue longitudinale	Natura 2000, ZNIEFF 1, ZNIEFF2	digue Girardon	733 701	406560	Erosion possible à long terme.
	3	Prairie			413454	283013	14609	2 digues longitudinales	Natura 2000, ZNIEFF 2	borne SNR	157835	230581	En amont, protection du seuil de Lucey (à court et moyen terme). Erosion difficile en rive convexe mais la partie aval se situe en concavité et est donc érodable.
	4	Virignin	224000			153330	14609	1 digue longitudinale	Natura 2000, ZNIEFF 1, ZNIEFF2	digue Girardon, borne SNR, ponton	0	0	Risque de captation du flux par la gravière. A terme, cette zone peut devenir une zone de réactivation piégeant des sédiments en amont de la retenue de Brégnier. A déjà fait l'objet d'une restauration dans le cadre du P10.
	5	Fournier	158718			108644	14609	1 digue longitudinale	Natura 2000, ZNIEFF 1, ZNIEFF2	digue Girardon	73579	107492	Zone de convexité à faible énergie. Son statut peut passer à une zone de dynamisation en fonction de l'évolution du secteur 1. A déjà fait l'objet d'une restauration dans le cadre du P10.
	6	Lucey		508140		347827	14609	1 digue longitudinale	Natura 2000, ZNIEFF 1, ZNIEFF2	borne SNR	347827	508140	Zone de convexité. Son statut pourrait passer à une zone de redynamisation en fonction de l'érosion du secteur 2. A déjà fait l'objet d'une restauration dans le cadre du P10.
BC	7	Granges		488187		473470	10311	3 épis 1 digue longitudinale	Natura 2000, ZNIEFF 1, ZNIEFF2	digues Girardon	343226	488187	Energie limitée, convexité marquée. Erodabilité douteuse et la gravière en eau est un enjeu fort. En revanche, le secteur aval présente à terme une faisabilité forte, en déposant une digue. A déjà fait l'objet d'une restauration dans le cadre du P10.
	7'	Espérance		633499		299885	20435	1 épi	Natura 2000, ZNIEFF 1, ZNIEFF2	passage à gué, digue Girardon	228358	453797	Secteur de convexité, faisabilité du rélargissement limité.
	8	Noyés		3526452		1629944	21635	3 digues longitudinales 2 épis	Natura 2000, ZICO, ZNIEFF 1, ZNIEFF2	digues Girardon	885758	1895693	Faisabilité forte si ouverture de la digue basse de rive droite. A déjà fait l'objet d'une restauration dans le cadre du P10.
	9	Molottes		8863936		3313024	26755	1 barrage 1 digue longitudinale	ZICO, ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	barrage Girardon	2894591	8863936	Grand secteur des Iles GrandJean. Faisabilité forte si dépose partielle de la digue amont en rive gauche. L'enjeu est la protection de l'entonnement du seuil des Molottes. Réactivation potentielle mais largement théorique du fait de l'étendue du secteur. Périmètre à protéger de l'urbanisation en tant que secteur d'érosion potentielle. A déjà fait l'objet d'une restauration dans le cadre du P10.
MIJO	A	Méant		605214		2432575	2491	1 digue longitudinale 6 épis	Natura 2000, ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	borne SNR	2431382	605214	Faisabilité si dépose des digues de fermeture amont de la tour du Méant. Mais forts enjeux agricoles et habitat dans l'Ile.
	B	Villette		329906		1157743	2844	1 digue longitudinale 1 épi	Natura 2000, ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	borne SNR	556767	329906	Faisabilité si dépose des digues de rive gauche.

	C	Miribel-Jonage		1198623		13157142	911	1 digue longitudinale	Natura 2000, ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	borne SNR	191221	606908	Vaste zone à enjeux forts (eau potable, inondation, infrastructures lourdes etc). La faisabilité est volontairement limitée à une étroite bande en rive gauche du canal de Miribel, entre l'aval du franchissement ferroviaire et autoroutier et la brèche de Thil. Dans le futur, l'élargissement de cette bande pourrait être envisagé.
PB	10	Vénissieux	243540			130060	18725	2 digues longitudinales 5 tenons 6 épis 2 seuils de fond	ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	digues Girardon	0	0	Le démantèlement des digues n'est pas possible du fait de la proximité du canal hydroélectrique.
	11	Ivoir	509611			555811	9169	3 digues longitudinales 14 tenons 12 épis 8 seuils de fond	ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	digues Girardon, borne SNR	233204	182272	La dépose des aménagements est possible à condition de prévoir une protection en arrière afin de contrôler l'érosion latérale.
	12	Irigny	267212			172803	15463	3 digues longitudinales 11 tenons 6 épis 6 seuils de fond	ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	digues Girardon	72732	153975	La dépose des aménagements est possible à condition de prévoir une protection en arrière afin de contrôler l'érosion latérale.
	13	Ciselande		721281		1067797	6755	3 digues longitudinales 13 tenons 7 épis 2 seuils transversaux 7 seuils de fond	ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	digues Girardon, borne SNR, repère de crue	583410	721281	La dépose des aménagements est possible à condition de prévoir une protection en arrière, ce surtout en aval du fait de la présence d'industries et d'un pont. A déjà fait l'objet d'une restauration dans le cadre du P10.
	14	Table Ronde		653509		728236	8974	1 digue longitudinale 6 tenons 10 épis 2 seuils transversaux	ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	digues Girardon, borne SNR, repère de crue	142542	125650	Bande de rive gauche érodable par la dépose d'épis, en aval du pont. Présence probable d'une décharge de films étirables (source orale SMIRIL). A déjà fait l'objet d'une restauration dans le cadre du P10.
	15	Millery	860027			480685	17892	2 digues longitudinales 16 tenons 23 épis	ZNIEFF 1, ZNIEFF 2, APPB	digues Girardon, borne SNR	307028	860027	Bande érodable par dépose d'épis. La voie ferrée située en arrière devra faire l'objet d'une protection.
	16	Grigny	645837			301866	21395	2 digues longitudinales 5 tenons 21 épis 8 seuils de fond	ZNIEFF 1, ZNIEFF 2, APPB	digues Girardon, bac	57722	157753	Bande de rive gauche érodable par la dépose d'épis. Une protection devra être envisagée en arrière pour limiter l'érosion en direction du canal hydroélectrique.
	17	Grigny RD	194566			175316	11098	1 digue longitudinale 3 tenons 14 épis	ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	digues Girardon, bac, repère de crue	38397	50715	Du fait de la proximité d'enjeux important, seule une étroite bande peut faire l'objet d'une érosion. Les enjeux situés en arrière devront faire l'objet d'une protection.
	18	Ternay	135072			64458	20955	1 digue longitudinale 3 tenons 10 épis	ZNIEFF 2	digue Girardon	0	0	Du fait de la proximité des infrastructures de transport, un démantèlement des ouvrages n'est pas possible.
	19	Grand Carré		221226		233901	9458	3 digues longitudinales 8 tenons 11 épis	ZNIEFF 2	digue Girardon	0	0	Du fait de la présence de la voie ferrée en aval, le démantèlement d'ouvrages n'est pas envisageable.
PDR	20	Arcoules	435968			283580	15374	1 digue longitudinale 14 tenons 1 épi 3 seuils de fond	ZNIEFF 1, ZNIEFF 2, ZICO, Réserve Naturelle,	digue Girardon, bac, borne SNR	83173	435968	Dépose des endiguements possible. Prévoir une protection en retrait si l'érosion latérale s'avérait forte.

								Natura 2000				
21	Oves			260920	274471	9506	10 épis	ZNIEFF 1, ZNIEFF 2, ZICO, Réserve Naturelle, Natura 2000	digue Girardon, bac	114345	175200	L'énergie est probablement assez faible du fait de l'orientation de la berge (convexe).
22	Limony			997411	1033004	9655	2 digues longitudinales 3 tenons 23 épis	ZNIEFF 1, ZNIEFF 2, ZICO, Réserve Naturelle, Natura 2000	digue Girardon, bassin de joute, borne SNR, repère de crue	416493	771407	Dépose des épis possible. Etant donné l'orientation de la berge (convexe), les enjeux sont protégés par une faible énergie.
23	Graviers	150400			469222	3205	1 digue longitudinale 10 tenons 24 épis	ZNIEFF 1, ZNIEFF 2, ZICO, Réserve Naturelle, Natura 2000	digue Girardon, borne SNR	469222	150400	La faisabilité est forte du fait de l'absence d'éléments vulnérables et de l'orientation de la berge (concave) qui devrait permettre une forte érosion latérale.
24	Platière		1765981		2280891	7743	digues du Graviers épis village Sablons	ZNIEFF 1, ZNIEFF 2, ZICO, Réserve Naturelle, Natura 2000	borne SNR	2233157	1765981	Zone érodable pour partie à moyen et à long terme. Prévoir une protection sur la marge Est avec des blocs déposés le long du chenal. A déjà fait l'objet d'une restauration dans le cadre du P10.
25	Serrières	78525			103724	7571	3 digues longitudinales 11 tenons 17 épis	ZNIEFF 1, ZNIEFF 2, ZICO, Réserve Naturelle, Natura 2000	digue Girardon	103724	78525	La dépose des ouvrages devrait permettre l'érosion latérale, rendue possible par l'absence d'éléments vulnérables en arrière.
26	Boussarde	556624			499992	11133	3 digues longitudinales 15 tenons 13 épis	ZNIEFF 1, ZNIEFF 2, ZICO, Réserve Naturelle, Natura 2000	digue Girardon, repère de crue, borne SNR	241175	556624	Etant donné la présence d'enjeux à l'Ouest, seule une étroite bande peut être soumise à l'érosion latérale. Une protection en retrait doit être prévue dans le cas d'une érosion latérale forte. Ce secteur a déjà fait l'objet d'une restauration dans le cadre du P10.
27	Village de Serrières	0			37856	0	5 tenons	ZNIEFF 2	digue Girardon	0	0	Stabilise probablement la berge au pied du village de Serrières. Forte valeur patrimoniale des aménagements Girardon, utilisés comme bassin de joute.
27b	St Saturnin	73710			228275	3229	2 digues longitudinales 7 épis 2 seuils de fond	ZNIEFF 2	digue Girardon	0	0	Du fait de la présence d'enjeux, le démantèlement d'ouvrages n'est pas envisageable.
28	Peyraud RD	43208			179359	2409	2 digues longitudinales 5 tenons 10 épis	ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	digue Girardon	0	0	Du fait de la situation du site, en amont du seuil de Peyraud, l'érosion latérale n'est pas possible.
29	Dolon	257868			342700	7525	2 digues longitudinales 7 tenons 8 épis	ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	digue Girardon	80780	257868	Dépose possible des épis mais il faudra prévoir une forte consolidation en arrière des secteurs considérés comme érodables.
30	Peyraud		245875		295707	8315	1 digue longitudinale 8 tenons 6 épis	ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	digue Girardon	91545	245875	Dépose possible des épis mais il faudra prévoir une forte consolidation en arrière des secteurs considérés comme érodables.

	31	La Sainte		714270		87921	81240	2 digues longitudinales 11 épis	ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	digue Girardon	87921	714270	La dépose d'épis est possible mais l'énergie est faible dans ce secteur.
SV	32	Vion (amont)	217074			125214	17336	1 digue longitudinale 4 tenons	Natura 2000, ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	digue Girardon, borne SNR	36000	72450	Etant donné la proximité de la voie ferrée, la partie amont ne peut pas faire l'objet de travaux. En revanche, les digues aval peuvent être déposées. La plaine agricole en arrière doit être protégée par les blocs déposés.
	33	Vion	246428			182115	13531	2 digues longitudinales 5 tenons	Natura 2000, ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	digue Girardon, borne SNR, moulin	110660	226575	Les digues amont peuvent être démantelées pour permettre le rélargissement. A l'Ouest, la plaine agricole doit être protégée.
	34	Lemps		1011650		400370	25268	2 digues longitudinales 7 tenons 2 seuils transversaux	Natura 2000, ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	digue Girardon, borne SNR	400370	1011650	L'unité se situe en rive convexe. L'énergie peut être suffisante dans le cas de la réutilisation d'un chenal secondaire barré par des traverses. La sécurité est assurée par la présence d'une digue longitudinale continue en rive droite du chenal.
	35	Barres			348137	90853	38319	1 digue longitudinale 1 épi	Natura 2000, ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	digue Girardon	68133	348137	La remobilisation du banc peut être assurée par le démantèlement de la digue longitudinale. En arrière la plaine est protégée par une énergie insuffisante en rive convexe.
	36	Goule		456951		143442	31856	2 digues longitudinales 4 tenons 6 épis	Natura 2000, ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	digue Girardon	0	0	La proximité du canal hydroélectrique ne permet pas le démantèlement d'ouvrages.
	37	Gervans	189298			25938	72981	1 digue longitudinale 3 tenons 3 épis	ZNIEFF 2	aucun	0	0	Le démantèlement d'ouvrages n'est pas envisageable du fait de la présence d'une digue CNR.
BLV	38	Marette		289575		85453	33887	2 digues longitudinales 1 tenon 12 épis	ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	repère de crue	0	0	Le démantèlement d'ouvrages n'est pas envisageable du fait de la proximité de la voie ferrée et du barrage.
	39	Traverse		879891		316665	27786	4 digues longitudinales 4 tenons 1 seuil de fond 11 épis	ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	repère de crue, borne SNR, digue Girardon	313300	743398	Du fait de l'orientation de la berge et de la puissance spécifique, l'énergie ne permettra probablement pas la reprise des matériaux.
	40	Mure	305185			140687	21692	1 digue longitudinale 7 tenons 11 épis	ZNIEFF 2	digue Girardon, borne SNR	0	0	Du fait de la proximité de la voie ferrée, le démantèlement des ouvrages n'est pas envisageable.
	41	Cornas	620928			182444	34034	1 digue longitudinale 6 tenons 17 épis	ZNIEFF 2	borne SNR, moulin	104245	620928	Dépose des épis et de la digue pour permettre une érosion latérale. Il faut prévoir la protection des enjeux en retrait.
	42	Grande Traverse		1491942		637509	23403	3 digues longitudinales 4 tenons 18 épis 4 seuils transversaux	ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	borne SNR	637509	1491942	La berge est convexe et l'énergie est assez faible. Il est possible de démanteler la digue longitudinale amont pour élargir le chenal. La possibilité d'une érosion se propageant vers l'amont et vers l'aval est faible.
	43	Roche de Glun	552434			225095	24542	1 digue longitudinale 8 tenons	ZNIEFF 2	aucun	131272	552434	Faisabilité forte, prévoir une protection de la marge Est.
	44	Bourg Lès Valence	895926			165725	54061	1 digue longitudinale 5 tenons 11 épis	ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	aucun	0	0	Le démantèlement des ouvrages n'est pas possible du fait de la proximité du canal hydroélectrique.

BE	45	Champfort	1400490			268706	52120	2 digues longitudinales 4 tenons 6 épis	ZNIEFF 2	aucun	0	0	Etant donné l'orientation de l'unité (rive concave) et la présence d'habitations à proximité, le démantèlement d'ouvrages n'est pas possible.
	46	Couriols	1154858			1126964	10248	2 digues longitudinales 8 tenons 12 épis	ZNIEFF 2	borne SNR et digue Girardon	94482	419520	Etant donné la proximité du barrage en amont et du canal hydroélectrique en aval, l'érosion latérale ne peut s'exprimer qu'à l'intérieur d'une étroite bande. Etant donné l'orientation de l'unité (rive convexe) la puissance hydraulique peut être insuffisante pour permettre la reprise des matériaux.
	47	Banc de Chastagnon			1045620	568152	18404	14 épis	ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	aucun	568152	1045620	Cette unité est une convexité conquise à l'amont d'une ligne de digues. La dépose d'épis est possible le long de la berge pour élargir le chenal. Etant donné la faible énergie la zone à enjeux située en arrière n'est pas menacée.
	48	Beauchastel	79478			85412	9305	1 digue longitudinale 6 tenons 9 épis	Natura 2000, ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	digues Girardon	0	0	Etant donné la proximité d'habitations, le démantèlement d'ouvrages n'est pas possible.
	49	l'île Blanc	1022046			1600830	6384	4 digues longitudinales 8 tenons 27 épis	Natura 2000, ZICO, ZNIEFF 1, ZNIEFF2	épis Girardon	115544	356117	Etant donné la présence d'enjeux en amont, et la proximité du canal de fuite en aval, l'érosion latérale ne peut s'exercer qu'à l'intérieur d'une étroite bande dans la partie médiane de l'unité.
	50	les Petits Robins	429549			217241	19773	1 digue longitudinale 2 tenons 9 épis 2 seuils de fond	Natura 2000, ZICO, ZNIEFF 1, ZNIEFF2	digues Girardon	185245	328179	Faisabilité forte. Nécessité de conserver les blocs de digue pour protéger les habitations situées en arrière dans la plaine.
BLL N	51	Douriet	1491961			474896	31417	3 digues longitudinales 4 tenons 3 épis 3 seuils transversaux	Natura 2000, ZICO, ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	aucun	0	0	Cette unité tient le barrage et ne peut donc pas faire l'objet d'une érosion latérale.
	52	Baix	103163			148049	6968	1 digue longitudinale 5 tenons 4 épis	Natura 2000, ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	aucun	0	0	Etant donné la situation de l'unité (en amont du village de Baix) et l'orientation de la berge (très concave) une érosion latérale n'est pas envisageable sans menacer le village situé en aval.
	53	Géronton	250047			463969	5389	3 digues longitudinales 5 tenons 4 seuils transversaux	Natura 2000, ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	aucun	333051	137610	Etant donné la présence d'enjeux et de la voie ferrée dans la partie Ouest de l'unité, seule la partie Est pourra faire l'objet d'une érosion latérale. Cependant la faisabilité de la restauration est soumise à la protection/destruction d'une stade. Les blocs de digues pourront être conservés pour protéger les enjeux.
	54	Gouvernement Nord	1325468			617394	21469	1 digue longitudinale 9 tenons	Natura 2000, ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	bac à traillles en amont	268473	702677	Etant donné la présence d'enjeux, seule une étroite bande pourra faire l'objet d'une érosion latérale. Les blocs de digues devront être conservés pour barrer l'accès au plan d'eau situé en arrière.
	55	lône de la Quarantaine		1106175		940151	11766	2 épis 2 seuils transversaux	Natura 2000, ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	barrage en bois	0	0	Etant donné la présence d'enjeux, une érosion latérale n'est pas envisageable. La restauration de la lône nécessiterait la remobilisation de l'unité Gouvernement Nord.
	56	Banc du Pouzin			55213	52268	10563	4 épis	Natura 2000, ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	aucun	0	0	Etant donné la situation de l'unité (juste en aval du barrage) une érosion ne peut être envisagée.
	57	Danioux			745845	198338	37605	2 digues longitudinales 6 tenons 4 épis	Natura 2000, ZNIEFF 2	aucun	97854	43540	Etant donné la proximité des gravières, dans la partie aval de l'unité, seule la partie amont pourra faire l'objet d'une érosion latérale. Les blocs de digues devront être conservés pour renforcer la digue de 1860.

	58	Saulce	470470			226482	20773	1 digue longitudinale 11 tenons 2 épis	Natura 2000, ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	bac à trailles	226482	470470	L'érosion latérale pourra avoir lieu dans ce secteur suite à la dépose des digues. Les blocs de digues devront être déposés en arrière pour stopper l'érosion à long terme, du fait de la proximité du canal hydroélectrique en arrière.
	59	La Grande Ile	449150			149621	30019	1 digue longitudinale 7 tenons	Natura 2000, ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	borne SNR	0	0	Du fait de l'orientation de l'unité (rive concave) et de la proximité du canal de fuite, une érosion latérale n'est pas envisageable dans ce secteur.
MO	60	Rochemaure	193021			66860	28869	5 épis	ZNIEFF 2	borne SNR	0	0	La trop grande proximité du barrage ne permet pas d'effectuer des travaux dans ce secteur.
	61	Ancône		775775		440471	17612	5 digues longitudinales 2 épis 2 seuils transversaux	ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	digue Girardon	87274	77700	La partie amont de l'unité stabilise le barrage. Seule la digue longitudinale aval pourra être déposée. Attention toutefois à ne pas déstabiliser le pont supportant la route, situé juste en aval.
	62	Montélimar Nord	339885			249700	13612	1 digue longitudinale 5 tenons	ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	digue Girardon, pont suspendu de Rochemaure	178279	339885	La dépose de la digue longitudinale et des tenons pourra permettre une érosion latérale dans ce secteur, en prenant garde toutefois de ne pas déstabiliser le pont supportant la voie routière.
	63	Petite Ile		1305304		842316	15497	1 digue longitudinale 2 tenons 24 épis 2 seuils transversaux	ZNIEFF 2	digue Girardon, borne SNR	164175	423007	Etant donné les enjeux du secteur, seul un étroit corridor pourra faire l'objet d'une érosion latérale suite à la dépose des épis. Une restauration de lône (réouverture par l'aval) pourra être envisagée dans la partie aval de l'unité, du fait de l'absence d'enjeux dans ce secteur.
	64	Teil	98355			164193	5990	1 digue longitudinale 4 tenons 4 épis	ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	pont suspendu du Teil	88840	?	Une érosion du banc situé en lit mineur en amont du pont est possible.
	65	Montélimar Sud	362866			1292112	2808	5 digues longitudinales 5 tenons 14 épis	ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	digue Girardon, pont suspendu du Teil	98776	362866	Une érosion latérale peut être envisagée dans ce secteur à condition de prévoir une protection des gravières situées en arrière.
	66	Roubion		1813409		973508	18628	1 digue longitudinale 1 tenon 1 seuil transversal	ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	borne SNR, repère de crue	280453	1251536	Etant donné la présence d'enjeux en amont, seule la partie aval de l'unité (confluence du Roubion) peut faire l'objet d'une érosion latérale suite à la dépose des digues.
	67	Teil aval		617584		262810	23499	2 digues longitudinales 6 épis 2 seuils transversaux	ZNIEFF 2	pont suspendu du Teil, digue Girardon	0	0	Du fait de la présence d'enjeux forts (ville du Teil et infrastructures de transport), une érosion latérale ne peut pas être envisagée dans ce secteur.
	68	Barcasse	1338734			1030697	12989	2 digues longitudinales 4 tenons	ZNIEFF 2	aucun	206398	450503	Etant donné la présence d'enjeux, seule une étroite bande pourra faire l'objet d'une érosion latérale dans la partie médiane de l'unité.
	69	Roussette	1613583			1193349	13521	1 digue longitudinale 11 tenons 8 seuils transversaux	Natura 2000, APPB, ZNIEFF2	digue Girardon, borne SNR	333236	727034	Etant donné la présence d'enjeux majeurs en amont de l'unité, seule la partie aval (située en amont de la confluence de l'Escoutay) pourra faire l'objet d'une érosion latérale.
	70	Passa		1060950		1188713	8925	2 digues longitudinales 9 tenons 18 épis	Natura 2000, ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	aucun	0	0	Etant donné la proximité des gravières et du canal de fuite, une érosion latérale n'est pas envisageable dans ce secteur.

	71	Gourd du Plat		0	459842	0	1 digue longitudinale 5 tenons 2 épis	ZNIEFF 2	digue Girardon, pont de Viviers	0	0	Etant donné la présence d'enjeux majeurs, ce secteur ne peut pas faire l'objet d'une érosion latérale.
DM	72	Vires		1843565	1084450	17000	2 digues longitudinales 4 tenons 15 épis 3 seuils transversaux	Natura 2000, ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	digue Girardon, borne SNR	110822	232838	Etant donné la présence d'enjeux agricoles en arrière, l'érosion latérale ne pourra s'opérer qu'à l'intérieur d'une étroite bande le long du chenal. Les blocs de digues pourront être apposés en arrière pour protéger les terres. La dépose des digues pourra permettre la reconnexion de la lône Saladin au chenal.
	73	Conche		3077510	1832247	16796	2 digues longitudinales 7 tenons 20 épis 1 seuil transversal	Natura 2000, ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	digue Girardon, borne SNR, ruine	162757	874577	L'érosion latérale pourra s'exprimer sur une étroite bande suite à la dépose de la digue longitudinale aval. L'érosion latérale de ce secteur, pourra reconnecter la lône du Passerou au chenal en eau par l'aval.
	74	Dames		3521978	1797089	19598	2 digues longitudinales 7 tenons 3 épis 6 seuils transversaux	Natura 2000, ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	digue Girardon, borne SNR, puit, ruine	376721	1338694	L'érosion latérale pourra s'exprimer jusqu'à l'ancienne berge de 1860, suite à la dépose des digues amont. Cette ouverture, pourra permettre de reconnecter le bras des Dames au chenal. Etant donné la présence d'enjeux et de la ville de Bourg-Saint-Andéol en aval, une érosion de la berge située en aval de l'unité ne peut pas être envisagée.
	75	Surelle		117070	1084450	1080	8 épis 6 seuils transversaux	Natura 2000, ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	digue Girardon	20135	?	La dépose des ouvrages concerne davantage la réouverture de la lône Malaubert que l'érosion latérale, étant donné que la berge n'a pas progressé depuis 1860.
	76	Malaubert	720054		240018	30000	2 digues longitudinales 11 tenons 3 épis	Natura 2000, ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	digue Girardon, pont suspendu de Bourg-Saint-Andéol	130343	690498	Seule la partie amont pourra faire l'objet d'une érosion latérale. La partie aval devra être renforcée avec les blocs de digues pour orienter le courant et préserver le banc situé sous la pile de pont de l'érosion.
	77	Dion		6840096	2280032	30000	2 digues longitudinales 12 tenons 22 épis 1 seuil transversal	Natura 2000, ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	digue Girardon, borne SNR	227430	980106	L'érosion latérale pourra s'exprimer plusieurs mètres en aval du pont de Bourg-Saint-Andéol (afin de ne pas déstabiliser le banc situé sous la pile du pont) et à l'Ouest des gravières. Les blocs des digues pourront être apposés pour protéger les gravières de l'érosion. En aval, l'érosion ne pourra s'exprimer qu'à l'intérieur d'une étroite bande car la berge a peu progressé depuis 1860. Le démantèlement des ouvrages, pourrait permettre de remettre en eau la lône Dion.
	78	Souteyranne			1229204	0	12 épis	Natura 2000, ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	digue Girardon, borne SNR	1229204	?	Faisabilité forte. Banc de galets en lit mineur.
	79	Petit-Rhône		3453924	2031720	17000	2 digues longitudinales 11 tenons 29 épis 4 seuils transversaux	Natura 2000, ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	digue Girardon, borne SNR, ruine	135907	4782320	L'érosion latérale pourra s'exprimer en amont suite à la dépose des ouvrages. Les blocs pourront être recyclés afin de protéger la plaine agricole en arrière. Le démantèlement des digues pourrait permettre de reconnecter la lône du Petit Rhône au chenal par l'amont. En aval, la digue longitudinale et les épis stabilisent probablement la berge et le profil en long, c'est pourquoi il n'est pas proposé de les démanteler.
	80	Désirade	3577038		1514815	23614	3 digues longitudinales 17 tenons 47 épis 7 seuils transversaux	Natura 2000, ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	digue Girardon, borne SNR	486775	396762	L'érosion latérale pourra s'exprimer dans la partie amont suite à la dépose des digues. Les blocs pourront être posés en arrière pour protéger la plaine agricole. Dans la partie médiane, l'érosion ne pourra avoir lieu du fait de la présence d'une ferme à proximité. En aval, l'érosion latérale pourra s'exprimer mais devra être limitée par la pose des blocs pour protéger la plaine agricole en arrière (rive concave). Le démantèlement des ouvrages pourra permettre de reconnecter la lône de la Désirade au chenal par l'amont et pas l'aval.

	81	Pont-St-Esprit	1952379		574229	34000	2 digues longitudinales 1 tenon 25 épis	ZNIEFF 1, ZNIEFF 2, ZPS, ZSC, ZICO	digue Girardon, pont de Pont- Saint-Esprit	197150	399740	Unité ayant déjà fait l'objet de dépose d'ouvrages et d'érosion latérale. Puissance hydraulique faible dans la partie médiane compensée par la confluence de l'Ardèche sur la rive opposée.
	82	Carré		4703431	1022484	46000	2 digues longitudinales 3 tenons 6 épis 3 seuils transversaux	Natura 2000, ZNIEFF 1, ZNIEFF 2	digue Girardon	67371	114746	L'érosion latérale pourra s'exprimer surtout en amont suite à la dépose des ouvrages. Ensuite elle se limite à une étroite bande. Les enjeux devront être protégés en arrière. Le démantèlement des ouvrages amont pourrait permettre de reconnecter la lône du carré au chenal.
	83	République	3432602		1072688	32000	1 digue longitudinale 10 tenons 11 épis	ZNIEFF 1, ZNIEFF 2, ZPS, ZSC, ZICO	digue Girardon, borne SNR	326794	1418411	L'érosion latérale pourra s'exprimer à l'intérieur d'une étroite bande correspondant à la sédimentation qui s'est effectuée au pied de la berge depuis 1860. La dépose des ouvrages pourrait permettre de reconnecter la lône de la République au chenal.
	84	Lamiat	1807681		695262	26000	1 digue longitudinale 11 tenons 10 épis 4 seuils transversaux	ZNIEFF 1, ZNIEFF 2, ZPS, ZSC, ZICO	digue Girardon, borne SNR	407691	1136725	L'érosion pourra s'exprimer suite à la dépose des digues, cependant une protection sera nécessaire en arrière de l'unité afin de protéger l'île Vieille (étant donné la concavité de la berge).
	85	Vieille		6037	69267	872	1 digue longitudinale 2 tenons 13 épis	ZNIEFF 1, ZNIEFF 2, ZPS, ZSC, ZICO	borne SNR	69267	412272	Etant donné l'orientation de la berge (convexe), la puissance hydraulique ne permettrait probablement pas la remobilisation des sédiments dans le cas d'une dépose de digues.
	86	Faisans amont	0		81127	0	2 digues longitudinales 3 tenons 6 épis	ZNIEFF 1, ZNIEFF 2, ZPS, ZSC, ZICO	aucun	0	0	Etant donné la présence d'enjeux en arrière, la dépose des ouvrages n'est pas envisageable, d'autant qu'ils ont été probablement été installés afin de protéger la berge de l'érosion.
	87	Faisans	1947695		432821	45000	1 digue longitudinale 4 tenons 20 épis	ZNIEFF 1, ZNIEFF 2, ZPS, ZSC, ZICO	digue Girardon, borne SNR	404324	1947695	La dépose des ouvrages est envisageable si la voie ferrée est positionnée sur pilotis. Cependant l'énergie hydraulique, du fait du remous de la retenue de Caderousse est probablement insuffisante pour permettre une remobilisation des sédiments.
	88	Faisans aval			589437	?	idem Faisans	ZNIEFF 1, ZNIEFF 2, ZPS, ZSC, ZICO	borne SNR	0	0	Etant donné la présence du contre canal et de la voie ferrée, le recreusement de la lône Durand n'est pas envisageable.
CA	89	Codolet	0		33690	0	1 digue longitudinale 2 tenons 3 épis	ZSC	digue Girardon	0	0	Les ouvrages stabilisent la confluence de la Cèze, c'est pourquoi ils doivent être conservés.
	90	Banc de l'Ardoise	360809		107740	33489	2 tenons 3 seuils transversaux	ZSC	borne SNR	107740	360809	Les aménagements peuvent être démantelés pour permettre la remobilisation du banc situé en lit mineur. La puissance hydraulique est cependant probablement insuffisante.
	91	Ile de la Piboulette	0		11900	0	1 digue longitudinale 3 tenons 16 épis	ZSC, ZNIEFF2	aucun	0	0	Les aménagements protègent la berge (enjeux agricoles) de l'érosion, leur démantèlement n'est pas possible.
	92	Piboulette	655 296		157879	41506	2 digues longitudinales 1 tenon 2 épis	ZNIEFF 1, ZNIEFF 2, ZSC	borne SNR	48751	655 296	Seule une étroite bande peut être érodée. Etant donné la localisation de l'unité (rive convexe et remous de la retenue d'Avignon) la puissance hydraulique est probablement insuffisante.
AV	93	Oiselets	270 750		31711	85380	1 digue longitudinale 2 tenons 1 épi	ZSC, ZNIEFF2	digues Girardon	0	0	Les ouvrages stabilisent probablement la digue inmersible de la CNR, c'est pourquoi leur démantèlement ne peut être envisagé.
	94	Villeneuve	250 000		553214	4519	2 digues longitudinales 9 tenons	ZSC	digues Girardon	252562	250 000	L'énergie hydraulique n'est probablement pas suffisante pour permettre la remobilisation des sédiments. La digue longitudinale arrière doit être conservée pour éviter une ouverture de la lône de la Motte Sud.

	95	Château	783 686			513143	15272	5 épis	ZSC	aucun	106519	783 686	Etant donné la présence d'enjeux sur l'île de la Barthelasse, l'érosion latérale ne peut se faire qu'à l'intérieur d'une étroite bande. L'énergie hydraulique ne permettra probablement pas la reprise des matériaux.
	96	Tenons d'Avignon	174580			61574	28353	4 épis	ZSC, ZNIEFF2	aucun	0	0	Cette unité ne peut faire l'objet de travaux du fait de la proximité de la ville d'Avignon et des infrastructures de transport.
VA	97	Vanel		1249321		724952	17233	1 digue longitudinale 1 tenon 6 épis	ZSC, ZNIEFF 2	aucun	215283	1142751	Le démantèlement des ouvrages peut permettre une érosion du banc situé en aval du banc.
	98	Beaucaire	723474			289964	24950	1 digue longitudinale 3 tenons 5 épis	ZSC, ZNIEFF 2	digue Girardon	81198	503464	Faisabilité forte. Le démantèlement des ouvrages est rendu possible par la présence d'une digue de 1860 en arrière.
	99	Banc de Beaucaire			215208	53550	40188	3 épis		aucun	0	0	Du fait de la proximité d'enjeux, le démantèlement des ouvrages n'est pas envisageable.
	100	Gernica	15152			257299	589	1 digue longitudinale 7 tenons 6 épis	ZSC, ZNIEFF 2	pont suspendu	0	0	Du fait de la proximité du canal hydroélectrique de la CNR et du fait que les aménagements fixent un banc support de deux ponts, le démantèlement des ouvrages n'est pas envisageable.
Total			36656479	54365017 Sans MIJO	4087845	73415337	Moyenne 19483				22159286	52217651	

- volume théorique estimé à partir de la concentration mesurée dans les marges du vieux Rhône
- travaux à réaliser dans un second temps
- unités prioritaires
- puissance hydraulique probablement insuffisante
- présence d'éléments vulnérables

Figure 28 : Tableau de synthèse de l'étude de faisabilité

105 unités présentent des conditions sédimentaires et d'inondation modifiées par les digues construites pour la navigation au XIXème siècle. 58 de ces unités sont de type 1 (casiers Girardon), 38 sont de type 2 (ancien bras de tressage), et 9 sont de type 4 (banc stabilisé). Parmi elles, 3 unités se situent dans le tronçon de Miribel Jonage, et une unité a été divisée en deux sous unités. C'est pourquoi, nous considérons qu'en réalité 101 unités présentent des conditions d'inondation et de sédimentation modifiées par les aménagements Girardon.

Suite à l'étude de la faisabilité, parmi les 101 unités de réélargissement potentiel (Miribel Jonage exclu), 21 sont classées comme prioritaires, 33 peuvent faire l'objet de travaux dans un second temps, 16 présentent une puissance hydraulique probablement insuffisante, 31 ne peuvent pas faire l'objet de travaux du fait de la présence d'éléments vulnérables. La surface retenue pour faire l'objet d'une restauration de la dynamique fluviale (unités prioritaires + à réaliser dans un second temps) représente 2216 hectares (9% de la BAH). Le volume potentiellement remobilisable représente 52 millions de m³ soit une masse de sédiments de 78 millions de tonnes de sédiments.

8 unités ont déjà fait l'objet d'une restauration dans le cadre du P10.

VR	nombre d'unités	volume retenu court terme moyen et long terme	superficie retenue court terme moyen et long terme	% BAH
BY	2 prioritaires 1 à réaliser dans un second temps	1640866 230581	1578595 157835	17 2
BC	1 prioritaire 1 à réaliser dans un second temps	1895693 8863936	885758 2894591	5 16
MIJO	3 à réaliser dans un second temps	1542028	3179370	10
PB	2 prioritaires 5 à réaliser dans un second temps	1042299 1209374	540232 894803	3 6
PDR	3 prioritaires 5 à réaliser dans un second temps	1994906 1415843	2806103 595785	23 5
SV	1 prioritaire 2 à réaliser dans un second temps	226575 420587	110660 104133	5 5
BLV	2 prioritaires	1173362	235517	5
BE	1 prioritaire 1 à réaliser dans un second temps	328179 356117	185245 115544	1 1
BLLN	2 prioritaires 2 à réaliser dans un second temps	840287 514010	601524 324336	5 2
MO	3 prioritaires 5 à réaliser dans un second temps	1978570 1653961	702529 734902	2 3

DM	2 prioritaires 11 à réaliser dans un second temps	2475419 9889998	784412 3094688	1 5
CA	0	0	0	0
AV	0	0	0	0
VA	1 prioritaire 1 à réaliser dans un second temps	503464 1142751	81198 215283	1 3

Figure 29 : Tableau de synthèse de la faisabilité du réélargissement des unités modifiées par les aménagements Girardon, par vieux Rhône

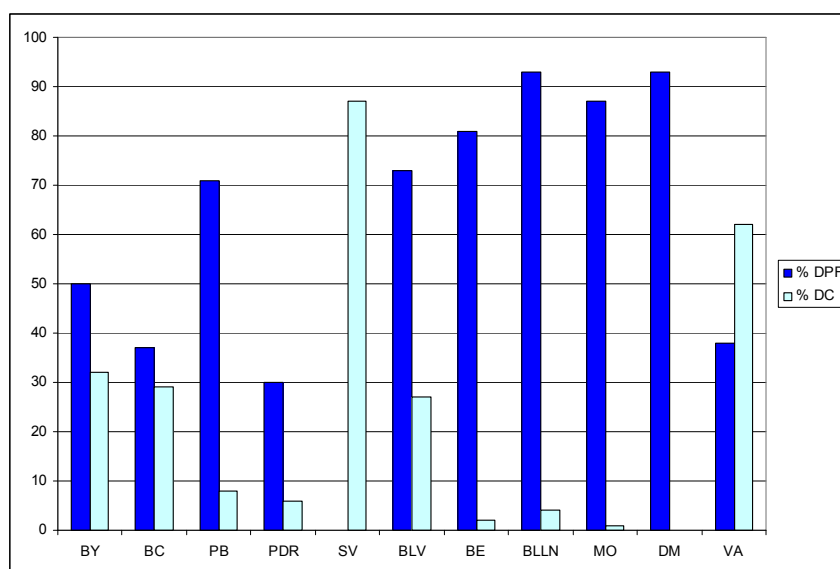


Figure 30 : Graphique du pourcentage de la superficie des unités prioritaires pour la réactivation de la dynamique fluviale des marges du Rhône situé à l'intérieur du Domaine Public Fluvial et du Domaine Concedé, par vieux Rhône.

VI. Informations sur les travaux de remobilisation des marges alluviales du Rhône

Echéance : travailler à l'échelle du 21^{ème} siècle

Les travaux de réactivation des marges du Rhône ne pourront se faire que site par site avec un assez long délai pour leur mise en œuvre réelle compte tenu de toutes les étapes nécessaires. L'obtention de résultats ayant une signification hydraulique et écologique sensible suppose de concevoir la réactivation comme un processus engagé sur la longue durée. L'endiguement destiné au contrôle de la dynamique fluviale a nécessité un siècle (sans prendre en compte les levées construites pour protéger les terres contre l'inondation). Le démontage d'une petite partie des digues et l'obtention d'effets positifs prendra peut-être un siècle également. Une planification dans la durée est indispensable au succès de ce projet.

Ne pas hypothéquer l'avenir

Depuis des décennies, pour ne pas dire depuis un siècle, des équipements importants ont été mis en place dans la vallée du Rhône. Les premiers ont été les voies ferrées construites sur des remblais et protégées par des enrochements qui ont pu localement s'intégrer au réseau des digues fluviales. Sont

venues ensuite des routes, souvent de rang départemental et national. Des zones industrielles sur remblai, des gravières en eau, parfois même des lotissements... La Via Rhôna, c'est un projet de 700 km de voie, en partie réalisé, qui va se glisser souvent au plus près du fleuve.

Dans ces conditions on conçoit que des contraintes multiples s'exercent d'ores et déjà sur le projet et une partie d'entre elles a été prise en compte dans cette étude. La question est posée de savoir si les futurs aménagements ne devraient pas réserver les espaces proposés à la politique de rélargissement du Rhône, faute de quoi le document ne pourra pas faire l'objet de toutes les réalisations souhaitables.

Quels flux sédimentaires induits par la réactivation sectorielle des marges ?

Une question est fréquemment posée : quel sera l'effet de la réactivation en crue sur la charge sédimentaire du Rhône ? N'existe-t-il pas un risque d'augmenter les concentrations de matière en suspension jusqu'à atteindre un niveau critique lors des épisodes érosifs ?

Considérons en premier lieu les processus de transfert de la charge en suspension et la charge totale dans le secteur d'Arles. D. Pont (1997, 2002) a estimé la charge annuelle moyenne à 7,4 millions de tonnes et montré que l'essentiel (80 %) passe pendant les crues fortes ; compte tenu de l'irrégularité interannuelle des débits liquides, les variations interannuelles de la charge en suspension sont elles aussi fortes. Les pics de concentration sont influencés par les débits de sorte que les concentrations ont atteint un pic de 5,2 g/l à Arles en novembre 1994, pour un débit de $9430 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$; une crue survenue en avril 1994 a donné une concentration de 1,075 g/l pour un débit de $4680 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Ce résultat a toutefois été réévalué par Antonelli et Provansal (2003) en prenant en compte non seulement la mesure en surface et en berge mais aussi la composante verticale sur plusieurs points d'un transect à travers le chenal. Une campagne faite en 2001 avec un pic de débit inférieur à $6000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ a donné un pic de concentration de 6g/l. la comparaison des résultats de leur étude avec ceux issus d'une analyse traditionnelle montre que ces derniers sous-estiment de 20 et 120% du flux de MES en période de crue. En appliquant cette correction aux données antérieures (Pont, 2002), les auteurs réévaluent le tonnage annuel de MES transporté par le Rhône aval entre 8.4 et 14.5 millions de tonnes. En outre « Deux types de distribution des MES ont été mis en évidence (Antonelli & Provansal, 2002):

- En deçà de $3000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, les concentrations en MES sont homogènes sur l'ensemble du profil à l'exception de la campagne du 10 octobre 2001.
- Au-delà de $3000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, les concentrations en MES augmentent des berges vers le centre du chenal et de la surface vers le fond. Ce gradient est maximal pendant la phase de montée des eaux de la crue majeure de l'année: les concentrations en MES entre la surface et le fond sont multipliées par 2.5 à l'amont et par 8 à l'aval. Le site aval, plus profond montre une stratification des concentrations alors que le site amont, plus turbulent de par sa position en sortie de seuil montre une organisation plus hétérogène ».

Remarques :

- 1) Ce dernier point est important car il démontre, pour le secteur d'Arles, qu'il est nécessaire de prendre en compte le mode de transport lié à la turbulence, elle-même étant en relation avec l'énergie de la crue. Appliqué aux tronçons du Rhône localisés plus à l'amont, ce principe signifie qu'il existe un débit seuil en dessous duquel le sable transite au fond ou à proximité, et au-delà duquel le transport de sable se fait dans la masse d'eau avec un gradient de taille et de concentration décroissant vers le haut de la colonne d'eau. Ce seuil dépend de l'énergie, donc de la pente, de la largeur et du débit. On ne le connaît pas faute d'avoir pu faire ce type de mesure, mais il pourrait osciller autour de $2000 \pm 500 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.
- 2) Les pics de débit solides à Arles, élevés, sont fortement influencés par les crues méditerranéennes qui caractérisent l'Ardèche, le Gard et la Durance. Les valeurs obtenues sont de durée brève et sont naturelles ; elles ne semblent pas avoir d'effet écologique négatif, du moins rien n'a été démontré à cet égard.

Considérons en second lieu les volumes susceptibles d'être mobilisés par la réactivation des marges sablo-limoneuses en crue et les concentrations associées.

Si l'on fait l'hypothèse d'un hectare remobilisé par crue (Q_5 moins le débit dérivé dans le canal, d'une durée de 8 jours) et par casier démonté, sachant que l'épaisseur de la sédimentation est en moyenne de quatre mètres alors le volume remobilisé serait de 40 000 m³ (soit 60 000 tonnes sur 8 jours).

Sur le Rhône moyen, le débit moyen Q_5 est de 5000 m³/s et le débit dérivé moyen est de 1800 m³/s. Rapporté à une crue de 8 jours, la concentration moyenne injectée par jour dans le vieux Rhône par la remobilisation des sédiments correspondrait à 0,03 g/l.

Si l'on tient compte du fait que c'est le pic qui est le plus efficace en termes d'érosion, injection et concentration, il est possible que la concentration dépasse cette valeur pendant quelques jours et soit inférieure à cette valeur pendant les jours restants.

Bibliographie

Antonelli C., Provansal M., 2003 : Impact des crues méditerranéennes dans le bilan sédimentaire du Rhône aval. *Hydrology of the Mediterranean and Semi-arid Regions* (Proceedings of an international symposium held at Montpellier. April 2003). IAHS Publ. N°. 278, p. 243-48.

Pont, D., 1997 : Les débits solides du Rhône à proximité de son embouchure: données récentes (1994-1995). *Revue de Géographie de Lyon* 72(1), p. 23 - 43.

Pont, D., Simonnet J. P. & Walter A. V., 2002 : Medium-term changes in suspended sediment delivery to the ocean: consequences of catchment heterogeneity and river management (Rhône River, France). *Estuarine. Coastal and Shelf Science* 54, p. 1-18.

CONCLUSION
ET
PERSPECTIVES

Afin de répondre à la demande des partenaires du Plan Rhône, d'étudier la faisabilité du démantèlement des aménagements Girardon le long des 14 tronçons court-circuités par les aménagements hydroélectriques de la CNR (plus Miribel-Jonage), en vue de restaurer la dynamique fluviale des marges du Rhône, une méthodologie a été développée. Elle se scinde en deux parties.

Tout d'abord, l'objectif était d'améliorer la connaissance des aménagements Girardon. Ainsi le schéma directeur est constitué d'une étude historique de l'évolution des marges alluviales depuis 150 ans. Au cours de cette étude, la connaissance des aménagements Girardon a été améliorée, quant aux types de digues qui les constituent, leur emplacement, leur nombre, leurs effets sur les conditions sédimentaires (volumes stockés) et d'inondation des marges alluviales, et les différents types de milieux qu'ils structurent. Parallèlement une étude de leurs effets sur l'occupation du sol et le paysage a également été réalisée et les campagnes de terrain ont mis en lumière leur intérêt patrimonial dans certains secteurs et leur appropriation par les riverains du fait des pratiques qui se sont développées sur ces milieux.

Ensuite, une méthodologie multicritères a été développée. Les critères les plus pertinents pour estimer la faisabilité du projet, tout en étant adapté à l'échelle de travail, ont été sélectionnés. Ils sont au nombre de cinq : la vulnérabilité, les enjeux écologiques, patrimoniaux et de paysage et la puissance hydraulique. Pour certains, la base de données était déjà disponible (c'est le cas de la vulnérabilité figurant dans la couche enjeux de la DREAL, ou des enjeux écologiques dont les périmètres de protection sont téléchargeables sur le site de la DREAL), pour les autres les données ont été produites. Les modalités de croisement de ces différentes informations ont été définies et inscrites dans un modèle automatique. Cet outil, développé en partenariat avec l'axe 3 de l'OSR, permet de tester différents scénarios en modifiant les modalités de croisement des données, et offre la possibilité d'actualiser la carte de synthèse de la faisabilité, suite à l'ajout ou la mise à jour des critères en entrée.

Grâce à cette méthode, 101 unités ont été identifiées comme ayant subi une modification de leurs conditions d'inondation et de sédimentation suite à l'implantation d'aménagements Girardon. Parmi elles, 81 unités présentent une forte faisabilité de restauration de la dynamique fluviale. Elles représentent une superficie de 6481 hectares et un volume de sédiments stockés de 87,5 millions de m³ (dont la marge d'erreur est de 10% et qui contient également le volume des ouvrages).

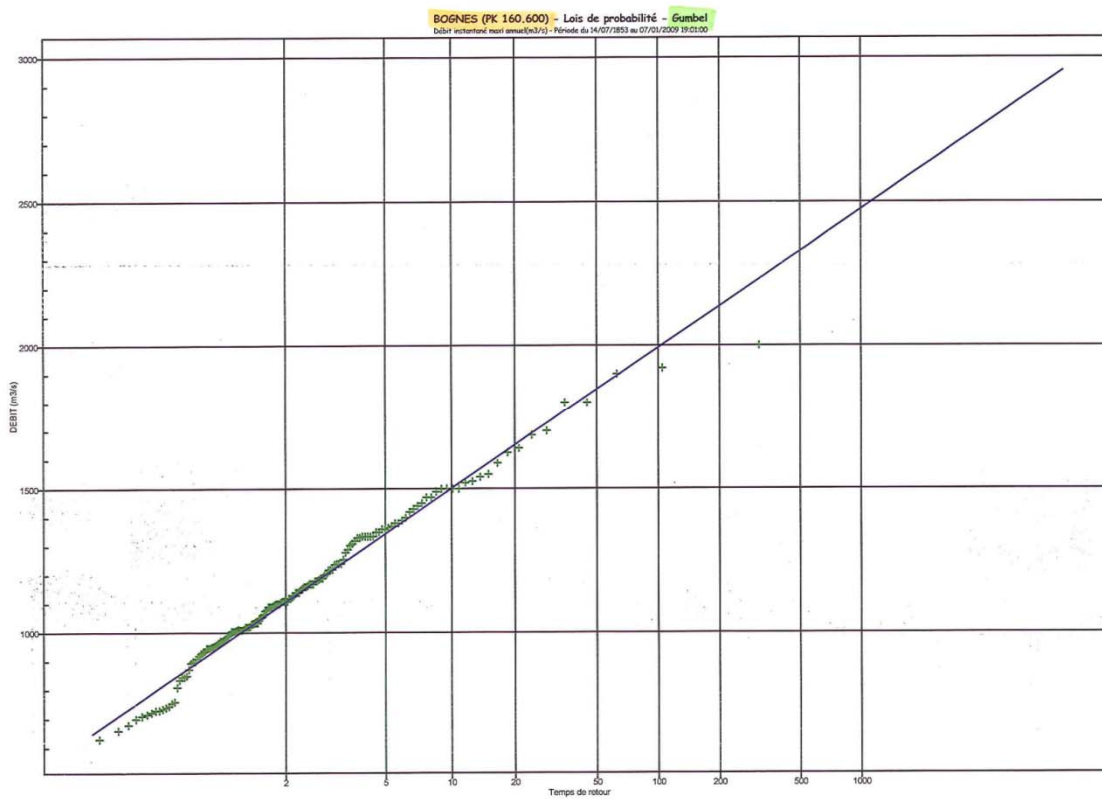
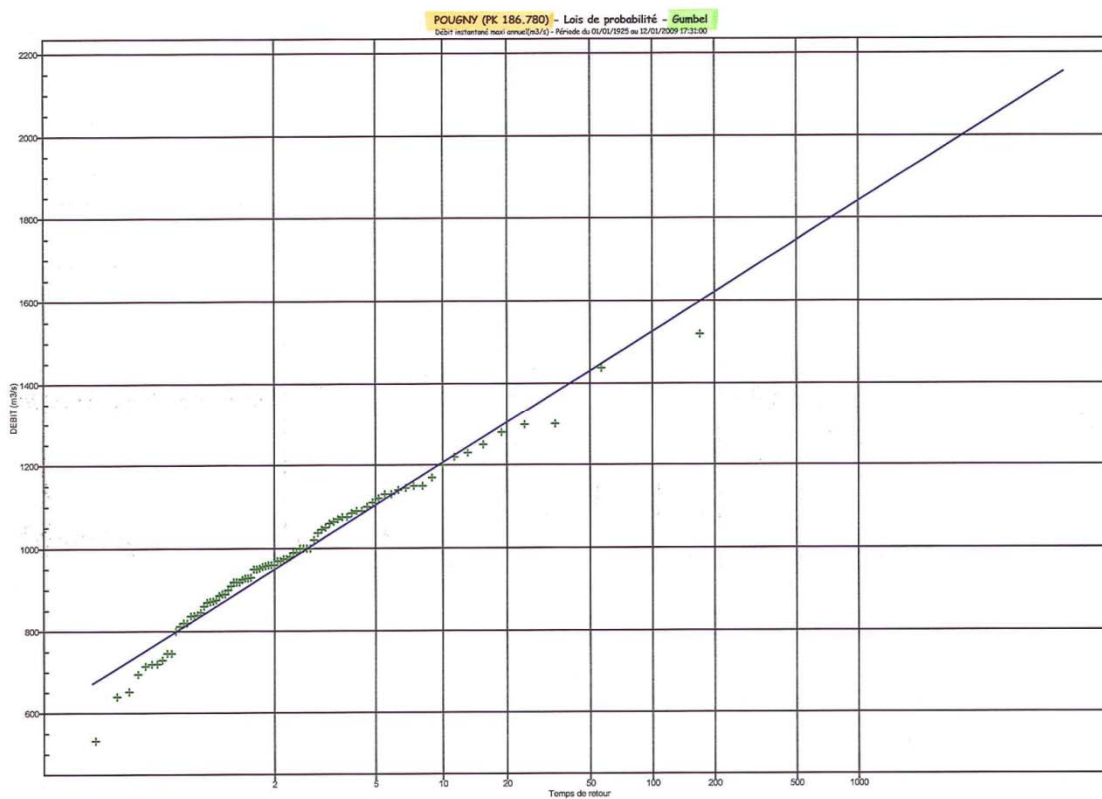
Le schéma directeur a pour vocation de fournir une aide à la décision et sert de base à la discussion. Il n'a pas pour objectif de prendre des décisions quant aux travaux.

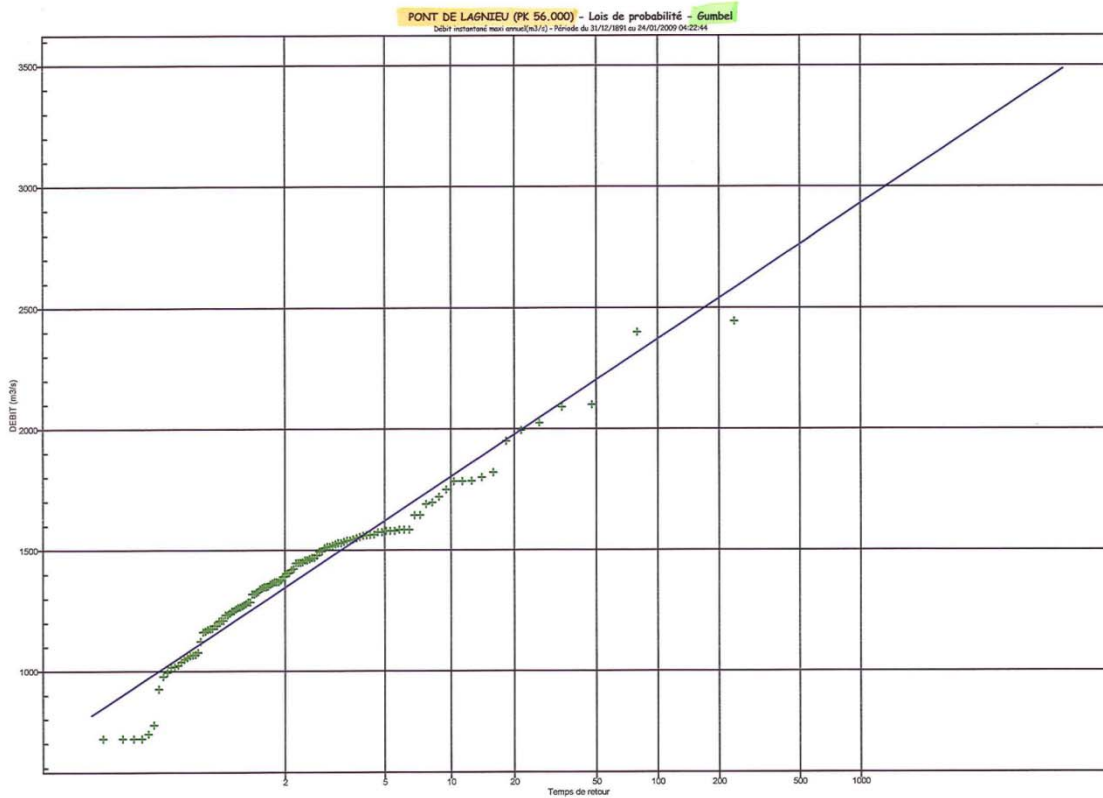
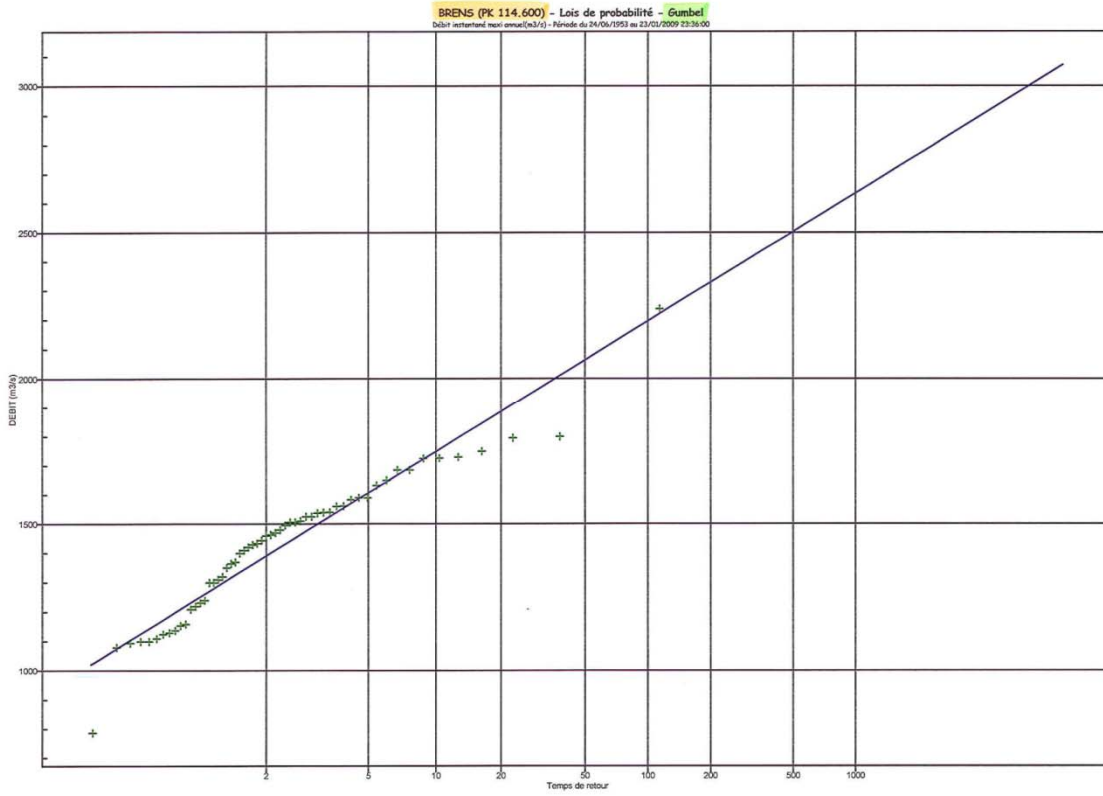
Plusieurs critères essentiels pour estimer la faisabilité du projet n'ont pas été pris en compte pour plusieurs raisons. Il s'agit tout d'abord des polluants (PCB, HAP et métaux lourds notamment). Ils n'ont pas été intégrés à l'étude par manque de données. La recherche de pollution aura lieu lorsque le périmètre à étudier sera plus restreint, dans le cadre d'un site, lors de la phase avant travaux. Il s'agit ensuite des enjeux écologiques. Seuls les périmètres de protection réglementaire ont été considérés du fait de la difficulté à regrouper toutes les données (gestionnaires multiples, DOCOB inexistant, milieux orphelins). La base de données pourra probablement être développée dans le cadre du réseau des gestionnaires de la biodiversité du fleuve Rhône. Pour finir, la faisabilité hydraulique a été estimée à l'aide de critères adaptés à l'échelle de travail qui ne reflètent pas les spécificités locales, mais permet une estimation qualitative et une vue d'ensemble. Elle pourra être affinée par une étude de la force tractrice par exemple, dans le cadre d'un site, lors de la phase avant travaux.

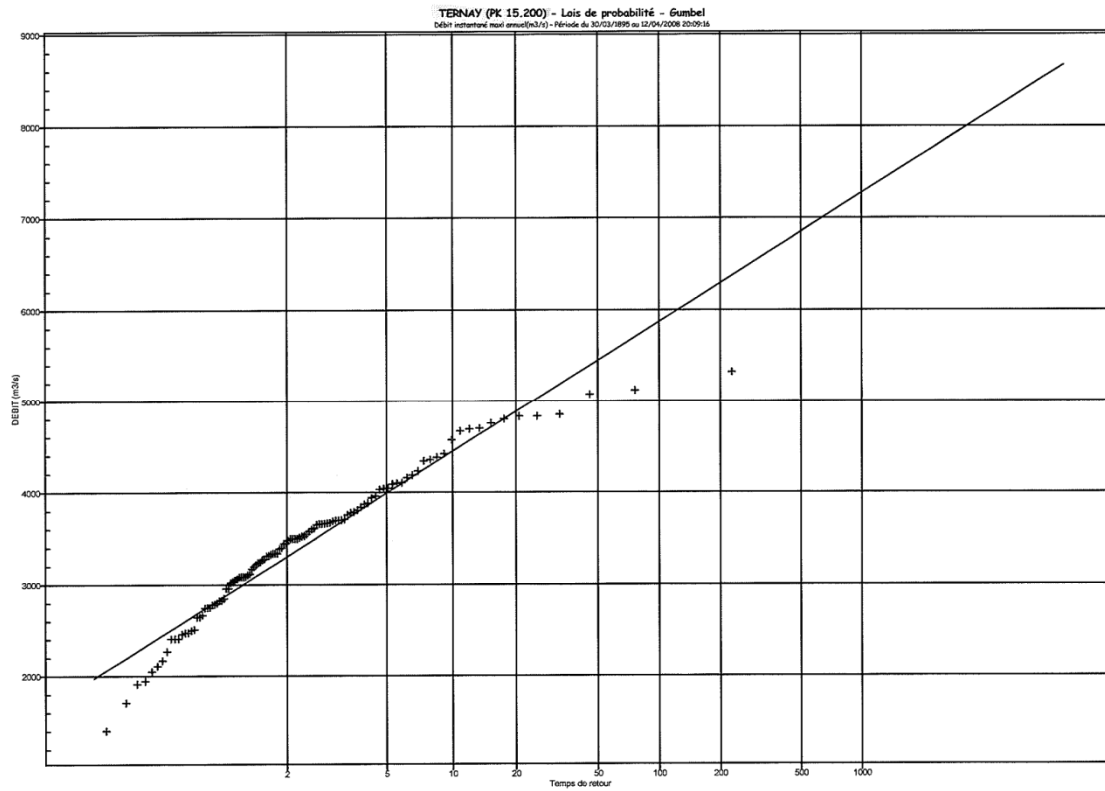
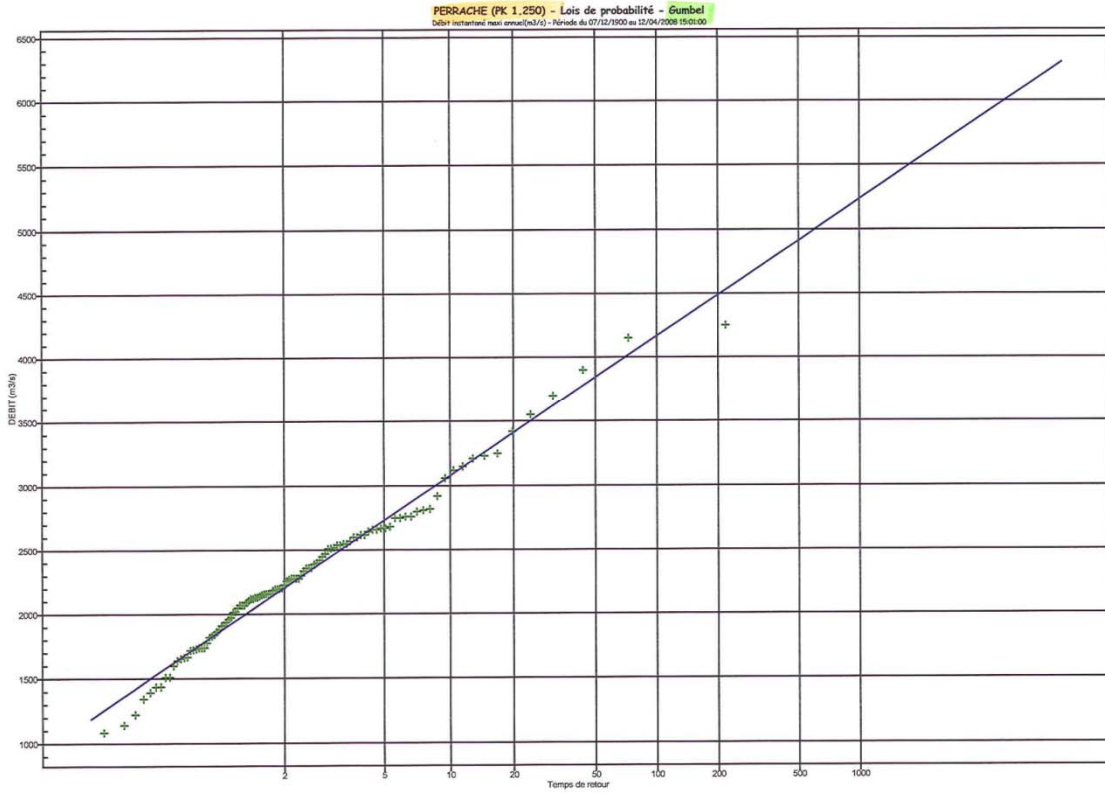
Les données du schéma directeur seront également complétées grâce aux différents travaux menés dans le cadre de l'Observatoire des Sédiments du Rhône, et qui fourniront notamment une aide supplémentaire, que ce soit pour estimer la faisabilité des travaux (évolution géométrique du corridor, archives sédimentaires) ou pour fournir une aide à la décision (devenir des stocks sédimentaires pollués, flux de matières et de polluants).

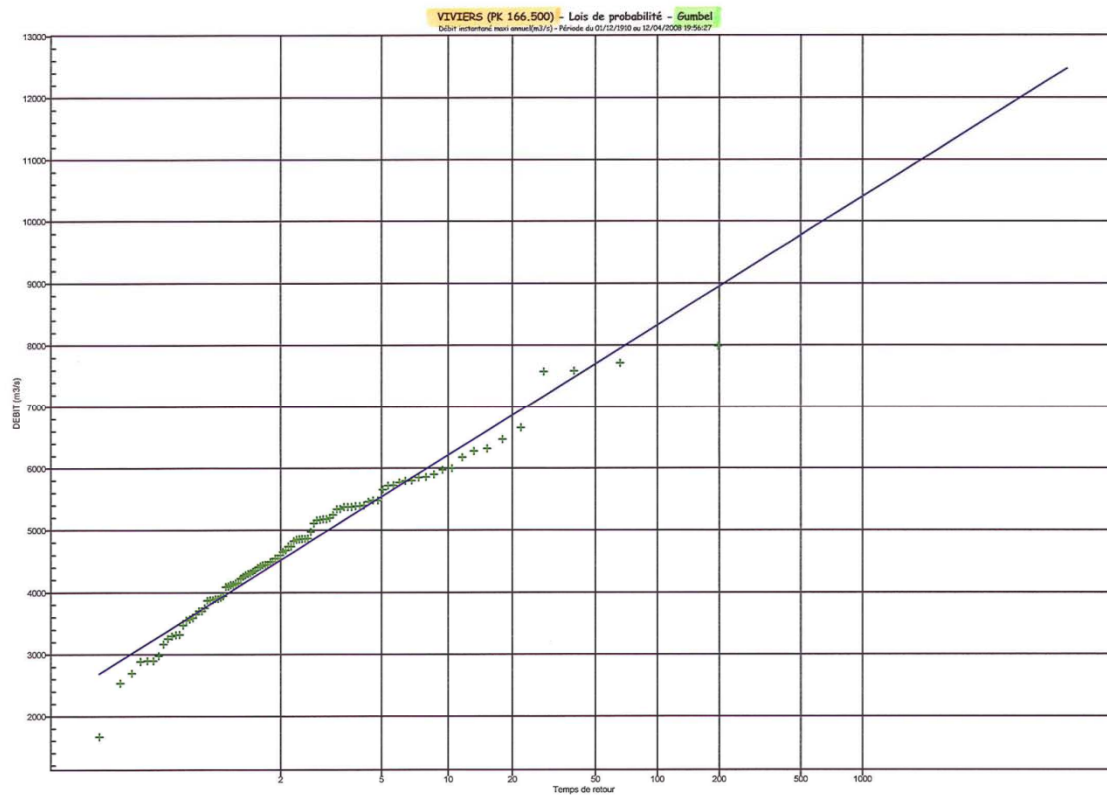
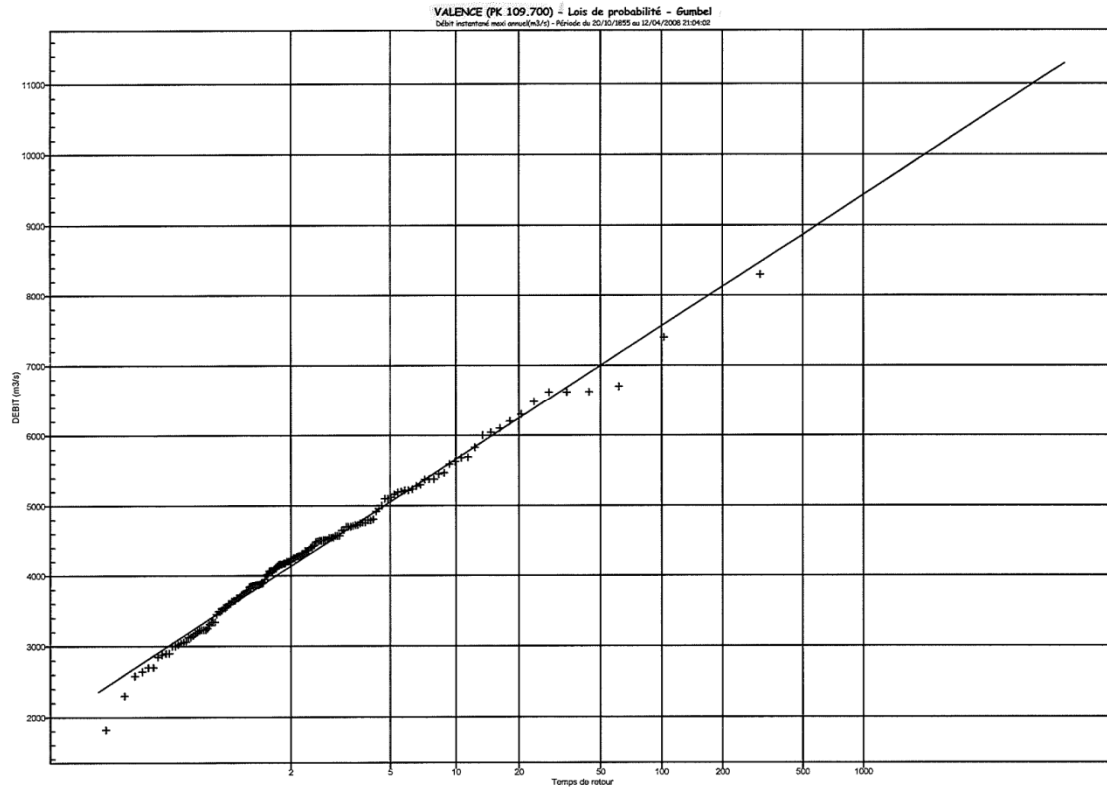
ANNEXES

ANNEXE 1 : Courbes de Gumbel

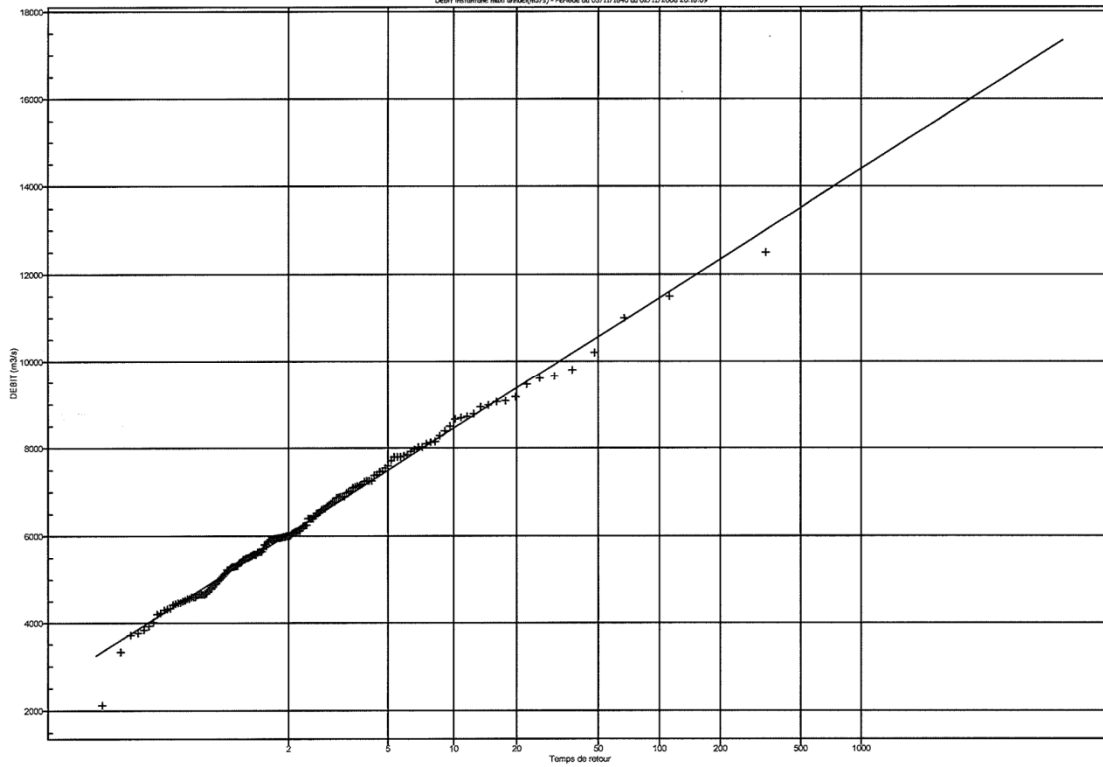








BEUCAIRE (PK 269.600) - Lois de probabilité - Gumbel
Débit normalisé mesuré (m³/s) - Révisé de 02/11/1990 au 02/12/2008 09:18:09



ANNEXE 2 : Fascicule Armand des pentes du Rhône en
1910

TABLEAU DES PENTES MOYENNES KILOMÉTRIQUES

Kilo- mètres	Altitudes de l'étiage	Pentes kilo- métriq.	Kilo- mètres	Altitudes de l'étiage	Pentes kilo- métriq.	Kilo- mètres	Altitudes de l'étiage	Pentes kilo- métriq.	Kilo- mètres	Altitudes de l'étiage	Pentes kilo- métriq.	Kilo- mètres	Altitudes de l'étiage	Pentes kilo- métriq.
Le parc.														
159	261.42		110	214.90	1.11	61	194.27	0.51	12	168.26	0.76	37	141.57	0.63
158	260.22	1.20	109	213.79	0.05	60	193.76	0.58	11	167.50	0.84	38	140.94	0.53
157	259.02	1.32	108	213.74	0.36	59	193.18	0.90	10	166.66	1.23	39	140.41	1.00
156	257.70	0.83	107	213.38	0.79	58	192.98	0.41	9	165.43	0.62	40	139.41	0.16
155	256.87	0.93	106	212.59	0.60	57	192.57	0.13	8	164.81	0.99	41	139.25	0.32
154	255.94	0.98	105	211.69	0.62	56	192.44	0.42	7	163.82	0.39	42	138.93	0.35
153	254.96	0.98	104	211.37	0.86	55	192.02	0.62	6	163.43	1.07	43	138.58	0.54
152	253.98	1.84	103	210.51	0.16	54	191.40	0.35	5	162.36	1.03	44	138.04	0.60
151	252.14	0.59	102	210.35	0.66	53	191.05	0.05	4	161.33	0.80	45	137.44	0.24
150	251.55	1.04	101	209.60	0.52	52	191.00	0.45	3	160.53	0.70	46	137.20	0.48
549	250.51	1.01	100	209.17	0.93	51	190.75	0.41	2	159.83	0.60	47	136.72	0.93
148	249.50	1.37	99	208.24	0.40	50	190.14	0.36	1	159.23	0.71	48	135.79	0.25
147	248.18	1.35	98	207.84	0.26	49	189.78	0.41	0	158.52	0.63	49	135.54	0.51
146	246.78	1.60	97	207.58	0.15	48	189.37	0.13	0	157.89	0.76	50	135.03	0.12
145	245.09	0.19	96	207.43	1.17	47	189.24	0.22	2	157.13	0.23	51	134.91	0.24
144	244.90	1.23	95	206.26	0.92	46	189.02	0.36	3	156.90	0.39	52	134.67	0.18
143	243.67	1.50	94	205.34	1.07	45	188.66	0.39	4	156.51	0.17	53	134.49	0.33
142	242.17	1.58	93	204.27	0.94	44	188.27	0.14	5	156.34	0.48	54	134.16	0.81
141	240.59	0.71	92	203.33	0.30	43	188.13	0.05	6	155.86	0.23	55	133.85	0.42
140	239.88	1.02	91	203.03	0.03	42	188.08	0.11	7	155.63	0.14	56	132.93	0.71
139	238.86	0.85	90	203.00	0.99	41	187.97	0.08	8	155.49	0.21	57	132.22	0.60
138	238.01	0.97	89	202.01	0.65	40	187.89	0.14	9	155.28	0.97	58	131.62	0.26
137	237.04	2.36	88	201.36	0.08	39	187.75	0.17	10	154.31	0.73	59	131.36	0.89
136	234.68	1.10	87	201.28	0.08	38	187.58	0.15	11	153.58	0.13	60	130.47	0.48
135	233.58	1.11	86	201.25	0.10	37	187.43	0.46	12	153.45	0.35	61	129.99	0.39
134	232.47	0.59	85	201.15	0.03	36	186.97	0.91	13	153.10	0.60	62	129.60	0.34
133	231.88	0.64	84	201.12	0.13	35	186.06	0.24	14	152.50	0.52	63	129.26	0.73
132	231.24	0.24	83	200.99	0.09	34	185.82	0.97	15	151.98	0.72	64	128.53	0.23
131	231.00	1.17	82	200.90	0.13	33	184.85	0.38	16	151.26	0.49	65	128.30	0.62
130	229.83	2.00	81	200.77	0.01	32	184.47	0.72	17	150.77	0.70	66	127.68	0.46
129	227.83	0.59	80	200.76	0.04	31	183.75	0.65	18	150.07	0.31	67	127.22	0.42
128	227.24	0.22	79	200.72	0.06	30	183.10	0.65	19	149.73	0.23	68	126.80	0.28
127	227.02	0.43	78	200.66	0.13	29	182.15	0.76	20	149.50	0.36	69	126.52	0.59
126	226.54	1.59	77	200.53	0.14	28	181.39	0.50	21	149.14	0.65	70	125.93	0.36
125	224.95	0.55	76	200.39	0.12	27	180.89	0.51	22	148.49	0.23	71	125.57	0.97
124	224.40	0.74	75	200.27	0.25	26	180.38	0.64	23	148.26	0.64	72	124.60	0.85
123	223.66	0.36	74	200.02	0.06	25	179.74	0.85	24	147.62	0.03	73	123.75	0.09
122	223.30	1.25	73	199.96	0.01	24	178.89	0.35	25	147.59	0.55	74	123.66	0.76
121	222.05	0.38	72	199.95	0.15	23	178.54	0.80	26	147.04	0.81	75	122.90	0.50
120	221.67	1.08	71	199.80	0.23	22	177.74	0.73	27	146.23	0.48	76	122.40	0.41
119	220.59	0.31	70	199.57	0.12	21	177.01	1.09	28	145.75	0.30	77	121.99	0.41
118	220.28	1.00	69	199.45	1.05	20	175.92	0.81	29	145.45	0.13	78	121.58	0.31
117	219.28	0.80	68	198.40	0.51	19	175.11	0.87	30	145.32	0.70	79	121.27	0.51
116	218.48	0.86	67	197.82	0.19	18	174.24	0.96	31	144.62	0.56	80	120.76	0.28
115	217.62	0.34	66	197.70	0.63	17	173.28	0.86	32	144.06	0.83	81	120.48	0.88
114	217.28	0.71	65	197.07	0.06	16	172.42	1.13	33	143.23	0.31	82	119.60	0.66
113	216.57	0.67	64	197.01	0.69	15	171.24	1.08	34	142.92	0.55	83	118.94	0.61
112	215.90	0.39	63	196.32	1.91	14	170.16	0.88	35	142.37	0.30	84	118.33	0.14
111	215.51	0.61	62	194.41	0.14	13	169.28	1.02	36	142.07	0.50	85	118.19	0.23
110	214.90		61	194.27		12	168.26		37	141.57		86	117.96	

TABLEAU DES PENTES MOYENNES KILOMETRIQUES (Suite)

Kilo- mètres	Altitudes de l'étiage	Pentes kilo- métriq.	Kilo- mètres	Altitudes de l'étiage	Pentes kilo- métriq.	Kilo- mètres	Altitudes de l'étiage	Pentes kilo- métriq.	Kilo- mètres	Altitudes de l'étiage	Pentes kilo- métriq.	Kilo- mètres	Altitudes de l'étiage	Pentes kilo- métriq.
86	117.96		127	88.46		168	55.90		209	27.86		250	9.27	0.51
87	117.07	0.89	128	88.11	0.35	169	54.95	0.85	210	27.61	0.25	251	8.76	0.13
88	115.95	1.12	129	87.54	0.57	170	53.52	1.43	211	27.03	0.58	252	8.63	0.44
89	115.50	0.45	130	86.56	0.98	171	52.97	0.55	212	26.55	0.48	253	8.19	0.44
90	115.00	0.50	131	85.68	0.88	172	52.39	0.58	213	25.96	0.59	254	8.03	0.16
91	114.69	0.31	132	85.19	0.49	173	51.95	0.44	214	25.66	0.30	255	7.67	0.38
92	113.37	0.82	133	84.68	0.51	174	51.68	0.27	215	24.83	0.83	256	7.30	0.37
93	113.31	0.56	134	83.96	0.72	175	51.12	0.56	216	24.38	0.15	257	6.81	0.49
94	112.56	0.75	135	83.00	0.96	176	50.55	0.57	217	23.60	0.78	258	6.68	0.13
95	112.27	0.29	136	82.08	0.92	177	49.80	0.75	218	23.36	0.24	259	6.44	0.24
96	110.93	1.34	137	81.44	0.64	178	49.52	1.28	219	22.88	0.48	260	5.60	0.84
97	110.18	0.75	138	81.44	0.99	179	48.52	0.40	220	22.08	0.80	261	5.22	0.38
98	109.50	0.38	139	80.45	0.58	180	48.12	1.33	221	21.75	0.33	262	5.00	0.22
99	109.26	0.54	140	79.87	0.79	181	46.59	0.52	222	21.72	0.08	263	4.77	0.23
100	108.74	0.52	141	79.08	0.74	182	46.07	1.13	223	21.35	0.37	264	4.38	0.39
101	108.36	0.88	142	78.34	0.73	183	44.94	0.67	224	20.51	0.54	265	4.21	0.17
102	107.74	0.62	143	77.61	0.78	184	44.27	0.58	225	20.81	0.20	266	4.04	0.17
103	107.74	1.16	144	76.83	0.49	185	43.69	0.46	226	20.61	0.17	267	3.87	0.17
104	106.58	0.37	145	76.34	1.09	186	43.23	0.83	227	20.44	0.92	268	3.57	0.58
105	106.21	0.44	146	75.25	1.11	187	42.40	0.61	228	19.32	0.24	269	3.35	0.51
106	105.77	0.23	147	74.14	0.62	188	41.79	0.64	229	19.23	0.46	270	2.84	0.32
107	105.54	1.44	148	73.59	1.07	189	41.15	0.66	230	18.82	0.53	271	2.52	0.02
108	104.10	0.86	149	72.45	1.15	190	40.49	0.47	231	18.29	0.44	272	2.50	0.07
109	103.24	0.43	150	71.30	0.79	191	40.02	0.58	232	17.85	0.21	273	2.43	0.28
110	102.81	0.56	151	70.51	1.00	192	39.44	1.06	233	17.64	0.15	274	2.15	0.32
111	102.25	1.41	152	69.51	1.23	193	38.38	0.77	234	17.49	0.40	275	1.83	0.28
112	100.84	0.34	153	68.28	0.47	194	37.61	1.08	235	17.09	0.53	276	1.55	0.30
113	100.50	1.08	154	67.81	0.95	195	36.53	0.30	236	16.36	0.52	277	1.25	0.15
114	99.42	0.50	155	66.86	0.78	196	36.23	0.63	237	16.04	0.46	278	1.10	0.13
115	98.92	0.50	156	66.03	0.84	197	35.60	0.55	238	15.58	0.85	279	0.97	0.14
116	98.42	1.29	157	65.24	0.75	198	35.05	0.56	239	14.73	0.62	280	0.83	0.14
117	97.13	0.93	158	64.49	0.26	199	34.49	0.82	240	14.11	0.54	281	0.69	0.0033
118	96.20	0.23	159	64.23	0.93	200	33.67	0.68	241	13.57	0.35	282	0.68	0.0125
119	95.97	0.99	160	63.30	0.48	201	32.99	0.47	242	13.22	0.69	283	0.58	0.0011
120	94.98	0.99	161	62.89	1.17	202	32.52	1.00	243	12.53	0.66	284	0.57	0.0588
121	93.99	0.41	162	61.65	1.44	203	31.52	0.50	244	11.87	0.43	285	0.10	0.0020
122	93.58	0.50	163	60.21	0.34	204	31.02	0.50	245	11.44	0.86	286	0.09	0.0033
123	93.08	0.90	164	59.87	0.43	205	30.52	0.34	246	11.08	0.27	287	0.08	0.0014
124	92.18	0.81	165	59.38	1.25	206	30.18	0.71	247	10.81	0.50	288	0.07	0.0100
125	91.37	0.93	166	58.13	0.73	207	29.47	0.35	248	10.31	0.09	289	0.00	
126	90.44	1.32	167	57.40	0.72	208	29.12	0.42	249	10.22		La mer.		
127	89.12	0.66	168	56.68	0.88	209	28.70	0.84	250	9.86	0.59			
	88.46		169	55.80		210	27.86			9.27				

NOTA : Les pentes ci-dessus sont celles de l'étiage de 1867-1868, sur le Haut-Rhône et de l'étiage de 1902-1903, sur le Bas-Rhône.

ANNEXE 3 : Enveloppe supérieure des lignes d'eau (Etude Globale Rhône, volet hydraulique)

Enveloppes supérieures des lignes d'eau pour les tronçons situés à l'amont des points de réglage et niveaux correspondant aux débits maximum pour la partie aval des retenues

GENERAL			
1			
BIEF	NOM	Débit	Z (m NGFO)
GE	PK24.041	1168	338,31
GE	PK25.018	1170	336,57
GE	PK186.61	1181	335,49
GE	PK185.76	1177	334,15
GE	PK184.98	1186	333,31
GE	PK183.94	1198	332,96
GE	PK182.85	1210	332,85
GE	PK181.90	1216	332,79
GE	PK180.90	1226	332,68
GE	PK179.95	1235	332,36
GE	PK178.80	1248	331,89
GE	PK177.90	1259	331,77
GE	PK176.90	1271	331,66
GE	PK175.85	1280	331,58
GE	PK174.85	1292	331,52
GE	PK173.75	1304	331,45
GE	PK172.80	1315	331,28
GE	PK171.75	1327	331,24
GE	PK170.95	1336	331,24
GE	PK169.85	1347	331,20
GE	PK168.85	1360	331,07
GE	PK167.95	1370	331,02
GE	PK166.78	1385	331,00
GE	PK165.93	1394	330,99
GE	PK164.81	1407	330,98
GE	PK163.75	1419	330,97
GE	PK162.97	1428	330,96
SY	P162.095	1437	267,46
SY	P161.000	1458	265,92
SY	P160.300	1458	265,27
SY	P159.300	1462	264,08
SY	P158.575	1466	263,44
SY	P157.050	1473	261,58
SY	P156.000	1477	260,94
SY	P155.030	1482	260,78
SY	P153.960	1487	260,65
SY	P152.860	1492	260,61
SY	P152.000	1488	260,51
CE	P151.520	1497	254,63

CE	P150.690	1496	254,04
CE	P149.500	1497	252,77
CE	P148.500	1497	252,37
CE	P147.500	1803	252,22
CE	P146.400	1803	252,01
BY	P145.700	1603	247,23
BY	P144.665	1603	245,92
BY	P143.700	1604	245,14
BY	P142.800	1602	244,32
BY	P141.800	1602	243,07
BY	P140.80A	1542	242,02
BY	P139.700	1580	240,62
BY	P138.800	1435	239,43
BY	P137.750	1513	238,89
BY	P136.760	1713	237,55
BY	P135.70A	1702	236,92
BY	P134.700	1607	236,26
BY	P133.750	1520	235,71
BY	P132.600	1540	235,52
BY	P131.80V	1543	235,53
BC	P131.600	1374	233,23
BC	P130.600	1139	232,48
BC	P129.600	966	231,77
BC	P128.700	968	230,94
BC	P127.6RH	833	230,09
BC	P126.7RH	829	229,79
BC	P125.700	1315	229,05
BC	P124.700	1318	228,18
BC	P123.700	1318	227,67
BC	P122.700	1313	226,90
BC	P121.700	1313	226,39
BC	P120.700	1313	225,71
BC	P119.700	1312	225,10
BC	P118.700	1313	224,50
BC	P117.700	1314	223,27
BC	P116.700	1315	222,28
BC	P115.700	1316	221,31
BC	P114.690	1317	220,42
BC	P113.600	1617	219,40
BC	P112.800	1620	218,94
BC	P111.800	1620	218,60
BC	P110.800	1621	218,16
BC	P109.800	1616	217,78
BC	P108.800	1614	217,57
BC	P107.600	1613	217,44
BC	P106.800	1520	217,37
BC	P105.600	1518	217,27
BC	P104.800	1518	217,22
BC	P103.600	1516	217,10

SB	P102.800	941	212,99
SB	P101.800	942	212,66
SB	P100.800	941	212,00
SB	P99.800	936	210,96
SB	P98.750	940	210,29
SB	P97.800	942	209,90
SB	P96.700	945	209,26
SB	P95.800	944	208,98
SB	P94.800	812	207,92
SB	P93.800	814	207,44
SB	P92.850	941	207,22
SB	P91.800	937	206,84
SB	P90.750	1628	206,50
SB	P89.750	1630	206,29
SB	P88.750	1589	205,98
SB	P87.750	1591	205,89
SB	P86.750	1592	205,85
SB	P85.750	1577	205,65
SB	P84.800	1579	205,46
SB	P83.800	1578	205,18
SB	P82.800	1580	205,04
SB	P81.800	1582	204,92
SB	P80.800	1584	204,78
SB	P79.850	1586	204,68
SB	P78.800	1588	204,58
SB	P77.800	1590	204,54
SB	P76.800	1592	204,37
SB	P75.800	1594	204,26
SB	P74.800	1596	204,19
SB	P73.800	1598	204,06
SB	P72.800	1600	203,74
SB	P71.800	1602	203,36
SB	P70.800	1606	203,07
SB	P69.800	1610	202,96
SB	P68.800	1614	202,84
SB	P67.800	1618	202,80
SB	P66.800	1622	202,73
SB	P65.800	1623	202,66
SB	P64.800	1625	202,56
SB	P63.800	1627	202,55
CU	P63.370	819	198,64
CU	P62.300	819	197,68
CU	P61.400	1627	197,05
CU	P60.530	1627	197,03
CU	P59.500	1627	196,88
CU	P58.520	1628	196,77
CU	P57.510	1627	196,40
CU	P56.470	1627	196,13
CU	P55.400	1631	195,84
CU	P54.600	1636	195,70
CU	P53.500	1641	195,33

CU	P52.5	1647	195,09
CU	P51.5	1653	194,95
CU	P50.5	1659	194,69
CU	P49.5	1665	194,40
CU	P48.5	1671	194,12
CU	P47.5	1677	193,85
CU	P46.5	1681	193,55
CU	P45.5	1687	193,24
CU	P44.5	1693	193,10
CU	P43.5	1699	192,77
CU	P42.5	1705	192,40
CU	P41.5	1711	192,09
CU	P40.5	1712	191,82
CU	P39.5	1703	191,49
CU	P38.5	1709	191,14
CU	P38.0	1711	190,90
CU	P37.0	1711	190,57
CU	P36.0	1717	190,18
CU	P35.0	1591	189,66
CU	P33.9	3303	189,21
CU	P33.5	3305	189,09
CU	P32.5	3312	188,42
CU	P30.5	3323	186,92
PB	PS17.73	2412	168,10
PB	PS16.83A	2412	167,85
PB	PS15.30	2412	167,62
PB	PS13.79	2412	167,40
PB	PS12.62	2412	167,07
PB	PS10.74	2411	166,79
PB	PS10.10	2411	166,62
PB	PS8.80A	2265	166,57
PB	PS7.51	2411	166,41
PB	PS6.80	2411	166,24
PB	PS5.90	2411	165,78
PB	PS5.07	2088	165,29
PB	PS4.52	2089	165,13
PB	PS3.90A	2080	164,67
PB	PS3.12A	2072	164,28
PB	PS2.69	2072	164,21
PB	PS2.05A	2072	164,03
PB	PS1.41	2072	163,91
PB	PS0.80	2063	163,84
PB	PS0.10A	2062	163,72
PB	P25-4MIR	1739	181,99
PB	P23-9MIR	2649	180,42
PB	P23MIR	2637	180,01
PB	P21-4MIR	2467	178,51
PB	P20-4MIR	2039	177,66
PB	P19-4MIR	2034	176,94
PB	P18-4MIR	1964	176,16
PB	P17-2MIR	1925	175,29

PB	P16-2MIR	1920	174,59
PB	P15-2MIR	1923	173,79
PB	P14-2MIR	1929	173,04
PB	P13-2MIR	1926	172,33
PB	P12-2MIR	1105	171,23
PB	P11-2MIR	1109	170,52
PB	P10-2MIR	1215	169,82
PB	PV9.2V	1269	168,98
PB	PSVG	1656	167,93
PB	P8.4	3279	167,93
PB	P7.2	3286	166,99
PB	P6.2	3286	166,51
PB	P5.3	3283	166,24
PB	P4.85	3283	165,97
PB	P4.5V	3283	165,93
PB	P4.25V3	3283	165,85
PB	P3.7	3283	165,16
PB	P3.25	3283	164,89
PB	P2.8A	3283	164,79
PB	P2.45	3283	164,59
PB	P2.1	3283	164,34
PB	P1.85	3283	164,22
PB	P1.14	3283	164,03
PB	P0.16	3283	163,84
PB	PR.3	3283	163,71
PB	PA1.0A	5345	163,63
PB	PA2.0	5376	163,36
PB	PA3.0A	5379	163,22
PB	PA3.6	5381	163,02
PB	PE4.1	4001	162,78
PB	PE4.7	4001	162,68
VS	P6-3	4000	160,60
VS	P7	3994	160,24
VS	P7-8	3995	159,94
VS	P8-8	3995	159,42
VS	P9-5	3851	159,03
VS	P9-9	3851	158,82
VS	P10-3	3851	158,56
VS	P10-7	4055	158,36
VS	P11-3	4055	157,89
VS	P12-3	4056	157,52
VS	P13-3	4055	157,15
VS	P14-3	4055	156,98
VS	P15-1A	4055	156,81
VS	PK15.600	5432	156,47
VS	PK16.50A	5437	156,24
VS	PK17.10A	5440	156,04
VS	PK17.86A	5445	155,72
VS	PK18.770	5449	154,96
VS	PK19.650	5454	154,58
VS	PK20.83A	5460	154,41

VS	PK22.00A	5466	154,20
VS	PK23.490	5473	154,11
VS	PI25.000	5480	153,92
VS	PK26.33A	5487	153,42
VS	PI27.000	5490	153,11
VS	PK28.200	5494	152,32
VS	PI29.030	5498	151,54
VS	PI30.000	5503	150,84
VS	PK31.43A	5510	149,97
VS	PI32.500	5516	149,55
VS	PK33.000	5518	149,19
VS	PK33.620	5518	149,25
PR	PK34.200	5518	148,52
PR	PK35.000	5522	148,20
PR	PK36.000	5525	147,77
PR	PK37.000	5340	147,45
PR	PK38.000	5538	147,07
PR	PK39.000	5541	146,65
PR	PK40.150	5546	145,88
PR	PK41.650	5551	145,38
PR	PK42.600	5556	144,95
PR	PK43.600	5559	144,68
PR	PK44.600	5559	144,47
PR	PK45.550	5559	144,16
PR	PK46.500	5558	144,02
PR	PK47.400	5560	143,91
PR	PK48.200	5560	143,67
PR	PK49.200	5560	143,49
PR	PK50.200	5561	143,27
SV	PAVB1	4308	139,67
SV	P52.1	4312	139,74
SV	P53.0	4310	139,19
SV	P54.0	4316	138,62
SV	P54.8	4320	138,19
SV	P55.3	4315	137,88
SV	P56.6	4151	137,41
SV	P57.4	4154	137,07
SV	P58.2	3754	136,79
SV	P58.8PON	3936	136,48
SV	P59.8	3859	136,15
SV	P60.4	3863	136,01
SV	P60.7	4338	135,38
SV	P61.6	3101	135,08
SV	P62.0PON	4301	134,65
SV	P62.11	3391	133,83
SV	P63.6	2982	133,55
SV	P64.8	2988	133,46
SV	P66.0	3045	133,35
SV	P67.2	5643	133,03
SV	P68.1	5647	132,66

SV	P69.0	5652	131,75
SV	P70.2	4828	131,33
SV	P71.4	5664	130,71
SV	P72.6	5668	129,94
SV	P73.8	5672	129,42
SV	P75.0	5672	129,04
SV	P75.7FIC	5672	128,45
SV	P76.8	5672	128,27
SV	P78.0	5673	127,92
SV	P79.3	5674	127,72
SV	P80.9	5675	127,49
SV	P82.0FIC	5676	127,33
BV	P83.100	4057	124,48
BV	P84.100	4063	123,57
BV	P85.200	3936	122,87
BV	P86.200	4032	122,32
BV	P86.900	5656	122,15
BV	P88.800	5574	121,15
BV	P90.600	5714	120,18
BV	PPONT	5719	119,50
BV	P93.800	5721	118,39
BV	P96.000	5727	117,38
BV	P97.1000	5726	116,45
BE	P100.0	4410	113,43
BE	P101.0	4415	113,23
BE	P102.1	4285	112,86
BE	P103.2	4427	112,40
BE	P104.3	5207	111,57
BE	P105.3	5212	110,79
BE	P106.3	5218	110,06
BE	P107.2	5223	109,43
BE	P108.2VR	5229	108,55
BE	P109.1	6748	107,95
BE	P110.1	6995	107,46
BE	P111.1	7029	106,81
BE	P112.0	6996	106,25
BE	P112.10	6995	105,61
BE	P113.9	6986	105,06
BE	P114.9	6986	104,55
BE	P115.7	6986	103,88
BE	P116.6	6985	103,39
BE	P117.6	6985	103,00
BE	P118.5	7005	102,53
BE	P119.3	7005	102,34
LN	P119.9	5308	100,04
LN	P120.9	5116	98,97
LN	P122.1	4732	97,97
LN	P123.6	4734	96,99
LN	P124.8	3956	96,22

LN	P125.9	4727	95,54
LN	PK126.8	6513	94,96
LN	PK127.9	6438	94,25
LN	PK128.7P	6857	93,72
LN	PK129.7	6470	92,94
LN	PK130.6	6431	92,57
LN	PK131.6	7566	92,18
LN	PK132.5	7566	91,45
LN	PK133.4P	7566	90,27
LN	PK134.3	7602	89,64
LN	PK135.3	7601	89,15
MO	PK135.70	5368	87,77
MO	PK136.70	5198	87,10
MO	PK137.70	5274	86,08
MO	PK138.60	4942	85,56
MO	PK139.90	4363	84,59
MO	PK140.80	4234	83,72
MO	PK141.90	5049	82,90
MO	PK142.80	5404	81,84
MO	PK143.90	7640	81,12
MO	PK144.80	7645	80,01
MO	PK145.90	7652	78,99
MO	PK146.70	7657	78,63
MO	PK147.80	7664	77,87
MO	PK148.60	7669	77,51
MO	PK149.90	7673	77,23
MO	PK150.70	7674	76,92
MO	PK151.70	7675	76,49
MO	PK152.70	7676	76,11
DM	PK153.20	5831	73,33
DM	PK154.20	5837	72,42
DM	PK155.20	5842	71,25
DM	PK156.20	4479	70,45
DM	PK157.40	5834	69,31
DM	PK158.20	5854	68,86
DM	PK159.50	4915	68,14
DM	PK160.40	5838	67,40
DM	PK161.60	5787	66,04
DM	PK162.40	5765	65,28
DM	PK163.50	3659	64,62
DM	PK164.40	2845	64,33
DM	PK165.50	5364	63,89
DM	PK166.1B	7745	63,52
DM	P166.7	7775	62,77
DM	P167.2	7676	62,15
DM	P167.8	7368	61,19
DM	P168.4	7368	60,78
DM	P169.1	7728	60,09
DM	PONTDONZ	7789	59,59
DM	P170.2	7792	59,16

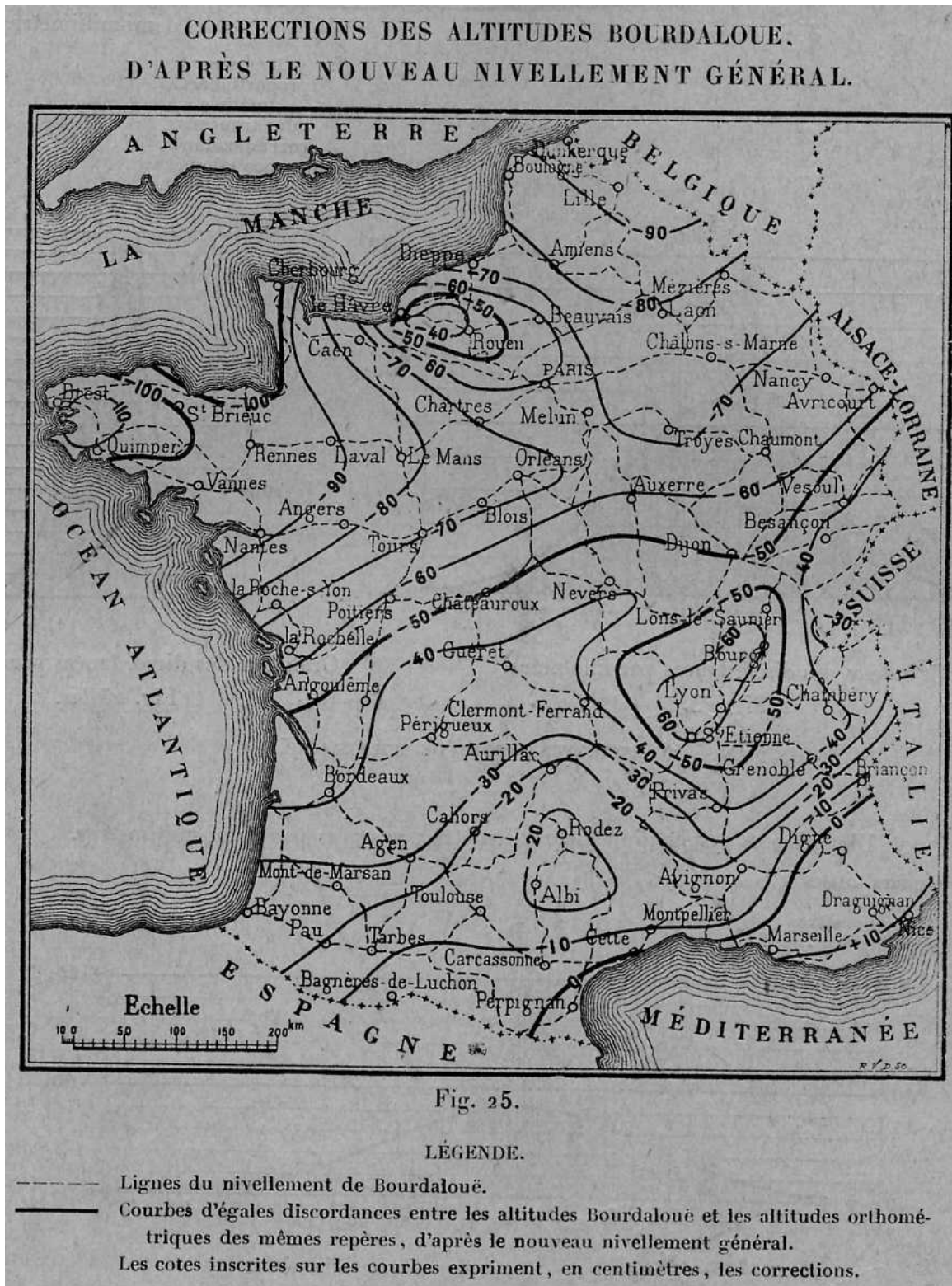
CA	P171.700	6522	58,54
CA	P172.700	6115	57,61
CA	P173.700	6300	56,76
CA	P174.700	6137	56,18
CA	P175.700	5919	55,03
CA	P176.800	5704	54,48
CA	P177.800	6144	53,89
CA	P178.800	5960	53,12
CA	P179.700	5923	52,40
CA	P180.700	5773	51,26
CA	P181.700	5388	50,76
CA	P182.700	5580	50,21
CA	P183.700	5358	49,75
CA	P184.700	6438	49,09
CA	P185.700	6150	48,23
CA	P186.700	5854	47,06
CA	P187.700	6072	46,47
CA	P188.700	5198	45,91
CA	P189.800	4400	45,45
CA	P190.800	4797	45,06
CA	P191.700	4685	44,82
CA	P192.400	6892	43,95
CA	PST7	6854	42,92
CA	P194.100	6077	42,53
CA	P195.100	5961	42,09
CA	P196.100	5878	41,44
CA	P197.100	6791	40,87
CA	P198.100	6397	40,32
CA	P199.100	6545	39,59
CA	P200.100	7092	39,18
CA	P201100	9049	38,82
CA	P202100	9057	38,36
CA	P203200A	9106	37,69
CA	P204200	9114	37,32
CA	P205200	9122	36,82
CA	P206200	9131	36,63
CA	P207200	9140	36,17
CA	P208200	9148	35,83
CA	P209200	9149	35,60
CA	P210200	9151	35,19
CA	P211200	9154	34,90
AV	P213.300	6881	32,62
AV	P214.300	6883	32,57
AV	P215.500	6195	32,18
AV	P216.500	5720	31,32
AV	P217.500	5175	30,45
AV	P218.5	9288	30,23
AV	P219.58	9288	29,69
AV	P220.45	9288	29,49
AV	P221.5	9288	29,05

AV	P222.45	9203	28,57
AV	P223.45	9106	28,30
AV	P224.5	9108	28,07
AV	P225.54	9108	27,78
AV	P226.52	9107	27,36
AV	P227.53	9105	27,14
AV	P228.54	9197	26,81
AV	P229.52	9229	26,49
AV	P230.52	5193	26,43
AV	P231.49	5192	26,29
AV	P232.02	5202	26,16
VA	A231.070	4096	22,44
VA	A232.020	4075	22,39
VA	A233.020	4059	22,12
VA	A234.020	4064	21,78
VA	A235.000	4066	21,59
VA	A236.040	4071	21,32
VA	A237.290	3987	21,00
VA	A238.270	3013	20,64
VA	A239.030	3019	20,54
VA	A240.020	2405	20,32
VA	A241.000	2411	20,12
VA	A242.130	4076	19,96
VA	A243.000	4085	19,75
VA	V236.600	3640	21,01
VA	V237.000	3641	20,75
VA	V238.000	3640	20,61
VA	V239.020	3640	20,43
VA	V240.000	5243	20,25
VA	V241.040	5248	20,07
VA	V242.060	5186	19,85
VA	V243.040	5209	19,73
VA	PK244	9306	19,56
VA	PK245	9279	19,39
VA	PK246	9280	19,28
VA	PK247	9280	19,11
VA	PK248	9281	18,92
VA	PK249	11869	18,42
VA	PK250	11869	18,16
VA	PK251	11870	17,92
VA	PK252	11871	17,69
VA	PK253	11886	17,50
VA	PK254	11881	17,15
VA	PK255	11877	16,90
VA	PK256	11876	16,76
VA	PK257	11878	16,62
VA	PK258	11880	16,32
VA	PK259	11882	16,13
VA	PK260	11885	15,92
VA	PK261	11888	15,59
VA	PK262	11891	15,34

PA	P262.700	9620	13,68
PA	P263.700	9687	13,11
PA	P264.700	9695	12,93
PA	P265.700	9681	12,33
PA	P266.700	5908	11,67
PA	P267.700	5246	11,38
PA	P268.700	2634	10,95
PA	PK269.50	11862	10,86

ANNEXE 4 : Cartographie permettant la conversion des altitudes Bourdalouë en altitudes orthométriques

Altitude Bourdalouë – x = altitude orthométrique



ANNEXE 5 : Conversion des altitudes orthométriques en réseau IGN 69

Altitude Orthométrique + x = altitude IGN 69

2217	2317	2417	2517	2617	2717	2817	2917	3017	3117	3217	3317	3417	3517	3617	3717	3817
30	29	29											33			
2218	2318	2418	2518	2618	2718	2818	2918	3018	3118	3218	3318	3418	3518	3618	3718	3818
29	30	28	30		34	34	34	34					33			
2219	2319	2419	2519	2619	2719	2819	2919	3019	3119	3219	3319	3419	3519	3619	3719	---
29	28	28	29	30	32	34	32					28				
2220	2320	2420	2520	2620	2720	2820	2920	3020	3120	3220	3320	3420	3520	3620	3720	---
27	26	27	27	28	31	32	31				29					
2221	2321	2421	2521	2621	2721	2821	2921	3021	3121	3221	3321	3421	3521	3621	3721	---
26	24	25	26	28	29	31	27				28		28	30	32	
2222	2322	2422	2522	2622	2722	2822	2922	3022	3122	3222	3322	3422	3522	3622	3722	---
25	24	24	25	24	28	30	27						28	30	31	
2223	2323	2423	2523	2623	2723	2823	2923	3023	3123	3223	3323	3423	3523	3623	---	---
23	24	23	25	27	28	30	27	25	28	26	25	26	29	30		
2224	2324	2424	2524	2624	2724	2824	2924	3024	3124	3224	3324	3424	3524	---	---	---
20	23	24	25	27	26	28	27	26	27	25	24	27	30			
2225	2325	2425	2525	2625	2725	2825	2925	3025	3125	3225	3325	3425	---	---	---	---
21	21	23	23	25	25	27	25	27	26	25	25	29				
2226	2326	2426	2526	2626	2726	2826	2926	3026	3126	3226	3326	3426	---	---	---	---
18	18	20	20	24	25	27	25	28	27	25	27	28				
2227	2327	2427	2527	2627	2727	2827	2927	3027	3127	3227	3327	---	---	---	---	---
16	16	19	19	21	23	24	23	26	26	26	27					
2228	2328	2428	2528	2628	2728	2828	2928	3028	3128	3228	3328	3428	3528	---	---	---
17	16	16	19	20	20	23	25	25	25	27	28	28	28			
2229	2329	2429	2529	2629	2729	2829	2929	3029	3129	3229	3329	3429	3529	---	---	---
15	15	16	16	17	19	22	23	24	25	27	28	29	30			
2230	2330	2430	2530	2630	2730	2830	2930	3030	3130	3230	3330	3430	3530	3630	---	---
13	15	14	16	16	19	20	20	23	24	27	28	30	32	35		
2231	2331	2431	2531	2631	2731	2831	2931	3031	3131	3231	3331	3431	3531	3631	---	---
13	13	12	15	16	18	20	23	24	25	27	28	30	32	35		
2232	2332	2432	2532	2632	2732	2832	2932	3032	3132	3232	3332	3432	3532	3632	---	---
11	11	10	14	16	16	20	23	25	25	27	27	30	32	32		
2233	2333	2433	2533	2633	2733	2833	2933	3033	3133	3233	3333	3433	3533	3633	---	---
9	12	10	13	13	17	20	23	23	25	25	29	30	32	32		

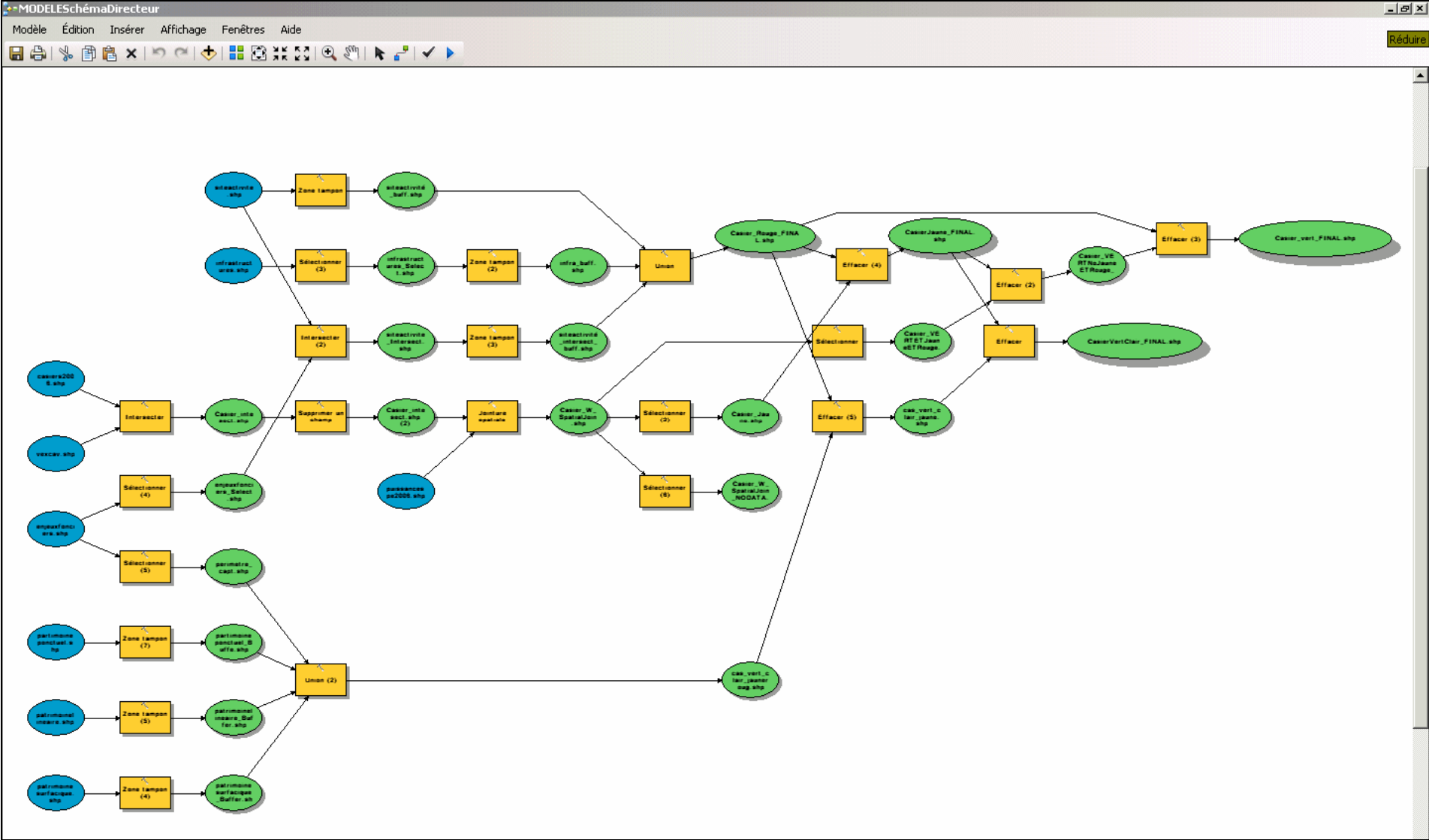
ZONE CENTRE-EST

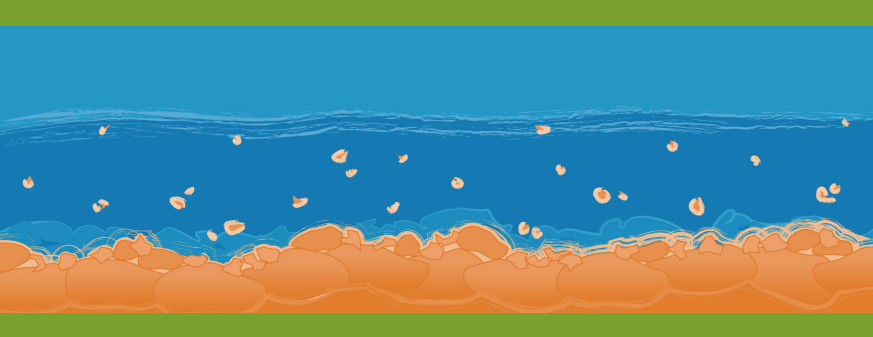
Grille des correspondances entre les systèmes orthométriques et IGN 69 donnant le nombre de centimètres à ajouter. La grille donne un chiffre par planche topographique au 1/25000^{ème}

ANNEXE 6 : Grille d'analyse des photographies

	Critères	Classes	
Critères généraux	Perspective	Ouvert/Fermé	
	Luminosité	Sombre/Lumineux	
	Anthropisation	Sauvage/Entretenu	
	Structure	Simple/Complexe	
	Implantation	Dispersé/Dense	
	Intérêt	Identité/Banalité	
	Biologie	Uniformité/Diversité	
	Utilisation agricole	Labouré/Cultivé	
	Age	Ancien/Moderne	
	Etat	Intact/Dégradé	
	Dynamique	Stabilité/Instabilité	
Composantes à prendre en compte	Eau	Profondeur	
		Couleur	
		Sinuosité	
		Dynamisme	
		Puissance	
		Vitesse	
		Pollution visible (déchets ménagers)	
		Présence d'algues/absence	
		Bancs de sables ou galets	présence/absence
			quantité
		couleur	
		Stabilité/Instabilité	
	Berges	abrupte/pente douce	
		sédiments des berges	
		érodée/non érodée	
		naturelle/artificielle	
		végétalisée/non végétalisée	
		Présence bois mort/absence	
		Ripisylve	hauteur (arborée, arbustive, rase)
			espèces
	couleur		
	densité		
	diversité		
	longueur		
	opacité/transparence		
	Ouvrages artificiels (digues, seuils)		Présence (type)/absence
	Occupation plaine alluviale	Agricole (prairie, culture)	
		Urbaine	
		Industrie	
		Zones humides, étangs	
Boisement à usage économique			
Boisement spontané			
Zone de loisirs			

ANNEXE 7 : Modèle de croisement des données (source Guillaume Fantino)





Observatoire des Sédiments du Rhône

École normale supérieure de Lyon
Sites Descartes – 15, parvis René Descartes
BP 7000 – 69342 Lyon Cedex 07
www.osr-rhone.org

Contact : guillaume.fantino@ens-lyon.fr