



GEMAPI ITEM 2

PLAN DE GESTION DE LA BOYNE 2022 - 2027

Volume 3.3

PHASE 3 – ESQUISSE - Projets de restauration des sites particuliers

Etude réalisée avec le concours financier avec le concours financier de :





EPTB FLEUVE HERAULT



PLAN DE GESTION DE LA BOYNE ET DOSSIERS REGLEMENTAIRES 2022-2027

PROJETS DE RESTAURATION PHYSIQUE ET ECOLOGIQUE DE 3 SITES PARTICULIERS
- SITES RSP1 A CABRIERES, RSP4 A NIZAS ET RSP5 A CAZOULS D'HERAULT –

RAPPORT D'ESQUISSE

Mai 2022 – indice d

SOMMAIRE

I. Cadre de l'étude	9
II. RSP1 – La Boyne dans la traversée de Cabrières	11
II.1. Localisation du site	11
II.2. Diagnostic de l'état actuel	13
II.2.1. Bornage kilométrique	13
II.2.2. Expertise de terrain	13
II.2.3. Analyse géologique	20
II.2.4. Recensement des enjeux et des contraintes à proximité du site	22
II.3. Etude hydraulique en situation actuelle	25
II.3.1. Analyse hydrologique	25
II.3.2. Modélisation hydraulique des écoulements	27
II.4. Diagnostic hydromorphologique	31
II.4.1. Analyse historique	31
II.4.2. Analyse du profil en long de la Boyne	34
II.4.3. Puissance spécifique	36
II.4.4. Amplitude d'équilibre	36
II.5. Synthèse du diagnostic	37
II.5.1. Synthèse du diagnostic morpho-écologiques	37
II.5.2. Synthèse des enjeux écologiques	37
II.5.3. Objectifs de restauration	38
II.6. Proposition de scénarii d'aménagements (ESQ)	39
II.6.1. Scénario de niveau 1 – ambition minimale	39
II.6.2. Scénario de niveau 2 – ambition intermédiaire	44
II.6.3. Scénario de niveau 3 – ambition maximale	50
III. RSP4 – La Boyne à Nizas – Saint Ferréol	57
III.1. Localisation du site	57
III.2. Diagnostic de l'état actuel	59
III.2.1. Bornage kilométrique	59
III.2.2. Expertise de terrain	59
III.2.3. Analyse géologique	65
III.2.4. Recensement des enjeux et des contraintes à proximité du site	67
III.3. Etude hydraulique en situation actuelle	69
III.3.1. Analyse hydrologique	69
III.3.2. Modélisation hydraulique des écoulements	70
III.4. Diagnostic hydromorphologique	77
III.4.1. Analyse historique	77
III.4.2. Analyse du profil en long de la Boyne	83
III.4.3. Puissance spécifique	84
III.4.1. Analyses granulométriques	84
III.4.2. Amplitude d'équilibre	87
III.5. Délimitation de l'EBF	87
III.5.1. Style fluvial de référence	87
III.5.2. Périmètre morphologique	88

III.5.3.	Périmètre hydraulique	89
III.5.4.	Périmètre biologique	90
III.5.5.	Contexte biogéochimique	91
III.5.6.	Contexte hydrogéologique	92
III.6.	Synthèse du diagnostic	92
III.6.1.	Synthèse du diagnostic morpho-écologiques	92
III.6.2.	Synthèse des enjeux écologiques	93
III.6.3.	Objectifs de restauration	93
III.7.	Proposition de scénarii d'aménagements (ESQ)	94
III.7.1.	Scénario de niveau 1 – ambition minimale ou intermédiaire	94
III.7.2.	Scénario de niveau 3 – ambition maximale	99
IV.	RSP5 – La Boyne au droit de Cazouls d'Hérault	105
IV.1.	Localisation du site	105
IV.2.	Diagnostic de l'état actuel	107
IV.2.1.	Bornage kilométrique et points de repères	107
IV.2.2.	Expertise de terrain	107
IV.2.3.	Analyse géologique	117
IV.2.4.	Recensement des enjeux et des contraintes à proximité du site	118
IV.3.	Etude hydraulique en situation actuelle	121
IV.3.1.	Analyse hydrologique	121
IV.3.2.	Modélisation hydraulique des écoulements	122
IV.4.	Diagnostic hydromorphologique	127
IV.4.1.	Analyse historique	127
IV.4.2.	Analyse du profil en long de la Boyne	131
IV.4.3.	Puissance spécifique	133
IV.4.4.	Analyses granulométriques	133
IV.4.5.	Amplitude d'équilibre	136
IV.5.	Délimitation de l'EBF	137
IV.5.1.	Espace de mobilité de l'Hérault	137
IV.5.2.	Style fluvial de référence	139
IV.5.3.	Périmètre morphologique	140
IV.5.4.	Périmètre hydraulique	141
IV.5.5.	Périmètre biologique	141
IV.5.6.	Contexte biogéochimique	142
IV.5.7.	Contexte hydrogéologique	143
IV.6.	Synthèse du diagnostic	143
IV.6.1.	Synthèse du diagnostic morpho-écologiques	143
IV.6.2.	Synthèse des enjeux écologiques	144
IV.6.3.	Objectifs de restauration	144
IV.7.	Proposition de scénarii d'aménagements (ESQ)	145
IV.7.1.	Scénario de niveau 1 – ambition minimale	145
IV.7.2.	Scénario de niveau 3 – ambition maximale	150

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation des cours d'eau du PPE et sites de restauration	9
Figure 2 : Localisation générale du site RSP1 (source : scan 25)	11
Figure 3 : Localisation détaillée du site RSP1 (source : orthophoto 2018)	12
Figure 4 : Vue de la Boyne au droit du site de restauration	13
Figure 5 : Carte géologique – RSP1	21
Figure 6 : Flysch au niveau de du chemin de la rivière	22
Figure 7 : Localisation générale des réseaux à proximité de la Boyne à Cabrières	24
Figure 8 : Vue de l'enrobage béton du réseau orange (gauche) et du réseau HTA Enedis (droite)	25
Figure 9 : Localisation des profils en travers du modèle hydraulique – Site RSP1	28
Figure 10 : Profil en travers 8 pour une crue de 20m ³ /s	29
Figure 11 : Profil en travers 5 pour une crue de 50m ³ /s	30
Figure 12 : Carte de l'état-major (1866) sur la commune de Cabrières (source : https://archives-pierresvives.herault.fr)	31
Figure 13 : Cadastre de 1832 au droit de Cabrières (source : https://archives-pierresvives.herault.fr)	32
Figure 14 : Profil en long de la Boyne au droit du site RSP1 (données 2017)	35
Figure 15 : Profil en long de la Boyne au droit du site RSP1 (données 2021)	35
Figure 16 : Formule de Hey	37
Figure 17 : Localisation des aménagements du scénario niveau 1 – RSP1	40
Figure 18 : Localisation des aménagements du scénario niveau 2 – RSP1	45
Figure 19 : Localisation du linéaire de réseau HTA Enedis à déplacer sur le site RSP1	47
Figure 20 : Localisation des aménagements du scénario niveau 3 – RSP1	52
Figure 21 : Localisation générale du site RSP4 (source : scan 25)	57
Figure 22 : Localisation détaillée du site RSP4 (source : orthophoto 2018)	58
Figure 23 : Vue de la Boyne au droit du site de restauration	58
Figure 24 : profil en travers type entre les profils 4.6 et 4.7 (PK0.52)	60
Figure 25 : Carte géologique – RSP4 (source : Infoterre)	66
Figure 26 : Localisation du réseau Enedis sur le site RSP4	68
Figure 27 : Vue du MNT au droit du site RSP4	71
Figure 28 : Présentation des zones inondables pour une crue de 50 m ³ /s	72
Figure 29 : Présentation des zones inondables pour une crue de 80 m ³ /s	73
Figure 30 : Présentation des zones inondables pour une crue décennale de 125 m ³ /s	73
Figure 31 : Présentation des vitesses pour une crue décennale de 125 m ³ /s	74
Figure 32 : Présentation des zones inondables pour une crue cinquantennale de 175 m ³ /s	75
Figure 33 : Présentation des vitesses maximales pour une crue cinquantennale de 175 m ³ /s	75
Figure 34 : Présentation des zones inondables pour une crue centennale (260 m ³ /s)	76
Figure 35 : Présentation des vitesses pour une crue centennale (260 m ³ /s)	76
Figure 36 : Carte de l'état-major (1866) sur la commune de Cabrières (source : https://archives-pierresvives.herault.fr)	77
Figure 37 : Cadastre de 1832 au droit de Cabrières (source : https://archives-pierresvives.herault.fr)	78
Figure 38 : plan d'autorisation de la construction de la digue de M. Tixier - 1922 (source : archives départementales – consultation EPTB FH - 2016)	79
Figure 39 : Présentation des emprises de bande active en 1832 et 1944	82
Figure 40 : Profil en long de la Boyne aux abords du site RSP4 (données 2017)	83
Figure 41 : localisation des points du profil en long de 2017 et des profils en travers de 2021	83
Figure 42 : Localisation des analyses granulométriques	85
Figure 43 : Courbes granulométriques du site RSP4	86
Figure 44 : Formule de Hey	87
Figure 45 : Périmètres morphologiques optimal et nécessaire du site RSP4	89
Figure 46 : Périmètres hydrauliques optimal et nécessaire du site RSP4	90
Figure 47 : Périmètre biologique du site RSP4	91
Figure 48 : Relation entre la largeur de corridor rivulaire et le gain biogéochimique (source : guide EBF, AE RMC, 2016)	92
Figure 49 : Localisation des aménagements du scénario niveau 1 – RSP4	95
Figure 50 : Localisation des aménagements du scénario niveau 3 – RSP4	100
Figure 51 : Localisation générale du site RSP5 (source : scan 25)	105
Figure 52 : Localisation détaillée du site RSP5 (source : orthophoto 2018)	106

Figure 53 : Vue de la Boyne au droit du site de restauration	106
Figure 54 : profil en travers type entre les gués n°2 et 3	109
Figure 55 : Carte géologique – RSP5 (source : Infoterre)	118
Figure 56 : Localisation générale des réseaux à proximité de la Boyne à Cazouls d'Hérault	119
Figure 57 : Vue d'un regard sur le réseau AEP en amont du gué n°1	120
Figure 58 : Vue du MNT entre le pont de la RD609 et la confluence avec l'Hérault	123
Figure 59 : Localisation des profils en travers du modèle hydraulique et architecture sommaire du modèle – Site RSP5	124
Figure 60 : Profil en travers 11.6 pour une crue de 30, 80 et 200m³/s	125
Figure 61 : Profil en travers 9 pour une crue de 80m³/s	126
Figure 62 : Profil en travers 6 pour une crue de 80m³/s	126
Figure 63 : Carte de l'état-major (1866) sur la commune de Cabrières (source : https://archives-pierresvives.herault.fr)	127
Figure 64 : Cadastre de 1832 au droit de Cabrières (source : https://archives-pierresvives.herault.fr)	128
Figure 65 : Profil en long de la Boyne aux abords du site RSP5 (données 2017)	131
Figure 66 : Comparaison des profil en long de la Boyne au droit du site RSP5 entre 2017 et 2021	132
Figure 67 : Localisation des analyses granulométriques	134
Figure 68 : Courbes granulométriques du site RSP5	135
Figure 69 : Formule de Hey	136
Figure 70 : Espace de mobilité fonctionnel initial de l'Hérault à Cazouls d'Hérault (source : dynamique hydro, 2011)	138
Figure 71 : Enveloppe d'auto-ajustement de l'Hérault à Cazouls d'Hérault (source : dynamique hydro, 2011)	139
Figure 72 : Périmètres morphologiques optimal et nécessaire	140
Figure 73 : Périmètres hydrauliques optimal et nécessaire	141
Figure 74 : Périmètre biologique	142
Figure 75 : Relation entre la largeur de corridor rivulaire et le gain biogéochimique (source : guide EBF, AE RMC, 2016)	143
Figure 76 : Localisation des aménagements du scénario niveau 1 – RSP5	146
Figure 77 : Localisation des aménagements du scénario niveau 3 – RSP5	151

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques morphologiques générales sur le site RSP1.....	14
Tableau 2 : Débits des crues de la Boyne en aval de Cabrières (pont RD15).....	26
Tableau 3 : Débits plein bord en différents points du modèle.....	29
Tableau 4: Paramètres de calcul des puissances spécifiques.....	36
Tableau 5: Contraintes d'aménagement du scénario niveau 1 – RSP1.....	42
Tableau 6: Impacts du scénario niveau 1 – RSP1.....	43
Tableau 7: Chiffrage du scénario niveau 1 – RSP1.....	43
Tableau 8: Contraintes d'aménagement du scénario niveau 2 – RSP1.....	48
Tableau 9: Impacts du scénario niveau 2 – RSP1.....	49
Tableau 10: Chiffrage du scénario niveau 2 – RSP1.....	50
Tableau 11: Contraintes d'aménagement du scénario niveau 3 – RSP1.....	54
Tableau 12: Impacts du scénario niveau 3 – RSP1.....	55
Tableau 13: Chiffrage du scénario niveau 3 – RSP1.....	56
Tableau 14 : Caractéristiques morphologiques générales sur le site RSP4.....	59
Tableau 15 : Débits des crues de la Boyne à la confluence avec l'Hérault.....	69
Tableau 16 : Débits plein bord en différents points du modèle.....	72
Tableau 17: Paramètres de calcul des puissances spécifiques sur le site RSP4.....	84
Tableau 18 : Fréquence de mise en mouvement des matériaux.....	87
Tableau 19: Contraintes d'aménagement du scénario niveau 1 – RSP4.....	97
Tableau 20: Impacts du scénario niveau 1 – RSP4.....	98
Tableau 21: Chiffrage du scénario niveau 1 – RSP4.....	99
Tableau 22: Contraintes d'aménagement du scénario niveau 3 – RSP4.....	102
Tableau 23: Impacts du scénario niveau 3 – RSP4.....	103
Tableau 24: Chiffrage du scénario niveau 3 – RSP4.....	104
Tableau 25 : Description des gués utilisés comme points de repère.....	107
Tableau 26 : Caractéristiques morphologiques générales sur le site RSP5.....	108
Tableau 27 : Débits des crues de la Boyne à la confluence avec l'Hérault.....	121
Tableau 28 : Débits plein bord en différents points du modèle.....	125
Tableau 29: Paramètres de calcul des puissances spécifiques.....	133
Tableau 30 : Fréquence de mise en mouvement des matériaux.....	136
Tableau 31: Contraintes d'aménagement du scénario niveau 1 – RSP5.....	148
Tableau 32: Impacts du scénario niveau 1 – RSP5.....	149
Tableau 33: Chiffrage du scénario niveau 1 – RSP5.....	150
Tableau 34: Contraintes d'aménagement du scénario niveau 3 – RSP5.....	153
Tableau 35: Impacts du scénario niveau 3 – RSP5.....	154
Tableau 36: Chiffrage du scénario niveau 3 – RSP5.....	155

LISTE DES ANNEXES

1	Restauration physique et écologique de 3 sites sur le cours de la Boyne (34) Pré-diagnostics écologiques – Les écologistes de l'Euzière - 2021
2	Compte rendu d'expertise de terrain – site RSP1
3	Compte rendu d'expertise de terrain – site RSP4
4	Compte rendu d'expertise de terrain – site RSP5
5	Devis Enedis pour le déplacement de réseau HTA

I. Cadre de l'étude

Le bassin versant de la Boyne (affluent rive droite du fleuve Hérault) s'étend sur le territoire de 2 EPCI :

- La communauté d'agglomération Hérault Méditerranée (CAHM).
- La communauté de communes du Clermontais (CCC)

Aucun plan de gestion des cours d'eau n'a été réalisé à ce jour à l'échelle globale du bassin versant, toutefois des travaux ponctuels ont été engagés :

- Sur la commune de Cazouls d'Hérault dans le cadre de la compétence volontaire d'entretien des cours d'eau d'intérêt général et au vu de l'exposition de la commune au risque d'inondation
- Sur la commune de Cabrières sur un linéaire de 2 km dans la traversée du village des travaux ont été engagés en 2017 à l'initiative de la commune.

Après l'entrée en vigueur en 2018 de la compétence GEMAPI, les deux EPCI ont souhaité mettre en œuvre un programme pluriannuel d'entretien et de restauration des cours d'eau.

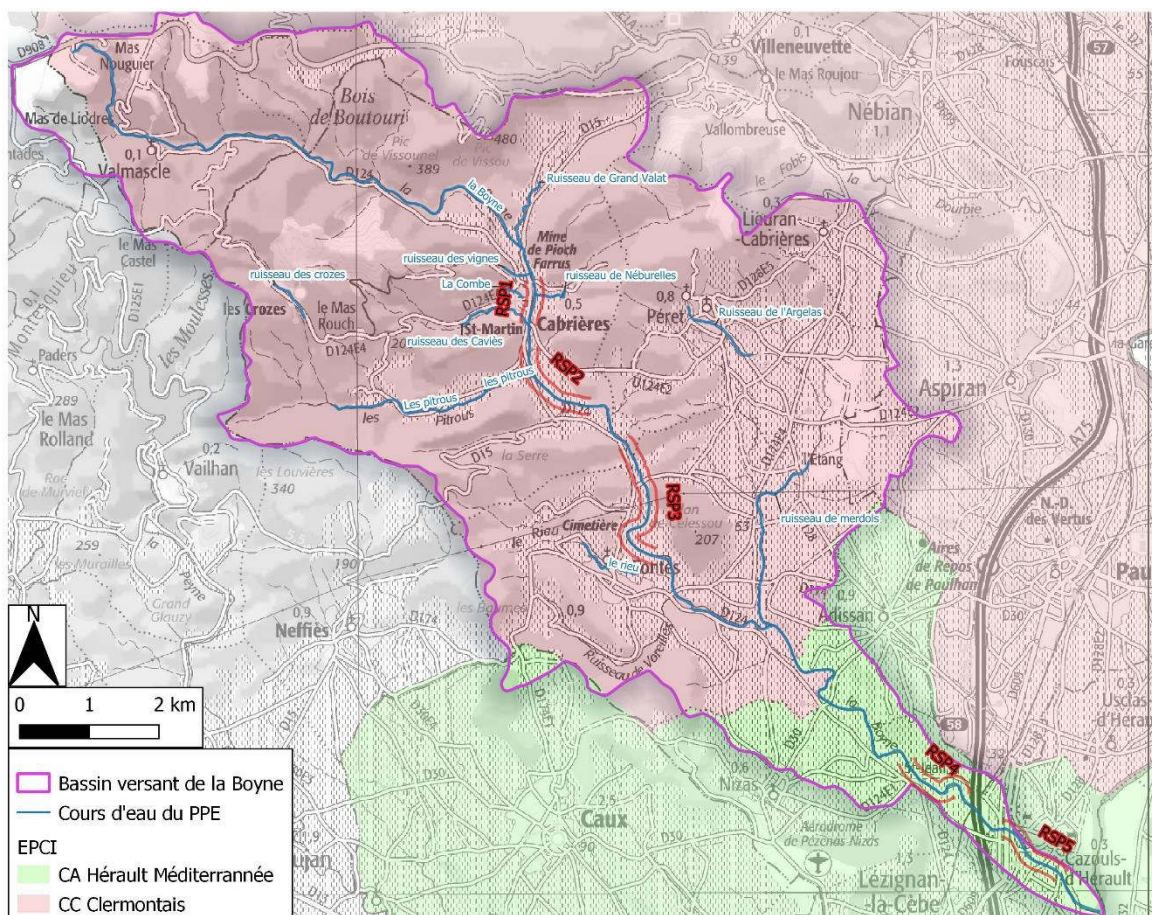


Figure 1 : Localisation des cours d'eau du PPE et sites de restauration

En conséquence, l'EPTB fleuve Hérault a missionné CCE&C et Les Ecologistes de l'Euzière pour définir et réaliser :

- le nouveau programme pluriannuel de gestion du bassin versant de la Boyne pour la période 2022-2027 ;
- l'étude de 5 sites de restauration morphologiques et écologiques (RSP1 à 5)
- les dossiers réglementaires nécessaires pour pouvoir réaliser les travaux d'entretien, de gestion et de restauration prévus.

Le présent document est le rapport de diagnostic et esquisses des sites de restauration RSP1, RSP4 et RSP5.

II. RSP1 – La Boyne dans la traversée de Cabrières

II.1. LOCALISATION DU SITE

Le site de restauration particulier RSP1 est situé sur la commune de Cabrières le long de la Boyne.

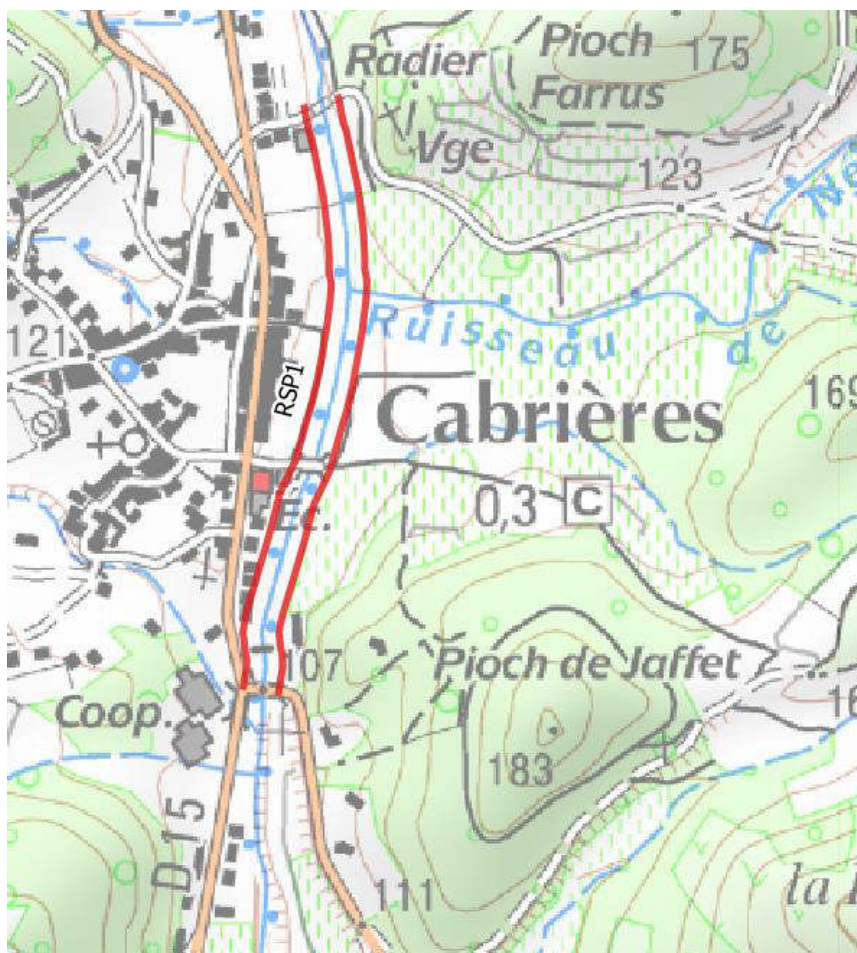


Figure 2 : Localisation générale du site RSP1 (source : scan 25)

Ce site s'étend entre le gué du chemin de Figuières et le pont de la RD15 en aval, il présente une longueur d'environ 600 m.

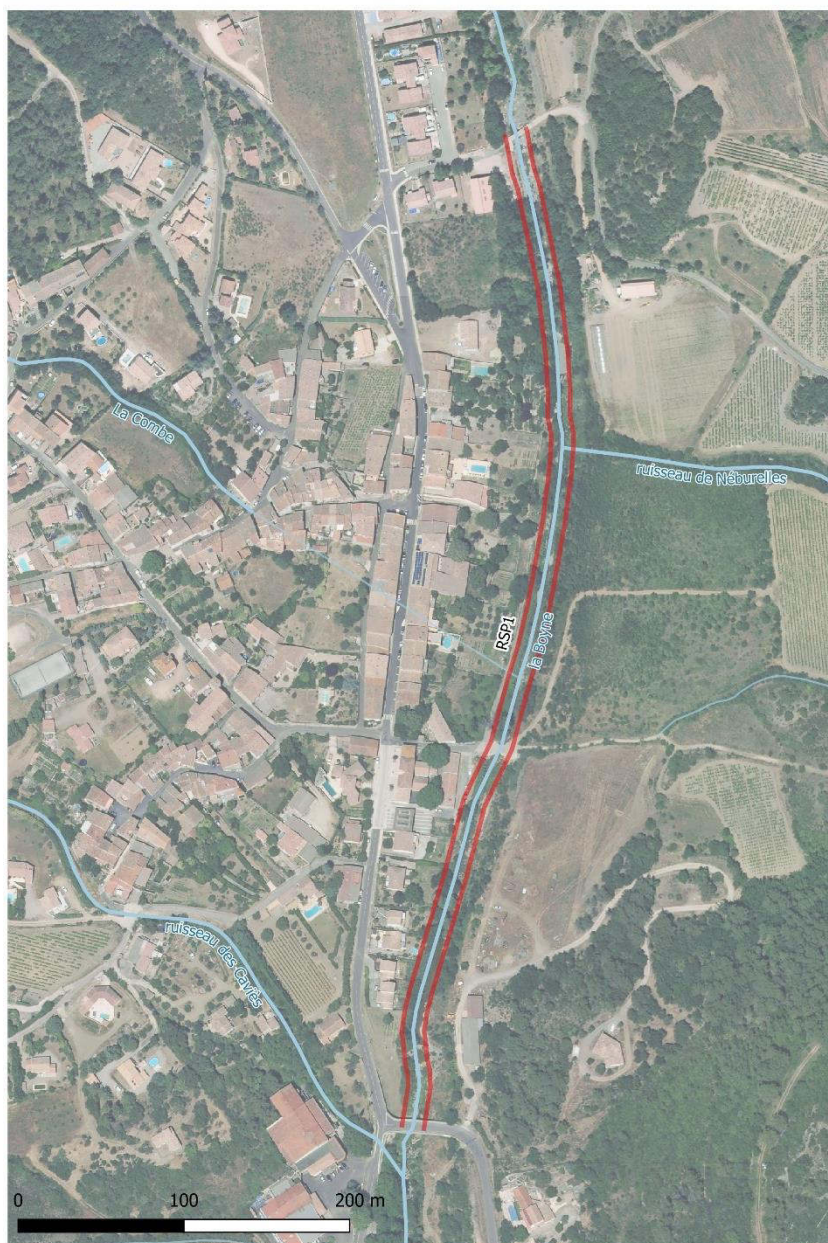


Figure 3 : Localisation détaillée du site RSP1 (source : orthophoto 2018)



Figure 4 : Vue de la Boyne au droit du site de restauration

II.2. DIAGNOSTIC DE L'ETAT ACTUEL

II.2.1. Bornage kilométrique

Un bornage kilométrique a été mis en place de l'amont vers l'aval afin de faciliter la description des ouvrages et du linéaire d'étude. Les bornes sont localisées tous les 200m sur les planches graphiques.

II.2.2. Expertise de terrain

L'expertise de terrain a été réalisée les 10 Juin 2021, par temps beau et sans précipitations significative la semaine précédant l'expertise. Le débit s'écoulant dans la Boyne était de l'ordre de 1 l/s, voir inférieur à nul dans certains secteurs.

i. Morphologie

Les caractéristiques morphologiques générales du site RSP1 sont les suivantes :

	RSP1
Largeur plein bord (L_{pb})	15 m
Hauteur plein bord (H_{pb})	2 m
Rapport (L_{pb} / H_{pb})	7.5
Largeur lit majeur	50 à 60 m

Pente (hors ruptures de pente : chute naturelle ou ouvrages)	0.8 à 1,3%
--	------------

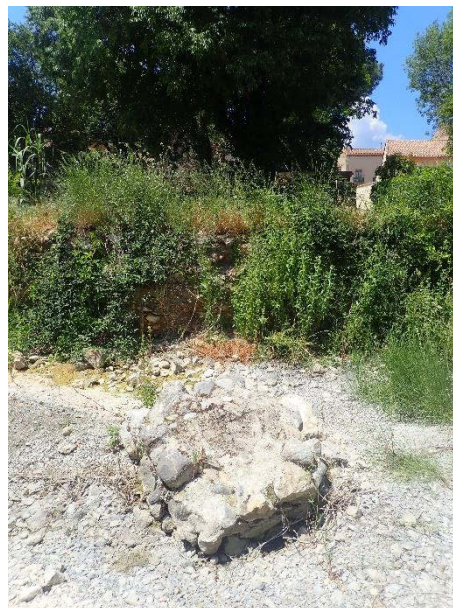
Tableau 1 : Caractéristiques morphologiques générales sur le site RSP1

Sur le site RSP1 la Boyne s'écoule essentiellement sur l'affleurement rocheux. Deux principales zones de dépôts de matériaux sont observées et sont notamment liées à la présence d'ouvrages anthropiques (gué n°2 et seuil n°2). La granulométrie des matériaux déposés dans ces secteurs (graviers à cailloux fins) est globalement plus fine qu'en amont et en aval de Cabrières (cailloux grossiers).



Atterrissements en amont du gué n°2 (gauche) et du seuil n°2 (droite)

Une seule zone d'érosion est présente sur 25 m, elle est due à l'effondrement d'un mur de protection dans le lit et au remou généré par ce dernier en crue. Cette érosion a aussi été aggravée par l'absence de ripisylve dans le secteur.



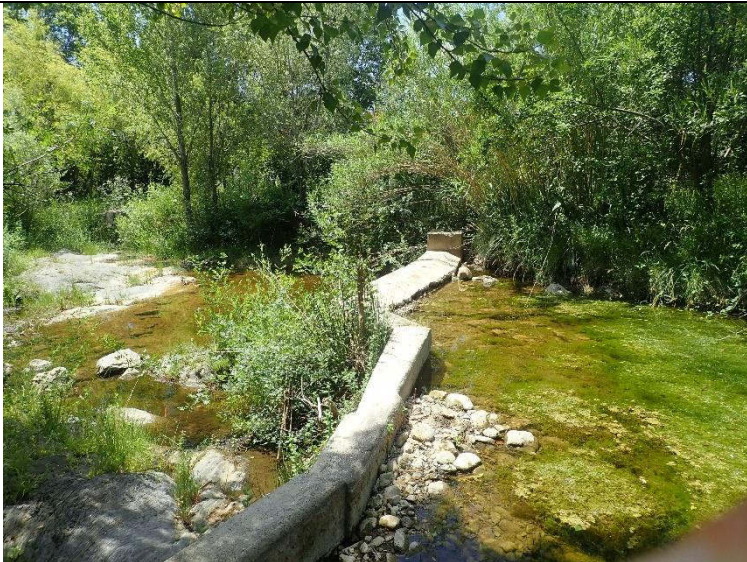
Mur effondré et érosion

Les pentes de berge sur le site RSP1 sont inférieures à 2H/1V sur la quasi-totalité du linéaire, aux exceptions suivantes près :

- Au droit des ouvrages de protection
- Dans le remous liquide du seuil, toutefois seule la partie sous le niveau du seuil est concernée.

ii. Ouvrages anthropiques

La boyne dans la traversée de Cabrières est assez fortement anthropisée, du fait de la proximité des habitations et enjeux à proximité. Les ouvrages anthropiques sont présentés dans la table suivante :

Localisation	Photo	Description / remarques
PK -0.08 (Hors site)		<u>Seuil n°1</u> : Seuil béton d'une hauteur de 30 à 70cm dans un mauvais état (affouillé en pied) Ouvrage alimentant historiquement un béal en rive droite, mais actuellement plus fonctionnel.
PK 0.0		<u>Gué n°1 du chemin des Figuières</u> : Passage à gué en béton armé de type PIPO ¹ reposant sur l'affleurement rocheux d'une portée de 7,5 m et d'une hauteur de 1 m. Ouvrage en mauvais état avec des épaufrures en aval. Deux ouvrages d'entonnement en enrochements sont associés à ce gué en rive droite (amont et aval) d'une longueur de 65 et 30 m.

¹ Passage Inférieur Portique Ouvert

	 <i>Vue depuis la rive gauche avec les enrochements amont / aval</i>	
PK 0.16 rive droite	 	Ouvrage en enrochement liaisonné se prolongeant en aval par un mur / perré maçonné artisanal. Au droit de l'enrochement un puits de pompage Au droit de cette propriété, la berge est fortement artificialisée avec un haut de berge bétonné et des ouvrages venant réduire localement la largeur du lit (les ouvrages sont quasiment alignés avec l'axe du lit selon le cadastre : 

PK 0.27 à 0.38 rive droite		<u>Mur maçonné en lit majeur rive droite</u> longeant les jardins potagers. Bien que transparents du fait des portes et tronçons effondrés, ces ouvrages ont tendance à cloisonner le lit mineur et le lit majeur rive droite, notamment en concentrant les écoulements en crue uniquement sur le lit mineur.
PK 0.39		<u>Gué n°2 du chemin de la rivière :</u> Pont submersible constitué d'un cadre 150x70cm en béton. Ouvrage dans un état général moyen initialement constitué de 2 buses et modifié il y a moins de 10 ans.

PK0.39 à PK0.42 rive droite		<u>Merlon</u> de terre de 0.5 à m de haut, reconstitué suite à la crue d'Octobre 2019. Ouvrage contourné par l'amont dès sa mise en charge et ne présentant que peu d'intérêt. Il est fortement colonisé par des cannes de Provence.
PK 0.57		<u>Seuil n°2 :</u> Seuil historique d'alimentation du moulin de Louvet en pierres maçonnées. Seuil de 2m de haut en mauvais état général, avec de nombreuses infiltrations.

PK0.61		<u>Pont de la RD15 :</u> Pont à trois ouvertures de 8,5 m et d'une hauteur de 3 à 4.5 m avec deux piles centrales à profil arrondi amont aval.
--------	---	--

iii. Ripisylve

Dans la traversée de Cabrières, la ripisylve présente un état moyen à mauvais. Les principaux facteurs de dégradation sont les suivants :

- Sa largeur limitée inférieure à 5 m sur la quasi-totalité du linéaire et se limitant souvent à un simple rang de frênes. Cette largeur est limitée par les usages en place et notamment :
 - La présence de chemins comme en amont du gué n°2
 - Les jardins des habitations où l'entretien paysagé limite fortement la diversité et la largeur de la ripisylve
 - Le réseau électrique en rive gauche
- Sa faible densité et l'ombrage faible qu'elle apporte. Notamment sa hauteur est limitée en rive gauche par la présence d'un réseau électrique haute tension.
- La présence d'espèces exotiques envahissantes et notamment de cannes de Provence sur la rive droite en amont du gué n°1
- Un facteur naturel lié à la présence de l'affleurement rocheux, notamment en berge et limitant le développement de la ripisylve.

	
<i>Ripisylve localement large et équilibrée en amont du site (PK 0.06)</i>	<i>Ripisylve quasi absente et cannes de Provence en amont du gué n°2</i>
	
<i>Ripisylve contrainte en hauteur par le réseau électrique (PK0.40)</i>	<i>Ripisylve dans un état moyen en aval du site (PK0.5)</i>

II.2.3. Analyse géologique

La carte géologique du BRGM au 1/50 000ième (Feuille N°989 - Lodève) est la suivante au droit de ce site :

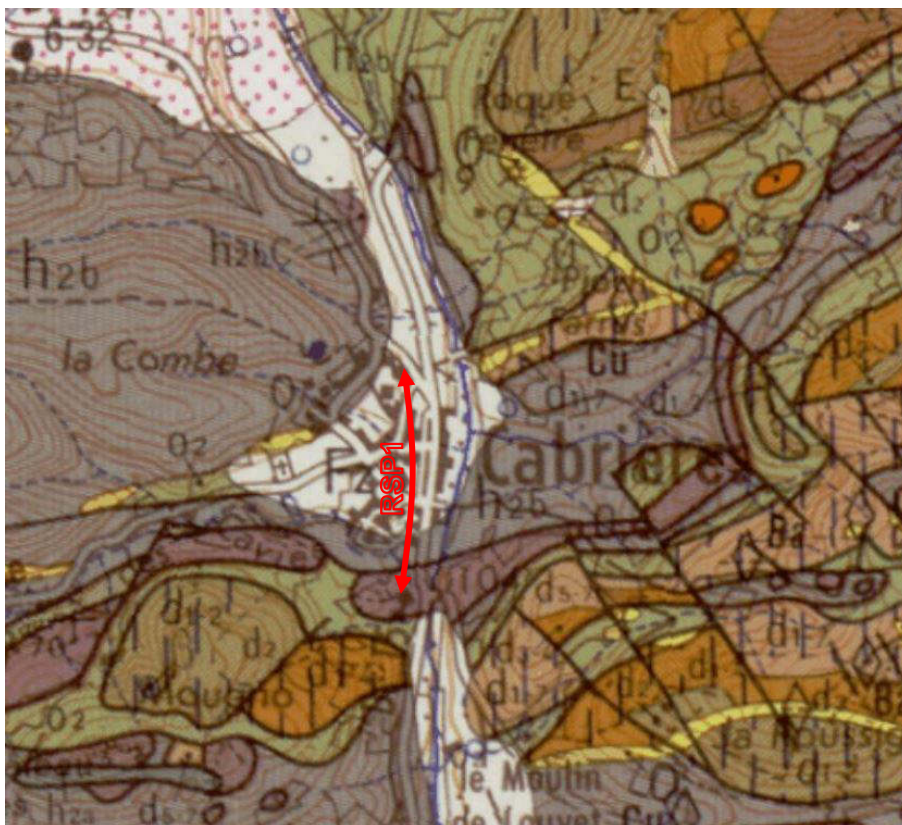


Figure 5 : Carte géologique – RSP1

Sur le site RSP1, la Boyne s'écoule directement sur l'affleurement rocheux sur une majeure partie du linéaire. Les principales formations rencontrées sont les suivantes :

- Des Flysch du Carbonnifère inférieur (h2b) présents sur l'aval du site et en rive gauche en amont direct
- Des Calcaires à Productus du Viséen (h2bC) (Carbonnifère inférieur) au droit du pont de la RD15
- Ponctuellement des dolomies du Dévonien (d1-7)
- Des alluvions anciennes (Fz) qui constituent la berge rive droite et sur lesquelles repose le village de Cabrières



Figure 6 : Flysch au niveau de du chemin de la rivière

II.2.4. Recensement des enjeux et des contraintes à proximité du site

i. Contraintes liées aux réseaux

Des déclarations de travaux ont été lancées dans le cadre du diagnostic. Les concessionnaires suivants disposent de réseaux à proximité directe de la Boyne et pouvant être localisés dans l'emprise des futurs travaux :

Réseau	Exploitant
Eau potable	Communauté de communes du Clermontais
Eaux Usées	
Fibre	CD34
Réseau électrique	Enedis
Télécommunications	Orange K2 Languedoc Roussillon

Leur localisation sommaire a été reportée sur la carte à la page suivante :

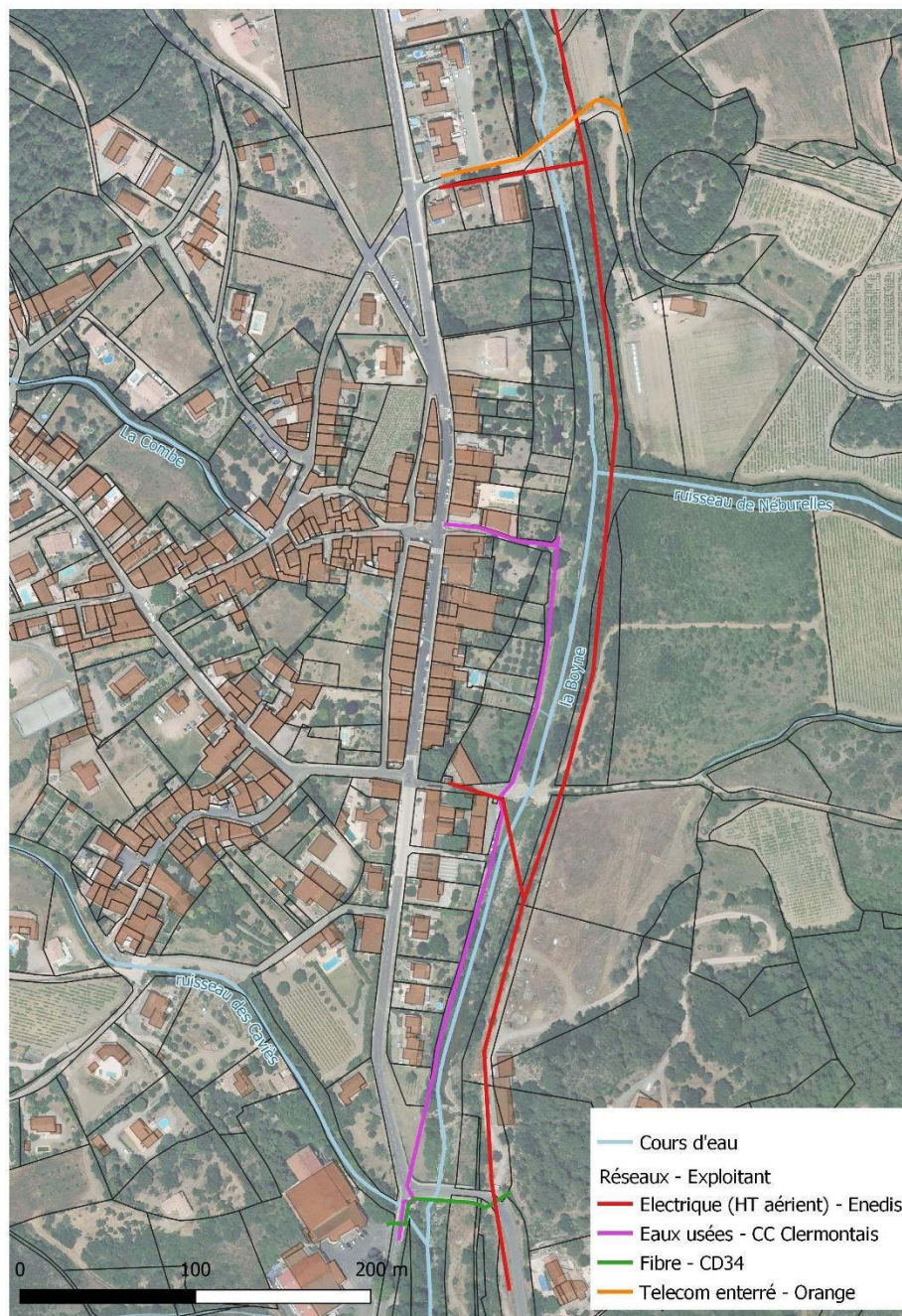


Figure 7 : Localisation générale des réseaux à proximité de la Boyne à Cabrières

Les principales contraintes liées à la présence de ces réseaux sont les suivantes :

- Réseau électrique Haute Tension : Ce réseau longe la Boyne sur l'ensemble du linéaire en rive gauche à une distance de 5 à 15 m du pied de berge et les poteaux présentent une hauteur de 6 à 8 m. La présence de ce réseau dans l'emprise de la ripisylve limite fortement sa qualité du fait de l'entretien drastique qu'il nécessite (étêtage des arbres à 2-3 m).
- Réseau d'eaux usées : Ce réseau longe la Boyne sur les 2/3 du linéaire à une distance inférieure à 10 m. Ce réseau est vulnérable en crue, peut être à l'origine de débordements en direction de la Boyne et pourra nécessiter un déplacement pour intervenir sur les berges. Au niveau du pont de la RD15 des traces de débordement récent ont été observées.

- Réseau Telecom : Ce réseau passe aux abords du gué n°1, vraisemblablement en aval de ce dernier (voir photo ci-après) enrobé de béton en fond de lit.
- Réseau Fibre : ce réseau est en projet, mais étant en encorbellement, il ne pose pas de contrainte particulière



Figure 8 : Vue de l'enrobage béton du réseau orange (gauche) et du réseau HTA Enedis (droite)

ii. Autres enjeux et usages

Sur le site RSP1, la Boyne traverse Cabrières et les principaux enjeux et usages présents sont liés à la présence de l'urbanisation. On dénote notamment :

- La présence de jardins en rive droite sur l'ensemble du linéaire, avec notamment des potagers en amont du gué n°2
- La présence de deux pompages domestiques entre les deux gués, dont un avec un puits de pompage dans le lit

II.3. ETUDE HYDRAULIQUE EN SITUATION ACTUELLE

II.3.1. Analyse hydrologique

i. Débits de crue

Les données hydrologiques utilisées sont majoritairement issues de l'étude hydraulique de détermination des zones inondables à Cabrières (SIEE, 1994)

La surface du bassin versant de la Boyne en aval de Cabrières est d'environ 29,8 km² (au niveau du Moulin de Louvet). En aval du site de restauration (pont de la RD15), la superficie du bassin versant est d'environ 27 km² pour une longueur de 10,6km et un temps caractéristique de 5h30.

Les débits issus de l'étude hydraulique ont été obtenus par la méthode rationnelle pour le calcul du débit décennal et par application d'un coefficient de x2 pour l'obtention du débit centennal, les débits sont les suivants :

	La Boyne en aval du site RSP1 (pont D15)
superficie BV	27 km ²
Q10	55 m ³ /s
Q100	110 m ³ /s

Les autres périodes de retour peuvent être obtenues par application des coefficients de l'Inspection Technique de 1977 (IT77), ils sont les suivants :

Période de retour	Débits de crue (m ³ /s)
2 ans*	33
5 ans*	44
10 ans	55
20 ans*	69
50 ans*	88
100 ans	110

* débits estimés selon les ratios de l'IT de 1977

Tableau 2 : Débits des crues de la Boyne en aval de Cabrières (pont RD15)

ii. Evénement du 22-23 Octobre 2019

Les cumuls pluviométriques observés à Cabrières lors de l'événement 22 et 23 Octobre 2019 sont disponibles sur la station automatique du département de l'Hérault à Cabrières.

Les cumuls maximaux observés sont de 185mm en 5h30, ce qui correspond au temps de concentration de la Boyne à Cabrières. L'étude hydraulique à Cabrières (SIEE, 1994) mentionne des cumuls pluviométriques nécessaires de 200 à 220mm sur cette même durée pour générer un événement centennal.

L'exploitation du modèle hydraulique décrit ci-après et des PHE relevées suite à cette crue a permis d'estimer le débit de crue d'Octobre 2019 à 90 m³/s, soit une crue cinquantennale, ce qui apparaît cohérent avec les cumuls pluviométriques observés.

iii. Débits courants

Aucune station de suivi hydrométrique n'est présente sur la Boyne. La cartographie de consensus des débits caractéristiques de référence réalisée par Irstea (2012) sur la France est utilisée pour la détermination des débits courants. Les valeurs données sont les suivantes :

- QMNA5 : 0.03 m³/s (IC : 0.0-0.024 m³/s). Le niveau de robustesse de ces données est « Fragile »
- Module : 0.236 m³/s (IC : 0.178-0.312 m³/s). Le niveau de robustesse est fixé à « prudence ».

II.3.2. Modélisation hydraulique des écoulements

i. Modèle utilisé

Un modèle filaire monodimensionnel (1D) avec écoulement à surface libre en régime permanent a été utilisé pour la modélisation des écoulements en crue.

Compte tenu un profil globalement en V des zones topographiques dans lesquelles s'écoulent les cours d'eau étudiés (pas d'écoulement divergent) et compte tenu l'absence de grands casiers de stockage des débordements (les débordements s'écoulent sans zone d'eau morte de stockage), ce type de modèle hydraulique est approprié à rendre compte des conditions d'écoulement observées sur le terrain.

Le logiciel de modélisation utilisé pour simuler les écoulements en crue est HEC-RAS. Il est développé par l'US Army Corps of Engineers. Ce code de calcul permet la modélisation unidimensionnelle (1D) en régime permanent ou transitoire des écoulements graduellement variés. Il est basé sur la résolution des équations de Barré de Saint Venant. La topographie du terrain naturel est discrétisée sous forme de profils en travers et en tout nœud, le programme calcule les hauteurs d'eau et la vitesse moyenne d'écoulement.

Ce logiciel intègre les ouvrages particuliers tels que les digues, ouvrages de franchissement, déversoirs... Pour chacun d'eux, le modélisateur a le choix des paramètres et du type de formule de manière à optimiser la représentativité du modèle.

ii. Topographie et paramètres de calcul

Les données topographiques utilisées pour la construction du modèle sont les suivantes :

- Les levés topographiques réalisées dans le cadre de la présente étude pour le lit mineur (CEAU, 2021)
- Les levés topographiques de l'étude hydraulique de Cabrières (Roque, 1993) pour les ouvrages non modifiés (Pont RD15, seuil en amont, gué n°1 et seuil amont gué n°1)
- Le levé LIDAR disponible sur la zone (MNT Hérault 2013) pour le lit majeur.

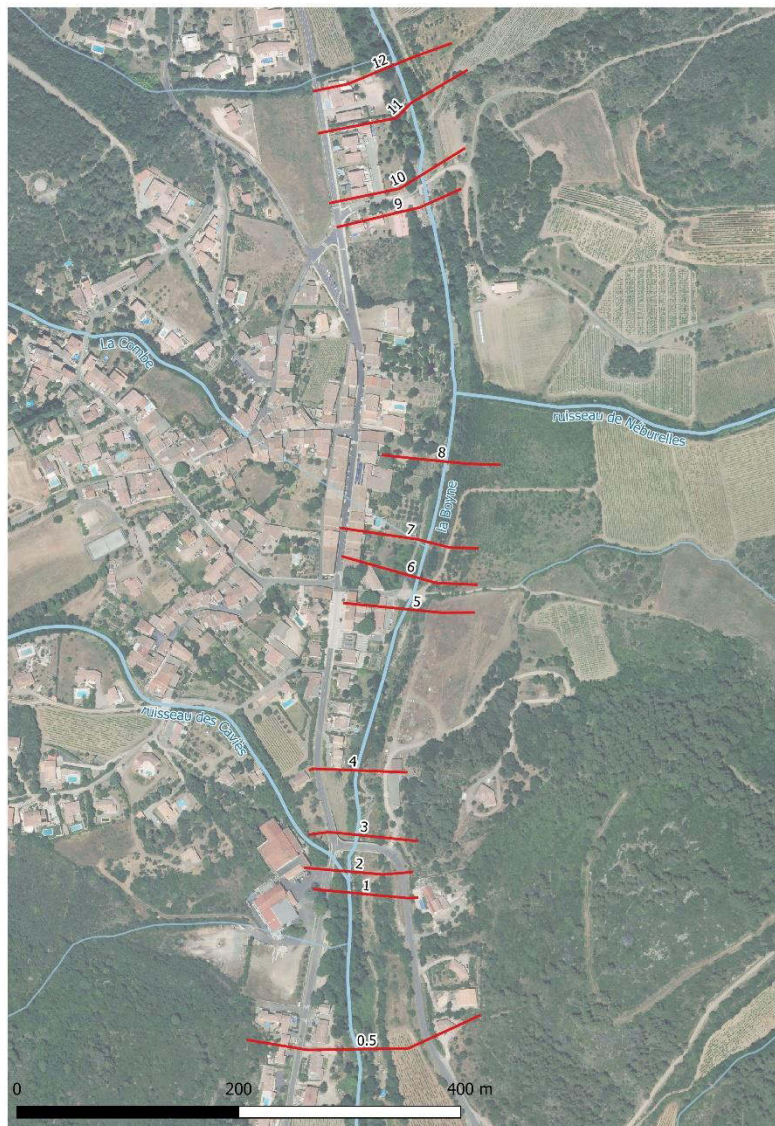


Figure 9 : Localisation des profils en travers du modèle hydraulique – Site RSP1

Les coefficients de Manning-Strickler utilisés pour rendre compte des conditions de rugosité sur le fond sont globalement les suivants :

- Lit mineur : 0.06 à 0.07 selon la largeur du lit ou l'encombrement du lit ;
- Lit majeur : 0.08 à 0.125

La condition aval a été fixée à la côte normale avec une pente de 0.013.

iii. Débits plein bord

Les débits plein bord ont été déterminés le long du site de restauration afin d'appréhender le fonctionnement hydraulique général, mais aussi de caractériser les périodes de retour de débordement et les altérations de la Boyne, ils sont présentés ci-après :

Profil	Débit plein bord (m3/s)	Commentaire
10	15	
Gué n°1		
9	40	
8	20	
7	20	
Gué n°2		
5	50	profil sans merlons
4	15	
Seuil		
3	25	
Pont RD15		

Tableau 3 : Débits plein bord en différents points du modèle

Les débits pleins bords varient entre 15 et 50 m³/s avec une valeur proche de 20m³/s sur la moitié du linéaire. Les valeurs plus élevées sont rencontrées en aval des gués n°1 et 2, vraisemblablement du fait d’un surdimensionnement du lit au niveau des fosses de dissipation créées par ces ouvrages.

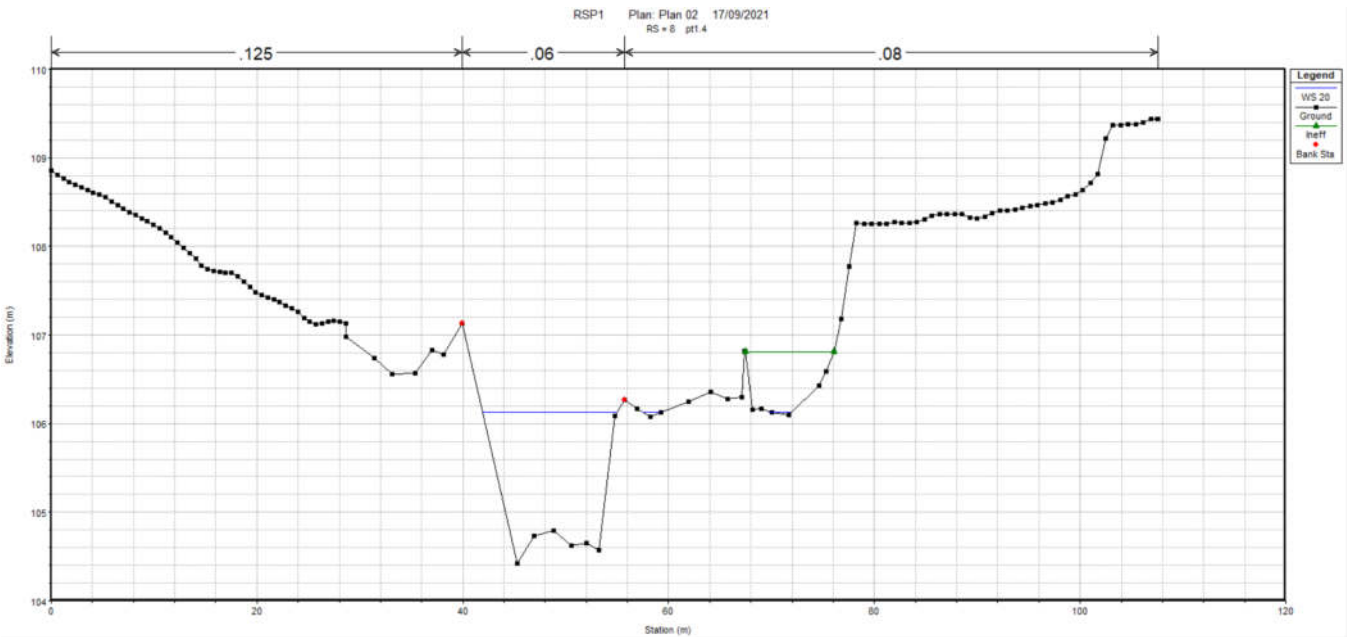


Figure 10 : Profil en travers 8 pour une crue de 20m³/s

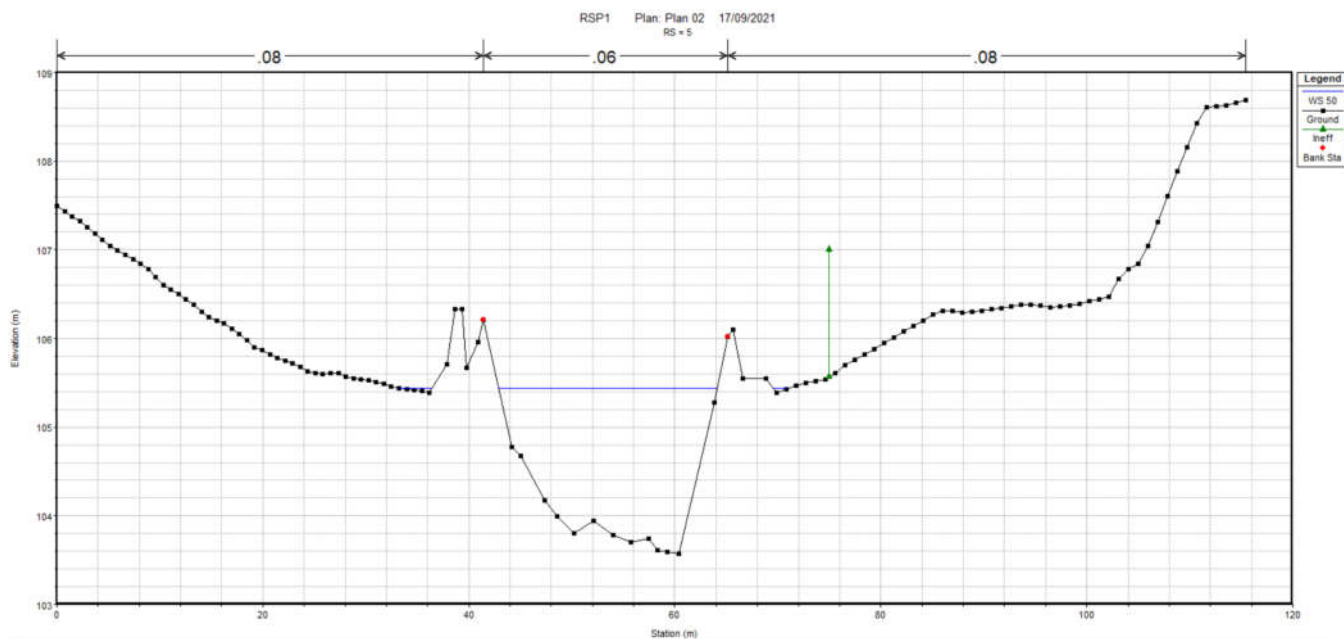


Figure 11 : Profil en travers 5 pour une crue de 50m³/s

La valeur de 20 m³/s est proche du débit biennal journalier.

II.4. DIAGNOSTIC HYDROMORPHOLOGIQUE

II.4.1. Analyse historique

i. Carte de l'état-major (1866) et cadastre napoléonien (1832)



Figure 12 : Carte de l'état-major (1866) sur la commune de Cabrières (source : <https://archives-pierresvives.herault.fr>)

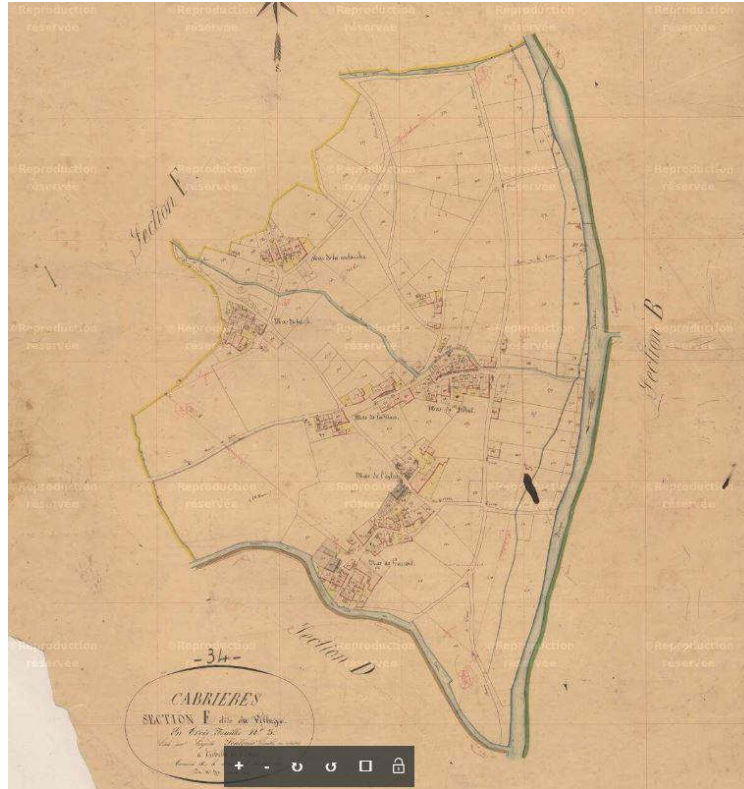


Figure 13 : Cadastre de 1832 au droit de Cabrières (source : <https://archives-pierresvives.herault.fr>)

L'analyse des documents historiques du XIXème siècle font apparaitre les éléments suivants :

- Un seul ouvrage de franchissement existait en amont de Cabrières (pont RD15 amont). Toutefois la présence de chemins en rive gauche laisse présager l'existence de passage à gué en fond de lit.
- Trois seuils alimentant des béals étaient présents dans la traversée de Cabrières, deux étant à l'emplacement des seuils n°1 et 2 actuels et un autre en amont du seuil 1. Le seuil 3 correspond au seuil historique d'alimentation du Moulin de Louvet
- Au XIXème siècle, aucune habitation ne s'étend entre la route de Clermont et la Boyne

ii. Photos aériennes et cartes postales (1944-2009)

Les photos aériennes analysées sur la période 1944-2009 sont présentées ci-après :

	
1954	20/12/1962
	
07/1978	06/1988

	
03/1998	05/2005

Commentaires :

- L'ensemble des traversée de cours d'eau sont présentes dès 1944. Toutefois, les gués ne présentent vraisemblablement pas les mêmes caractéristiques qu'en situation actuelle (passage à gué en fond de lit)
- Les effets de la crue de Novembre 1962 identifiables sont un affouillement important en amont du gué n°2 et du seuil n°2. De la même manière entre 1988 et 1998, les mêmes phénomènes sont à dénoter laissant présager l'occurrence d'une crue importante sur cette période.
- On dénote un développement de la ripisylve à partir du début des années 80 en particulier entre les gués n°1 et 2 et en aval du gué n°2 dans les années 2000
- Globalement le tracé du lit de la Boyne dans la traversée de Cabrière n'a pas évolué au cours des deux derniers siècles

II.4.2. Analyse du profil en long de la Boyne

Le profil en long issu du levé de 2017 est présenté ci-après.

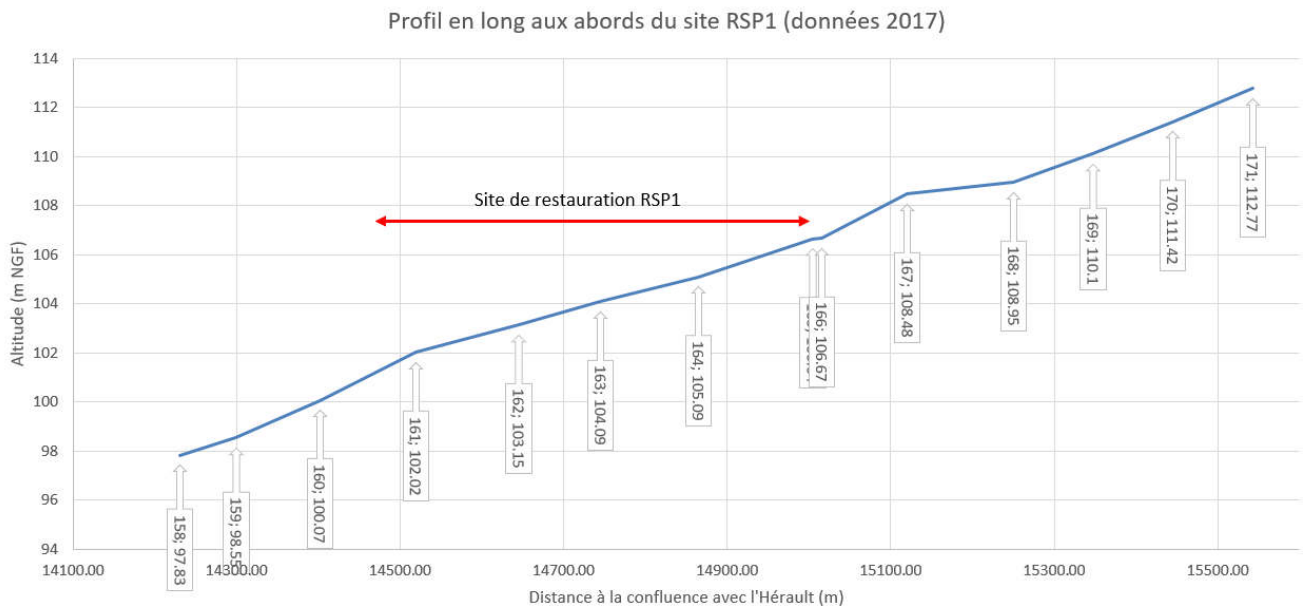


Figure 14 : Profil en long de la Boyne au droit du site RSP1 (données 2017)

La pente générale sur le site RSP1 est de 1% avec une rupture de pente directement en amont et en aval.

En profil en long plus détaillé issu des données topographiques de la présente étude est présenté ci-après :

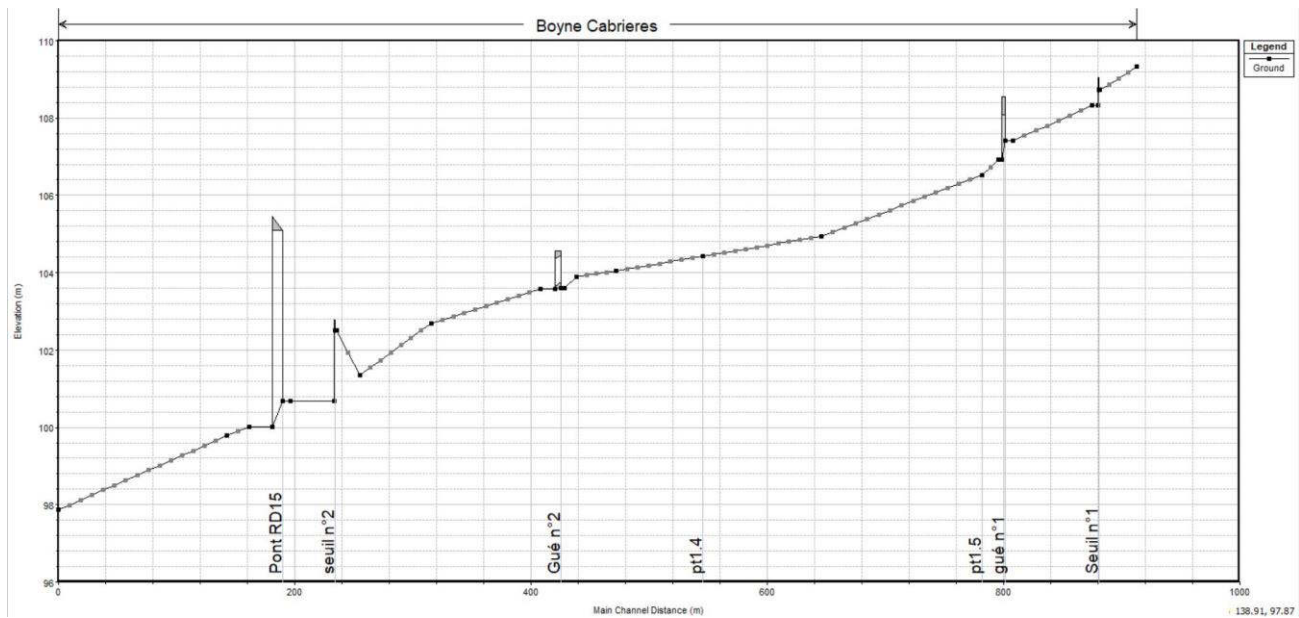


Figure 15 : Profil en long de la Boyne au droit du site RSP1 (données 2021)

Sur ce profil en long plus détaillé on remarque une section intermédiaire entre le gué n°1 et le seuil n° 2 de plus faible pente (proche de 0.8%) et des pentes amont aval plus proche de 1.4%.

Au vu de la prédominance de l'affleurement rocheux dans le secteur, le profil en long reste peu influencé par les ouvrages en place et les seuls effets que l'on dénote sont les suivants :

- Un exhaussement de 20 cm maximum en amont du gué n°1
- Un surstockage de 20 à 50 cm en amont du seuil n°2

II.4.3. Puissance spécifique

Les capacités d'ajustement d'un cours d'eau sont fortement dépendantes de sa puissance spécifique, qui correspond au produit de la pente et du débit, ramené à la largeur du cours d'eau.

La puissance spécifique a été calculée pour différents profils sur le linéaire d'étude sur la base des résultats des modélisations et notamment, la pente de la ligne d'eau et le débit plein bord.

Point de calcul (profil)	Pente de ligne d'eau (m/m)	Largeur plein bord (m)	Débit plein bord (m ³ /s)	Puissance spécifique (W/m ²)
10	0.004	20	15	69
Gué n°1				
9	0.009	18	40	196
8	0.005	14	20	70
7	0.005	11	20	82
Gué n°2				
5 sans merlons	0.008	21	50	187
4	0.002	15	15	20
Seuil				
3	0.015	22	25	167

Tableau 4: Paramètres de calcul des puissances spécifiques

A l'exception d'un profil, la puissance spécifique minimale est supérieure au seuil théorique de 35W/m² au-delà duquel les cours d'eau ont la capacité à se réajuster morphologiquement. En amont du seuil n°2, la puissance spécifique est fortement réduite, du fait de la diminution de capacité liée à la présence du seuil.

Compte tenu le caractère érodable des berges et un potentiel d'apports solides non nul, la capacité du cours d'eau à se réajuster morphologiquement est très suffisante pour envisager laisser faire la nature rétablir un nouvel équilibre au gré des crues morphogènes.

II.4.4. Amplitude d'équilibre

Les cours d'eau à l'équilibre morphologique et non artificialisés présentent une capacité plein bord de l'ordre du débit de crue biennal. La largeur plein bord pour ce débit théorique peut être évaluée à partir de la formule de Hey qui prend en compte la végétalisation des berges.

Pourcentage de végétation sur les berges	w = largeur à pleins bords en m
0% (arbres ou arbustes)	$w = 4,33Q_{pb}^{0,5}$
1-5%	$w = 3,33Q_{pb}^{0,5}$
5-50%	$w = 2,73Q_{pb}^{0,5}$
50%	$w = 2,34Q_{pb}^{0,5}$

Figure 16 : Formule de Hey

Ainsi, le gabarit théorique naturel est une estimation de la largeur que prendrait naturellement le cours d'eau sous l'action des crues morphogènes et pour un état d'équilibre morphologique.

Il a ainsi été trouvé pour le site RSP5 (hypothèse de 50% de végétation sur les berges) : $w = 14,5m$.

Pour un cours d'eau très peu mobile, l'amplitude d'équilibre optimale définie selon le guide de l'espace de bon fonctionnement de l'Agence de L'Eau Rhône Méditerranée (2016) est voisine de 3 à 6 fois la largeur plein bord L_{pb} du lit avec un minimum égal à $L_{pb}+20$. Pour précision, L'Espace de Bon Fonctionnement (EBF) est l'espace indispensable au maintien dans un bon état de fonctionnement d'une masse d'eau sur le long terme. Pour un cours d'eau, les fonctions du cours d'eau à maintenir et préserver sont à minima hydraulique, morphologique et écologique.

Le périmètre morphologique de la Boyne à Cabrières est de : $L = 40$ à $60 m$.

II.5. SYNTHÈSE DU DIAGNOSTIC

II.5.1. Synthèse du diagnostic morpho-écologiques

Le tracé de la Boyne dans la traversée de Cabrières a globalement peu évolué au cours des deux derniers siècles. On dénote toutefois une artificialisation croissante avec la construction de ponts, passages à gués et protections de berges au cours du dernier siècle. Cette artificialisation accompagne le développement urbain et les usages aux abords de la de Boyne avec notamment la présence de jardins, le développement de réseaux électriques ou d'eaux usées le long de cet élément naturel structurant la commune.

Les principales altérations identifiées dans le cadre de ce diagnostic sont les suivantes :

1. La dégradation de la ripisylve, et sa faible fonctionnalité du fait de sa faible largeur et densité
2. La présence d'ouvrages de protection localisés et de merlons ponctuels
3. La présences d'ouvrages transversaux qui influencent peu le profil en long, mais dont la présence ralenti le transport sédimentaire, notamment le seuil en aval et dans une moindre mesure le gué n°2

II.5.2. Synthèse des enjeux écologiques

Le pré-diagnostic a permis d'identifier des espèces patrimoniales ou protégées sur ce site, situées sur toutes les zones où la ripisylve est présente, au sein du cours d'eau, dans les zones plus sèches à proximité et au niveau du bâti ancien.

Le cours d'eau est moyennement incisé, il a encore localement des berges en pente douce qui offrent des micro-habitats de cressonnières, favorables aux libellules patrimoniales, et également quelques

petits herbiers aquatiques. Le cours d'eau est l'habitat de chasse de couleuvres (dont la couleuvre vipérine observée sur le site), et l'habitat de reproduction d'odonates et d'amphibiens. Pour ces milieux et ces espèces, une adaptation du calendrier des travaux sera nécessaire. Cependant, ces habitats se situent dans le lit mineur du cours d'eau, et sont par nature des milieux temporaires, soumis aux variations saisonnières du cours d'eau (crues, remobilisation du substrat...). Il n'y a pas lieu de proposer des actions de conservation, de gestion ou de restauration de ceux-ci, mais plutôt d'intégrer la conservation d'une dynamique hydraulique qui leur soit favorable pendant les travaux.

La ripisylve est présente sur une bonne partie du linéaire, mais de manière extrêmement réduite, parfois juste un alignement d'arbres ou d'arbustes, sur l'essentiel de la rive droite et la moitié aval de la rive gauche. Le premier quart amont comporte quelques grands arbres potentiellement favorables aux coléoptères saproxyliques protégés, notamment à la Rosalie des Alpes. Quelques pieds d'Aristolochie à feuilles rondes, plantes hôtes de la Diane (papillon protégé) ont été observés entre la ripisylve et les parcelles agricoles ou les jardins privés. Le bâti ancien du village (maisons, pont...) est favorable aux chauves-souris. **Il est donc important de préserver ces éléments remarquables : vieux arbres (arbres remarquables), ripisylve, zones avec cavités potentielles (pont et bâti ancien), haies, plantes hôtes de la Diane (aristoloches).**

Les points problématiques concernant la biodiversité sont divers. La canne de Provence a colonisé certaines berges en aval où la ripisylve est maintenant complètement absente.

Il serait opportun de rappeler les règles de débroussaillage qui incombent aux propriétaires des parcelles privées situées en bordure du cours d'eau. En effet, certains propriétaires entretiennent de manière excessive les arbres et arbustes de la ripisylve, parfois jusqu'à suppression complète de toute la végétation jusqu'à la rivière.

Enfin, la présence d'espèces protégées dans les zones plus sèches à proximité du cours d'eau, comme le **Lézard ocellé** et la **Proserpine**, nécessite une prise en compte lors de la modification potentielle de ces habitats pendant la phase travaux et au-delà.

II.5.3. Objectifs de restauration

Au vu du diagnostic morphologique et des enjeux écologiques, les objectifs de restauration suivants semblent prioritaires :

- Restaurer la ripisylve dans les secteurs dégradés, en particulier en amont et en aval du gué n°2.
- Relocaliser les enjeux dans l'emprise du périmètre morphologique de la Boyne, et plus spécifiquement les réseaux d'eaux usées et électriques

Un objectif de restauration secondaire serait de supprimer les ouvrages de protection et ouvrages transversaux pour renaturer les berges artificialisées et améliorer le transit sédimentaire.

II.6. PROPOSITION DE SCENARII D'AMENAGEMENTS (ESQ)

II.6.1. Scenario de niveau 1 – ambition minimale

i. Objectifs de restauration du scénario

Le scénario d'ambition minimale s'attachera à restaurer la ripisylve dans les secteurs dégradés en exploitant les emprises disponibles sans déplacements d'enjeux.

ii. Descriptif des aménagements

La localisation des aménagements du scénario de niveau 1 est présentée ci-après :

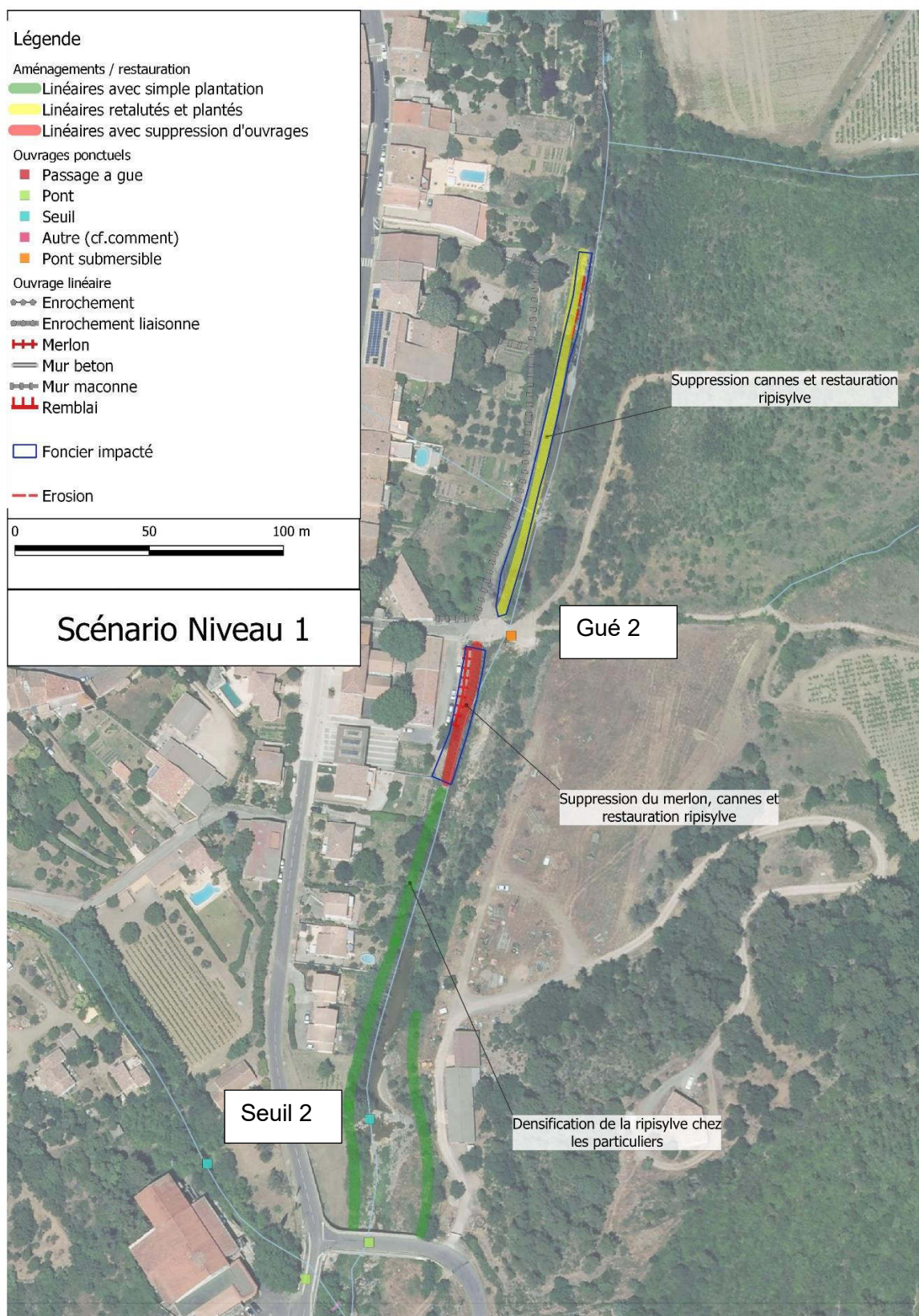


Figure 17 : Localisation des aménagements du scénario niveau 1 – RSP1

Les aménagements prévus dans le cadre de ce scénario concernent la restauration de la berge rive droite en amont et en aval du gué n°2 sur un linéaire de 190 m et en particulier :

- Décapage des rhizomes de cannes de Provence sur 50cm
- Remblai compacté de la zone décapée avec des matériaux gravelo-terreux et retalutage de berge à 2.5H/1V à 3H/1V
- Enlèvement du tronçon de mur maçonné effondré dans le lit sur l'amont du linéaire
- Protection de berge en génie végétal : fascine de saule en pied, géotextile biodégradable, ensemencement et plantations d'arbres et arbustes.

En aval du gué le retalutage se fait en supprimant le merlon en haut de berge. Une clôture piquets bois / cordelette permettra de démarquer la zone de circulation / stationnement, de la berge. En aval direct du gué n°2, le pied de berge sera conforté par des enrochements libres.

Cette action s'accompagne d'un renforcement de la ripisylve chez les particuliers par la simple plantation d'arbres et arbustes d'essences locales et dans les secteur où le contexte est favorable à son installation.

iii. Concertation sur les pratiques d'entretien sous les lignes HTA

Les pratiques d'entretien actuelles sous les lignes HTA présentent les effets suivants, préjudiciables pour la qualité de la ripisylve, mais aussi aggravant le risque et notamment :

- Les volumes de bois de coupes laissés en berges vont être emportés lors de la prochaine crue et représentent un facteur de risque important pour le village de Cabrières.
- L'entreposage des bois de coupe en berge empêche une régénération spontanée de la ripisylve
- La taille en têtard (à 1.5 – 2 m du sol) n'est adaptée qu'au saule et au frêne, pour les autres arbres, elles affectera fortement la reprise des arbres.

Il est préconisé d'adapter les pratiques d'entretien comme il suit :

- Ne pratiquer la coupe en têtard que sur les frênes et saules et sur des individus isolés (receper les arbres attenants.)
- Maintenir les arbustes localisés hors distance de sécurité des lignes (distance >3m).
- Appliquer les pratiques du plan de gestion pour la gestion des bois de coupe et rémanents (billonnage du bois de coupe L=2m hors d'atteinte des eaux et broyage des rémanents)

iv. Contraintes d'aménagement

Les contraintes pour la réalisation de cet aménagement sont synthétisées dans la table suivante :

Contraintes	Commentaires
Réseaux	Présence du réseaux d'eaux usées sous le chemin d'exploitation à maintenir
Foncier	Foncier privé mais peu de modification du haut de berge
Hydrauliques	Les vitesses maximales en crue centennale sont de 1.5 à 2.2 m/s. Des survitesses sont observées au droit du gué du fait de la perte de charge.
Règlementaires	Dossier loi sur l'eau déclaration - rubrique 3.3.5.0 « Remodelage fonctionnel ou revégétalisation de berges »
Usages	-
Autres contraintes	-

Tableau 5: Contraintes d'aménagement du scénario niveau 1 – RSP1

v. *Impacts du scénario*

Impacts du scénario	Note	Commentaires
Impact hydraulique	o	Négligeable, très peu de modification de la section d'écoulement.
Impact morphologique	+	Restauration d'un profil de berge plus favorable à l'instauration d'une ripisylve au droit de l'érosion et en aval du gué n°2
Impact sur l'EBF	o	Le scénario maintien l'espace cours d'eau en l'état sans laisser d'espace supplémentaire.
Impact environnemental	+	Restauration de 1000 m² de ripisylve sur 190 m et densification sur 250 m
Impact paysager	+	Amélioration de l'aspect paysager par restauration de ripisylve
Autres impacts	+	<u>Impacts sur le réseau EU</u> : Ce scénario permet de limiter les risques de recul de berge en crue au droit des aménagements, à ce titre, il réduit légèrement la vulnérabilité du réseau d'eaux usées. Toutefois il ne modifie pas les risques d'érosion de surface du chemin et les mises en charge du réseau en crue à l'origine de déversements.

Tableau 6: Impacts du scénario niveau 1 – RSP1

Les travaux de restauration de la morphologie des cours d'eau sont éligibles aux aides de l'agence de l'eau avec un taux d'aide pouvant atteindre 50% en fonction des gains pour les milieux.

vi. *Chiffrage*

Le chiffrage du scénario de niveau 1, d'ambition minimale est présenté ci-après :

Intitulé	quantité	Unité	Prix unitaire	Coût estimé (€ HT)
Installation/repli de chantier	1	Ft	5 000.00 €	5 000.00 €
Restauration de berge en amont du gué n°2 au droit de l'érosion	45	ml	280.00 €	12 600.00 €
Restauration de berge en amont du gué n°2	95	ml	230.00 €	21 850.00 €
Restauration de berge en aval du gué n°2	50	ml	300.00 €	15 000.00 €
Renforcement de la ripisylve chez les particuliers	260	ml	10.00 €	2 600.00 €
<i>sous total</i>				57 050.00 €
Aléa	~15%			9 000.00 €
Etudes et MOE (PRO-AOR)	~ 10%			6 500.00 €
TOTAL				72 550.00 €

Tableau 7: Chiffrage du scénario niveau 1 – RSP1

II.6.2. Scénario de niveau 2 – ambition intermédiaire

i. Objectifs de restauration du scénario

Le scénario d'ambition intermédiaire présente les objectifs de restauration suivants :

- Restaurer la ripisylve dans les secteurs dégradés
- Sortir les réseaux électriques et d'eaux usées de l'emprise du périmètre morphologique de la Boyne (amplitude d'équilibre).
- Supprimer les contraintes latérales dans les secteurs peu contraints

Ce scénario de restauration accompagne l'action 5.2 du schéma directeur d'eaux usées (SDAEU) correspondant à la restructuration du réseau de Cabrières.

ii. Descriptif des aménagements

La localisation des aménagements du scénario de niveau 2 est présentée ci-après :

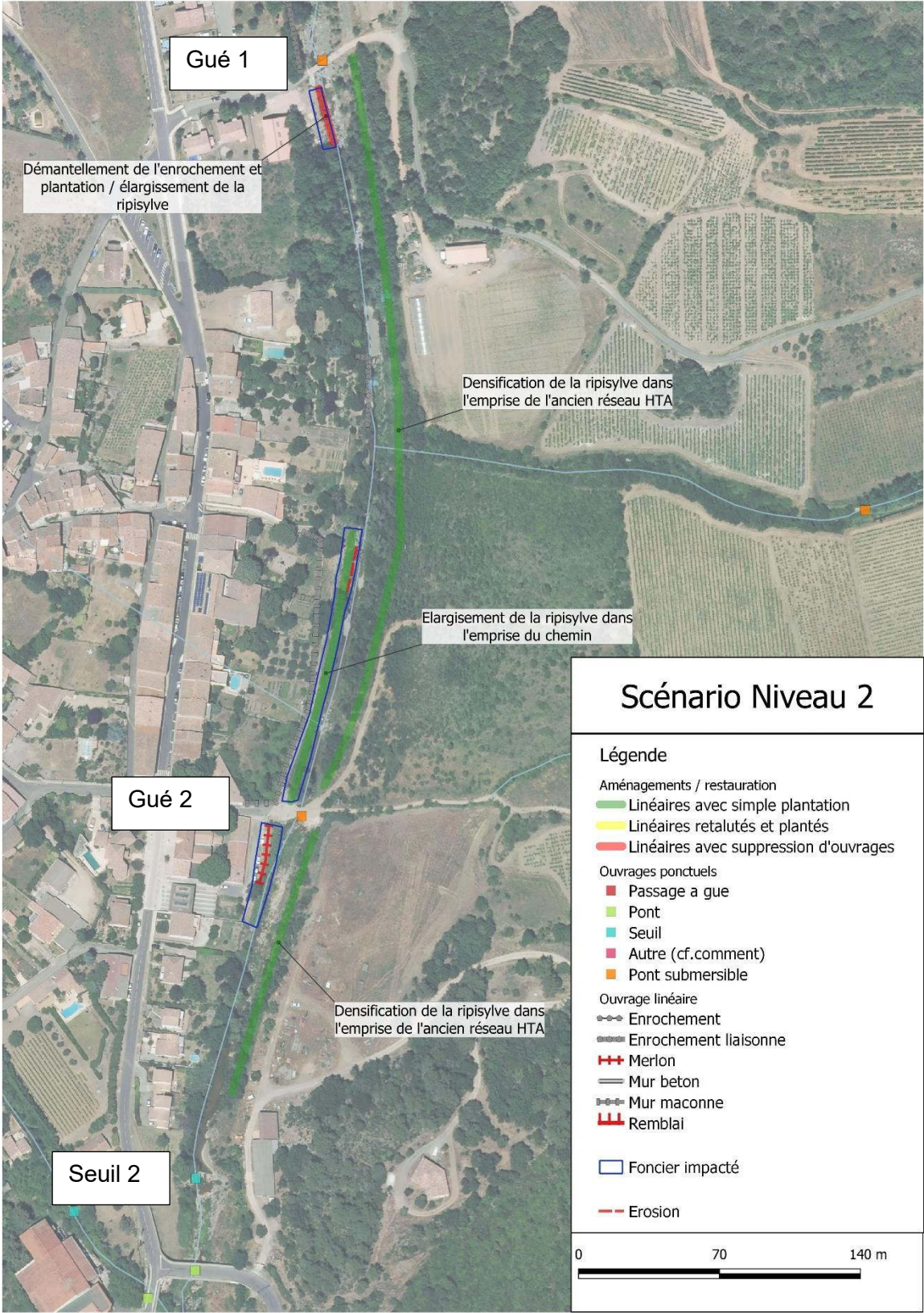


Figure 18 : Localisation des aménagements du scénario niveau 2 – RSP1

Les aménagements prévus dans le cadre de ce scénario sont les suivants :

- Le démantèlement de l'enrochement rive droite en aval du gué n°1 sur un linéaire de 30 m avec replantation de ripisylve. La zone de stockage actuelle en haut de berge est décapée sur 30 cm et décompactée. L'ouvrage d'entonnement du gué intégrant une conduite pluviale est maintenu sur un linéaire de 8 m.
- La relocalisation des containers de recyclage
- L'aménagement de la berge au droit du gué n°2 sur un linéaire de 190 m avec les adaptations suivantes par rapport au scénario de niveau 1 :
 - La substitution de la fascine de saule par des boutures en massifs et la suppression du géotextile biodégradable en amont du gué. Les réseaux d'eaux usées étant déplacés, les impératifs de protection de berges en génie végétal ne s'imposent plus. Les boutures de saules permettent une diversification des profils de berge.
 - Le démantèlement de 10 regards du réseaux d'eaux usées condamné dans le cadre de l'action 5.2 du SDAEU (tranches 2 et 3)
 - Un élargissement de la ripisylve sur 2 à 4 m dans l'emprise du chemin. Un chemin piétonnier est maintenu sur l'autre moitié.
- Le déplacement du réseau HTA en dehors d'une emprise de 30m de part et d'autre de l'axe du lit. Cette emprise permettra un développement de la ripisylve sur à minima 15 m en haut de berge. Le linéaire concerné est d'environ 1.6 km, il couvre l'ensemble du site de restauration, mais aussi jusqu'en amont de la confluence avec le Grand Valat dans la mesure où le réseau présente les mêmes impacts sur ce linéaire. La localisation du linéaire est présentée ci-après. Une demande de déplacement auprès d'Enedis a été initiée dans le cadre de la présente étude. Le scénario de déplacement retenu par Enedis comprend les aménagements suivants :
 - Passage en encorbellement sur le pont de la RD15 aval
 - Passage du réseau en tranchée dans la traversée de Cabrières et jusqu'au pont en amont
 - Réalisation d'un poste HTA dans le secteur de la Mairie (Echanges avec la mairie faits par Enedis)

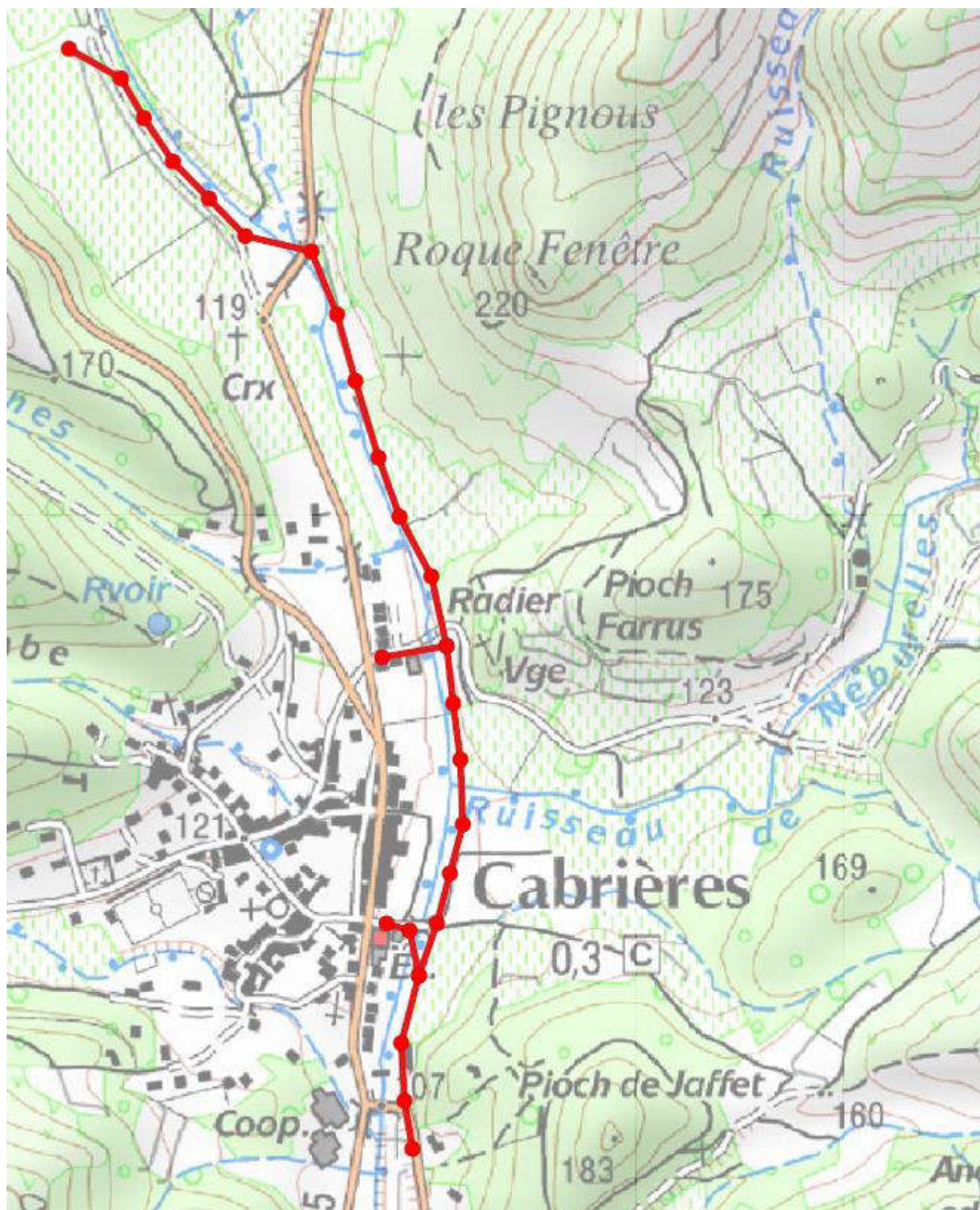


Figure 19 : Localisation du linéaire de réseau HTA Enedis à déplacer sur le site RSP1

Cette action s'accompagne aussi d'un renforcement de la ripisylve chez les particuliers par la simple plantation d'arbres et arbustes d'essences locales et dans les secteur où le contexte est favorable à son installation. Le linéaire couvert est étendu à l'emprise du réseau HTA déplacé.

iii. Contraintes d'aménagement

Les contraintes pour la réalisation de cet aménagement sont synthétisées dans la table suivante :

Contraintes	Commentaires
Réseaux	Déplacement du réseau d'eaux usées et HTA à prévoir dans le cadre du présent scénario
Foncier	Acquisition nécessaire en aval du gué n°1 car perte d'usage associée à l'aménagement. Foncier privé en amont du gué n°2 mais peu de modification du haut de berge
Hydrauliques	Les vitesses maximales en crue centennale sont de 1.5 à 2.2 m/s. Des survitesses sont observées au droit du gué du fait de la perte de charge.
Règlementaires	Dossier loi sur l'eau déclaration - rubrique 3.3.5.0 « Remodelage fonctionnel ou revégétalisation de berges »
Usages	Haut de berge rive droite en aval du gué n°1 utilisée comme zone de stockage
Autres contraintes	-

Tableau 8: Contraintes d'aménagement du scénario niveau 2 – RSP1

iv. Impacts du scénario

Impacts du scénario	Note	Commentaires
Impact hydraulique	o	Négligeable, très peu de modification de la section d'écoulement.
Impact morphologique	+	Restauration d'un profil de berge plus favorable à l'instauration d'une ripisylve en aval du gué n°1, au droit de l'érosion et en aval du gué n°2
Impact sur l'EBF	+	Suppression de contraintes latérales en aval du gué n°1 sur 30m. Sortie d'enjeux (réseaux) de l'emprise de l'EBF sur 600 m
Impact environnemental	++	Restauration de ripisylve sur 220 ml et densification sur 810 m
Impact paysager	+	Amélioration de l'aspect paysager par restauration de ripisylve
Autres impacts	++	<u>Impacts sur le réseau EU</u> : le réseau n'est plus vulnérable aux débordements.

Tableau 9: Impacts du scénario niveau 2 – RSP1

v. Chiffrage

Le chiffrage du scénario de niveau 1, d'ambition intermédiaire est présenté ci-après :

Intitulé	quantité	Unité	Prix unitaire	Coût estimé (€ HT)
Installation/repli de chantier	1	Ft	5 500.00 €	5 500.00 €
Démolition enrochement aval gué n°1 et plantation	30	ml	210.00 €	6 300.00 €
Restauration de berge en amont du gué n°2 au droit de l'érosion	45	ml	210.00 €	9 450.00 €
Restauration de berge en amont du gué n°2	95	ml	180.00 €	17 100.00 €
Restauration de berge en aval du gué n°2	50	ml	300.00 €	15 000.00 €
Renforcement de la ripisylve chez les particuliers ou dans l'emprise réseau HTA	810	ml	10.00 €	8 100.00 €
<i>sous total</i>				61 450.00 €
Aléa	~15%			9 500.00 €
Etudes et MOE (PRO-AOR)	~ 10%			7 000.00 €
TOTAL				77 950.00 €

Couts annexes					MOA
Déplacement réseau HTA sur la commune de Cabrières (devis Enedis)	1100	ml	380.00 €	418 000.00 €	Enedis
Déplacement de réseau EU - Action 5.2 tranches 1 à 3 (SDAEU, Cereg)	1	Ft	740 000.00 €	740 000.00 €	Régie de l'eau CCC

Tableau 10: Chiffrage du scénario niveau 2 – RSP1

Pour ce type de projet des financements sont possibles au titre de la restauration des milieux aquatiques (Agence de l'eau notamment).

Le coût de déplacement du réseau HTA est basé sur le devis fourni par Enedis annexé au présent rapport. Plus de la moitié du montant est alloué aux terrassements (233 000€HT de tranchées) avec des couts élevés, les économies suivantes pourraient être réalisées sur ce poste :

- Lancement d'un marché de travaux pour la réalisation des terrassements avec pose des réseaux HTA par Enedis : moins-value de 100 000€ HT
- Réalisation du déplacement en parallèle aux travaux sur les réseaux d'eaux usées prévus dans le cadre du schéma directeur EU. Environ 50% du linéaire de déplacement du réseau HTA est commun avec les travaux sur les réseaux d'eaux usées et les tranchées pourraient être mutualisées avec pose des réseaux HTA projeté par Enedis. La moins-value attendue sur le devis Enedis serait de 10 à 20 000€HT en plus de celle détaillée précédemment. La mise en tranchée commune réseaux Eaux usées / HTA devra être confirmée auprès d'Enedis.

D'autre part, il conviendra d'engager une négociation avec Enedis afin d'envisager un partage des coûts de déplacement et dans la mesure où Enedis en tirera des avantages (diminution des coûts d'exploitation, renouvellement d'un réseau vieillissant, sécurisation du réseau). Les possibilité de subvention d'une telle opération restent à étudier.

II.6.3. Scénario de niveau 3 – ambition maximale

i. Objectifs de restauration du scénario

Le scénario d'ambition intermédiaire présente les objectifs de restauration suivants :

- Restaurer la ripisylve dans les secteurs dégradés
- Sortir les réseaux électriques et d'eaux usées de l'emprise du périmètre morphologique de la Boyne (amplitude d'équilibre).

- Supprimer les contraintes latérales de l'emprise du périmètre morphologique de la Boyne (amplitude d'équilibre), y compris en lit majeur
- Supprimer ou adapter les ouvrages présentant un impact sur le transport sédimentaire

Ce scénario de restauration accompagne l'action 5.2 du schéma directeur d'eaux usées (SDAEU) correspondant à la restructuration du réseau de Cabrières.

ii. Descriptif des aménagements

La localisation des aménagements du scénario de niveau 3 est présentée ci-après :

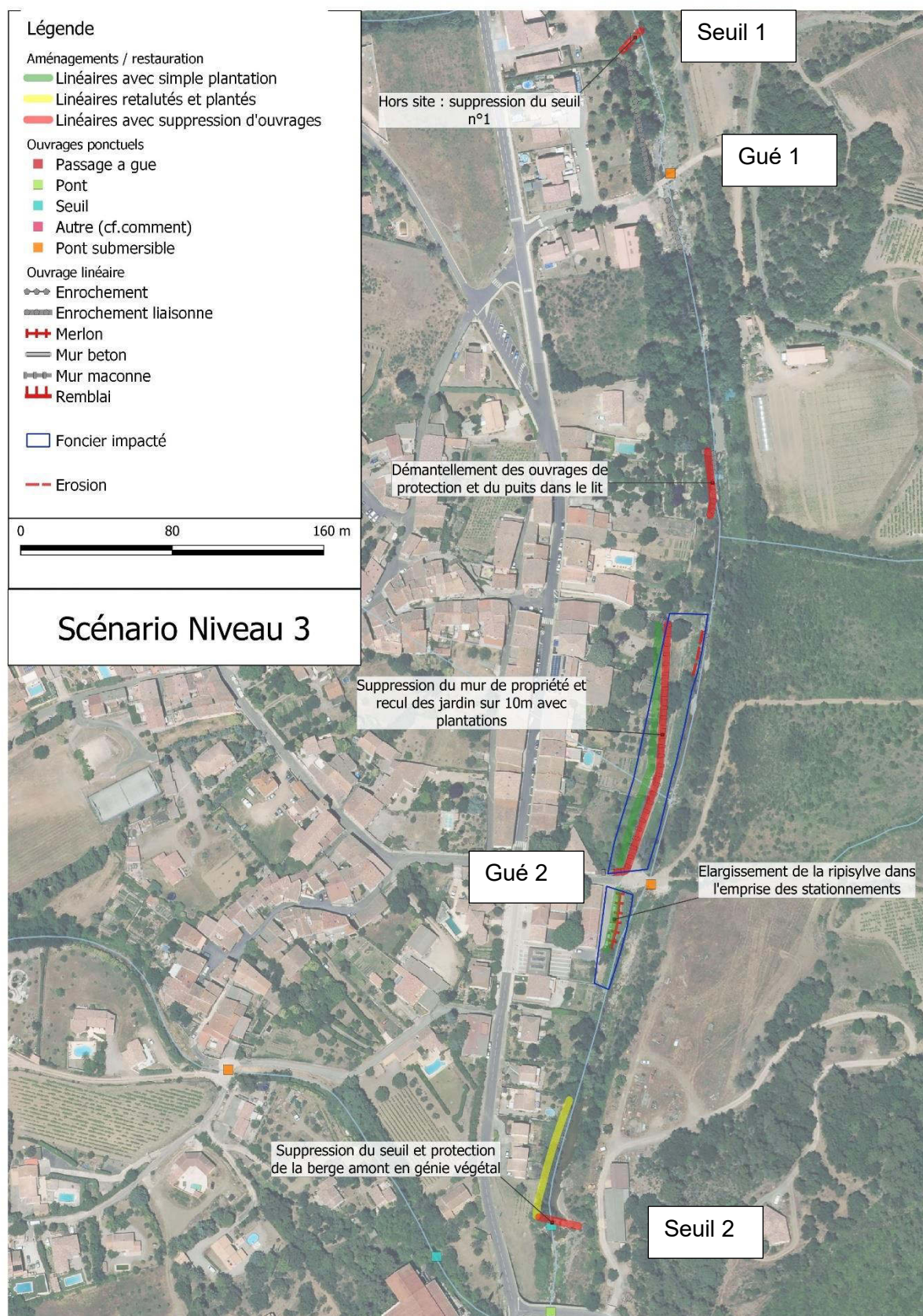


Figure 20 : Localisation des aménagements du scénario niveau 3 – RSP1

Les aménagements prévus dans le cadre de ce scénario sont les suivants :

- Le démantèlement de l'enrochement rive droite en aval du gué n°1 comme dans le scénario précédent.
- Le démantèlement des ouvrages de protection rive droite au niveau des jardins particuliers entre les gués n°1 et 2. Les berges sont retalutées sommairement en maintenant les arbres en place derrière les ouvrages. Les berges sont végétalisées (ensemencement, arbres, arbustes et boutures).
- L'aménagement de la berge au droit du gué n°2 sur un linéaire de 190 m avec les adaptations suivantes par rapport au scénario de niveau 2 :
 - La suppression du mur de propriété maçonné en amont du gué n°2 sur un linéaire de 120 m
 - L'acquisition d'une bande de 10 m derrière le mur et la plantation du talus et de cette bande entre le chemin piétonnier maintenu et les parcelles.
 - L'élargissement de la ripisylve sur le haut de berge rive droite en aval du gué n°2 sur 6 m avec la suppression des places de stationnement en place. Seule une bande de 2 m est maintenue le long du bâti pour conserver l'accès piéton à la salle des fêtes et école. L'accès pour les véhicules ne pourra se faire que depuis la route de Clermont.
- La suppression du seuil n°2 pour améliorer le transit sédimentaire. La suppression de ce seuil pourra s'accompagner de protection de berges en techniques végétales en rive droite afin de limiter les risques d'érosion de berge. Les risques associés à ce recul de berge pourraient être écartés par la réalisation de sondages géotechniques pour localiser l'affleurement rocheux. En effet, ce dernier est très présent aux abords du seuil et potentiellement localisé à faible profondeur en berge rive droite.
- Le déplacement du réseau HTA en dehors d'une emprise de 30m de part et d'autre de l'axe du lit. Cette emprise permettra un développement de la ripisylve sur à minima 15 m en haut de berge. Le linéaire concerné est d'environ 1.6 km, il couvre l'ensemble du site de restauration, mais aussi jusqu'en amont de la confluence avec le Grand Valat dans la mesure où le réseau présente les mêmes impacts sur ce linéaire.

Cette action s'accompagne aussi d'un renforcement de la ripisylve chez les particuliers par la simple plantation d'arbres et arbustes d'essences locales et dans les secteurs où le contexte est favorable à son installation. Le linéaire couvert est étendu à l'emprise du réseau HTA déplacé.

En amont du site de restauration, la présence d'un seuil ne présentant plus d'usages (seuil n°1) pourrait être intégrée à ce scénario au vu de l'impact sur le transport sédimentaire et sur le réchauffement des eaux à l'étiage qu'il joue. D'autre part, au vu de la faible hauteur du seuil ($h=0.8m$), il n'apparaît pas nécessaire d'engager de mesures d'accompagnements à sa suppression.

iii. Contraintes d'aménagement

Les contraintes pour la réalisation de cet aménagement sont synthétisées dans la table suivante :

Contraintes	Commentaires
Réseaux	Déplacement du réseau d'eaux usées et HTA à prévoir dans le cadre du présent scénario
Foncier	Acquisition nécessaire en aval du gué n°1 car perte d'usage associée à l'aménagement. Accord du propriétaire pour le démantèlement des ouvrages de protection en entre les gués n°1 et 2. Acquisition d'une partie des jardins pour la suppression du mur maçonné en amont du gué n°2.
Hydrauliques	Les vitesses maximales en crue centennale sont de 1.5 à 2.2 m/s. Des survitesses sont observées au droit du gué du fait de la perte de charge. Aggravation des vitesses, mais diminution de la ligne d'eau par suppression du seuil n°2
Règlementaires	Dossier loi sur l'eau déclaration - rubrique 3.3.5.0 « Arasement ou dérasement d'ouvrages en lit mineur » « Remodelage fonctionnel ou revégétalisation de berges »
Usages	Haut de berge rive droite en aval du gué n°1 utilisée comme zone de stockage. Suppression gué n°2 : L'emprise du gué n°2 est actuellement utilisée comme zone de stationnement (école). La traversée en véhicule devra se faire par une piste depuis la RD15 en aval du village. Jardin privé sur l'emprise de la suppression du puits de pompage et ouvrages de protection
Autres contraintes	-

Tableau 11: Contraintes d'aménagement du scénario niveau 3 – RSP1

iv. *Impacts du scénario*

Impacts du scénario	Note	Commentaires
Impact hydraulique	+	Négligeable pour la majorité des aménagements, très peu de modification de la section d'écoulement. Abattement de la ligne d'eau en crue liée à la suppression des ouvrages (gué et seuil n°2)
Impact morphologique	++	Restauration d'un profil de berge plus favorable à l'instauration d'une ripisylve en aval du gué n°1, au droit de l'érosion et en aval du gué n°2 Rétablissement d'un transit sédimentaire plus naturel. Remobilisation des sédiments en amont des gués et seuils. Risque de recul de berge en amont direct du seuil n°2 de 3 à 5m.
Impact sur l'EBF	+	Suppression de contraintes latérales en aval du gué n°1 sur 70m en lit mineur et sur 120 m en lit majeur Sortie d'enjeux (réseaux) de l'emprise de l'EBF sur 600 m
Impact environnemental	++	Restauration de ripisylve sur 260 ml et densification sur 930 m
Impact paysager	+	Amélioration de l'aspect paysager par restauration de ripisylve
Autres impacts	++	<u>Impacts sur le réseau EU</u> : le réseau n'est plus vulnérable aux débordements.

Tableau 12: *Impacts du scénario niveau 3 – RSP1*

v. *Chiffrage*

Le chiffrage du scénario de niveau 3, d'ambition maximale est présenté ci-après :

Intitulé	quantité	Unité	Prix unitaire	Coût estimé (€ HT)
Installation/repli de chantier	1	Ft	5 500.00 €	12 000.00 €
Démolition enrochement aval gué n°1 et plantation	30	ml	210.00 €	6 300.00 €
Démolition enrochement entre gué n°1 et 2 et plantation	40	ml	120.00 €	4 800.00 €
Restauration de berge en amont du gué n°2 au droit de l'érosion	45	ml	210.00 €	9 450.00 €
Restauration de berge en amont du gué n°2	95	ml	350.00 €	33 250.00 €
Restauration de berge en aval du gué n°2	50	ml	350.00 €	17 500.00 €
Arasement du seuil n°2	1	Ft	17 500.00 €	17 500.00 €
Renforcement de la ripisylve chez les particuliers ou dans l'emprise réseau HTA	810	ml	10.00 €	8 100.00 €
<i>sous total</i>				108 900.00 €
Aléa	~15%			19 000.00 €
Etudes et MOE (PRO-AOR)	~ 10%			12 000.00 €
TOTAL				139 900.00 €

Couts annexes					MOA
Déplacement réseau HTA sur la commune de Cabrières (devis Enedis)	1100	ml	380.00 €	418 000.00 €	Enedis
Déplacement de réseau EU - Action 5.2 tranches 1 à 3 (SDAEU, Cereg)	1	Ft	740 000.00 €	740 000.00 €	Régie de l'eau CCC
Suppression du seuil 1 en amont du site de restauration	1	Ft	2 000.00 €	2 000.00 €	-

Tableau 13: Chiffrage du scénario niveau 3 – RSP1

Pour ce type de projet des financements sont possibles au titre de la restauration des milieux aquatiques (Agence de l'eau notamment).

Le coût de déplacement du réseau HTA est basé sur le devis fourni par Enedis annexé au présent rapport. Plus de la moitié du montant est alloué aux terrassements (233 000€HT de tranchées) avec des coûts élevés, les économies suivantes pourraient être réalisées sur ce poste :

- Lancement d'un marché de travaux pour la réalisation des terrassements avec pose des réseaux HTA par Enedis : moins-value de 100 000€ HT
- Réalisation du déplacement en parallèle aux travaux sur les réseaux d'eaux usées prévus dans le cadre du schéma directeur EU. Environ 50% du linéaire de déplacement du réseau HTA est commun avec les travaux sur les réseaux d'eaux usées et les tranchées pourraient être mutualisées avec pose des réseaux HTA projeté par Enedis. La moins-value attendue sur le devis Enedis serait de 10 à 20 000€HT en plus de celle détaillée précédemment. La mise en tranchée commune réseaux Eaux usées / HTA devra être confirmée auprès d'Enedis.

D'autre part, il conviendra d'engager une négociation avec Enedis afin d'envisager un partage des coûts de déplacement et dans la mesure où Enedis en tirera des avantages (diminution des coûts d'exploitation, renouvellement d'un réseau vieillissant, sécurisation du réseau). Les possibilité de subvention d'une telle opération restent à étudier.

III. RSP4 – La Boyne à Nizas – Saint Ferréol

III.1. LOCALISATION DU SITE

Le site de restauration particulier RSP4 est situé sur la commune de Nizas le long de la Boyne au droit du domaine de Saint Ferréol.

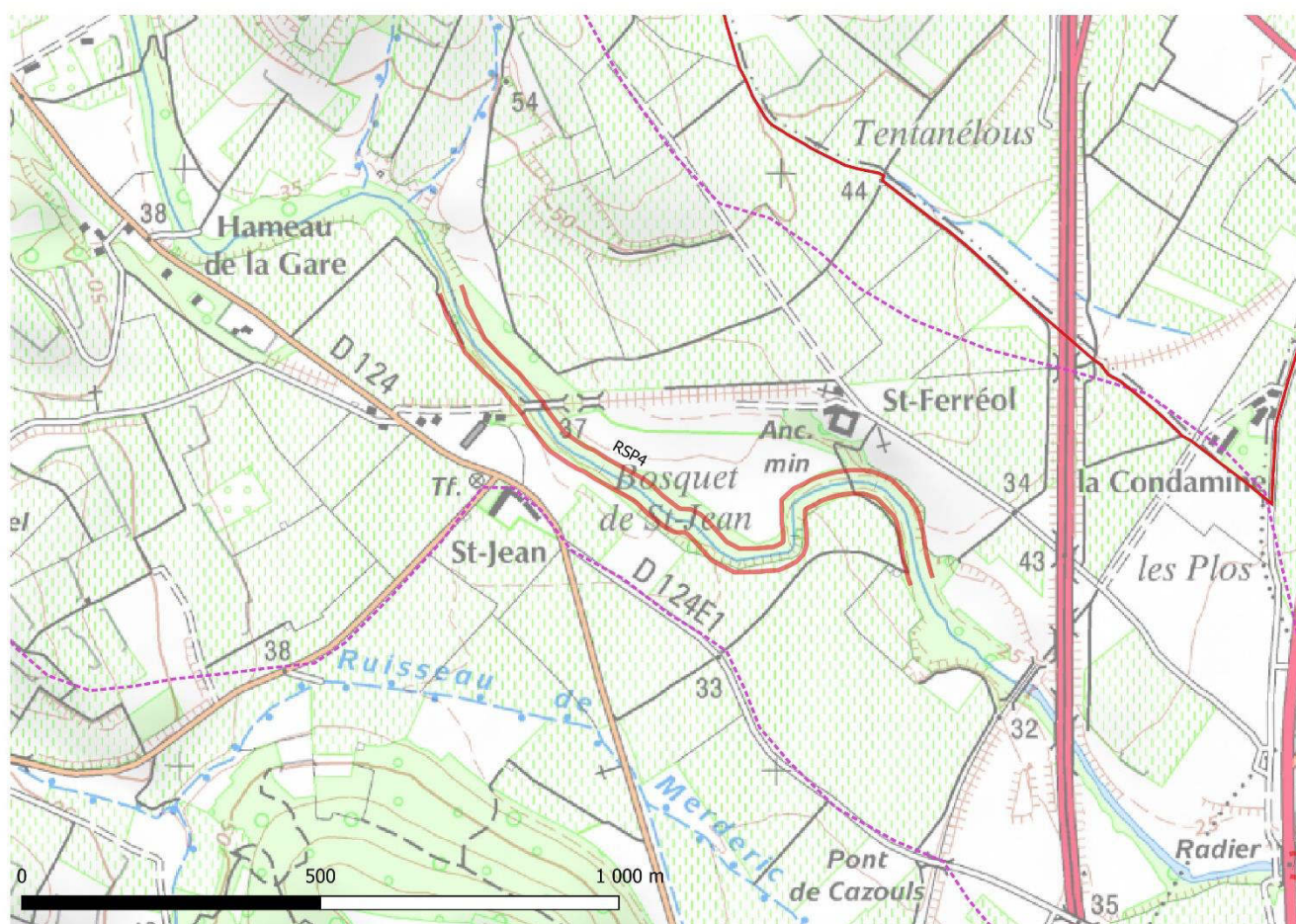


Figure 21 : Localisation générale du site RSP4 (source : scan 25)

Ce site s'étend entre l'amont de l'ancienne voie ferrée et l'aval du domaine de Saint Ferréol, il présente une longueur d'environ 1 200 m.



Figure 22 : Localisation détaillée du site RSP4 (source : orthophoto 2018)



Figure 23 : Vue de la Boyne au droit du site de restauration

III.2. DIAGNOSTIC DE L'ETAT ACTUEL

III.2.1. Bornage kilométrique

Un bornage kilométrique a été mis en place de l'amont vers l'aval afin de faciliter la description des ouvrages et du linéaire d'étude. Les bornes sont localisées tous les 200m sur les planches graphiques.

III.2.2. Expertise de terrain

L'expertise de terrain a été réalisée les 04 Juin 2021, par temps beau et sans précipitations significative la semaine précédant l'expertise. Le débit s'écoulant dans la Boyne était de l'ordre de 1 à 10 l/s sur l'ensemble du linéaire.

i. Morphologie

Les caractéristiques morphologiques générales du site RSP4 sont les suivantes :

	RSP4
Largeur plein bord (L_{pb})	15 à 20 m
Hauteur plein bord (H_{pb})	2 à 2.5m
Rapport (L_{pb} / H_{pb})	8
Largeur lit majeur	70 m sur l'amont 200 m en milieu de site 120 m en aval
Pente moyenne	0,36%

Tableau 14 : Caractéristiques morphologiques générales sur le site RSP4

Un profil en travers type est présenté ci-après :



Figure 24 : profil en travers type entre les profils 4.6 et 4.7 (PK0.52)

Sur le site RSP4, la Boyne s'écoule en bordure des terrasses anciennes localisées de part et d'autre du champ majeur. Sur la majorité du linéaire, ces terrasses anciennes sont localisées en rive droite (PK0.0 à 0.8) et sur l'aval en rive gauche (1.0 à 1.2)

Ce site dispose d'une forte dynamique morphologique qui se caractérise par :

- La présence de chenaux de crue en lit majeur en trois points et formés lors des crues de 2016 et 2019.
- Des dépôts de bancs de galets en lit majeur rive gauche.
- La présence d'une dizaine d'atterrissements sur le linéaire du site
- La présence de deux érosions



Vue des matériaux déposés en aval du chenal de crue amont



Chenal de crue sous l'arche du pont de la voie ferrée



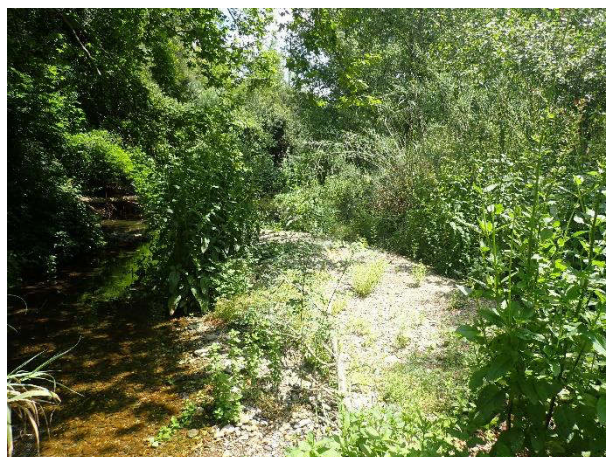
Chenal de crue de 1.5 m de profondeur (PK0.6)



Erosion au PK 0.6



Dépôt sédimentaire en lit majeur (PK0.92)



Atterrissement en aval (PK1.0)

Les pentes de berge sur le site RSP4 sont de l'ordre de 2H/1V sur la quasi-totalité du linéaire, à l'exception des secteurs d'érosion ((PK0.4 et 0.6) où elles sont plus raides et dans les secteurs d'intrados où elles sont plus douces (plus proches de 3H/1V).

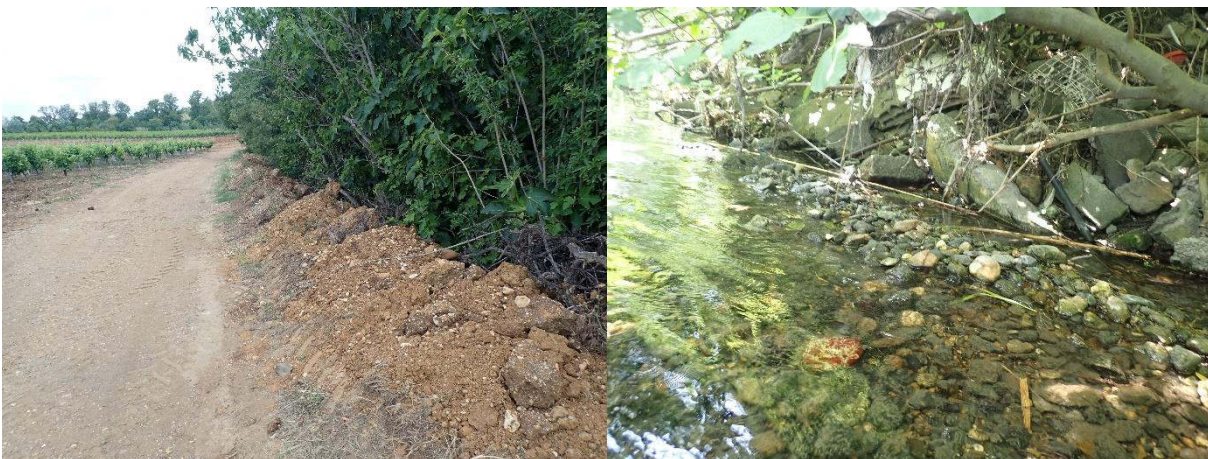
ii. Ouvrages anthropiques

Les principaux ouvrages anthropiques présents sur le site RSP4 sont des merlons et remblais terreux, rocheux ou de décombres réalisés par les riverains.

sur la base du MNT de 2013 et leur présence a été validée sur site dans la mesure où les crues de 2016 et 2019 ont eu des impacts morphologiques importants.

En amont de l'ancienne voie ferrée en rive droite, on retrouve successivement :

- Des berges recouvertes d'un linéaire d'enrochements déposés depuis le haut de berge
- Des blocs de béton et décombres
- Un cordon de matériaux terreux déposé en haut de berge.



Vue du cordon terreux et des blocs bétons et décombres

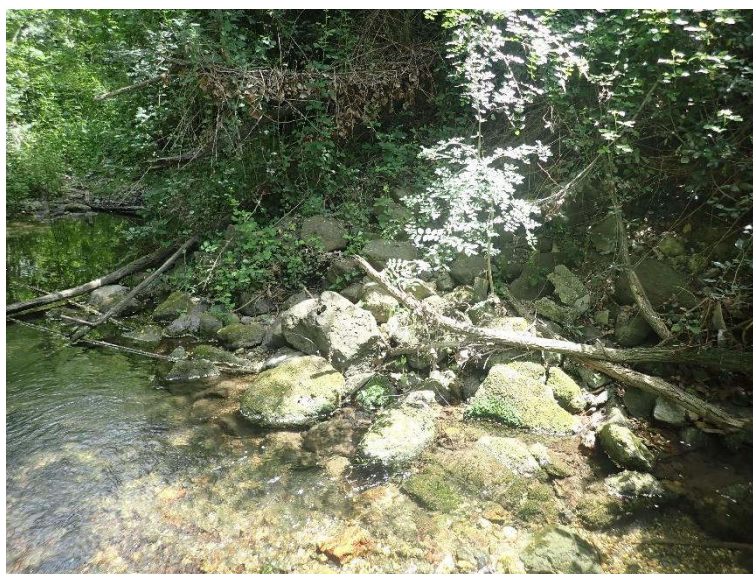
Les dépôts de béton et blocs sont anciens, toutefois, le remblai depuis le haut de berge est toujours pratiqué.

Dans la continuité de ces remblais et dépôts sauvages, un prélèvement dans la nappe d'accompagnement de la Boyne est réalisé, vraisemblablement pour alimenter les cultures environnantes. La prise d'eau se fait dans un puits de pompage aménagé en bord de cours d'eau dans lequel est disposée une pompe à aspiration. Les caractéristiques générales du dispositif laissent penser que les volumes prélevés sont supérieurs à un simple prélèvement domestique (de l'ordre de 25 à 50m³/h, soit le volume seuil de 1000m³ atteinte en 1 à 2 jours de pompage). Cet ouvrage est protégé en berge par une structure artisanale constituée de blocs et de troncs.



Vue de la pompe et de la structure protégeant le puits de pompage

Plus en aval en rive droite on retrouve une zone de dépôt de blocs bétons et décombres ancienne au PK0.73.



Blocs béton

Les merlons présents sur le site RSP4 sont situés dans les secteurs suivants :

- En amont de l'ancienne voie ferrée sur un linéaire total de 140 m, ce merlon présente une hauteur d'environ 1 m et est entièrement recouvert de cannes de Provence. Ce merlon se prolongeait jusqu'en amont du site, toutefois les brèches occasionnées par les crues de 2016 et 2019 l'ont rendu transparent sur ce linéaire. En aval de la voie le merlon se prolonge sur 50 m avec une hauteur moindre de l'ordre de 50cm.
- Dans l'intrados de méandre gauche sur un linéaire de 160 m. Ce merlon présente une hauteur de 2 à 3 m, il est en partie recouvert de cannes de Provence. Il se prolongeait aussi plus en amont, et a été érodé par la formation d'une brèche en 2016 ou 2019.
- En rive droite dans le méandre droit en aval du site sur un linéaire de 290 m et une hauteur de 1 m sur la moitié amont à 50cm sur la moitié aval. Ce merlon présente des transparences répartie sur son linéaire.



Merlon en amont de la voie ferrée



Merlon dans le méandre gauche

Au PK0.97, une culée maçonnée d'un ancien ouvrage de franchissement subsiste en rive droite.

En dehors du site de restauration en amont, un seuil d'une hauteur de 1,5 m est présent. Cet ouvrage constitue l'ouvrage de prise du béal traversant le lit majeur rive gauche au droit du site de restauration et alimentant un ancien moulin au droit de Saint Ferréol.



Seuil d'alimentation du Béal

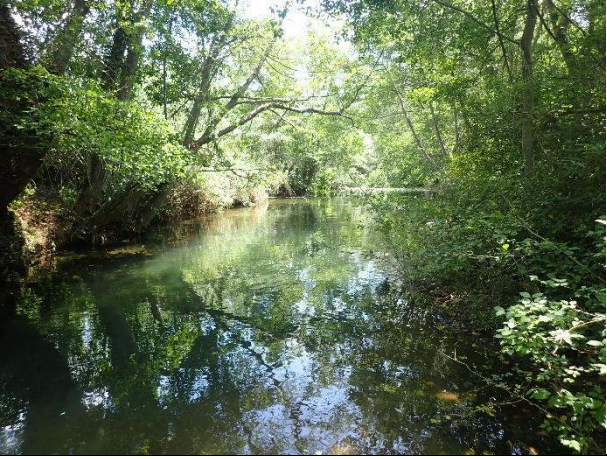
iii. Ripisylve

Sur la majorité du linéaire, la fonctionnalité des ripisylves est moyenne à mauvaise. Les principaux facteurs de dégradation sont les suivants :

- La présence de canne de Provence, essentiellement en rive gauche. Cette dernière est présente en massifs monospécifiques recouvrant la berge ou sur les merlons en retrait de la berge.
- Une densité moyenne à faible de la ripisylve, avec la présence d'Ailanthès ou de Robiniers ponctuellement, notamment sur l'aval du linéaire (PK0.7 à 1.0)

On notera que malgré cette fonctionnalité moyenne, la présence de nombreux grands arbres et la diversité des strates sur le site le rend remarquable.

En amont du site de restauration la ripisylve est absente des parcelles C454 et C458 du fait de l'entretien drastique pratiqué par les propriétaires.

	
<i>Entretien drastique en amont du site</i>	<i>Ripisylve en amont – Ailanthus, Robinier, cannes et faible densité</i>
	
<i>Ripisylve qualitative ponctuellement</i>	<i>Cannes de Provence en berge sur l'aval</i>

III.2.3. Analyse géologique

La carte géologique du BRGM au 1/50 000ème (Feuille N°989 - Lodève) est la suivante au droit de ce site :

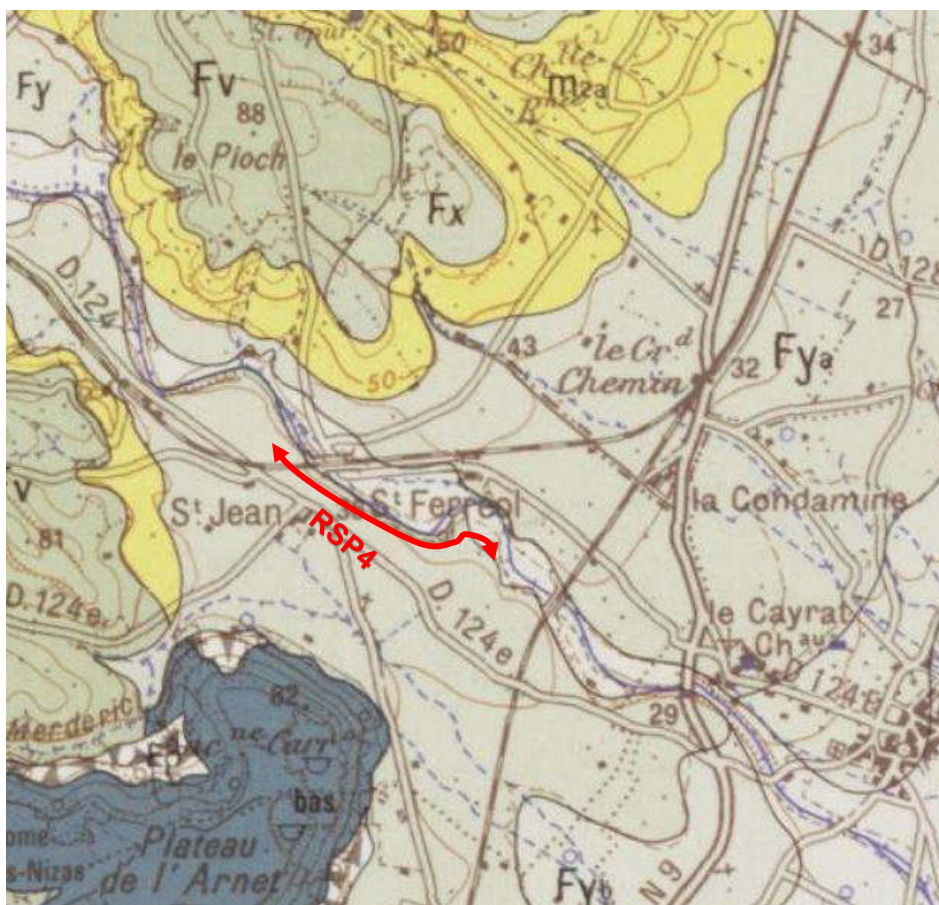
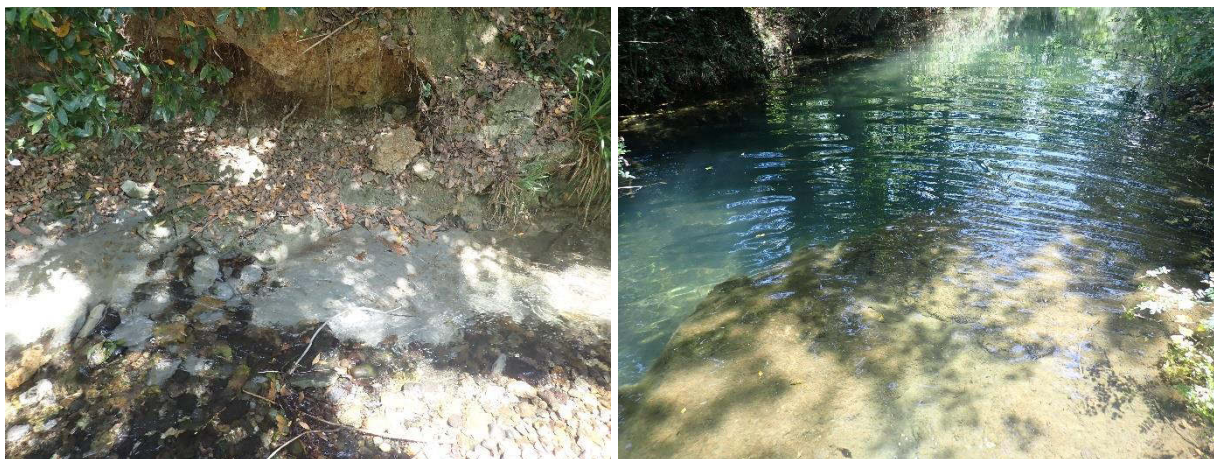


Figure 25 : Carte géologique – RSP4 (source : Infoterre)

Le lit majeur de la Boyne est délimité par des terrasses anciennes constituées d'alluvions anciennes supérieures (Fya - graviers galets grossiers et limons du Würm). Sur le linéaire d'étude des affleurements de marnes bleues et marno-calcaires ont été identifiés en fond de lit, vraisemblablement correspondant aux formations miocènes environnantes (m2a et m2b).



Marnes bleues (gauche) et affleurement marno calcaire en fond de lit

III.2.4. Recensement des enjeux et des contraintes à proximité du site

i. Contraintes liées aux réseaux

Des déclarations de travaux ont été lancées dans le cadre du diagnostic. Les concessionnaires suivants disposent de réseaux à proximité directe de la Boyne et pouvant être localisés dans l'emprise des futurs travaux :

Réseau	Exploitant	Statut
Réseau électrique	Enedis	Traverse le site
Eau potable	SIEVH	Hors emprise site
Ancienne voie ferrée	SNCF réseau Languedoc Roussillon	
Télécommunications	Allez et Cie	

Le réseau Enedis est un réseau basse tension aérien qui traverse le lit majeur de la Boyne en aval de l'ancienne voie ferrée, sa localisation est présentée ci-après :



Figure 26 : Localisation du réseau Enedis sur le site RSP4

La présence des réseaux sur le site ne constitue pas de contrainte particulière. On notera toutefois qu'un des appuis du réseau électrique est localisé à moins de 10 m du haut de berge et qu'à ce titre il est vulnérable. Il conviendra d'avertir le responsable auprès des collectivités d'Enedis de la vulnérabilité de ce réseau afin d'engager son déplacement (sans ouvrage de protection).

ii. Autres enjeux et usages

Les seuls autres enjeux présents à proximité du site de restauration sont les vignes localisées en rive droite en aval du site.

III.3. ETUDE HYDRAULIQUE EN SITUATION ACTUELLE

III.3.1. Analyse hydrologique

i. Débits de crue

En aval du site RSP4, le bassin versant de la Boyne présente une superficie de 75,4 km², soit 1,2km² de moins qu'à la confluence avec l'Hérault. De ce fait, les données hydrologiques à la confluence sont utilisées pour le présent site de restauration.

Des données hydrologiques sont disponibles dans le volet hydraulique de l'étude de danger de la digue de Cazouls d'Hérault (DHI, 2016).

Ces débits ont été obtenus à partir des débits décennaux et centennaux du PPRI approuvé en 2005.

	La Boyne à la confluence avec l'Hérault
superficie BV (km ²)	76.6
Q10	125 m3/s
Q30	155.4 m3/s
Q50	172 m3/s
Q100	260 m3/s

Ces données sont cohérentes avec celles de l'étude hydraulique de détermination des zones inondables à Cabrières (SIEE, 1994) recalées par la formule de Myer. Les données de l'étude de danger sont retenues, les autres périodes de retour peuvent être obtenues par application des coefficients de l'Inspection Technique de 1977 (IT77). Les crues modélisées sont les suivantes :

Période de retour	Débits de crue (m3/s)
2 ans*	75
5 ans*	100
10 ans	125
20 ans*	156
50 ans	172
100 ans	260

* débits estimés selon les ratios de l'IT de 1977

Tableau 15 : Débits des crues de la Boyne à la confluence avec l'Hérault

ii. Débits courants

Aucune station de suivi hydrométrique n'est présente sur la Boyne. La cartographie de consensus des débits caractéristiques de référence réalisée par Irstea (2012) sur la France est utilisée pour la détermination des débits courants. Les valeurs données sont les suivantes :

- QMNA5 : 0.03 m³/s (IC : 0.003-0.089 m³/s). Le niveau de robustesse de ces données est « Fragile »
- Module : 0.652 m³/s (IC : 0.493-0.864 m³/s). Le niveau de robustesse est fixé à « prudence ».

III.3.2. Modélisation hydraulique des écoulements

i. Modèle utilisé

Le logiciel de modélisation utilisé pour la détermination des zones inondables et des débits plein bord est TELEMAC-2D. Il est développé par le Laboratoire National d'Hydraulique et Environnement (LNHE) de la Direction des Recherches et Développements d'EDF.

Ce code de calcul permet la modélisation bidimensionnelle des écoulements à surface libre. Il est basé sur la résolution des équations de Barré de Saint-Venant en utilisant la méthode des volumes finis, ou des éléments finis. La topographie du terrain naturel est discrétisée sous forme de maillage triangulaire et en tout point le programme calcule les hauteurs et la vitesse moyenne sur la verticale.

Ce logiciel intègre les ouvrages particuliers tels que les digues, seuils, déversoirs, etc. Pour chacun d'eux, le modélisateur a le choix des paramètres et du type de formule de manière à optimiser la représentativité du modèle.

ii. Topographie et paramètres de calcul

Les données topographiques utilisées pour la construction du modèle sont les suivantes :

- Les levés topographiques réalisées dans le cadre de la présente étude pour le lit mineur (CEAU, 2021)
- Le levé LIDAR disponible sur la zone (MNT Hérault 2013) pour le lit majeur.
- Des levés complémentaires réalisés en lit majeur par CCE&C pour améliorer la représentations des chenaux de crues consécutifs à la crue d'octobre 2019.

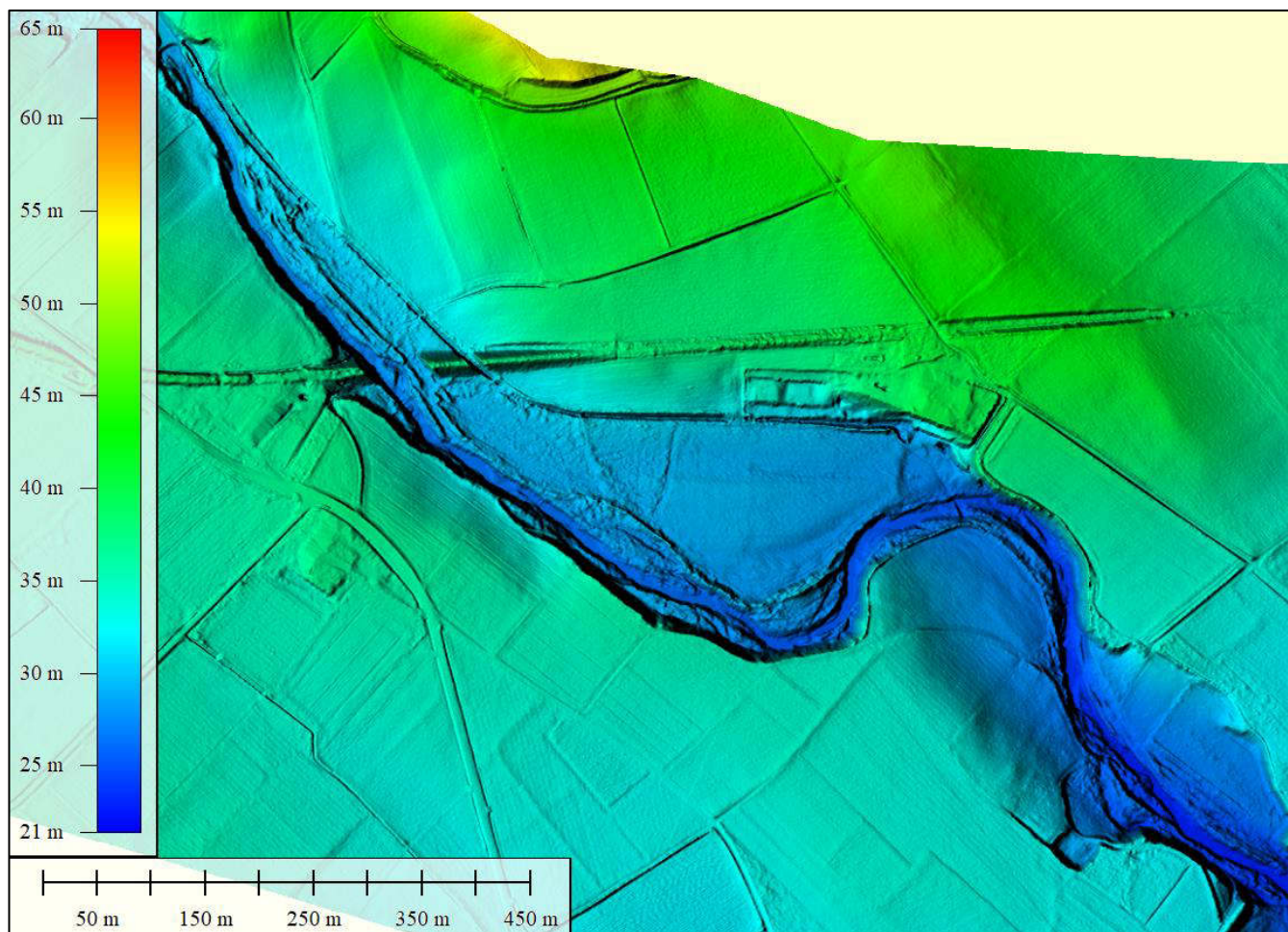


Figure 27 : Vue du MNT au droit du site RSP4

Les coefficients de Manning-Strickler utilisés pour rendre compte des conditions de rugosité sur le fond sont globalement les suivants :

- Lit mineur : 20
- Lit majeur :
 - Prairies : 25
 - Vignes : 18
 - Ripisylve : 10

iii. Débits plein bord et zones inondables

Les débits plein bord ont été déterminés le long du site de restauration afin d'appréhender le fonctionnement hydraulique général, mais aussi de caractériser les périodes de retour de débordement et les altérations de la Boyne, ils sont présentés ci-après :

Profil	Débit plein bord (m ³ /s)
entre 4.9 et 4.10	45
Pont SNCF	
4.7	45
4.5	40
4.3	70

Tableau 16 : Débits plein bord en différents points du modèle

Les débits pleins bords sont de l'ordre de 45 m³/s à l'exception de l'aval où ils sont de 70 m³/s.

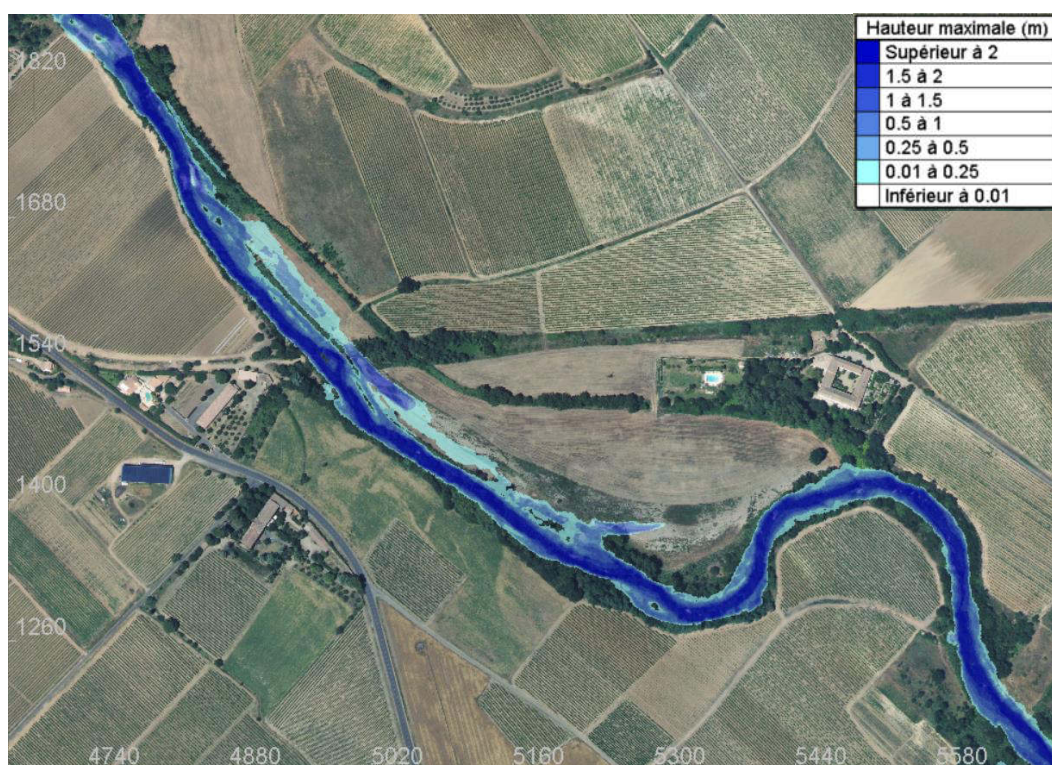
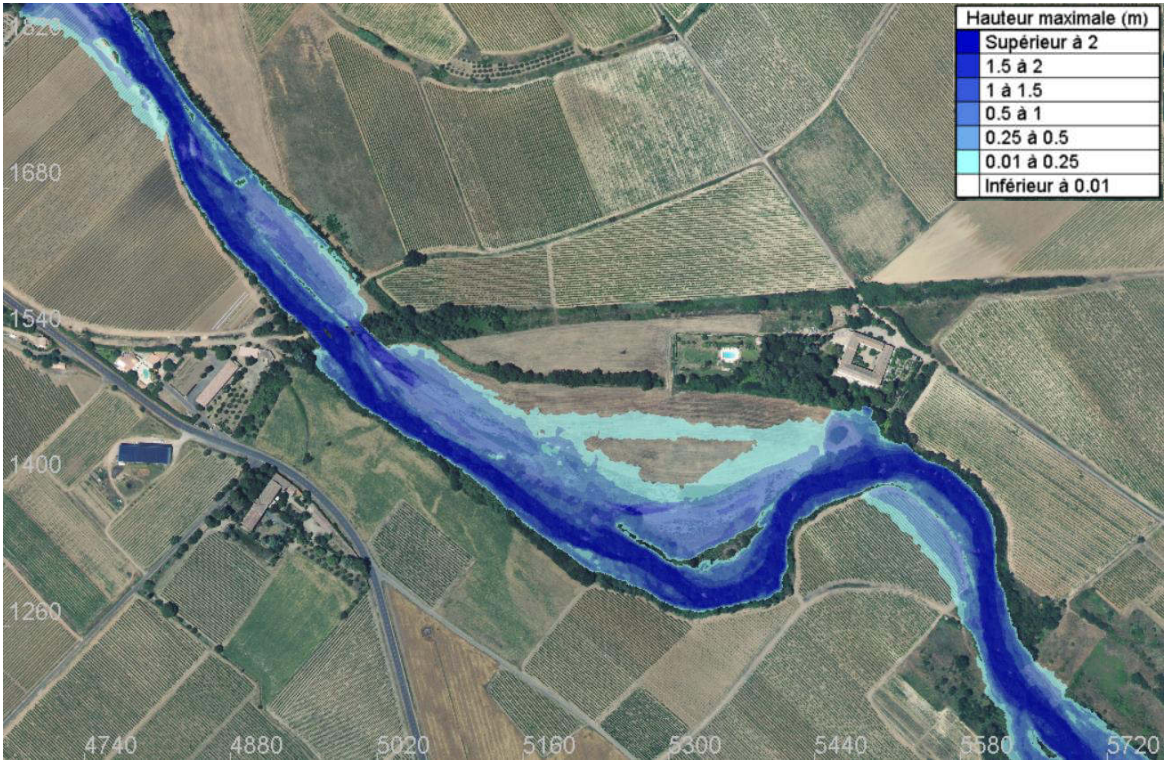
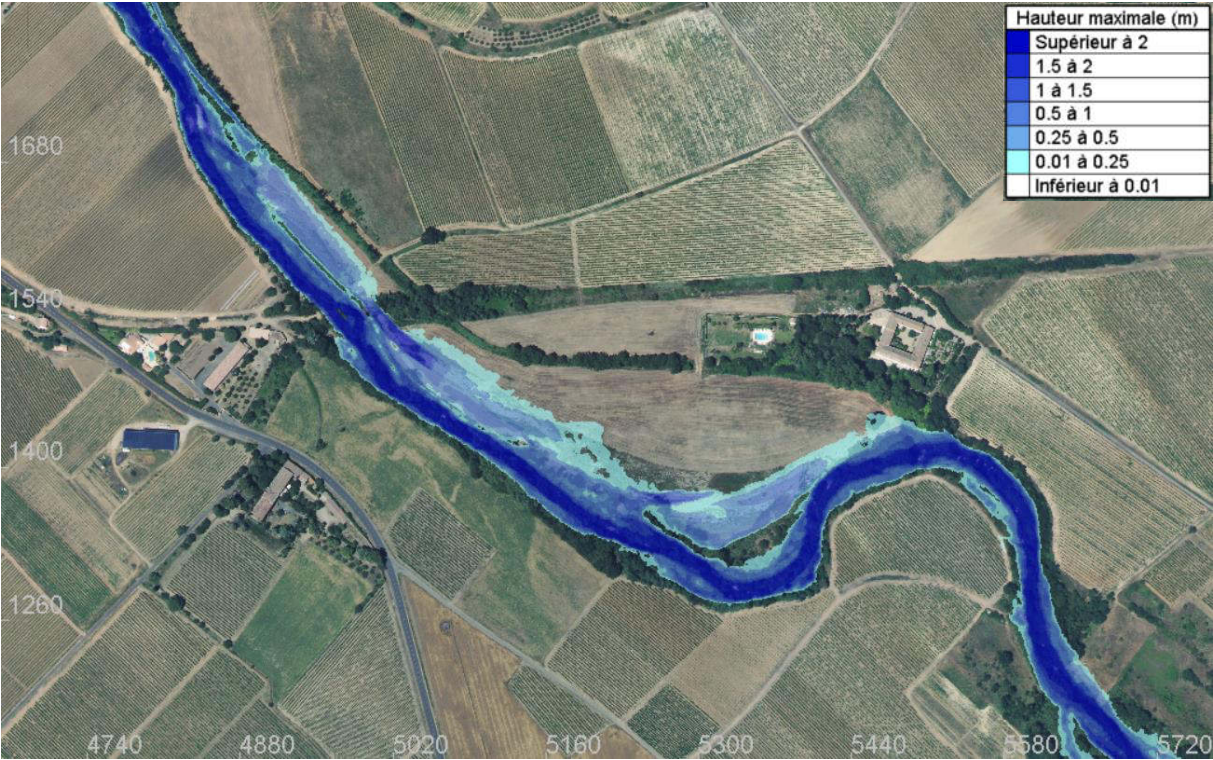


Figure 28 : Présentation des zones inondables pour une crue de 50 m³/s

Pour une crue de 80 m³/s légèrement supérieure à la biennale, les débordements en rive gauche sont généralisés avec un recoupement du méandre. Sur l'aval les débordements observés restent contenus dans l'emprise des merlons.



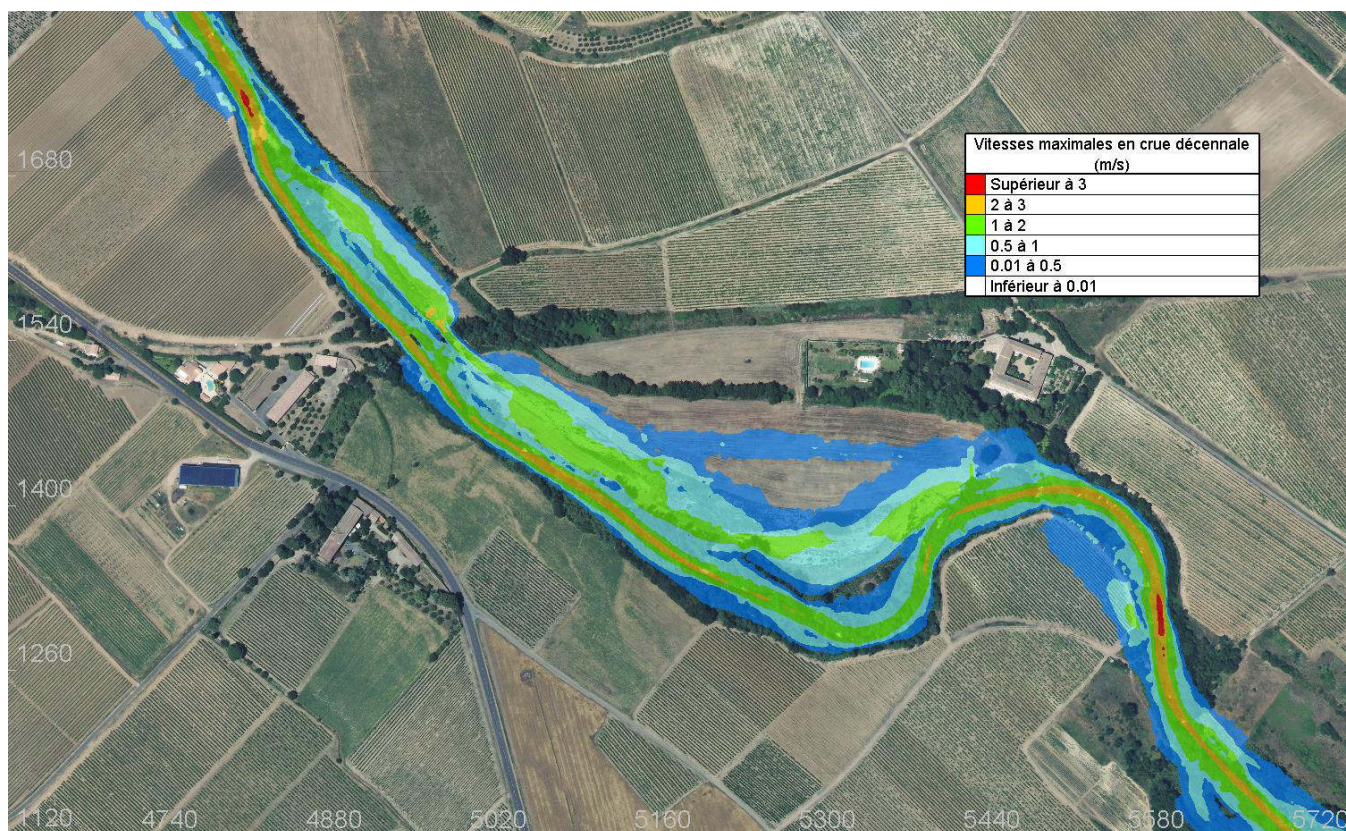


Figure 31 : Présentation des vitesses pour une crue décennale de 125 m³/s

En crue décennale, le second chenal de crue en lit majeur rive gauche est activé et les merlons dans le méandre aval sont transparent avec une inondation partielle de la vigne.

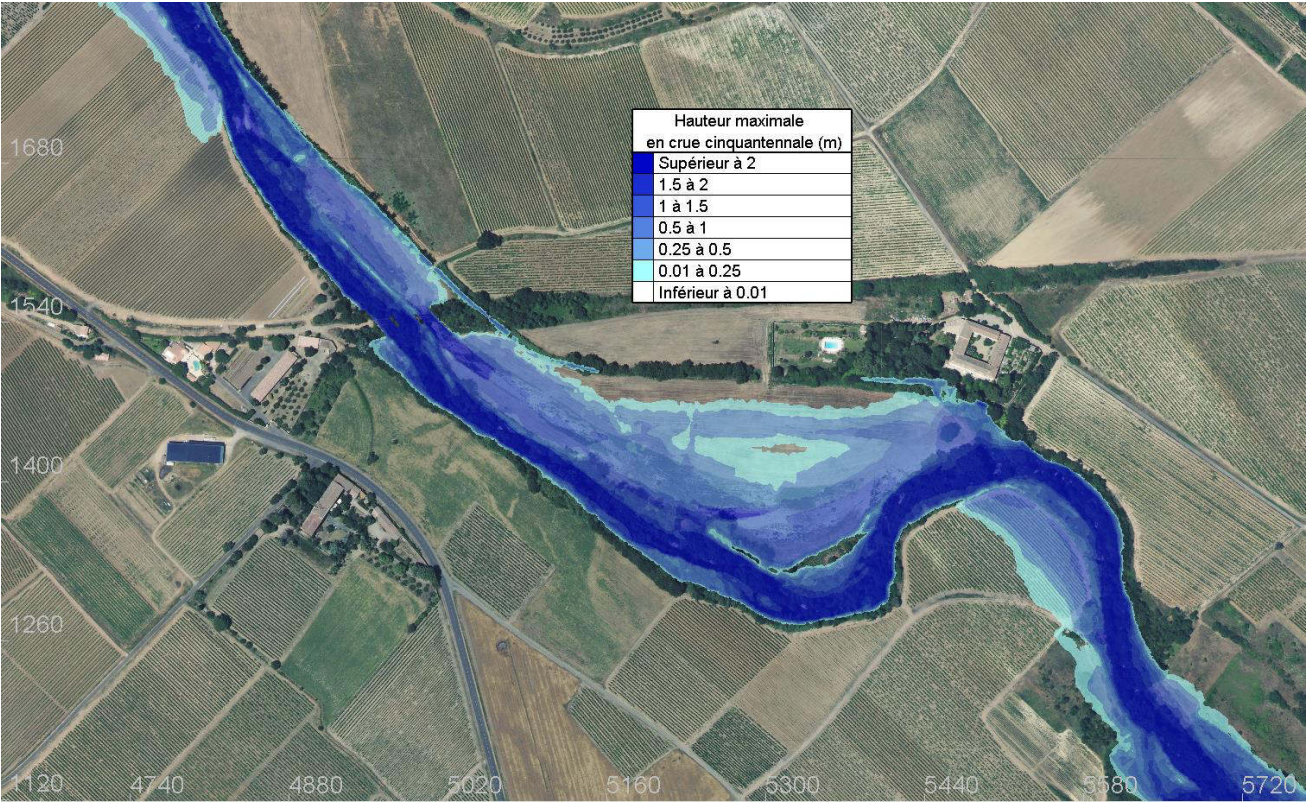


Figure 32 : Présentation des zones inondables pour une crue cinquantennale de 175 m³/s

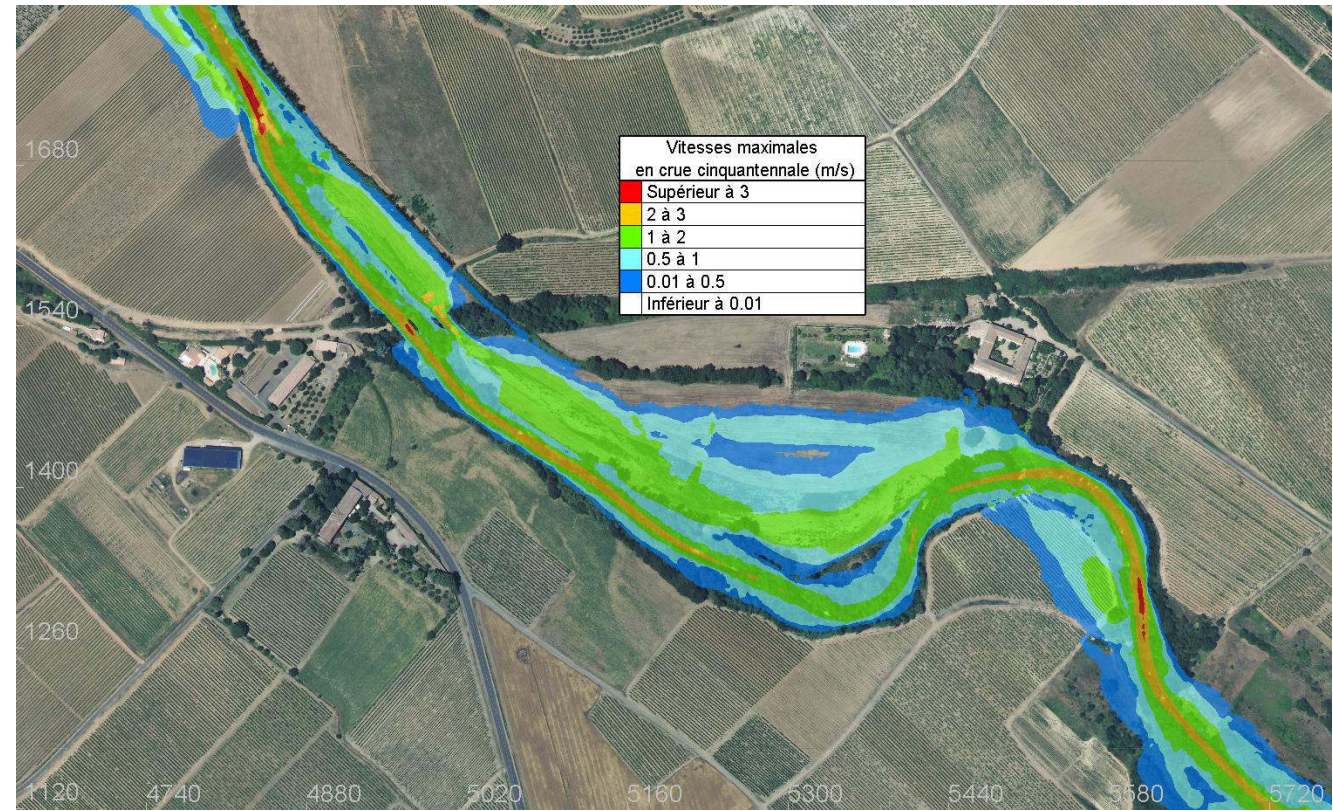


Figure 33 : Présentation des vitesses maximales pour une crue cinquantennale de 175 m³/s

Les zones inondables en crue centennale sont présentées ci-après :

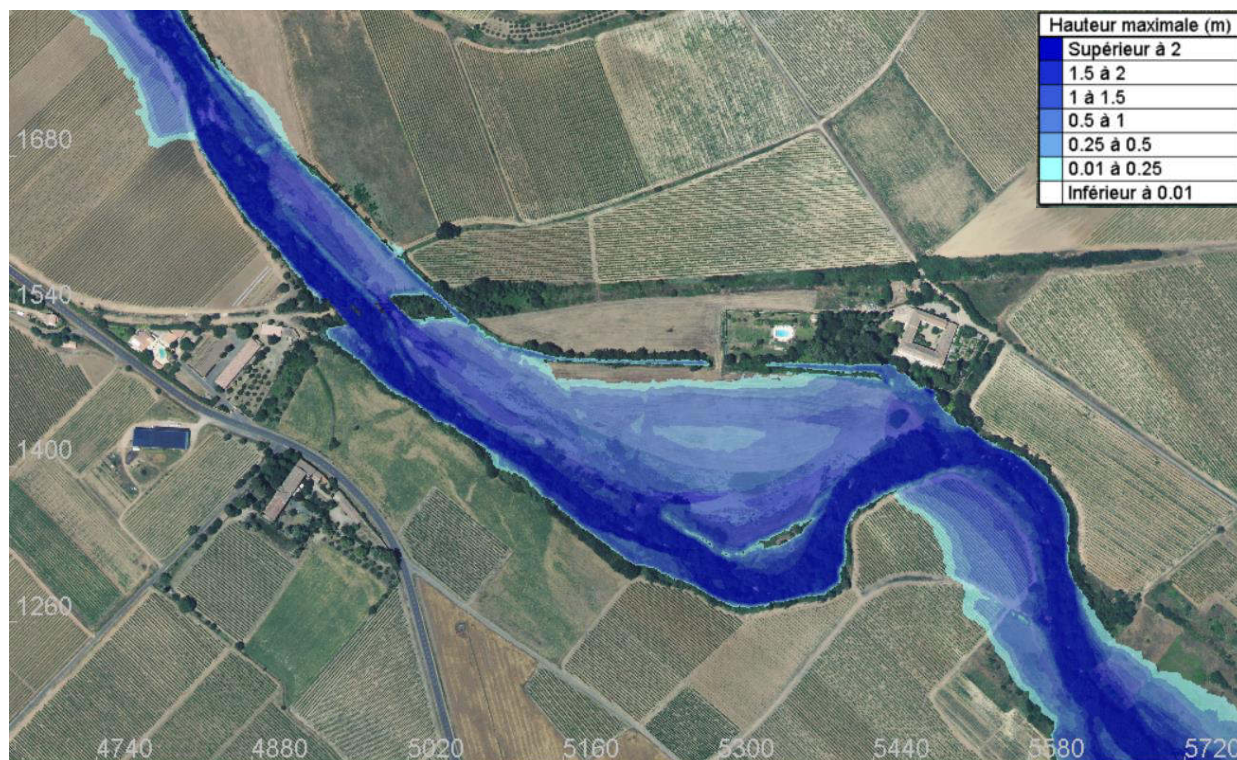


Figure 34 : Présentation des zones inondables pour une crue centennale (260 m³/s)

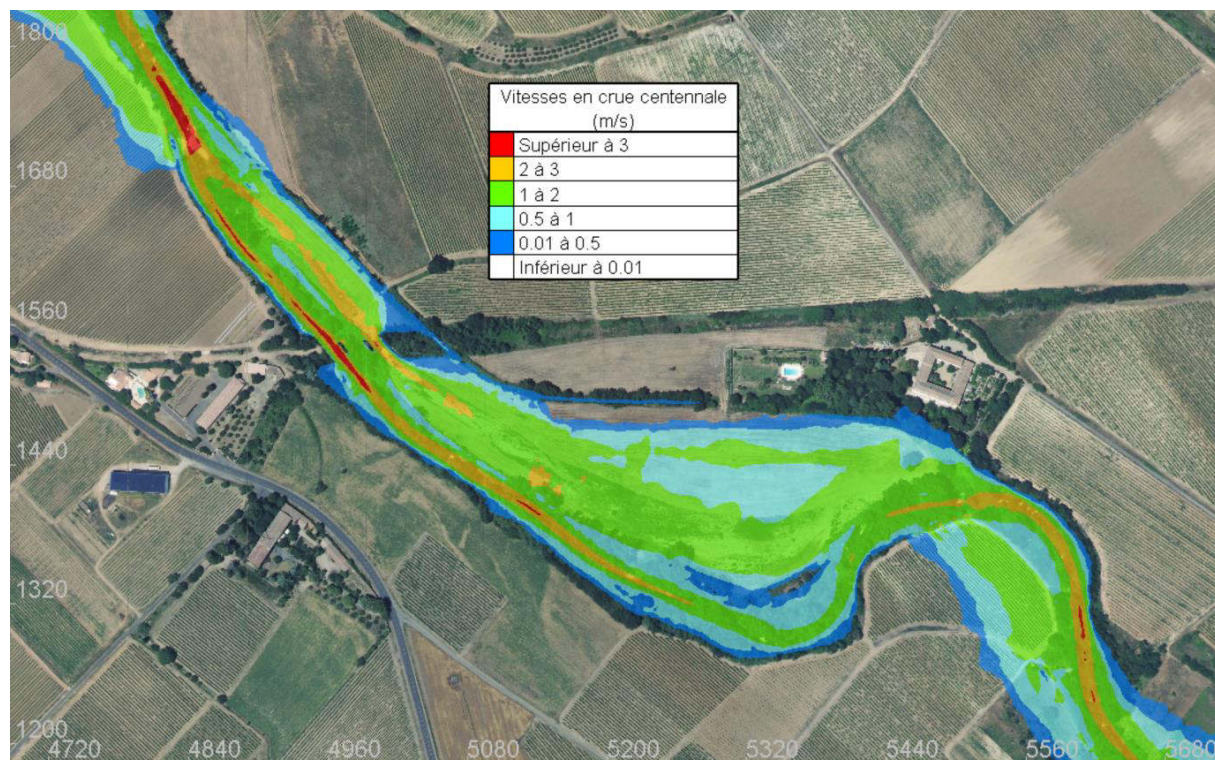


Figure 35 : Présentation des vitesses pour une crue centennale (260 m³/s)

L'observation des vitesses en crue centennale corrobore les observations de terrain où l'emprise des vitesses supérieures à 1m/s se superpose aux chenaux de crue avec bancs de galets identifiables sur le terrain et sur les photos aériennes.

III.4. DIAGNOSTIC HYDROMORPHOLOGIQUE

III.4.1. Analyse historique

i. *Carte de l'état-major (1866) cadastre napoléonien (1832) et documents d'archive*



Figure 36 : Carte de l'état-major (1866) sur la commune de Cabrières (source : <https://archives-pierresvives.herault.fr>)



Figure 37 : Cadastre de 1832 au droit de Cabrières (source : <https://archives-pierresvives.herault.fr>)

L'analyse des documents historiques du XIX^{ème} siècle font apparaitre les éléments suivants :

- Une voie de communication existait sur l'amont du site avant construction du chemin de fer.
- Le méandre aval était plus resserré et plus en amont puisque l'extrados se trouve au droit de la bâtisse de Saint Ferréol et la bande active dans ce secteur était plus large qu'actuellement (40 à 70 m sur le secteur aval).

D'autre part, une digue a été en projet au début du XX^{ème} siècle (1922) en aval de la voie ferrée vraisemblablement pour protéger les terres agricoles. Cette digue n'est cependant pas identifiable sur les premières photo aériennes

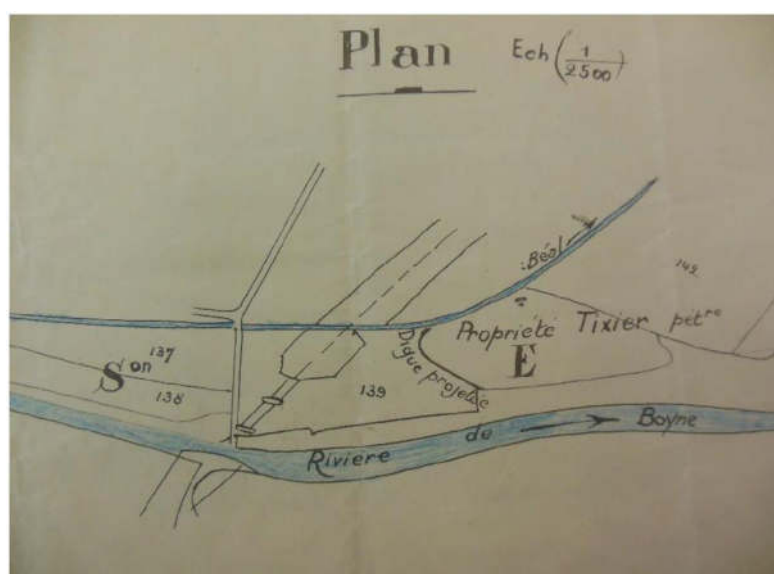


Figure 38 : plan d'autorisation de la construction de la digue de M. Tixier - 1922 (source : archives départementales – consultation EPTB FH - 2016)

ii. Photos aériennes et cartes postales (1944-2009)

Les photos aériennes analysées sur la période 1944-2009 sont présentées ci-après :

	06/1954
	10/1968

	06/1971
	06/1981
	07/1992

	06/1996
	12/2003
	05/2009

Commentaires :

- Dans l'ensemble la bande active de la Boyne a été réduite d'une largeur de 20 à 40 m au début du siècle à 10-15 m actuellement. Notamment dans l'intrados de méandre gauche, un important atterrissement existait jusque dans les années 70 sur une largeur de 70 m. Cet atterrissement s'est progressivement végétalisé à partir de la fin des années 70.
- La forte présence de cannes de Provence est identifiable dès les années 50, en particulier en aval de la voie ferrée rive gauche et à l'interface
- Les usages des parcelles du lit majeur rive gauche ont été les suivants :
 - Depuis le début du siècle, les parcelles ont été cultivées en vigne avec des alternances de cultures annuelles ponctuellement.
 - En milieu des années 90, les parcelles ont cessé d'être exploitées et des boisements se sont développés dans le lit majeur jusqu'en 2010 suite à quoi les parcelles ont été remises en culture (cultures annuelles). A cette occasion, la largeur de ripisylve a été ponctuellement réduite de 20 à 30 m entre les PK 0.4 et 0.6.
- La parcelle rive droite en aval du site a été cultivée en vigne depuis le début du XXème siècle.
- Un ouvrage de franchissement (vraisemblablement passage à gué) existait au droit de la bâtisse de Saint Ferréol entre les années 60 et jusqu'en 2009.

Les emprises de bande active en 1832 et 1944 sont présentées sur la figure suivante :

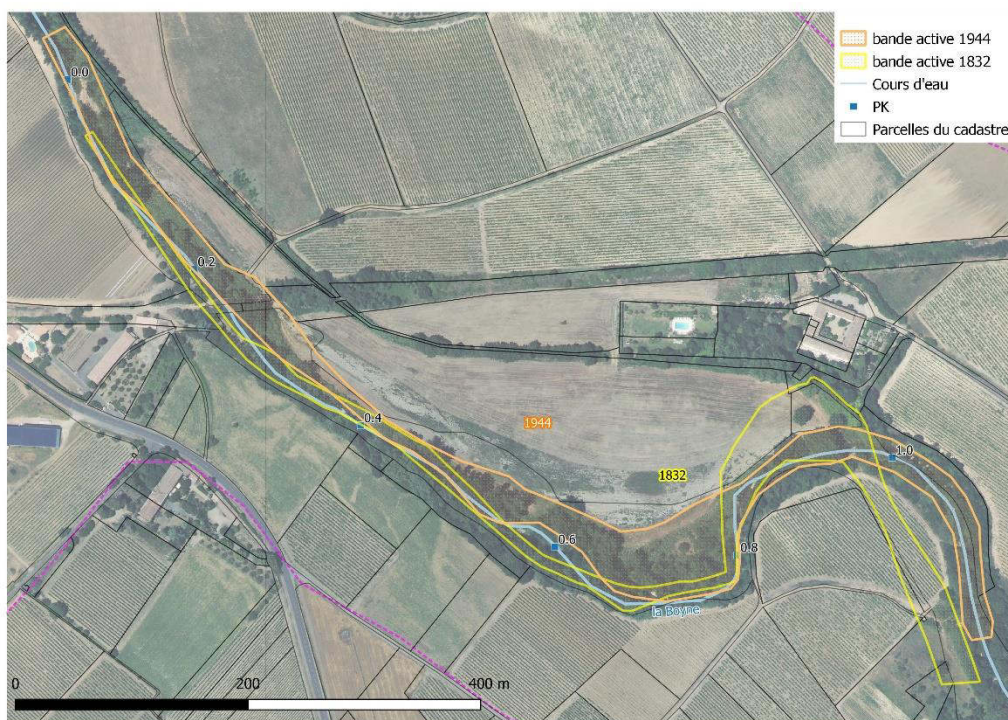


Figure 39 : Présentation des emprises de bande active en 1832 et 1944

III.4.2. Analyse du profil en long de la Boyne

Le profil en long issu du levé de 2017 et le profil reconstitué sur la base des levés de profils en travers de CEAU (2021) sont présentés ci-après.

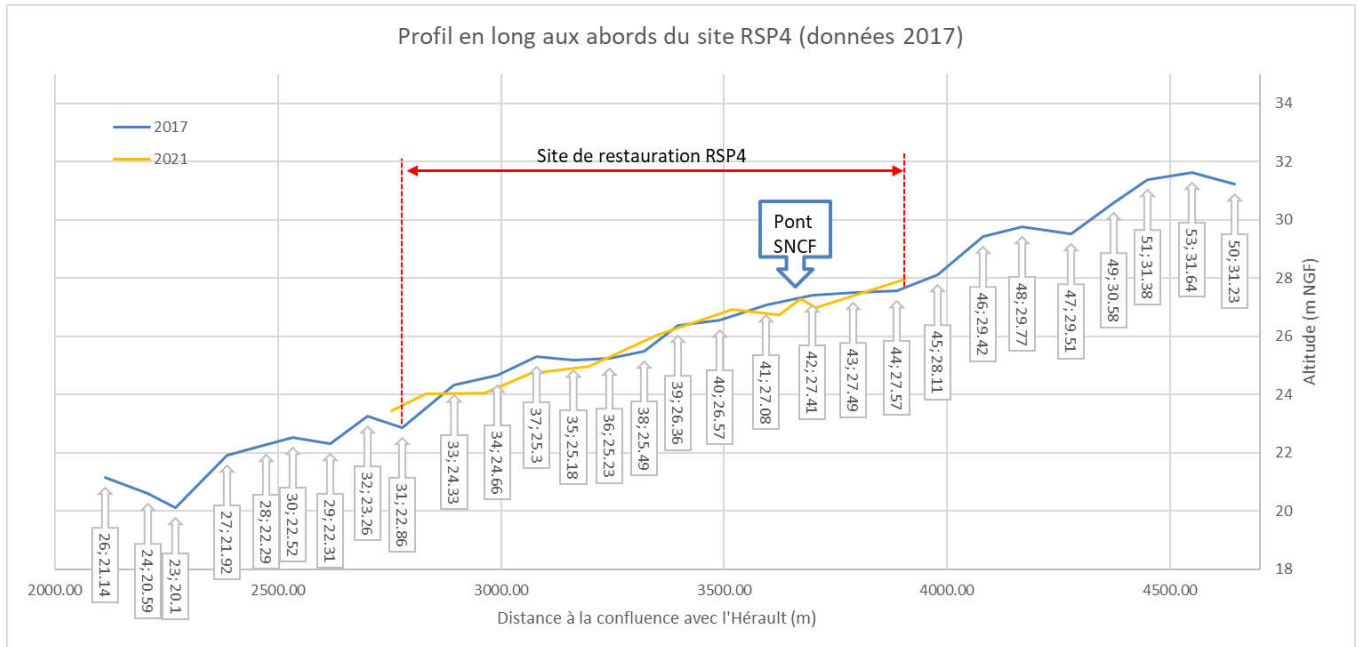


Figure 40 : Profil en long de la Boyne aux abords du site RSP4 (données 2017)

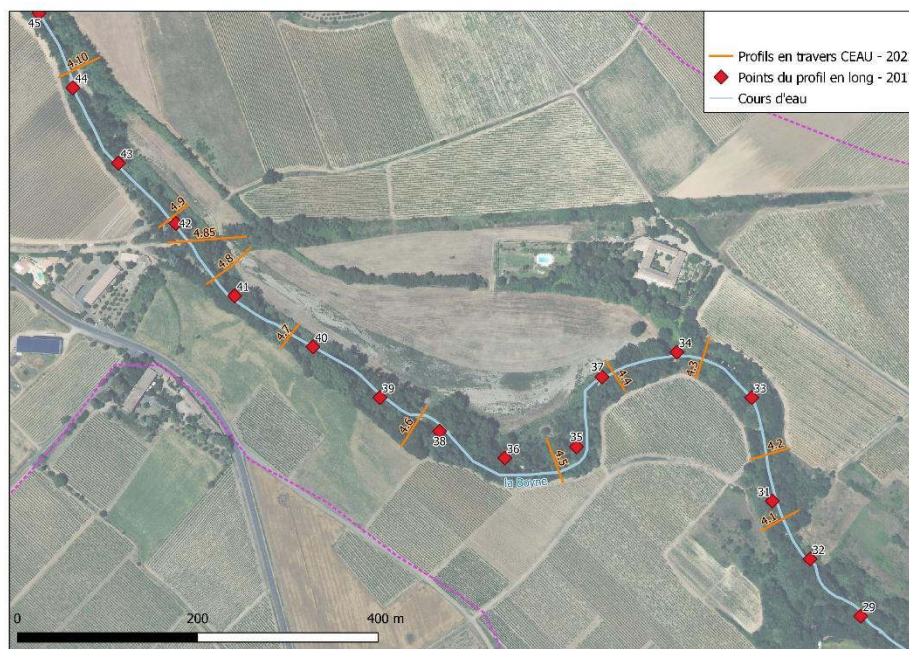


Figure 41 : localisation des points du profil en long de 2017 et des profils en travers de 2021

La pente moyenne sur le site RSP4 est de 0.36%, avec une variation entre 0.27% sur la moitié amont et 0.40% sur la moitié aval. Cette rupture de pente est localisée aux abords du point 39 (voir ci-dessus), elle est liée à la succession naturelle mouille radier.

La principale évolution observée entre 2017 et 2021 est une incision sur l'aval du linéaire entre les points 35 et 33. Cette dernière est due aux effets de la crue de 2019 dans ce secteur où l'on observe un resserrement du lit majeur. Plus localement au droit de l'ouvrage de l'ancienne voie ferrée le même phénomène est observé.

III.4.3. Puissance spécifique

Les capacités d'ajustement d'un cours d'eau sont fortement dépendantes de sa puissance spécifique, qui correspond au produit de la pente et du débit, ramené à la largeur du cours d'eau.

La puissance spécifique a été calculée pour différents profils sur le linéaire d'étude sur la base des résultats des modélisations et notamment, la pente de la ligne d'eau et le débit plein bord sans merlons.

Point de calcul (profil)	Pente de ligne d'eau (m/m)	Largeur plein bord (m)	Débit plein bord (m3/s)	Puissance spécifique (W/m²)
entre 4.9 et 4.10	0.004	15	45	118
Pont SNCF				
4.7	0.005	19	45	106
4.5	0.004	19	40	76
4.3	0.003	21	70	102

Tableau 17: Paramètres de calcul des puissances spécifiques sur le site RSP4

La puissance spécifique moyenne est de 100W/m² elle est globalement forte, quelle que soit le point de calcul et supérieure au seuil théorique de 35W/m² au-delà duquel les cours d'eau ont la capacité à se réajuster morphologiquement.

Compte tenu le caractère érodable des berges et un potentiel d'apports solides non nul, la capacité du cours d'eau à se réajuster morphologiquement est très suffisante pour envisager laisser faire la nature rétablir un nouvel équilibre au gré des crues morphogènes.

III.4.1. Analyses granulométriques

i. Courbes granulométriques

Deux analyses granulométrique ont été réalisées en Octobre 2021.

Ces analyses ont été menées selon la méthode de Wolman sur un linéaire de cours d'eau de 10 fois la largeur mouillée avec succession de mouille radier. L'échantillonnage se fait selon un prélèvement aléatoire d'un minimum de 100 échantillons. Dans le cadre de ces prélèvements, 120 échantillons ont été prélevés.

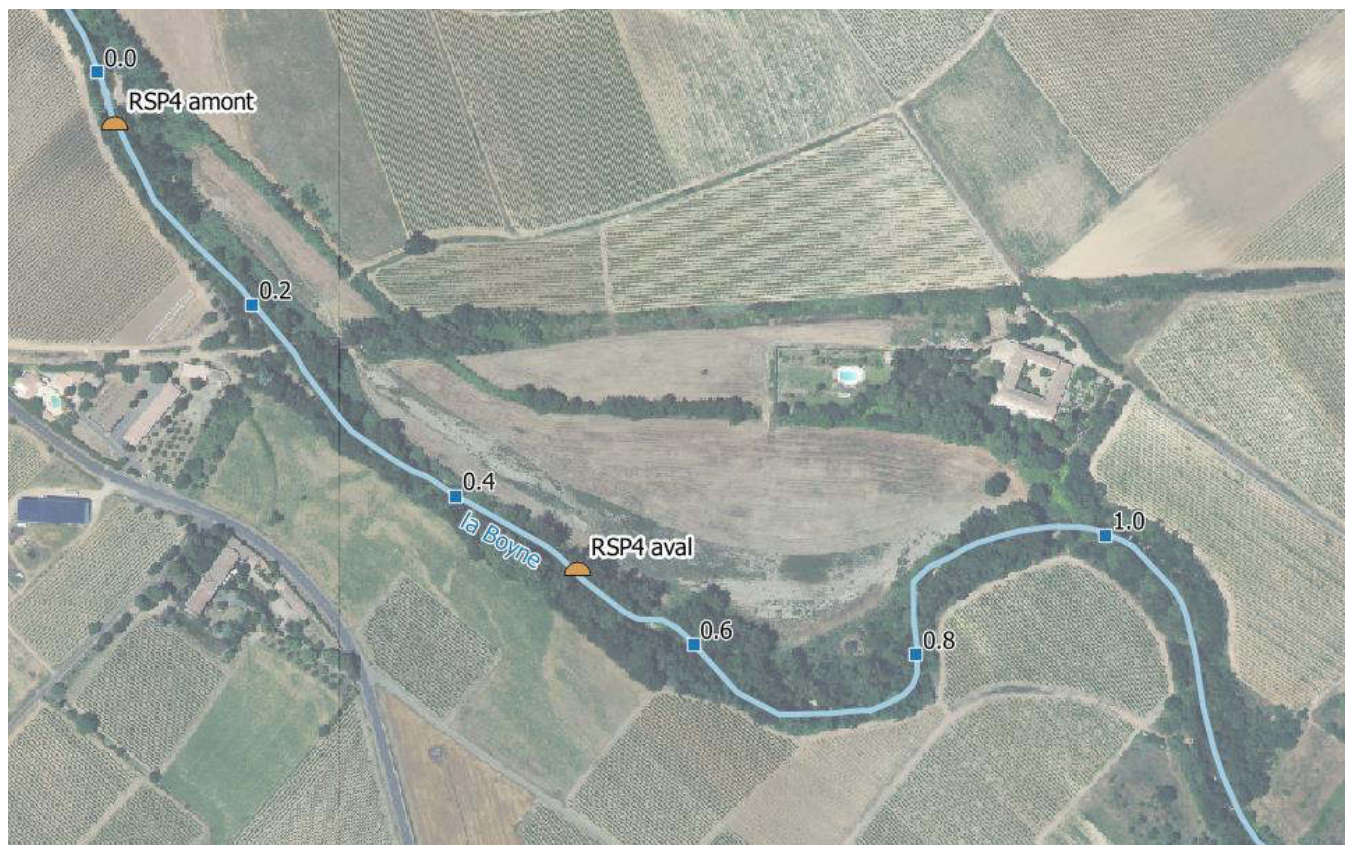
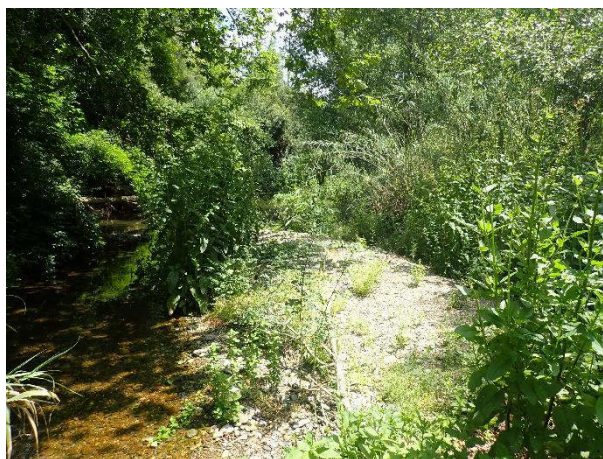


Figure 42 : Localisation des analyses granulométriques



Site d'échantillonnage – RSP4 amont



Site d'échantillonnage – RSP4 aval

Les courbes granulométriques et les valeurs caractéristiques (D10, D50, D75 et D90) sont présentées à la page suivante

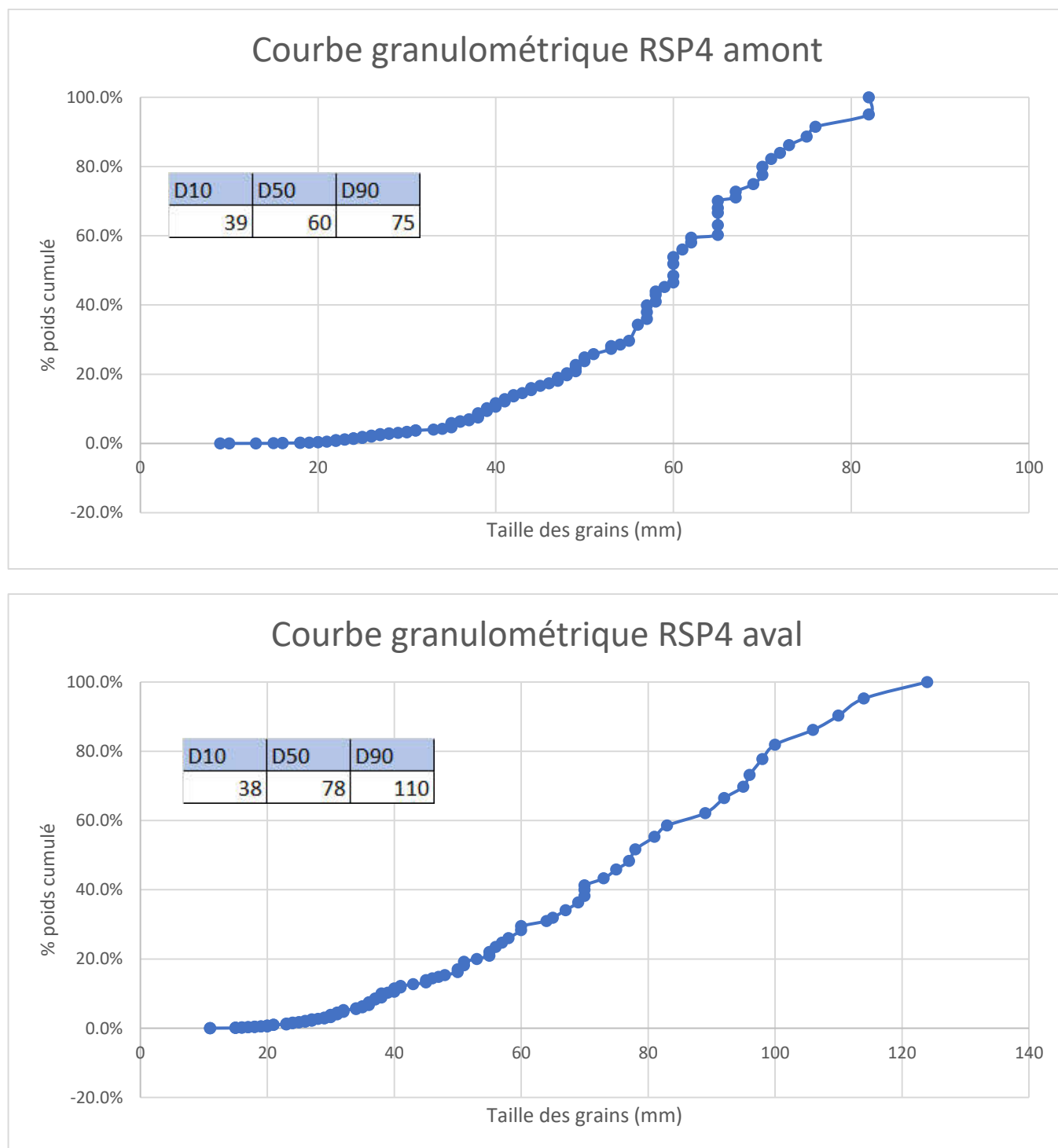


Figure 43 : Courbes granulométriques du site RSP4

ii. Vitesses d'entraînement

Les résultats des analyses granulométriques ont été croisés avec les résultats du modèle hydraulique (hauteurs et vitesses) et les vitesses de début d'entraînement (voir formule ci-après) afin de définir les fréquences de mise en mouvement des matériaux du lit.

$$V_0 = 2,7.K^{1/4}.y^{1/6}.d^{3/8}$$

(unités: m, kg, s)

où : - *K* est le coefficient de Strickler global ;
 - *y* le tirant d'eau ;
 - *d* le diamètre moyen des grains.

Localisation	Débit plein bord (m3/s)	Diamètre mis en mouvement	Pourcentage des matériaux mis en mouvement
amont voie ferrée - PK0.04	40	48 mm	40%
aval voie ferrée - PK0.5	40	72 mm	43%

Tableau 18 : Fréquence de mise en mouvement des matériaux

Pour les deux prélèvements, la crue plein bord de fréquence biennale journalière mobilise une part des matériaux proche de la D50, ce qui est caractéristique d'une bonne dynamique sédimentaire.

III.4.2. Amplitude d'équilibre

Les cours d'eau à l'équilibre morphologique et non artificialisés présentent une capacité plein bord de l'ordre du débit de crue biennial. La largeur plein bord pour ce débit théorique peut être évaluée à partir de la formule de Hey qui prend en compte la végétalisation des berges.

Pourcentage de végétation sur les berges	w = largeur à pleins bords en m
0% (arbres ou arbustes)	w = 4,33Qpb ^{0,5}
1-5%	w = 3,33Qpb ^{0,5}
5-50%	w = 2,73Qpb ^{0,5}
50%	w = 2,34Qpb ^{0,5}

Figure 44 : Formule de Hey

Ainsi, le gabarit théorique naturel est une estimation de la largeur que prendrait naturellement le cours d'eau sous l'action des crues morphogènes et pour un état d'équilibre morphologique.

Il a ainsi été trouvé pour le site RSP4 (hypothèse de 50% de végétation sur les berges) : w = 14.5 m.

On notera que cette valeur est proche des observations faites en situation actuelle (15 à 20 m)

III.5. DELIMITATION DE L'EBF

III.5.1. Style fluvial de référence

L'analyse historique n'a mis en évidence aucune évolution du style fluvial de la Boyne sur le dernier siècle, le style fluvial de référence pris en compte pour la délimitation de l'Espace de Bon Fonctionnement est donc le type 3, cours d'eau à méandres.

Ce type de cours d'eau se caractérise par une alternance de mouilles (bas fond) et de radiers (hauts fonds) au niveau des points d'inflexions des méandres, ce qui corrobore les observations de terrain.

III.5.2. Périmètre morphologique

Le lit de la Boyne peut être caractérisé comme très peu mobile puisqu'il a conservé le même tracé sur plus de 100 ans. Pour ce type de cours d'eau, le périmètre morphologique optimal correspond à 3 à 6 fois la largeur plein bord avec comme minimal la largeur plein bord + 20 m (10 m de part et d'autre du haut de berge).

Dans le cas de la Boyne, le périmètre morphologique optimal a été fixé à 90 m sur la base de 6 fois la largeur plein bord pour le débit biennal (14.5 m). Cette emprise a été réduite lorsque la Boyne s'écoule en pied de versant, une emprise de 10 m au-delà du haut de versant a toutefois été intégrée à ce périmètre car ils sont constitués d'alluvions anciennes et restent donc érodables.

L'emprise du périmètre morphologique optimal a été augmentée lorsque les chenaux de crue actifs n'étaient pas compris dans ces 90 m.

Le périmètre morphologique nécessaire a été fixé à un minimum de 3 fois la largeur plein bord théorique naturelle, soit 45m. Cette emprise a été augmentée elle aussi dans les secteurs où l'emprise historique de la bande active était supérieure, pour atteindre une valeur de 110 m au maximum.

Les périmètres morphologiques ont été recalés en fonction de la morphologie du fond de vallée (cours d'eau s'écoulant en pied de versant) et des contraintes en place (enjeux humains)

En l'absence mobilité passée significative des méandres sur le linéaire d'étude, il a été fait le choix de centrer la largeur du périmètre morphologique sur le lit de la Boyne.

Le périmètres morphologiques optimal et nécessaire sont présentés sur la figure suivante :



Figure 45 : Périmètres morphologiques optimal et nécessaire du site RSP4

III.5.3. Périmètre hydraulique

Le périmètre hydraulique optimal est délimité sur la base de l'emprise de zone inondable de crue exceptionnelle ($1,8 \times Q_{100} = 470 \text{ m}^3/\text{s}$).

Le périmètre hydraulique nécessaire est défini comme la zone de grand écoulement qui se caractérise par la zone sur laquelle le produit de la hauteur par la vitesse est supérieure à $0,5 \text{ m}^2/\text{s}$. Cette emprise a été délimitée sur la base des résultats du modèle hydraulique.

Le périmètres hydrauliques optimal et nécessaire sont présentés sur la figure suivante :



Figure 46 : Périmètres hydrauliques optimal et nécessaire du site RSP4

III.5.4. Périmètre biologique

Le périmètre biologique est défini sur la base de l'inventaire complémentaire et stratégie de gestion des zones humides du bassin versant du Fleuve Hérault (O2 terre, 2018) Ce périmètre a été confirmé par les inventaires réalisés dans le cadre de la présente étude et réajusté localement.

Le périmètre biologique est présenté ci-après

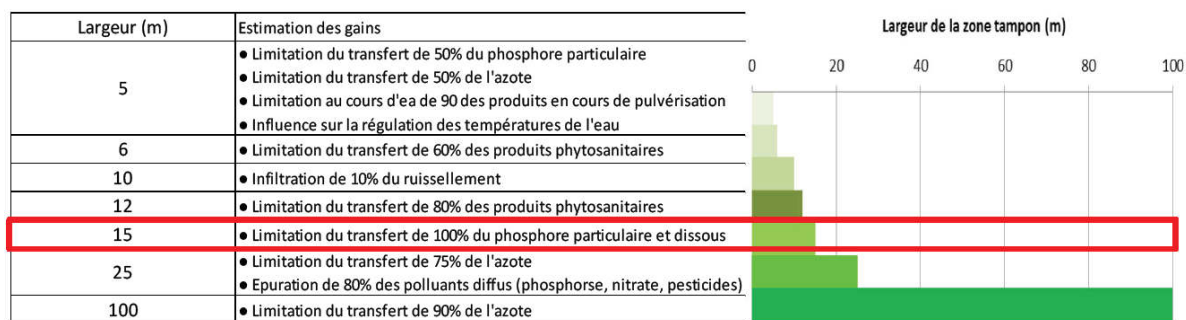


Figure 47 : Périmètre biologique du site RSP4

III.5.5. Contexte biogéochimique

L'intégration d'une bande tampon en haut de berge permet de limiter le transfert de polluant au cours d'eau, qu'il s'agisse de polluants organiques ou de pesticides. Il est estimé qu'une largeur de 15 m permet d'atteindre « un gain biogéochimique » satisfaisant, se caractérisant par une limitation du transfert de 100% du phosphore, de 50 à 75% de l'azote et de 80% des produits phytosanitaires.

En rive droite en haut de versant, les cultures sont localisées jusqu'au haut de berge et le périmètre morphologique nécessaire n'intègre qu'une bande de 5 m en haut de berge. A ce titre il serait opportun d'élargir cette bande sur une largeur de 15 m en haut de berge.



Sources

Les largeurs proposées correspondent ici à des largeurs de corridor rivulaire avec une végétation comprenant les différentes strates arbustives présentes naturellement

Coll et al., 2008, L'arbre, la rivière et l'homme, CSPNB

Thèse de Thierry Thormos, Analyse à l'échelle régionale de l'impact de l'occupation du sol dans les corridors rivulaires sur l'état écologique des cours d'eau, 2010, IRSTEA AGROPARITECH

Carlier et al., 2011, Guides de dimensionnement des zones tampons, IRSTEA, MEDDE

Gril, Henaff, 2010, Guide de diagnostic de l'efficacité des zones tampons rivulaires vis-à-vis du transfert hydrique des pesticides, ONEMA, IRSTEA

Groupe Zone Tampon, 2007, les fonctions environnementales des zones tampons, CORPEN

Paugam, Gril, 2008, Zones tampons et préservation des milieux aquatiques, CORPEN

Figure 48 : Relation entre la largeur de corridor rivulaire et le gain biogéochimique (source : guide EBF, AE RMC, 2016)

III.5.6. Contexte hydrogéologique

La masse d'eau souterraine en présence sur le site RSP4 est « les alluvions de l'Hérault ». Au vu de la présence d'une masse d'eau souterraine unique à grande échelle, il n'apparaît pas nécessaire d'adapter les périmètres de l'espace de bon fonctionnement en fonction du contexte hydrogéologique.

III.6. SYNTHÈSE DU DIAGNOSTIC

III.6.1. Synthèse du diagnostic morpho-écologiques

La boyne à Nizas sur le site de Saint Ferréol présente une dynamique morphologique forte. D'importants chenaux de crue ont été formés en champ majeur au cours des deux dernières crues et une migration de méandre a été observé sur l'aval entre le XIXème et XXème siècle. Cette évolution s'est aussi accompagnée d'un resserrement de la bande active à partir des années 70 conjointement avec un développement de la ripisylve.

Cette forte dynamique a été contrainte en rive droite par la réalisation de remblais de gravats et blocs et par la réalisation de merlons en rive gauche pour protéger les terres agricoles fortement inondables (dès la crue biennale).

Dans le secteur, l'espace de bon fonctionnement de la Boyne présente une largeur minimale de 45 m mais se trouve plus proche de 60 à 70m sur la majorité du linéaire. Cette emprise empiète largement sur les terrains agricoles en rive gauche et droite en aval du site.

Les principales altérations identifiées dans le cadre de ce diagnostic sont les suivantes :

1. La présence d'usages dégradant le cours d'eau en rive droite (remblais, prélèvement d'eau et merlons)

2. Une dégradation de la ripisylve dans certains secteurs avec une forte présence de la canne de Provence.
3. La présence de merlons limitant la connectivité lit mineur / lit majeur.

III.6.2. Synthèse des enjeux écologiques

Le pré-diagnostic a permis d'identifier des espèces patrimoniales ou protégées sur ce site, situées sur toutes les zones où la ripisylve est présente, au sein du cours d'eau, et dans les zones plus sèches à proximité.

Sur ce site, le cours d'eau est plutôt large, et diversement incisé : les talus sont raides et hauts en rive droite, plus doux et bas en rive gauche (sauf à l'extrémité aval en rive gauche). Les habitats naturels des berges, en particulier en rive gauche, sont favorables aux libellules patrimoniales. Le cours d'eau est probablement l'habitat de chasse de couleuvres, et l'habitat de reproduction d'odonates et d'amphibiens. Pour ces milieux et ces espèces, une adaptation du calendrier des travaux sera nécessaire. Cependant, ces habitats se situent dans le lit mineur du cours d'eau, et sont par nature des milieux temporaires, soumis aux variations saisonnières du cours d'eau (crues, remobilisation du substrat...). Il n'y a pas lieu de proposer des actions de conservation, de gestion ou de restauration de ceux-ci, mais plutôt d'intégrer la conservation d'une dynamique hydraulique qui leur soit favorable pendant les travaux.

La ripisylve est présente et diversifiée (frênes, peupliers, saules, aulnes...) sur une bonne partie du linéaire, même si souvent avec une largeur faible. Elle est localement réduite à un alignement de platanes ou de peupliers, ou parfois absente et remplacée par des massifs de cannes de Provence. Les arbres de la ripisylve sont favorables au développement des coléoptères saproxyliques, dont certaines espèces protégées, comme la Rosalie des Alpes. Il est donc important de préserver ces éléments remarquables : vieux arbres (arbres remarquables), ripisylve, zones avec cavités potentielles.

La canne de Provence a colonisé certaines berges du linéaire où la ripisylve est absente. Il est préconisé de purger la canne de Provence dans les secteurs où elle est présente en peuplements denses et continus uniquement et de planter une ripisylve lorsqu'elle est absente, en particulier au droit des parcelles agricoles les plus proches de la rivière. Une surveillance devra être réalisée quant à la recolonisation potentielle de la canne de Provence.

En rive gauche, entre le pont métallique et le domaine de Saint-Ferréol, il semble que la berge en pente douce s'ouvre sur un ancien bras de la rivière ; le sol en arrière de la ripisylve étant constitué de galets et de graviers. La morphologie des berges et la végétation observée suggère que la zone est inondable. Les travaux de restauration pourraient concerner une amélioration de la connectivité de cette zone à la rivière, ce qui permettrait une augmentation de la fréquence d'inondation de la zone. Ces travaux seraient favorables aux habitats et aux espèces aquatiques.

Enfin, la présence de la Magicienne dentelée (*Saga pedo*), une espèce protégée des friches et zones ouvertes, doit être prise en compte dans le cas où les travaux nécessiteraient la perturbation de ces milieux, pour du passage ou du stockage.

III.6.3. Objectifs de restauration

Au vu du diagnostic morphologique et des enjeux écologiques, les objectifs de restauration suivants semblent prioritaires :

- Favoriser la connectivité lit mineur / lit majeur par la suppression des merlons rive gauche, et dans une moindre mesure rive droite sur l'aval du site. Cette amélioration de la connectivité doit

s'accompagner d'une libre évolution des milieux dans l'espace de bon fonctionnement et donc d'une relocalisation des usages agricoles.

- Éliminer les cannes de Provence sans replantation pour favoriser des élargissements localisés de la bande active.
- Préserver les grands arbres.

III.7. PROPOSITION DE SCENARII D'AMENAGEMENTS (ESQ)

III.7.1. Scenario de niveau 1 – ambition minimale ou intermédiaire

i. Objectifs de restauration du scénario

Le scénario d'ambition minimale présente les objectifs de restauration suivants :

- Favoriser la connectivité lit mineur / lit majeur par la suppression des merlons rive gauche. Cette amélioration de la connectivité doit s'accompagner d'une libre évolution des milieux dans l'espace de bon fonctionnement nécessaire et donc d'une relocalisation des usages agricoles en dehors de cet espace. Seule une bande de 25 m en limite de lit majeur rive gauche n'est pas localisée dans l'espace de bon fonctionnement nécessaire.
- Éliminer les cannes de Provence dans l'emprise des merlons et en berge, sans replantation pour favoriser des élargissements localisés de la bande active et au vu de la forte capacité d'ajustement de la Boyne sur le site de restauration.
- Préserver les grands arbres.

ii. Descriptif des aménagements

La localisation des aménagements du scénario de niveau 1 est présentée ci-après :

Plan de gestion de la Boyne et dossiers règlementaires 2022-2027
 Restauration physique et écologique de 3 sites particuliers – RSP1 – RSP4 – RSP5 – rapport d'ESQ

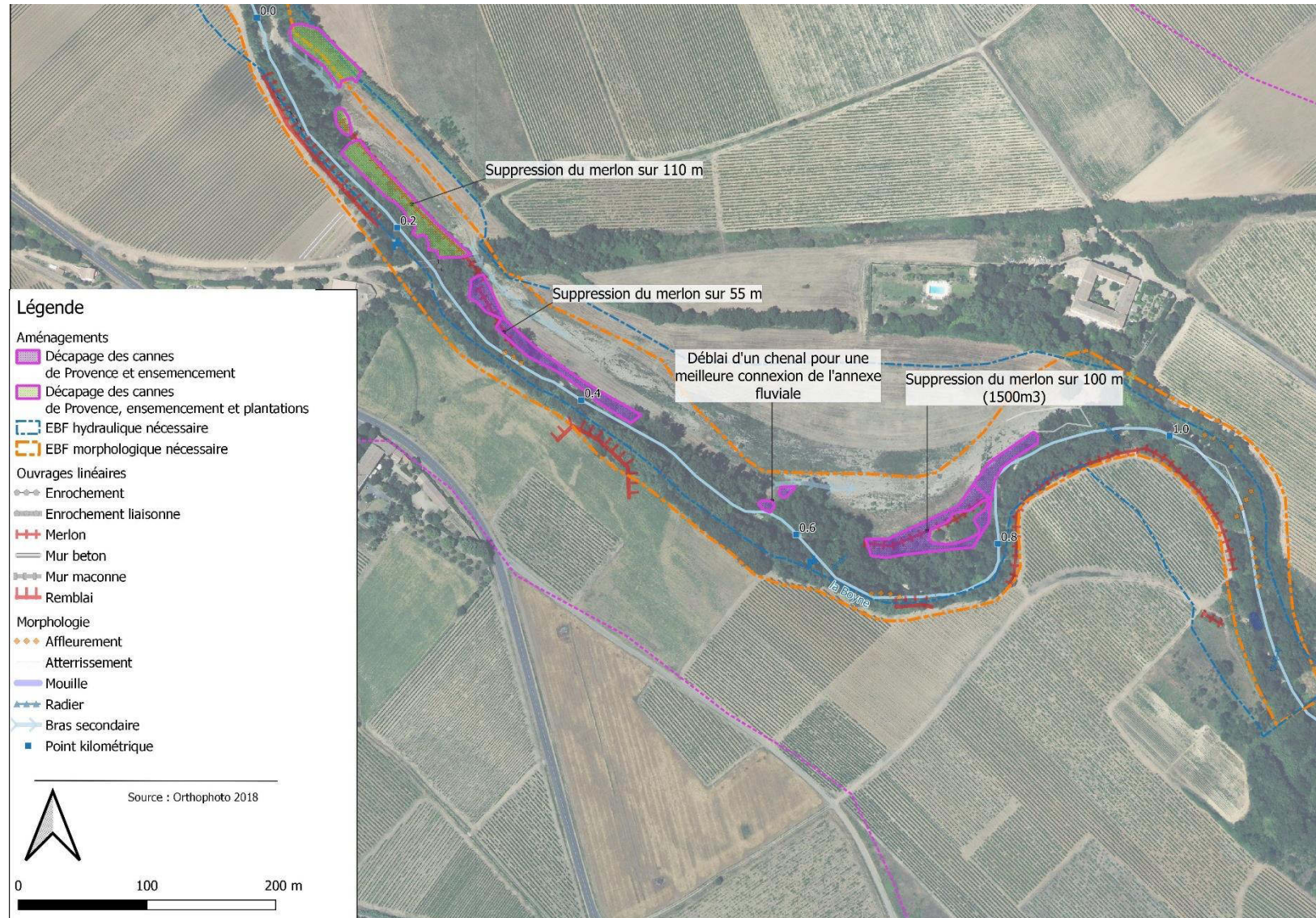


Figure 49 : Localisation des aménagements du scénario niveau 1 – RSP4

Les aménagements prévus dans le cadre de ce scénario sont les suivants :

- Le décapage des rhizomes de cannes de Provence sur 50cm en rive gauche dans les zones où elle se trouve au contact de la berge. La superficie concernée est de 7 000m².
- L'enlèvement des merlons rive gauche en amont et en aval de l'ancienne voie ferrée et en intrados du méandre gauche en aval. Le linéaire concerné est de 280 m pour un volume de 1700 m³. Au droit du chenal de crue (PK0.6), un chenal est déblayé sur 50 cm à 1 m pour permettre une inondation plus fréquente de ce dernier (à partir de 20 m³/s) et améliorer la connexion avec cette annexe. Une partie des volumes des merlons est évacué dans le cadre du décapage des cannes de Provence.
- La plantation d'espèces arborées et arbustive pour la reconstitution de ripisylve dans certains secteurs où la canne de Provence est traitée (2 600m²), en amont de l'ancienne voie ferrée.
- La sortie d'un appui du réseau basse tension Enedis du périmètre morphologique nécessaire. A ce titre, il sera nécessaire de remplacer deux appui et le câble sur un linéaire de 120 m environ.

Au vu des volumes importants de matériaux à traiter (rhizomes ou déblais), la gestion des matériaux suivante est envisagée :

- Un enfouissement des matériaux décapés et contenant des cannes de Provence sur une parcelle hors zone inondable et à une profondeur de 2 m.
- Un régalaie des matériaux des merlons dans l'emprise de décapage, ou du chenal creusé sous l'ouvrage de l'ancienne voie ferrée.

iii. Mesures de gestion

Il apparaît intéressant de maintenir un chenal actif en lit majeur en aval de l'ancienne voie SNCF pour maintenir les bancs de galets déposés au cours des dernières crues. L'atteinte de cet objectif pourra nécessiter des opérations d'entretien ponctuelles en cas d'absence de crues débordantes sur une période prolongée. Ces opérations consistent en une scarification d'un chenal avec enlèvement de la végétation et surcreusements ponctuels pour générer des appels de débits le cas échéant.

Le périmètre biologique étendu aux zones où des plantations sont prévues dans le cadre du présent projet de restauration pourra être classé en Espace Boisé Classé dans l'objectif de renforcer la protection des ripisylves sur le site. Ces éléments pourront être intégrés lors de la prochaine révision du PLU

iv. Contraintes d'aménagement

Les contraintes pour la réalisation de cet aménagement sont synthétisées dans la table suivante :

Contraintes	Commentaires
Réseaux	Localisation d'un appui Enedis (BT) dans le périmètre morphologique nécessaire à sortir par le gestionnaire car vulnérable indépendamment des travaux.
Foncier	Foncier privé mais peu de modification du haut de berge
Hydrauliques	Peu d'impact du projet sur le fonctionnement hydraulique en crue
Règlementaires	Dossier loi sur l'eau déclaration - rubrique 3.3.5.0 « Remodelage fonctionnel ou revégétalisation de berges »
Urbanisme	L'ensemble du lit majeur dans le secteur est classé en <u>zone naturelle au PLU</u> de Nizas, ce qui va dans le sens du présent projet.
Usages	Usages agricoles à relocaliser en dehors de l'Espace de Bon Fonctionnement
Autres contraintes	-

Tableau 19: Contraintes d'aménagement du scénario niveau 1 – RSP4

v. *Impacts du scénario*

Impacts du scénario	Note	Commentaires
Impact hydraulique	o	Les merlons étant déjà transparents en situation actuelle, l'impact hydraulique est limité, et se résume à rendre submersible l'emprise des merlons supprimés et à améliorer le ralentissement dynamique en crue.
Impact morphologique	+	Maintien des profils de berge raides pour favoriser la restauration d'une bande active plus large La suppression des merlons et la reconnexion du chenal de crue, favorisent l'activité morphologique (érosion dépôt) en lit majeur dans l'environnement proche du lit mineur.
Impact sur l'EBF	+	Sortie des enjeux et des merlons localisés dans le périmètre morphologique en rive gauche
Impact environnemental	+	Amélioration des conditions hydrauliques pour favoriser l'émergence d'annexes fluviales et une diversification des milieux.
Impact paysager	o	Peu d'impact paysager dans la mesure où la ripisylve est déjà continue
Autres impacts	o	<u>Activité agricole</u> : Quelle que soit l'ambition du scénario, les contraintes hydrauliques sont similaires et les possibilités d'installation d'une activité agricole sont indépendantes du scénario retenu.

Tableau 20: *Impacts du scénario niveau 1 – RSP1*

vi. Chiffrage

Le chiffrage du scénario de niveau 1, d'ambition minimale ou intermédiaire est présenté ci-après :

Intitulé	quantité	Unité	Prix unitaire	Coût estimé (€ HT)
Installation/repli de chantier	1	Ft	5 000.00 €	10 000.00 €
Décapage des cannes de Provence	1	Ft	56 000.00 €	56 000.00 €
Suppression des merlons rive gauche	1	Ft	24 000.00 €	24 000.00 €
Plantation de ripisylve dans l'emprise des cannes de Provence	1	Ft	19 000.00 €	19 000.00 €
<i>sous total</i>				109 000.00 €
Aléa	~15%			18 000.00 €
Etudes et MOE (PRO-AOR)	~ 10%			11 000.00 €
TOTAL				138 000.00 €

Tableau 21: Chiffrage du scénario niveau 1 – RSP4

III.7.2. Scénario de niveau 3 – ambition maximale

i. Objectifs de restauration du scénario

Le scénario d'ambition maximale s'attache à étendre le périmètre de restauration à la rive droite, il présente les objectifs de restauration suivants :

- Favoriser la connectivité lit mineur / lit majeur sur l'ensemble du linéaire, par la suppression des merlons rive gauche et rive droite. Cette amélioration de la connectivité doit s'accompagner d'une libre évolution des milieux dans l'espace de bon fonctionnement et donc d'une relocalisation des usages agricoles (vignes et autres)
- Éliminer les cannes de Provence dans l'emprise des merlons et en berge, sans replantation pour favoriser des élargissements localisés de la bande active.
- Supprimer les usages dégradants (pompage, remblais), lorsque cela n'impacte pas la ripisylve en place
- Limiter le transfert de polluants depuis la rive droite par l'instauration d'une bande tampon de 15 m
- Préserver les grands arbres.

ii. Descriptif des aménagements

La localisation des aménagements du scénario de niveau 3 est présentée ci-après :

Plan de gestion de la Boyne et dossiers règlementaires 2022-2027
Restauration physique et écologique de 3 sites particuliers – RSP1 – RSP4 – RSP5 – rapport d'ESQ

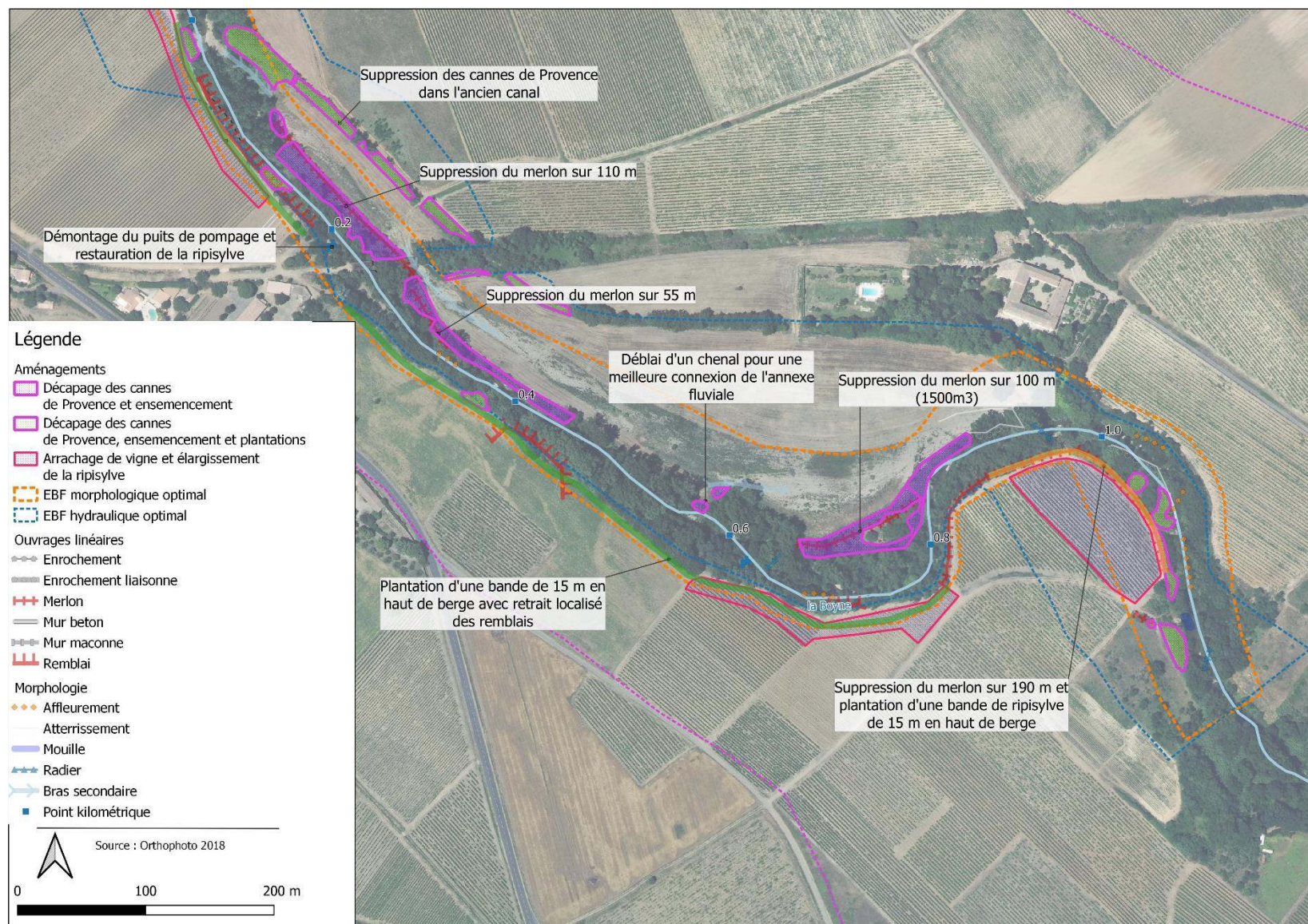


Figure 50 : Localisation des aménagements du scénario niveau 3 – RSP4

En complément des aménagements prévus dans le scénario d'ambition minimale, ce scénario prévoit les travaux suivants :

- La suppression du merlon rive droite sur l'aval du site sur un linéaire de 190 m. Cette action comprend les travaux suivants :
 - Le déblai des matériaux du merlon (700 m³)
 - Le décapage des cannes de Provence sur 50cm dans l'emprise du merlon, mais aussi au droit et en aval de ce dernier (1200 m²)
 - L'arrachage de la partie de la vigne « protégée » par le merlon (7000 m²)
 - La plantation d'une bande de ripisylve de 15 m dans l'emprise du merlon et dans l'emprise des cannes de Provence décapées
- L'élargissement de la ripisylve sur une bande de 15 m en haut de berge rive droite sur un linéaire d'environ 800 m et comprenant les travaux suivants :
 - L'arrachage de vignes y compris le repalissage d'un linéaire de 320 m
 - Le décapage des cannes de Provence présentes localement (600m²)
 - L'évacuation des remblais en haut de berge (250 m³) y compris les éventuels gravats et décombres
 - La plantation d'arbres et arbustes et l'ensemencement de la bande de 15m
- Le décapage des cannes de Provence dans l'emprise du canal rive gauche avec plantation d'espèces de ripisylve et remodelage sommaire du canal (300 m²)
- L'élimination des Ailantes et Robinier présents en rive gauche en amont du site (PK0 à 0.05) pour éviter leur propagation via le chenal de débordement.
- La suppression de la prise d'eau rive droite en amont de la voie SNCF avec un retalutage de la berge et la plantation de ripisylve.

Au vu des volumes importants de matériaux à traiter (rhizomes ou déblais), la gestion des matériaux suivante est envisagée :

- Un enfouissement des matériaux décapés et contenant des cannes de Provence sur une parcelle proche hors zone inondable et à une profondeur de 2 m.
- Un régalage des matériaux des merlons dans l'emprise de décapage, ou du chenal creusé sous l'ouvrage de l'ancienne voie ferrée.

La suppression de la prise d'eau devra s'accompagner d'une concertation avec les exploitants agricoles et le cas échéant de la recherche d'une ressource de substitution. La présence d'un réseau BRL (Gourdibeu) sur la commune de Paulhan (prélèvement sur l'Hérault non saturé à moins de 2km) semble envisageable, toutefois, le déploiement à l'échelle individuelle pourrait être contraignante financièrement et il devra éventuellement être envisagé à l'échelle collective, nécessitant de ce fait une étude spécifique (enquêtes agricoles notamment).

iii. Mesures de gestion

Il apparaît intéressant de maintenir un chenal actif en lit majeur en aval de l'ancienne voie SNCF pour maintenir les bancs de galets déposés au cours des dernières crues. L'atteinte de cet objectif pourra nécessiter des opérations d'entretien ponctuelles en cas d'absence de crues débordantes sur une

période prolongée. Ces opérations consistent en une scarification d'un chenal avec enlèvement de la végétation et surcreusements ponctuels pour générer des appels de débits le cas échéant.

Le périmètre biologique étendu aux zones où des plantations sont prévues dans le cadre du présent projet de restauration pourra être classé en Espace Boisé Classé dans l'objectif de renforcer la protection des ripisylves sur le site. Ces éléments pourront être intégrés lors de la prochaine révision du PLU

iv. Contraintes d'aménagement

Les contraintes pour la réalisation de cet aménagement sont synthétisées dans la table suivante :

Contraintes	Commentaires
Réseaux	Localisation d'un appui Enedis (BT) dans le périmètre morphologique nécessaire à sortir par le gestionnaire car vulnérable indépendamment des travaux.
Foncier	Foncier privé mais peu de modification du haut de berge
Hydrauliques	Peu d'impact du projet sur le fonctionnement hydraulique en crue
Règlementaires	Dossier loi sur l'eau déclaration - rubrique 3.3.5.0 « Remodelage fonctionnel ou revégétalisation de berges »
Urbanisme	L'ensemble du lit majeur dans le secteur est classé en <u>zone naturelle au PLU</u> de Nizas, ce qui va dans le sens du présent projet. L'élargissement de la ripisylve en rive droite nécessite une extension de cette dernière en zone agricole.
Usages	Usages agricoles à relocaliser en dehors de l'Espace de Bon Fonctionnement – Substituer le prélèvement par une autre ressource et concertation propriétaire.
Autres contraintes	-

Tableau 22: Contraintes d'aménagement du scénario niveau 3 – RSP4

v. *Impacts du scénario*

Impacts du scénario	Note	Commentaires
Impact hydraulique	o à +	Les merlons étant déjà transparents en situation actuelle, l'impact hydraulique est limité, et se résume à rendre submersible l'emprise des merlons supprimés et à améliorer le ralentissement dynamique en crue.
Impact morphologique	+	Maintien des profils de berge raides pour favoriser la restauration d'une bande active plus large La suppression des merlons et la reconnexion du chenal de crue, favorisent l'activité morphologique (érosion dépôt) en lit majeur dans l'environnement proche du lit mineur.
Impact sur l'EBF	++	Sortie des enjeux et des merlons localisés dans le périmètre morphologique en rives droite et gauche
Impact environnemental	++	Amélioration des conditions hydrauliques pour favoriser l'émergence d'annexes fluviales et une diversification des milieux. Augmentation des surfaces de ripisylve
Impact paysager	o	Peu d'impact paysager dans la mesure où la ripisylve est déjà continue
Autres impacts	o	<u>Activité agricole</u> : - Quelle que soit l'ambition du scénario, les contraintes hydrauliques sont similaires et les possibilités d'installation d'une activité agricole sont indépendantes du scénario retenu. - Le présent scénario nécessite la relocalisation de 1.4 ha de vignes

Tableau 23: *Impacts du scénario niveau 3 – RSP4*

vi. Chiffrage

Le chiffrage du scénario de niveau 3, d'ambition maximale est présenté ci-après :

	Intitulé	quantité	Unité	Prix unitaire	Coût estimé (€ HT)
commun niveau 1	Installation/repli de chantier	1	Ft	15 000.00 €	15 000.00 €
	Décapage des cannes de Provence	1	Ft	56 000.00 €	56 000.00 €
	Suppression des merlons rive gauche	1	Ft	24 000.00 €	24 000.00 €
	Plantation de ripisylve dans l'emprise des cannes de Provence	1	Ft	19 000.00 €	19 000.00 €
	Suppression du merlon aval rive droite et des cannes de Provence	190	ml	230.00 €	43 700.00 €
	Elargissement de la ripisylve rive droite sur 15 m y c arrachage vignes	800	ml	87.50 €	70 000.00 €
	Suppression des cannes de Provence dans le canal rive gauche	1	Ft	26 000.00 €	26 000.00 €
	Suppression du pompage rive droite	1	Ft	12 000.00 €	12 000.00 €
	sous total				265 700.00 €
	Aléa	~15%			40 000.00 €
	Etudes et MOE (PRO-AOR)	~ 10%			27 000.00 €
				TOTAL	332 700.00 €

Tableau 24: Chiffrage du scénario niveau 3 – RSP4

vii. Etudes complémentaires

Pour les phases d'études ultérieures, il apparaît nécessaire d'engager les études complémentaires suivantes :

- Etude prospective d'un site de dépôt pour les cannes de Provence
- Etude géotechnique :
 - Sondages à la pelle sur le merlon dans le méandre afin de caractériser les matériaux constitutifs et au vu des volumes concernés
 - Sondages de reconnaissance sur les sites de dépôt des cannes de Provence pour valider les possibilités d'enfouissement.

IV. RSP5 – La Boyne au droit de Cazouls d'Hérault

IV.1. LOCALISATION DU SITE

Le site de restauration particulier RSP5 est situé sur la commune de Cazouls d'Hérault le long de la Boyne.

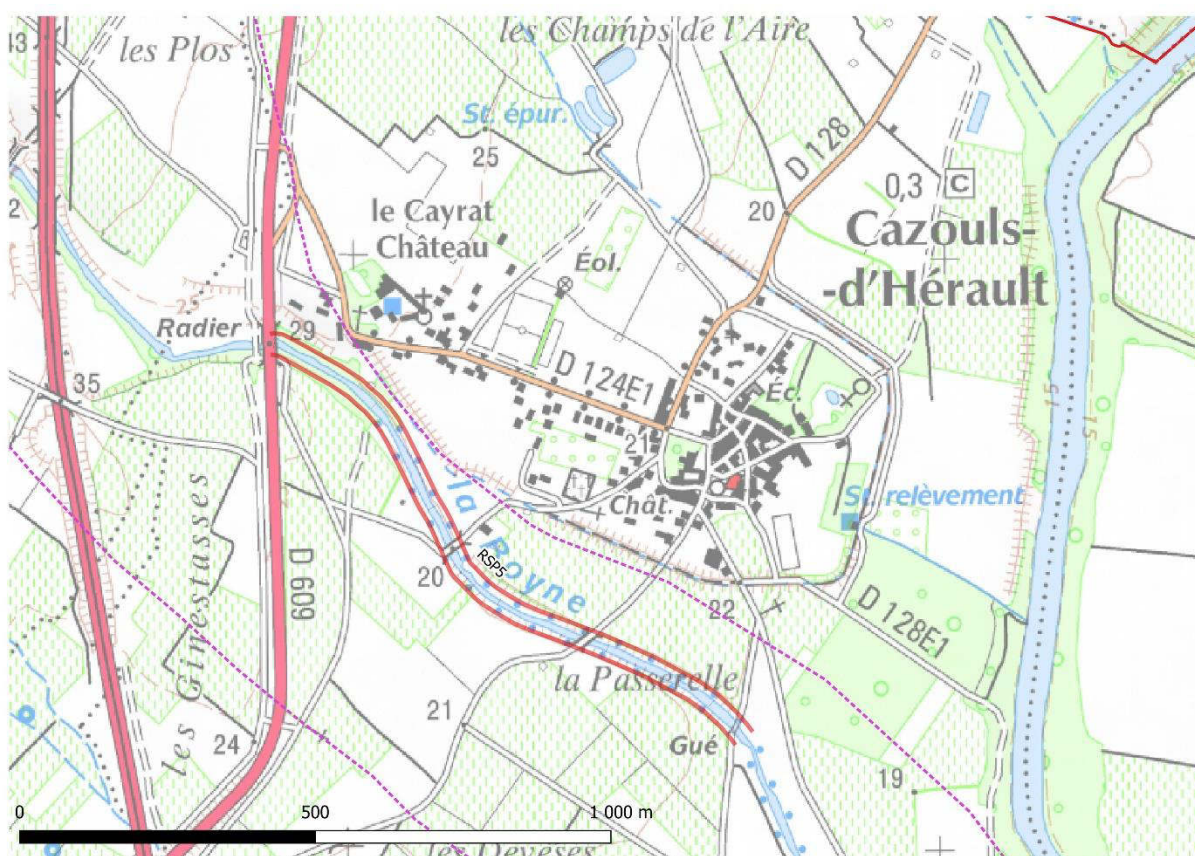


Figure 51 : Localisation générale du site RSP5 (source : scan 25)

Ce site s'étend entre le pont de la RD 609 et le passage à gué localisé à une distance d'environ 1 000 m.

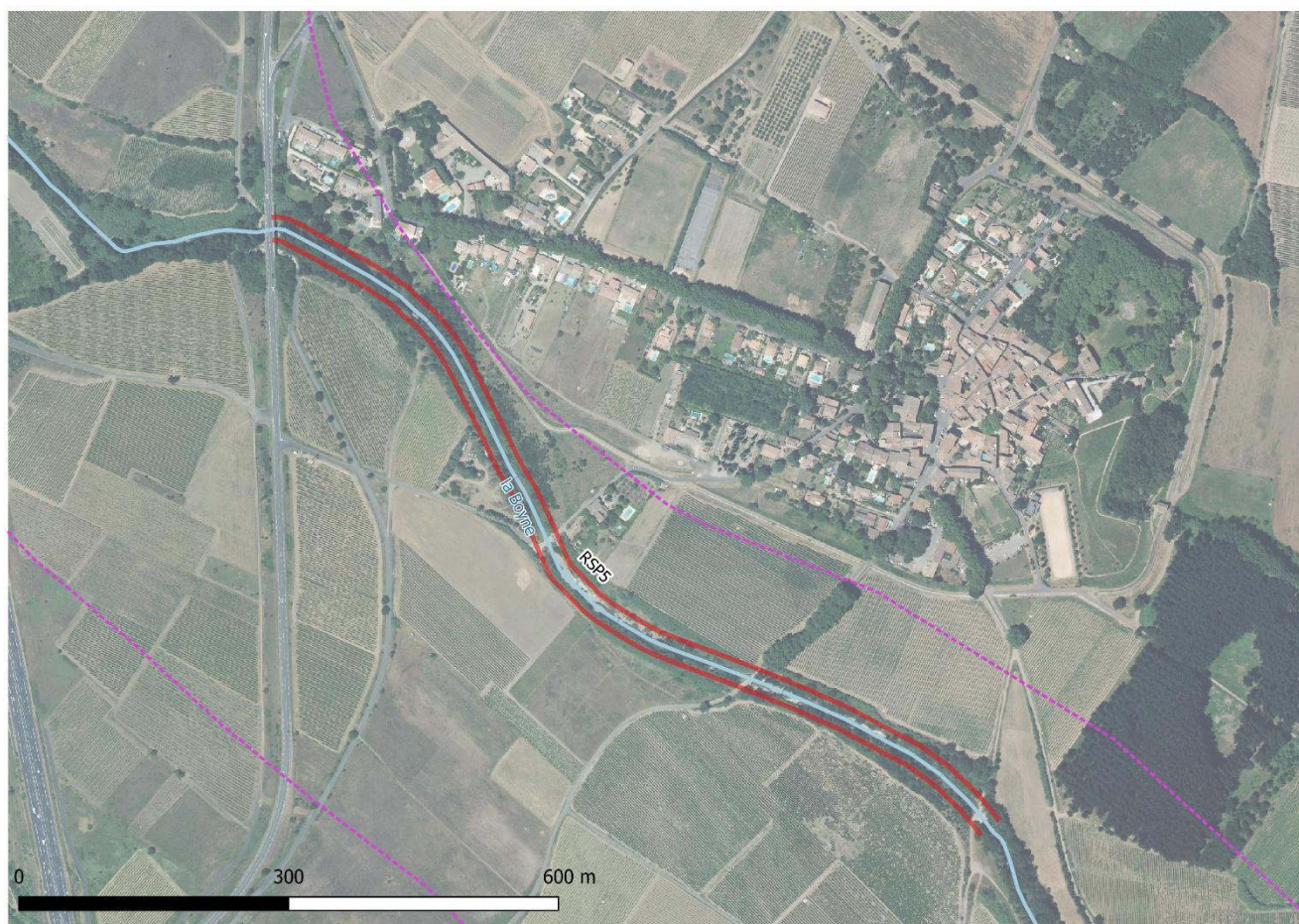


Figure 52 : Localisation détaillée du site RSP5 (source : orthophoto 2018)



Figure 53 : Vue de la Boyne au droit du site de restauration

IV.2. DIAGNOSTIC DE L'ETAT ACTUEL

IV.2.1. Bornage kilométrique et points de repères

Un bornage kilométrique a été mis en place de l'amont vers l'aval afin de faciliter la description des ouvrages et du linéaire d'étude. Les bornes sont localisées tous les 200m sur les planches graphiques.

Les trois ouvrages de franchissement ou passages à gués présents sur le linéaire du site sont aussi largement utilisés comme points de repère pour décrire le linéaire.

Dénomination	Nom de rue	PK	Type ouvrage
Gué n°1	Rue des Tuileries	0.48	Pont submersible
Gué n°2	Route de Boyne	0.76	Pont submersible
Gué n°3	Chemin	1.05	Passage à gué avec plots béton en aval

Tableau 25 : Description des gués utilisés comme points de repère

IV.2.2. Expertise de terrain

L'expertise de terrain a été réalisée les 07 Juin 2021, par temps beau et sans précipitations significative la semaine précédant l'expertise. Le débit s'écoulant dans la Boyne était de l'ordre de quelques l/s sur l'extrême amont à nul sur le reste du linéaire.

i. Morphologie

Les caractéristiques morphologiques générales du site RSP5 sont les suivantes :

	RSP5
Largeur plein bord (L_{pb})	30 m (25 à 35 m)
Hauteur plein bord (H_{pb})	2 à 2.5m
Rapport (L_{pb} / H_{pb})	12
Largeur lit majeur	200 m sur l'amont Supérieur à 400 m sur l'aval (confondu avec le lit majeur de l'Hérault)
Pente (hors ruptures de pente : chute naturelle ou ouvrages)	0,3%

Tableau 26 : Caractéristiques morphologiques générales sur le site RSP5

Un profil en travers type exposant l'absence de démarcation du champ majeur rive droite est présenté ci-après :

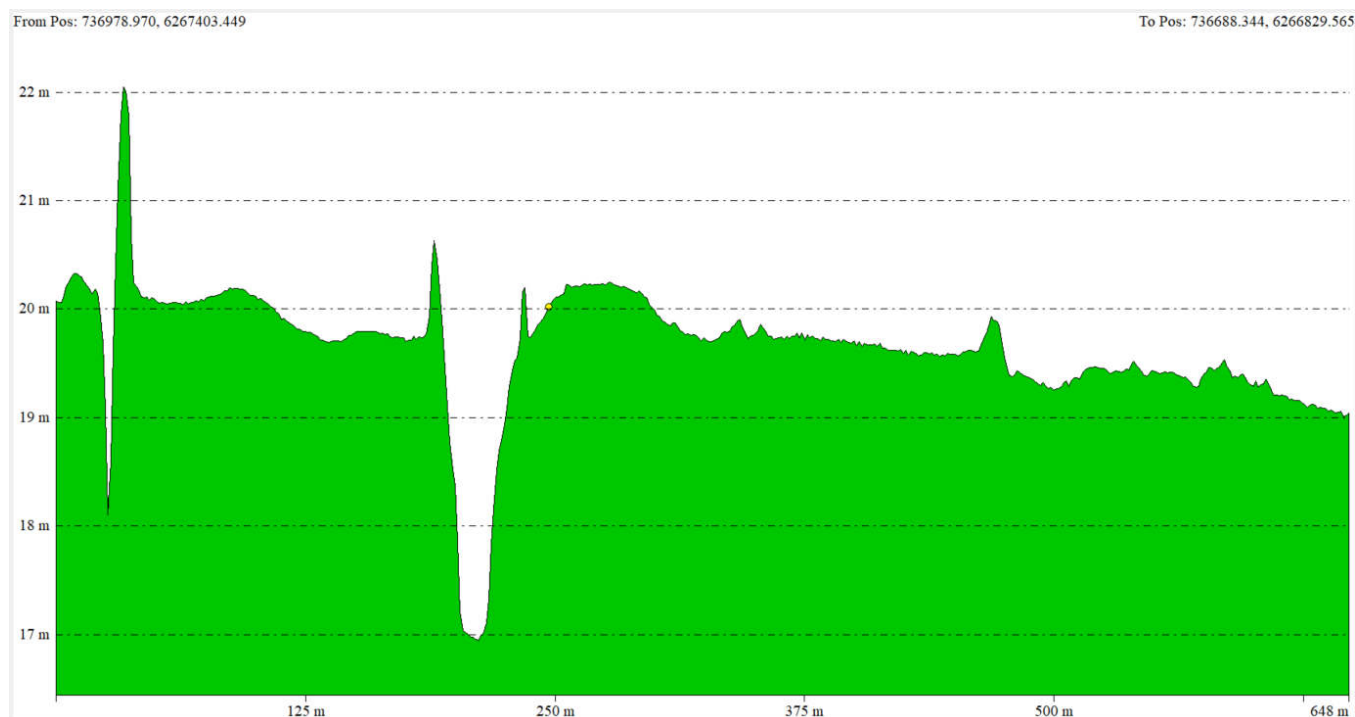
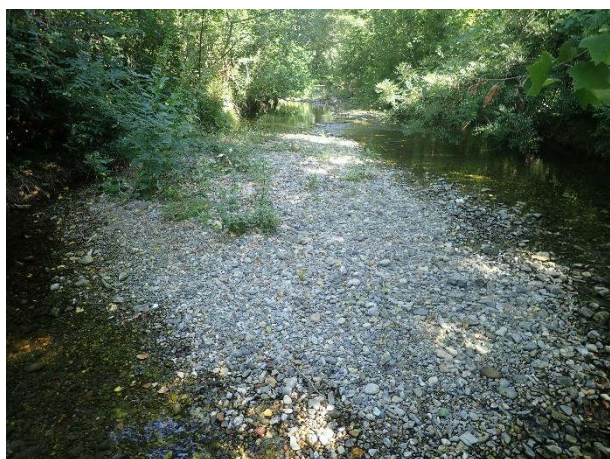


Figure 54 : profil en travers type entre les gués n°2 et 3

Sur le site RSP5 la Boyne s'écoule dans la plaine alluviale de l'Hérault sur des alluvions récentes.

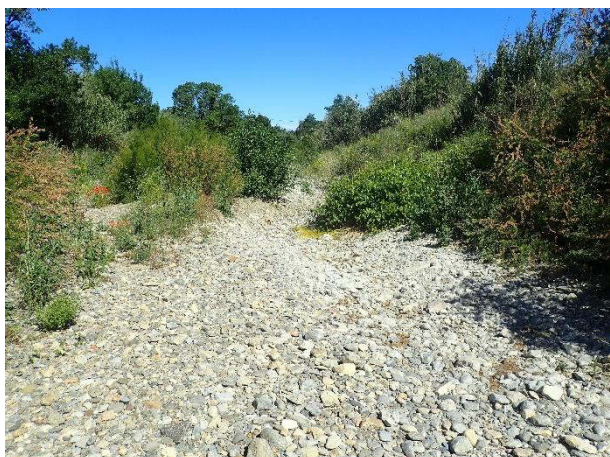
La granulométrie des matériaux déposés sur ce site correspond à des cailloux, avec une forte présence de graviers en aval et de pierres localement. Sur la majorité du site de restauration l'ensemble du débit de la Boyne s'écoulait dans le substrat alluvial lors de l'expertise.



Atterrissement de cailloux en amont du site



Atterrissement de pierres en amont du gué n°1



Fond de lit entre les gués n°1 et 2



Atterrissement de graviers en aval du gué n°2

Une érosion est présente sur environ 15 m, elle est localisée en pied d'une zone colonisée par des cannes de Provence n'assurant pas une bonne tenue de la berge et la présence d'un petit embâcle localisé en rive opposée a pu être à l'origine du déclenchement de cette érosion.



Erosion en pied de cannes de Provence

Entre les gués n°1 et 2 la Boyne présente une dynamique plus forte avec la présence de mouilles profondes et un élargissement de la bande active à 20-30 m.



Mouilles profonde et bande active plus large avec présence de végétation pionnière

Les pentes de berge sur le site RSP5 sont inférieures à 2H/1V sur la quasi-totalité du linéaire, aux exceptions suivantes près :

- Localement en amont du gué n°1 en rive gauche (zone d'extrados) où les pente sont de l'ordre de 3H/2V
- Localement en rive droite entre les gué n°1 et 2 (zone d'extrados), notamment du fait de la présence de fosses d'affouillement.

ii. Ouvrages anthropiques

Les principaux ouvrages anthropiques présents sur le site RSP5 sont les trois ouvrages de franchissements et les merlons qui longent la quasi intégralité du site de restauration. Ces derniers sont globalement recouverts de végétation et peu identifiables sur site. Ils ont été implantés sur la base du MNT et leur présence a été validé sur site.

Les ouvrages anthropiques sont présentés dans la table suivante :

Localisation	Photo	Description / remarques
Amont gué n°1 rive droite PK0.23 à 0.45 rive droite		Merlon d'une hauteur de 0.7 à 1.1 m longeant une vigne, puis une parcelle utilisée pour du stockage de matériel sur une longueur de 280 m. En amont le merlon est constitué de décombres, sur une partie du linéaire il est colonisé par des cannes de Provence. Ce merlon a été contourné par l'amont en 2019 (laisses de crue sur le grillage en amont de la parcelle)
PK 0.48	 	<u>gué n°1 du chemin des Tuileries</u> : Pont submersible constitué de 2 dalots 0.8 x 2.3 m et 3 dalots 0.8 x 2.9 m. Les piédroits sont munis d'avant-becs triangulaires. Un radier béton est présent sur 5 m en amont de l'ouvrage. Ouvrage restauré en 2020.

PK 0.49 Rive droite		Ouvrage de protection réalisé au béton projeté associé au gué n°1 et pour protéger un accès à la parcelle rive droite.
Aval gué n°1 rive droite PK0.50 à 0.62 rive droite		Merlon d'une hauteur de 0.9 à 1.6 m d'une longueur de 140 m fortement colonisé par des cannes de Provence.

Entre les gués n°1 et 2 rive gauche PK0.50 à 0.75 rive gauche		Merlon d'une longueur de 250 m et d'une hauteur de 1 m sur l'amont au droit de la parcelle de prairie à 0.5 m au droit de la vigne où il est fortement colonisé par des cannes de Provence.
PK 0.76		<u>gué n°2 de la route de Boyne</u> : Pont submersible constitué de 5 dalots 1.1 x 4 m. Les piédroits sont munis d'avant-becs triangulaires. Le radier des dalots est constitué d'un perré. Les avant-becs et la face amont du radier ont été restaurés en 2020. Un perré

PK 0.76 rive droite		<u>Mur maçonné</u> en rive droite en aval du gué n°2 d'une longueur de 15 m et d'une hauteur d'environ 1.2 m.
PK 0.77 rive droite		<u>Mur béton armé</u> dans le prolongement de l'ouvrage précédent d'une hauteur de 1.7 m et d'une épaisseur de 50cm et d'une longueur de 11 m. Cet ouvrage en saillie dans le lit, il a vraisemblablement dû être construit pour jouer le rôle d'épi. Il est actuellement dans un état médiocre.
Entre les gués n°2 et 3 PK0.77 à 1.04		Merlons en rive gauche et droite d'une hauteur de 0.6 m et d'une longueur de 270 m. Ils sont localisés en bordure des parcelles de vigne et recouverts de cannes de Provence sur la majorité du linéaire.

PK1.05		<u>Gué n°3</u> : Passage à gué en fond de lit stabilisé en aval par un seuil de fond en béton. Des plots bétons (25x40 x30cm - 1xLxh) reposent sur le seuil béton pour le franchissement piéton. Ouvrage en mauvais état (plots basculés, épaufrures et affouillement du seuil en aval)
--------	---	--

iii. Ripisylve

Sur la majorité du site de restauration de Cazouls d'Hérault, la ripisylve présente un état moyen à mauvais (85% du linéaire). Les principaux facteurs de dégradation sont les suivants :

- La forte présence de cannes de Provinces, notamment entre les gués n°1 et 2 où elle occupe l'ensemble des berges en peuplement monospécifique. La canne de Provence reste très présente 200 m en amont du gué n°1 et 200 m en aval du gué n°2.
- Sa faible densité et le faible ombrage qu'elle apporte.

On notera que sur la totalité du linéaire l'espace présent entre les usages et le pied de berge et de l'ordre de 10 à 15 m et que les facteurs de dégradation proviennent plus de la gestion de cet espace et des perturbations passées, notamment le recalibrage (cf. paragraphe IV.4.1 Analyse historique) que de l'emprise disponible.

En amont et en aval du site deux tronçons de ripisylve présentent une bonne fonctionnalité avec une largeur importante (>15m), une représentation des trois strates de végétation et une forte densité.

	
<i>Ripisylve localement en bon état en amont du site (PK 0.2)</i>	<i>Cannes de Provence et faible densité de ripisylve en amont du gué n°1 (PK0.40)</i>
	
<i>Cannes de Provence et faible densité de ripisylve (PK0.50)</i>	<i>Ripisylve dense entre les gués n°2 et 3 malgré l'absence d'écoulement (PK1.0)</i>

IV.2.3. Analyse géologique

La carte géologique du BRGM au 1/50 000ième (Feuille N°989 - Lodève) est la suivante au droit de ce site :

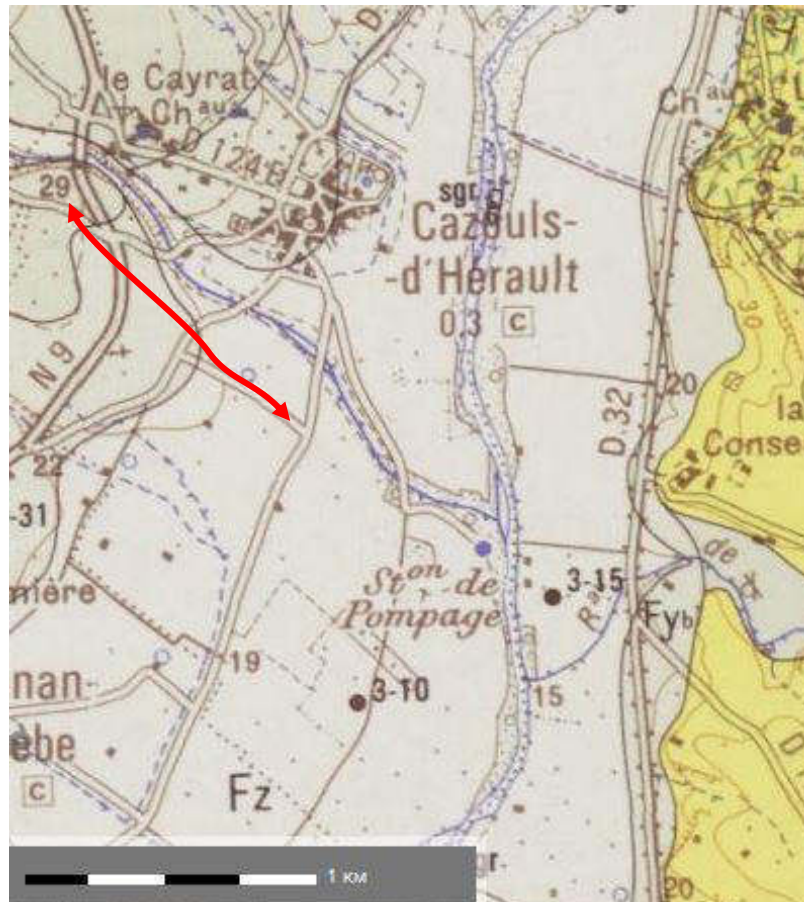


Figure 55 : Carte géologique – RSP5 (source : Infoterre)

Sur le site RSP5, la Boyne s'écoule dans la plaine alluviale de l'Hérault et plus particulièrement sur des alluvions récentes du quaternaire (Fz : limons, sables et graviers). Sur la partie amont du site de restauration (entre le pont de la RD609 et le gué n°2 de la route de Boyne) des alluvions anciennes (Fya et b) marquent la limite de versant.

IV.2.4. Recensement des enjeux et des contraintes à proximité du site

i. Contraintes liées aux réseaux

Des déclarations de travaux ont été lancées dans le cadre du diagnostic. Les concessionnaires suivants disposent de réseaux à proximité directe de la Boyne et pouvant être localisés dans l'emprise des futurs travaux :

Réseau	Exploitant
Eau potable	SIEVH
Gaz	GRT gaz
Réseau électrique	Enedis
Télécommunications	Orange K2 Languedoc Roussillon

Leur localisation sommaire a été reportée sur la carte à la page suivante :

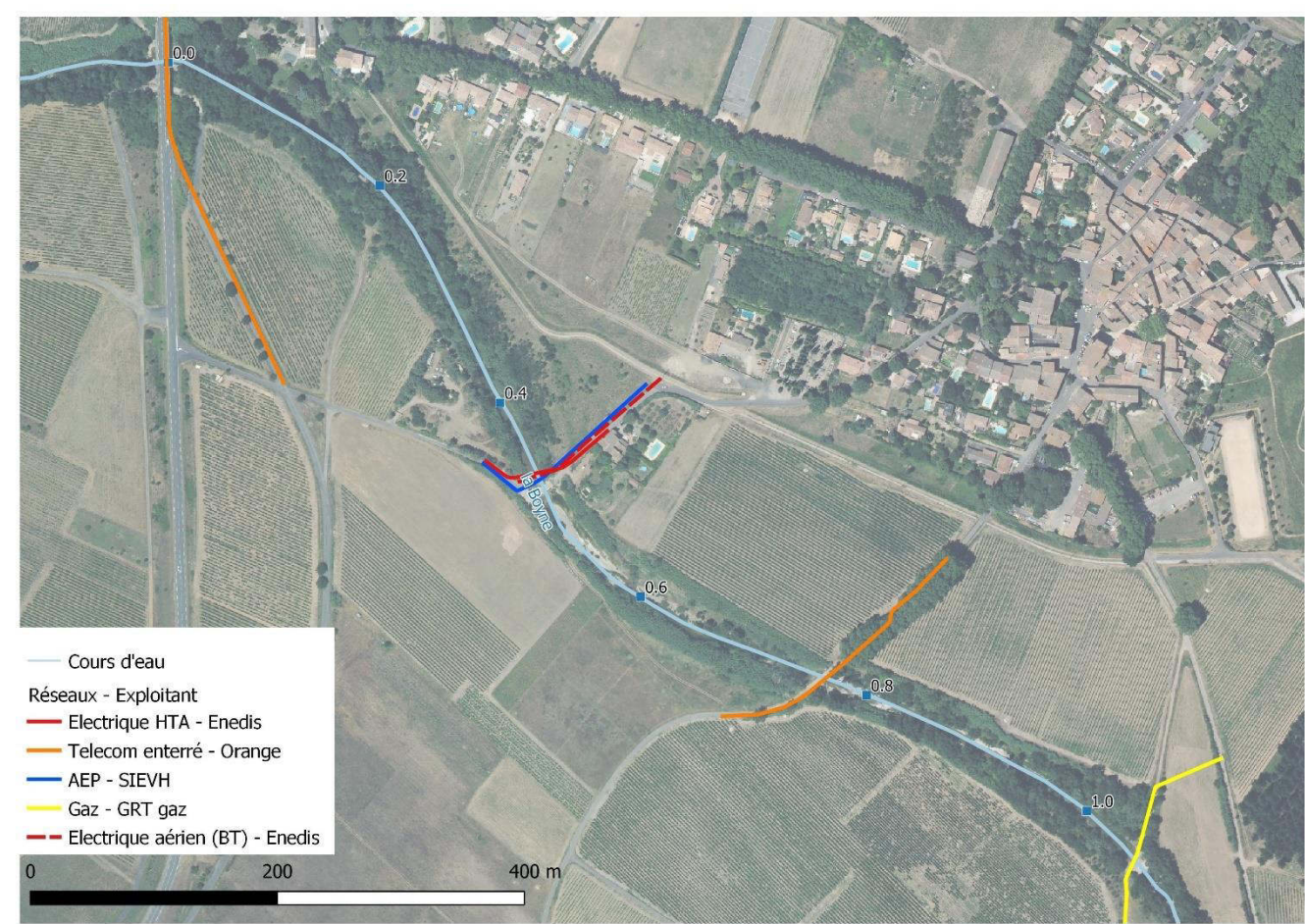


Figure 56 : Localisation générale des réseaux à proximité de la Boyne à Cazouls d’Hérault

Les principales contraintes liées à la présence de ces réseaux sont les suivantes :

- Réseau AEP : Le réseau passe dans la semelle béton en amont du gué n°1 et deux regards sont présents en rive gauche. Toute intervention sur le gué devra prévoir une modification ou protection de ce réseau.
- Réseau électrique : La profondeur de traversée du réseau est inconnue (il ne sera détecté en catégorie A qu’en 2026). Ce réseau peut être vulnérable en cas d’intervention sur le gué n°1, un déplacement ou une protection devra être prévu le cas échéant.

- Réseau gaz : Le réseau gaz est localisé en amont du gué n°3 à 1 à 2 m du fond de lit. En cas de suppression du gué, l'érosion régressive risque d'amener le fond de lit à proximité de ce dernier. Une coordination avec GRT gaz sera indispensable afin de valider la faisabilité d'une intervention sur le gué, d'un approfondissement du réseau ou les modalités de protection à mettre en œuvre.
- Réseau Telecom : En amont, le réseau passe dans l'ouvrage de la RD609 et ne présente pas de contraintes particulières. En aval, un réseau passe en aval du gué n°2 et présentera une contrainte en cas d'intervention sur l'ouvrage.



Figure 57 : Vue d'un regard sur le réseau AEP en amont du gué n°1

ii. Autres enjeux et usages

Les autres enjeux pouvant être recensés sont les suivants :

- La digue de protection contre de les crues de Cazouls d'Hérault localisée à une distance d'environ 30 m en amont du site de restauration. Les travaux prévus ne devront pas être de nature à aggraver les risques d'érosion de la digue ou à exhausser la ligne d'eau.
- Une habitation localisée au droit des Tuileries (gué n°1) et hors de la zone protégée de la digue. Comme pour l'enjeu précédent, tout aménagement devra s'attacher à ne pas aggraver le risque déjà conséquent dans le secteur.
- Des enjeux agricoles dans le lit majeur de la Boyne avec essentiellement des cultures de vignes, avec notamment un prélèvement agricole dans la nappe d'accompagnement en rive gauche entre les gués n°2 et 3.

IV.3. ETUDE HYDRAULIQUE EN SITUATION ACTUELLE

IV.3.1. Analyse hydrologique

i. Débits de crue

Des données hydrologiques sont disponibles dans le volet hydraulique de l'étude de danger de la digue de Cazouls d'Hérault (DHI, 2016).

Ces débits ont été obtenus à partir des débits décennaux et centennaux du PPRI approuvé en 2005.

	La Boyne à la confluence avec l'Hérault
superficie BV (km ²)	76.6
Q10	125 m ³ /s
Q30	155.4 m ³ /s
Q50	172 m ³ /s
Q100	260 m ³ /s

Ces données sont cohérentes avec celles de l'étude hydraulique de détermination des zones inondables à Cabrières (SIEE, 1994) recalées par la formule de Myer. Les données de l'étude de danger sont retenues, les autres périodes de retour peuvent être obtenues par application des coefficients de l'Inspection Technique de 1977 (IT77). Les crues modélisées sont les suivantes :

Période de retour	Débits de crue (m ³ /s)
2 ans*	75
5 ans*	100
10 ans	125
20 ans*	156
50 ans	172
100 ans	260

* débits estimés selon les ratios de l'IT de 1977

Tableau 27 : Débits des crues de la Boyne à la confluence avec l'Hérault

ii. Evénement du 22-23 Octobre 2019

Les cumuls pluviométriques observés à Cabrières lors de l'événement 22 et 23 Octobre 2019 sont disponibles sur les stations automatiques du département de l'Hérault à Cabrières et à Servian.

Les cumuls maximaux observés en 12h sont de 222mm à Cabrières et 234mm à Servian. Par comparaison avec les HDF de la station météo de Montpellier Fréjorgues (1960-2014), l'occurrence de cette pluie est entre la cinquantennale et la centennale.

L'exploitation du modèle hydraulique décrit ci-après et des PHE relevées suite à cette crue (au niveau de la digue sur la route de Boyne et le chemin de Fabrique) a permis d'estimer le débit de crue d'Octobre 2019 à 150 m³/s, soit une crue légèrement inférieure à la cinquantennale, ce qui apparaît cohérent avec les cumuls pluviométriques observés.

iii. Débits courants

Aucune station de suivi hydrométrique n'est présente sur la Boyne. La cartographie de consensus des débits caractéristiques de référence réalisée par Irstea (2012) sur la France est utilisée pour la détermination des débits courants. Les valeurs données sont les suivantes :

- QMNA5 : 0.03 m³/s (IC : 0.003-0.089 m³/s). Le niveau de robustesse de ces données est « Fragile »
- Module : 0.652 m³/s (IC : 0.493-0.864 m³/s). Le niveau de robustesse est fixé à « prudence ».

IV.3.2. Modélisation hydraulique des écoulements

i. Modèle utilisé

Un modèle filaire monodimensionnel (1D) avec écoulement à surface libre en régime permanent a été utilisé pour la modélisation des écoulements en crue.

Compte tenu un profil globalement en V des zones topographiques dans lesquelles s'écoulent les cours d'eau étudiés (pas d'écoulement divergent) et compte tenu l'absence de grands casiers de stockage des débordements (les débordements s'écoulent sans zone d'eau morte de stockage), ce type de modèle hydraulique est approprié à rendre compte des conditions d'écoulement observées sur le terrain.

Le logiciel de modélisation utilisé pour simuler les écoulements en crue est HEC-RAS. Il est développé par l'US Army Corps of Engineers. Ce code de calcul permet la modélisation unidimensionnelle (1D) en régime permanent ou transitoire des écoulements graduellement variés. Il est basé sur la résolution des équations de Barré de Saint Venant. La topographie du terrain naturel est discrétisée sous forme de profils en travers et en tout nœud, le programme calcule les hauteurs d'eau et la vitesse moyenne d'écoulement.

Ce logiciel intègre les ouvrages particuliers tels que les digues, ouvrages de franchissement, déversoirs... Pour chacun d'eux, le modélisateur a le choix des paramètres et du type de formule de manière à optimiser la représentativité du modèle.

ii. Topographie et paramètres de calcul

Les données topographiques utilisées pour la construction du modèle sont les suivantes :

- Les levés topographiques réalisées dans le cadre de la présente étude pour le lit mineur (CEAU, 2021)
- Les levés topographiques réalisés par Bbass en 2021 (profils en travers et ouvrages)
- Le levé LIDAR disponible sur la zone (MNT Hérault 2013) pour le lit majeur.

En entrée de site RSP5, la Boyne entre dans la plaine inondable de l'Hérault et les débordements rive droite ne réintègrent pas le lit mineur dès l'amont du gué n°1 et comme présenté sur le MNT ci-après :

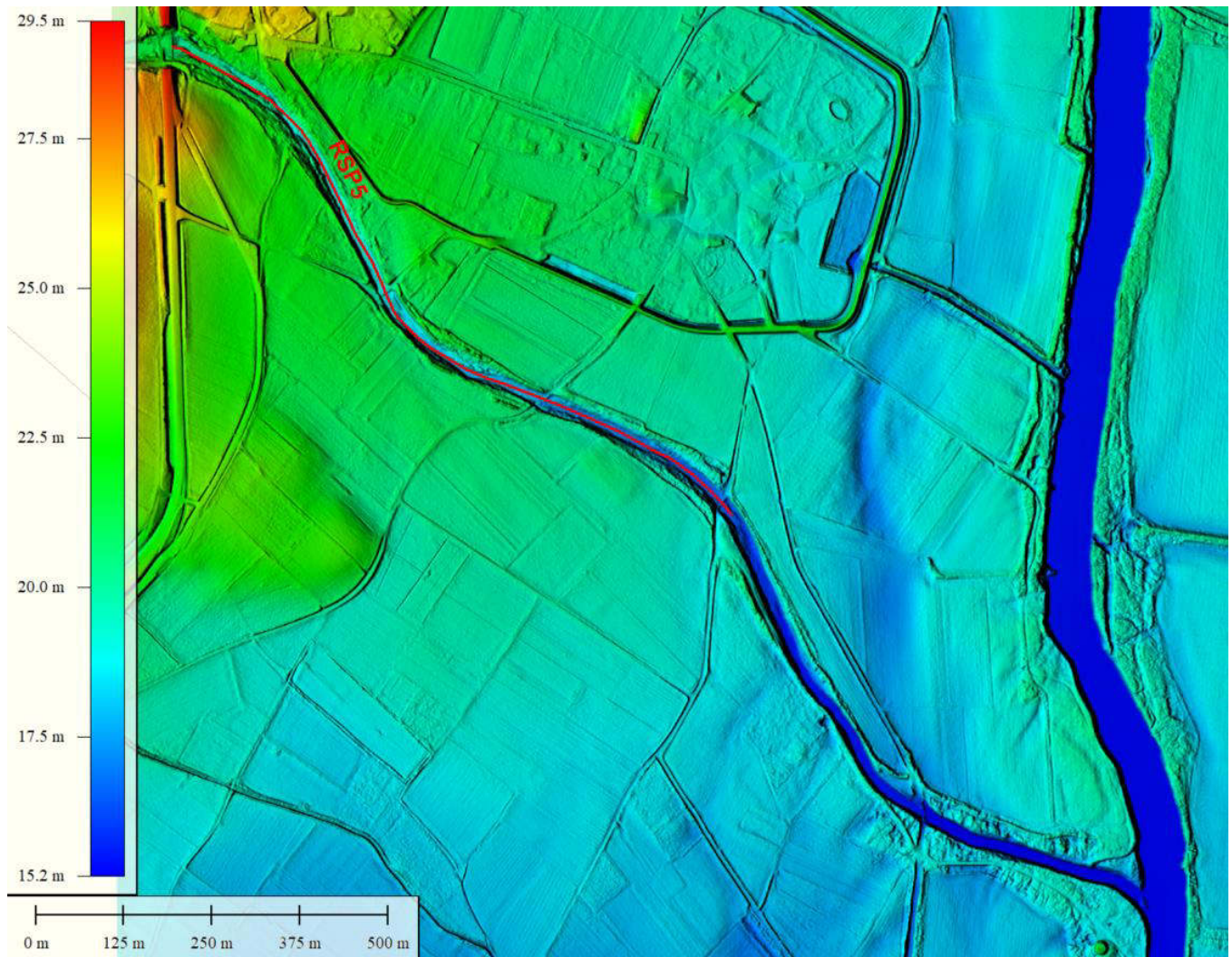


Figure 58 : Vue du MNT entre le pont de la RD609 et la confluence avec l'Hérault

Des déversoirs ont ainsi été intégrés au modèle au niveau du point haut du lit majeur. En rive gauche en aval du site RSP5, les débordements alimentent un casier avant de retourner dans le lit mineur plus en aval. Un déversoir a été modélisé avec réinjection des débits plus en aval. Les profils et l'architecture du modèle sont présentés ci-après :

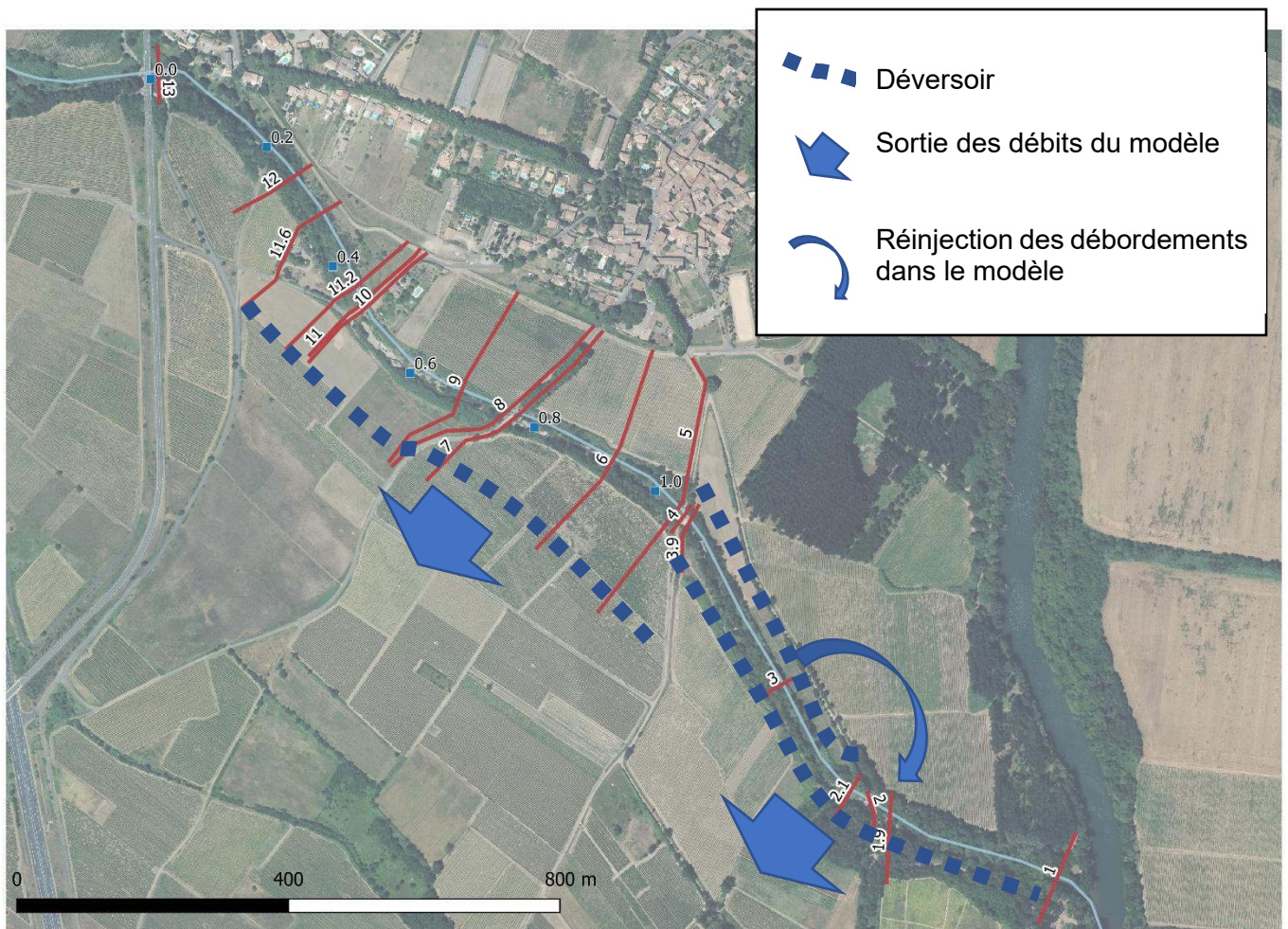


Figure 59 : Localisation des profils en travers du modèle hydraulique et architecture sommaire du modèle – Site RSP5

Les coefficients de Manning-Strickler utilisés pour rendre compte des conditions de rugosité sur le fond sont globalement les suivants :

- Lit mineur : 0.055 à 0.06 selon la largeur du lit ou l'encombrement du lit ;
- Lit majeur : 0.08 à 0.2

Un test de sensibilité a été effectué pour déterminer si le seuil sur l'Hérault avait un impact sur la ligne d'eau au droit du site de restauration. Au vu des résultats, la condition aval a été fixée à la côte normale avec une pente de 0.002.

iii. Débits plein bord

Les débits plein bord ont été déterminés le long du site de restauration afin d'appréhender le fonctionnement hydraulique général, mais aussi de caractériser les périodes de retour de débordement et les altérations de la Boyne, ils sont présentés ci-après :

Profil	Débit plein bord (m ³ /s)		Rive de débordement
	Avec merlon	Sans merlon	
12	65		Rive gauche
11.6	40	30	Rive gauche
11.6 rive droite	> Q100=261m ³ /s		-
Gué n°1			
9	170	90	Deux rives
Gué n°2			
6	150	85	Rive gauche
5	110	80	Deux rives
Gué n°3			

Tableau 28 : Débits plein bord en différents points du modèle

Les débits pleins bords varient entre 30 et 90 m³/s sans merlons et entre 40 et 170 m³/s avec merlons. Le débit plein bord sans merlons est de l'ordre de 80m³/s sur la majorité du linéaire.

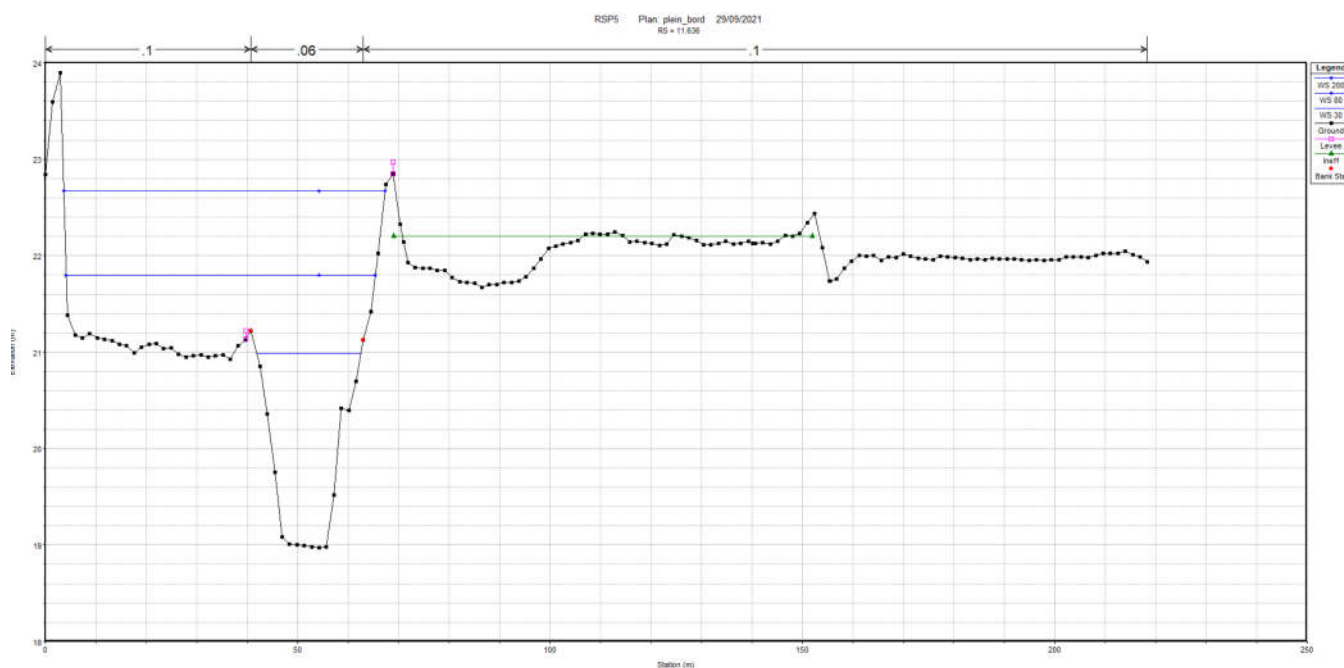


Figure 60 : Profil en travers 11.6 pour une crue de 30, 80 et 200m³/s

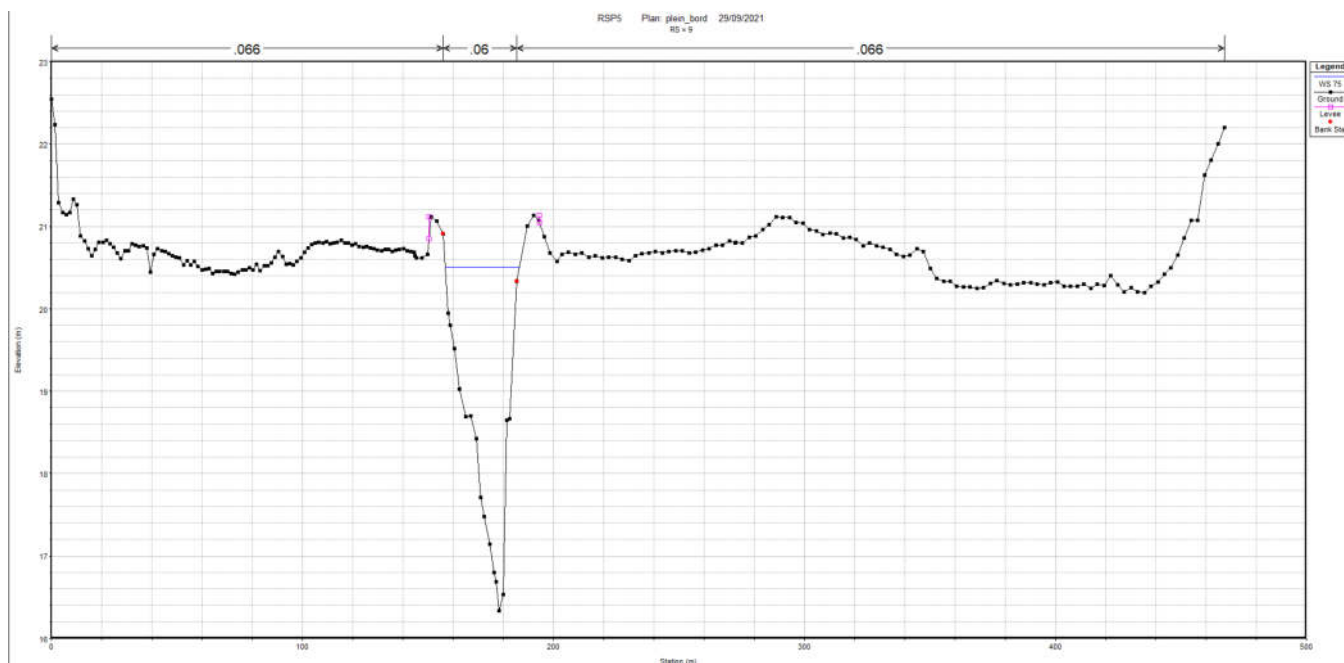


Figure 61 : Profil en travers 9 pour une crue de 80m³/s

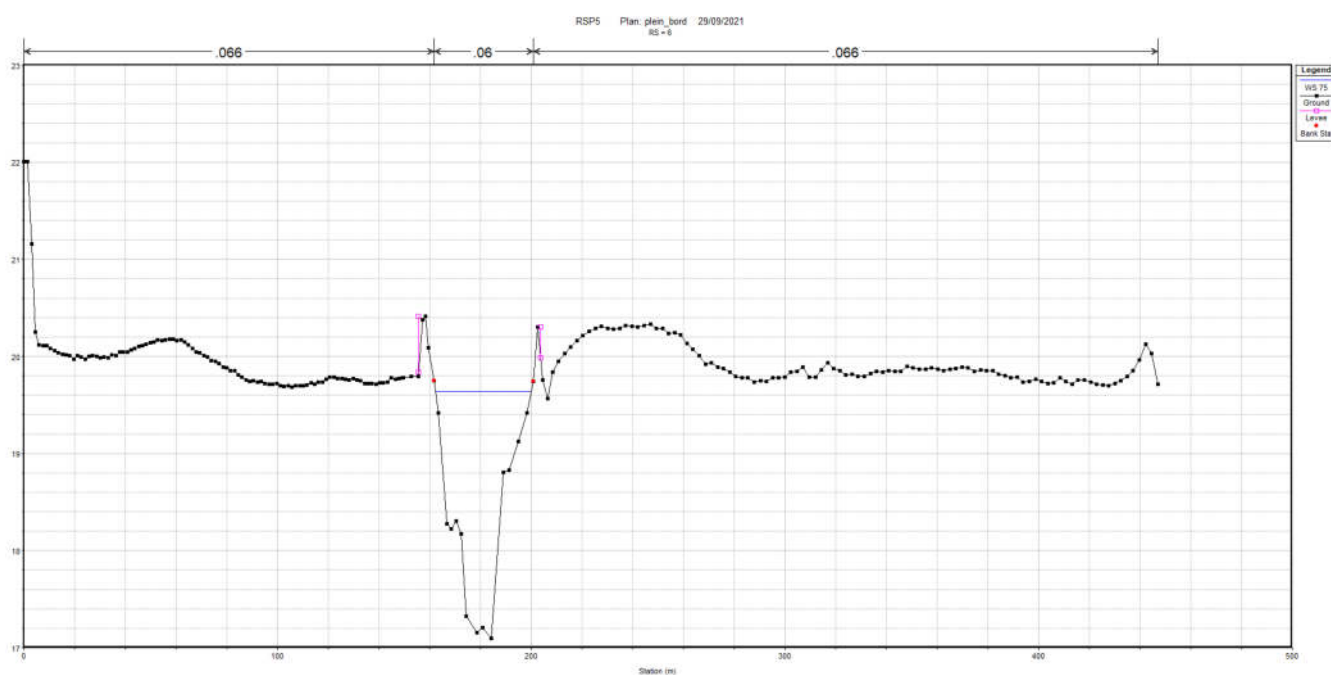


Figure 62 : Profil en travers 6 pour une crue de 80m³/s

La valeur de 80 m³/s est proche du débit de pointe biennal.

IV.4. DIAGNOSTIC HYDROMORPHOLOGIQUE

IV.4.1. Analyse historique

i. Carte de l'état-major (1866) et cadastre napoléonien (1832)



Figure 63 : Carte de l'état-major (1866) sur la commune de Cabrières (source : <https://archives-pierresvives.herault.fr>)



Figure 64 : Cadastre de 1832 au droit de Cabrières (source : <https://archives-pierresvives.herault.fr>)

L'analyse des documents historiques du XIXème siècle font apparaitre les éléments suivants :

- L'ensemble des voies de communication de part et d'autre de la Boyne semblent exister dès le début du XIXème siècle. Néanmoins, aucun ouvrage n'est représenté, laissant présager des passages « à gué », directement en fond de lit.
- Entre les gués n°2 et 3, et en aval, d'importantes zones d'atterrissements sont représentées. Ces zones sont confondues avec l'emprise du cadastre actuel.

ii. Photos aériennes et cartes postales (1937-2009)

Les photos aériennes analysées sur la période 1937-2009 sont présentées ci-après :

	
08/1943	06/1954
	
12/1962	05/1964

	
06/1974	05/1986
	
05/1996	05/2009

05/2005

Commentaires :

- L'ouvrage du gué n°2 a été construit avant 1943, celui du gué n°2 dans la deuxième moitié des années 50.
- En amont du gué n°3, les crues morphogènes de 1953 et 1962 ont été à l'origine d'une modification temporaire du style fluvial avec la formation de chenaux secondaires et en lien avec la rupture de pente dans le secteur (cf. paragraphe suivant). Un phénomène similaire a été observé entre la RD609 et le gué n°1. Dans ce secteur le lit dans les années 50 on dénote la présence d'un important atterrissement végétalisé avec l'absence de lit bien délimité.

- Suite à la crue de 1962, de lourds travaux de défrichement et curage/recalibrage ont été engagés entre les gués n°1 et 3. Certains arbres ont été maintenus en rive droite. A la suite de ces travaux on dénote un fort retour de la canne de Provence, déjà identifiable en bordure de parcelle agricole en 1954. Entre les gués n°1 et 2 c'est la seule végétation qui subsiste jusqu'en 2009.
- Le tracé général de la Boyne au droit de Cazouls d'Hérault n'a pas évolué au cours des deux derniers siècles. On peut noter un élargissement de la bande active à la suite des crues de 1953 et 1962, mais avec un resserrement progressif ultérieur dans les années 80 à 90 à la faveur du retour des parcelles agricoles ou d'un développement de la ripisylve venant recentrer le chenal.

IV.4.2. Analyse du profil en long de la Boyne

Le profil en long issu du levé de 2017 est présenté ci-après.

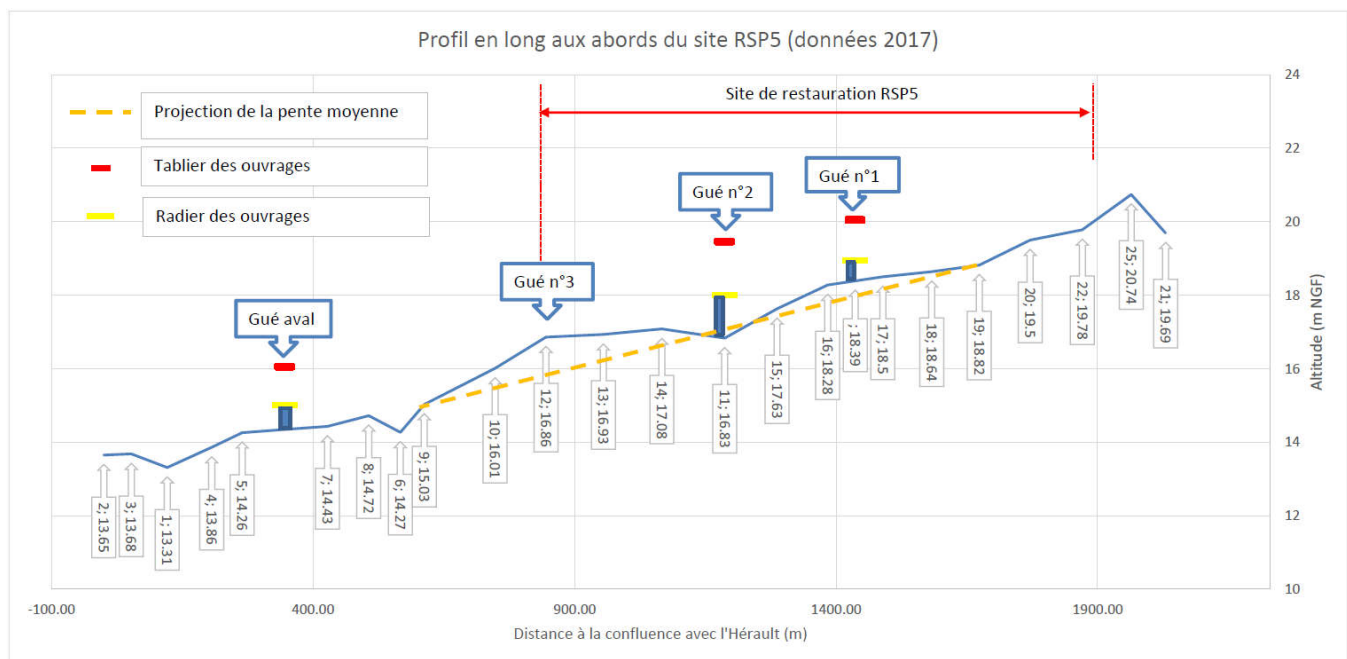


Figure 65 : Profil en long de la Boyne aux abords du site RSP5 (données 2017)

La pente moyenne sur le site RSP5 est de 0.28%, pour une pente légèrement supérieure à plus grande échelle (jusqu'à la confluence) de 0.33%. En aval du site de restauration on dénote une forte rupture de pente avec une pente nulle entre les gués n°2 et 3. En amont du gué n°1 la pente est aussi plus faible, de l'ordre de 0.18%. La projection de la pente moyenne de 0.33% dans ce secteur fait apparaître un net exhaussement du fond du lit (de l'ordre de 1 m) au droit des gués n°1 et 3. Les causes de ces exhaussements sont les suivantes :

- Au droit du gué n°1, ce dernier est localisé au point d'inflexion du méandre ce qui explique en partie l'exhaussement du fond du lit. Toutefois ce dernier joue aussi un rôle sur le ralentissement du transport solide
- Le gué n°3 fixe le profil en long, toutefois on dénote la présence d'un important atterrissement en aval de ce dernier sur plus de 50 m, qui semble être lié à la présence d'un autre passage à gué de faible section d'écoulement plus en aval. La présence du seuil sur l'Hérault en aval de la confluence explique aussi en partie cette rupture de pente



Important atterrissement en aval du gué n°3

L'évolution du profil en long entre 2017 et 2021 est présentée ci-après. On notera que les données de 2021 étant plus fragmentaires que celles de 2017, on ne peut dégager que des tendances générales sur l'évolution. Il est toutefois intéressant d'effectuer une comparaison de ces profils car une crue morphogène est survenue en 2019.

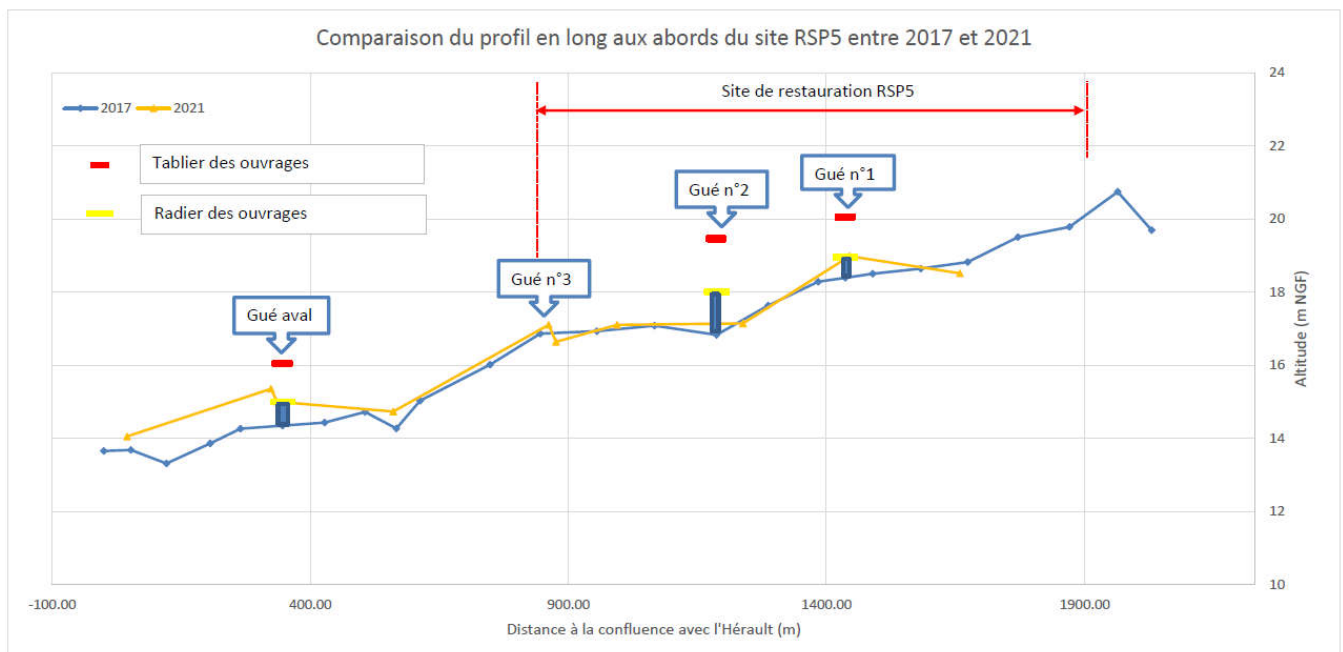


Figure 66 : Comparaison des profil en long de la Boyne au droit du site RSP5 entre 2017 et 2021

Les évolutions observées sont les suivantes :

- Le lit s'est légèrement enfoncé en amont du gué n°1 (30cm). Les matériaux se sont redéposés en amont direct du gué.
- Entre les gué n°1 / 2 et 2 / 3 le profil en long général a peu évolué. Toutefois, les données de 2021 ne représentent pas les importantes fosses d'affouillement présente sur le site.
- En aval du gué n°3 jusqu'à la confluence avec l'Hérault on dénote un exhaussement général, en particulier en aval du gué d'accès au captage.

IV.4.3. Puissance spécifique

Les capacités d'ajustement d'un cours d'eau sont fortement dépendantes de sa puissance spécifique, qui correspond au produit de la pente et du débit, ramené à la largeur du cours d'eau.

La puissance spécifique a été calculée pour différents profils sur le linéaire d'étude sur la base des résultats des modélisations et notamment, la pente de la ligne d'eau et le débit plein bord sans merlons.

Point de calcul (profil)	Pente de ligne d'eau (m/m)	Largeur plein bord (m)	Débit plein bord sans merlons (m3/s)	Puissance spécifique (W/m²)
12	0.002	30	65	46
11.6	0.003	20	30	41
Gué n°1				
9	0.002	30	90	68
Gué n°2				
6	0.005	40	85	104
5	0.003	40	80	59
Gué n°3				

Tableau 29: Paramètres de calcul des puissances spécifiques

La puissance spécifique moyenne est de 64W/m² et la valeur minimale est supérieure au seuil théorique de 35W/m² au-delà duquel les cours d'eau ont la capacité à se réajuster morphologiquement. La puissance spécifique diminue en amont des gués n°1 et 3 du fait de leur impact sur la pente de ligne d'eau ou capacité plein bord.

Compte tenu le caractère érodable des berges et un potentiel d'apports solides non nul, la capacité du cours d'eau à se réajuster morphologiquement est très suffisante pour envisager laisser faire la nature rétablir un nouvel équilibre au gré des crues morphogènes.

IV.4.4. Analyses granulométriques

i. Courbes granulométriques

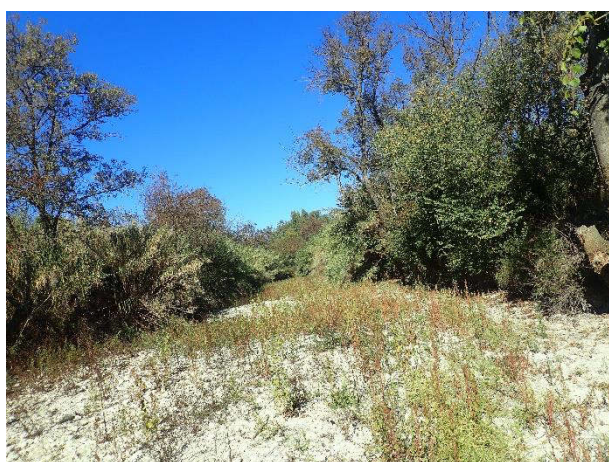
Deux analyses granulométrique ont été réalisées en Octobre 2021.

Ces analyses ont été menées selon la méthode de Wolman sur un linéaire de cours d'eau de 10 fois la largeur mouillée avec succession de mouille radier. L'échantillonnage se fait selon un prélèvement

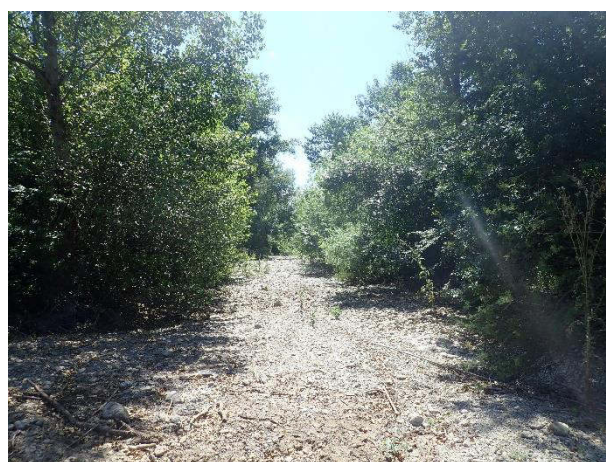
aléatoire d'un minimum de 100 échantillons. Dans le cadre de ces prélèvements, 120 échantillons ont été prélevés.



Figure 67 : Localisation des analyses granulométriques



Site d'échantillonnage - RSP5 amont



Site d'échantillonnage - RSP5 aval

Les courbes granulométriques et les valeurs caractéristiques (D10, D50, D75 et D90) sont présentées à la page suivante

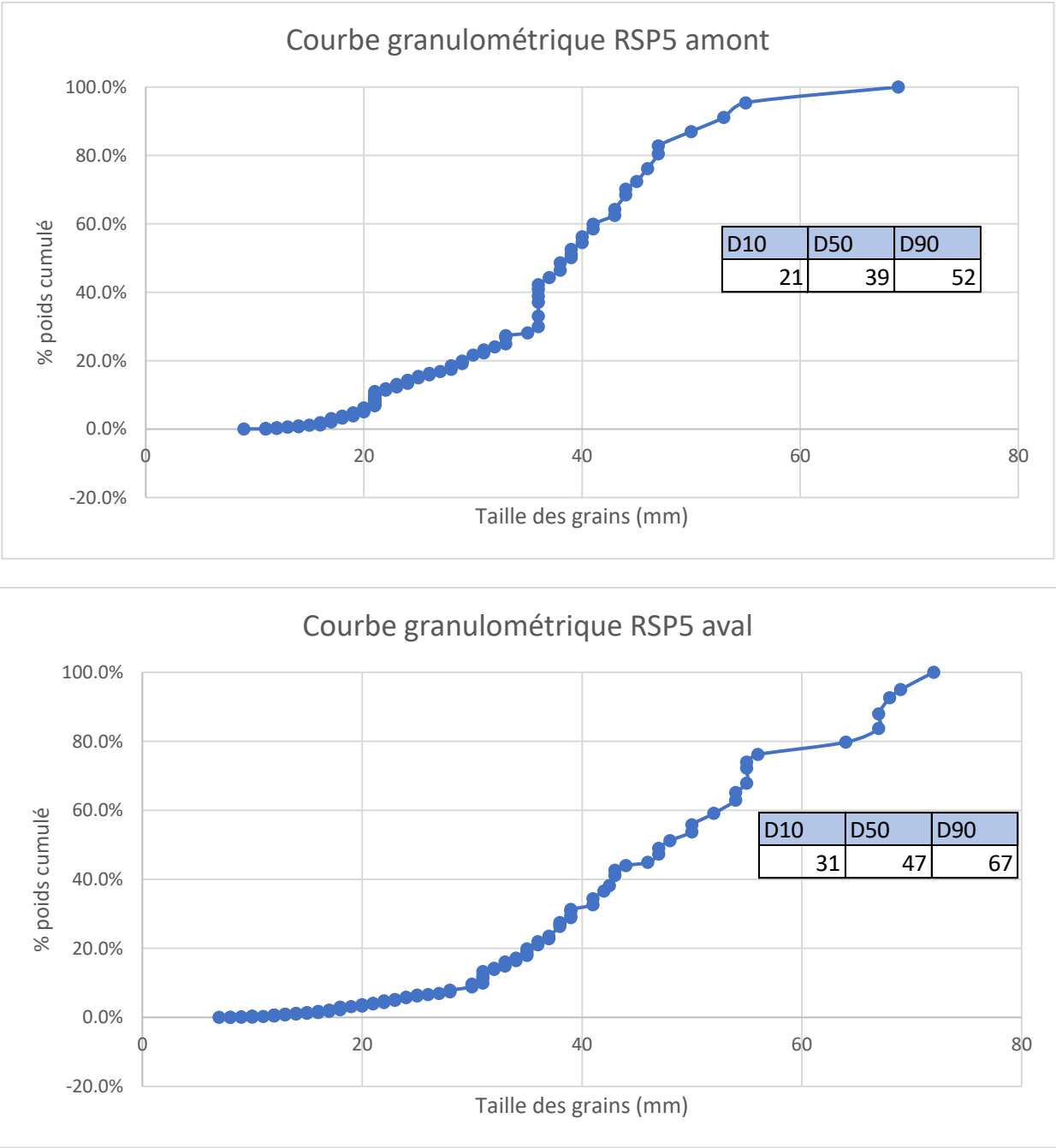


Figure 68 : Courbes granulométriques du site RSP5

ii. Vitesses d'entraînement

Les résultats des analyses granulométriques ont été croisés avec les résultats du modèle hydraulique (hauteurs et vitesses) et les vitesses de début d'entraînement (voir formule ci-après) afin de définir les fréquences de mise en mouvement des matériaux du lit.

$$V_0 = 2,7 \cdot K^{1/4} \cdot y^{1/6} \cdot d^{3/8} \quad (\text{unités: m, kg, s})$$

où : - K est le coefficient de Strickler global ;

- y le tirant d'eau ;

- d le diamètre moyen des grains.

Point de calcul	Débit plein bord (m ³ /s)	Diamètre mis en mouvement	Pourcentage des matériaux mis en mouvement
PT11.6	40	12 mm	<1%
PT6	85	21 mm	4%

Tableau 30 : Fréquence de mise en mouvement des matériaux

En amont du gué n°1, la majorité des matériaux est mise en mouvement pour une crue cinquantennale. En amont du gué n°3, les vitesses en crue et la part des matériaux mobilisés évoluent peu avec la période de retour de crue (7% des matériaux mobilisés pour Q10=125m³/s).

Cette faible fréquence de mise en mouvement reste toutefois à relativiser car les atterrissements échantillonnés disposent d'une part de sables (non recouverts d'une couche de pavage), et non comptabilisés dans la méthode Wolman. D'autre part, le dépôt de matériaux supplémentaires en crue conduit à une augmentation des vitesses assurant la mobilisation de sédiments de taille supérieure. Dans ce cas, le charriage s'opère par vagues successives (« bedload pulse »).

Ces hypothèses rejoignent les observations selon lesquelles le fond de lit entre les gués n°2 et 3 n'a pas été exhausé par la crue de 2019 qui a pourtant eu un fort potentiel de transport solide.

IV.4.5. Amplitude d'équilibre

Les cours d'eau à l'équilibre morphologique et non artificialisés présentent une capacité plein bord de l'ordre du débit de crue biennal. La largeur plein bord pour ce débit théorique peut être évaluée à partir de la formule de Hey qui prend en compte la végétalisation des berges.

Pourcentage de végétation sur les berges	w = largeur à pleins bords en m
0% (arbres ou arbustes)	$w = 4,33Q_{pb}^{0,5}$
1-5%	$w = 3,33Q_{pb}^{0,5}$
5-50%	$w = 2,73Q_{pb}^{0,5}$
50%	$w = 2,34Q_{pb}^{0,5}$

Figure 69 : Formule de Hey

Ainsi, le gabarit théorique naturel est une estimation de la largeur que prendrait naturellement le cours d'eau sous l'action des crues morphogènes et pour un état d'équilibre morphologique.

Il a ainsi été trouvé pour le site RSP5 (hypothèse de 50% de végétation sur les berges) : $w = 14.5$ m.

IV.5. DELIMITATION DE L'EBF

IV.5.1. Espace de mobilité de l'Hérault

Le site de restauration est localisé en partie dans la plaine alluviale de l'Hérault. L'espace de mobilité de l'Hérault a été déterminé par dynamique hydro en 2011 dans le cadre de l'étude du transport solide de l'Hérault. Les périmètres déterminés sont les suivants :

- L'espace de mobilité maximal (E_{max}) : cette enveloppe correspond à la limite externe des dépôts alluvionnaires récents (Fz), par extension cet espace correspond à l'enveloppe dans laquelle les matériaux ont été remaniés depuis la dernière glaciation par des processus morphologiques fluviaux. Il est délimité sur la base des cartes géologiques
- L'espace de mobilité fonctionnel initial (E_{fonc}) : Il s'agit de l'espace nécessaire au cours d'eau pour maintenir ses équilibres morphodynamiques. Il est déterminé sur la base de critères géomorphologiques et a été déterminé à Cazouls sur la base de l'emprise du lit moyen de l'AZI recalé localement en avec l'espace de divagation historique. Cette enveloppe peut être associée à l'espace morphologique optimal de l'approche plus récente de l'espace de bon fonctionnement (EBF)
- L'enveloppe d'auto-ajustement : cette enveloppe peut être assimilée à une première enveloppe de gestion des marges du fleuve lui permettant d'atteindre une largeur naturelle de bande active, mais aussi des réajustements du corridor fluvial. Cette enveloppe peut être associée à un périmètre morphologique nécessaire restrictif de l'approche EBF.

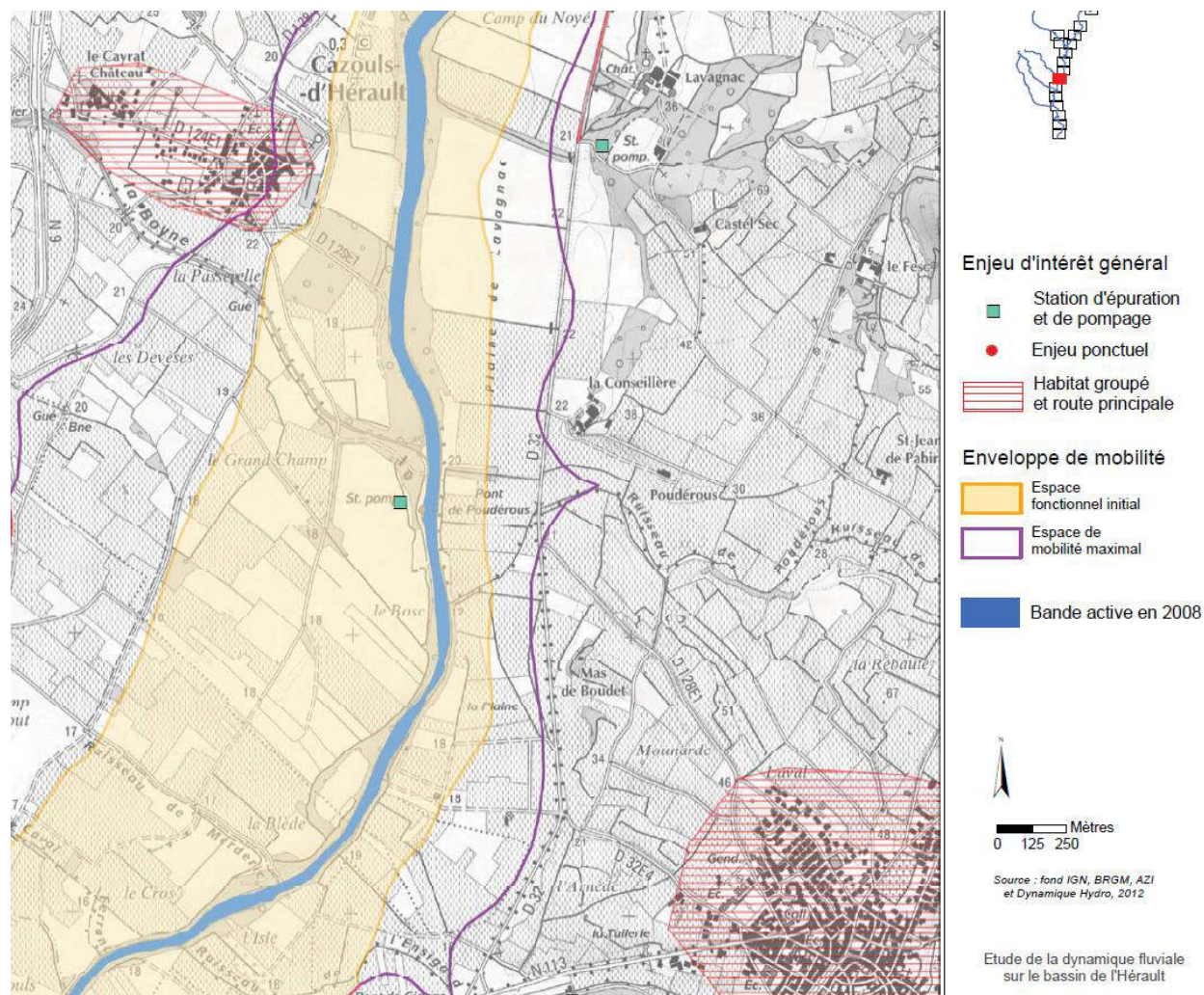


Figure 70 : Espace de mobilité fonctionnel initial de l'Hérault à Cazouls d'Hérault (source : dynamique hydro, 2011)

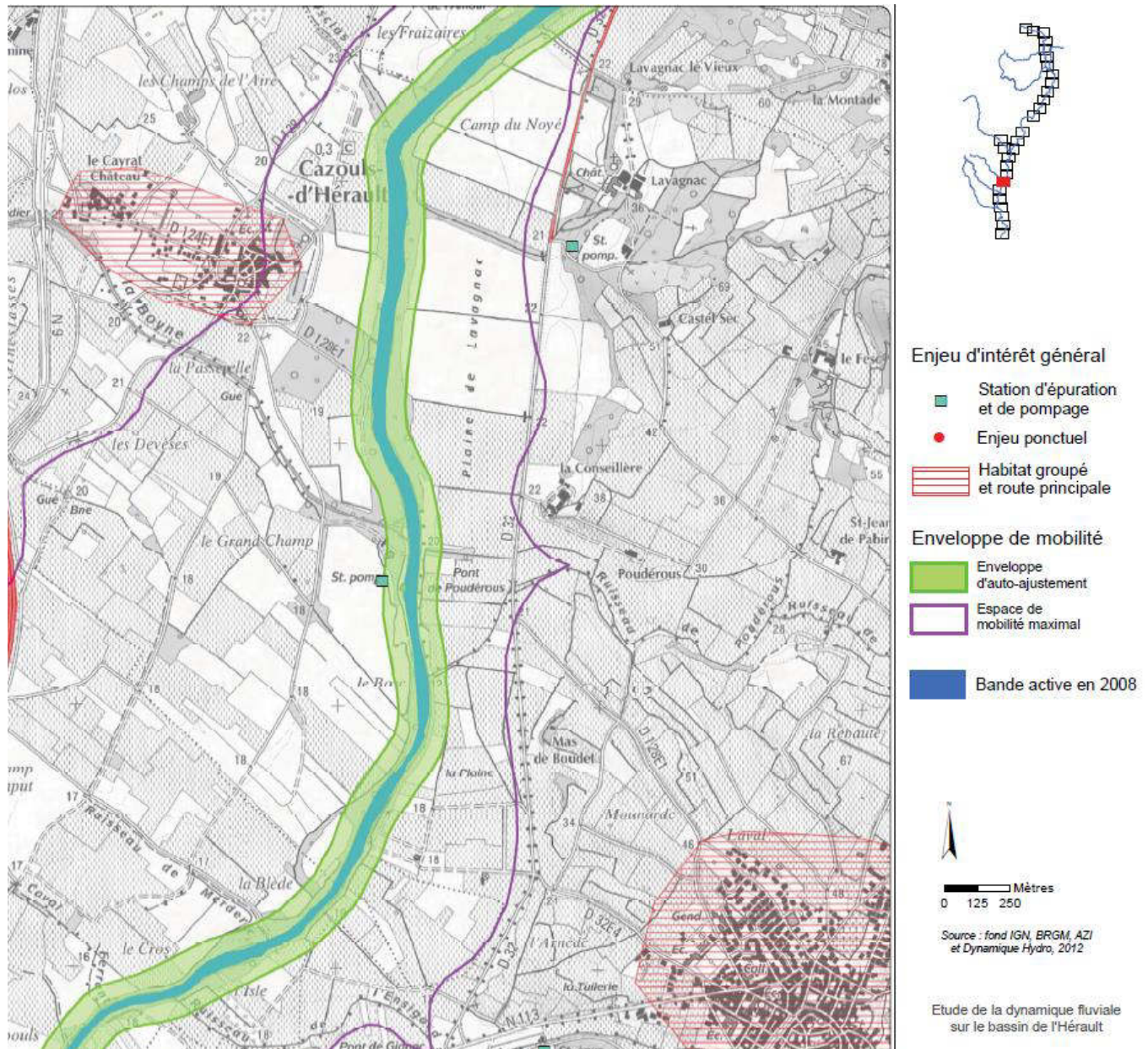


Figure 71 : Enveloppe d'auto-ajustement de l'Hérault à Cazouls d'Hérault (source : dynamique hydro, 2011)

Dans l'approche qui suit, les périmètres de l'Hérault ont été pris en compte pour la délimitation des périmètres optimaux.

IV.5.2. Style fluvial de référence

L'analyse historique n'a mis en évidence aucune évolution du style fluvial de la Boyne sur le dernier siècle, le style fluvial de référence pris en compte pour la délimitation de l'Espace de Bon Fonctionnement est donc le type 3, cours d'eau à méandres.

Ce type de cours d'eau se caractérise par une alternance de mouilles (bas fond) et de radiers (hauts fonds) au niveau des points d'inflexions des méandres, ce qui corrobore les observations de terrain.

IV.5.3. Périmètre morphologique

Le lit de la Boyne peut être caractérisé comme très peu mobile puisqu'il a conservé le même tracé sur plus de 100 ans. Pour ce type de cours d'eau, le périmètre morphologique optimal correspond à 3 à 6 fois la largeur plein bord avec comme minimal la largeur plein bord + 20 m (10 m de part et d'autre du haut de berge).

Dans le cas de la Boyne, le périmètre morphologique optimal a été fixé à 90 m sur la base de 6 fois la largeur plein bord pour le débit biennal (14.5 m). Cette emprise a été réduite aux abords de la digue et augmentée dans les secteurs où l'emprise historique de la bande active était supérieure.

Le périmètre morphologique nécessaire a été fixé à 3 fois la largeur plein bord théorique naturelle, soit 45m. Cette emprise a été augmentée elle aussi dans les secteurs où l'emprise historique de la bande active était supérieure, la largeur maximale en aval est confondue avec le périmètre morphologique optimal pour atteindre une valeur de 110 m.

Les périmètres morphologiques ont été recalés en fonction de la morphologie du fond de vallée (cours d'eau s'écoulant en pied de versant) et des contraintes en place (enjeux humains)

En l'absence de trace de mobilité passée des méandres sur le linéaire d'étude, il a été fait le choix de centrer la largeur du périmètre morphologique sur le lit de la Boyne.

Le périmètres morphologiques optimal et nécessaire sont présentés sur la figure suivante :

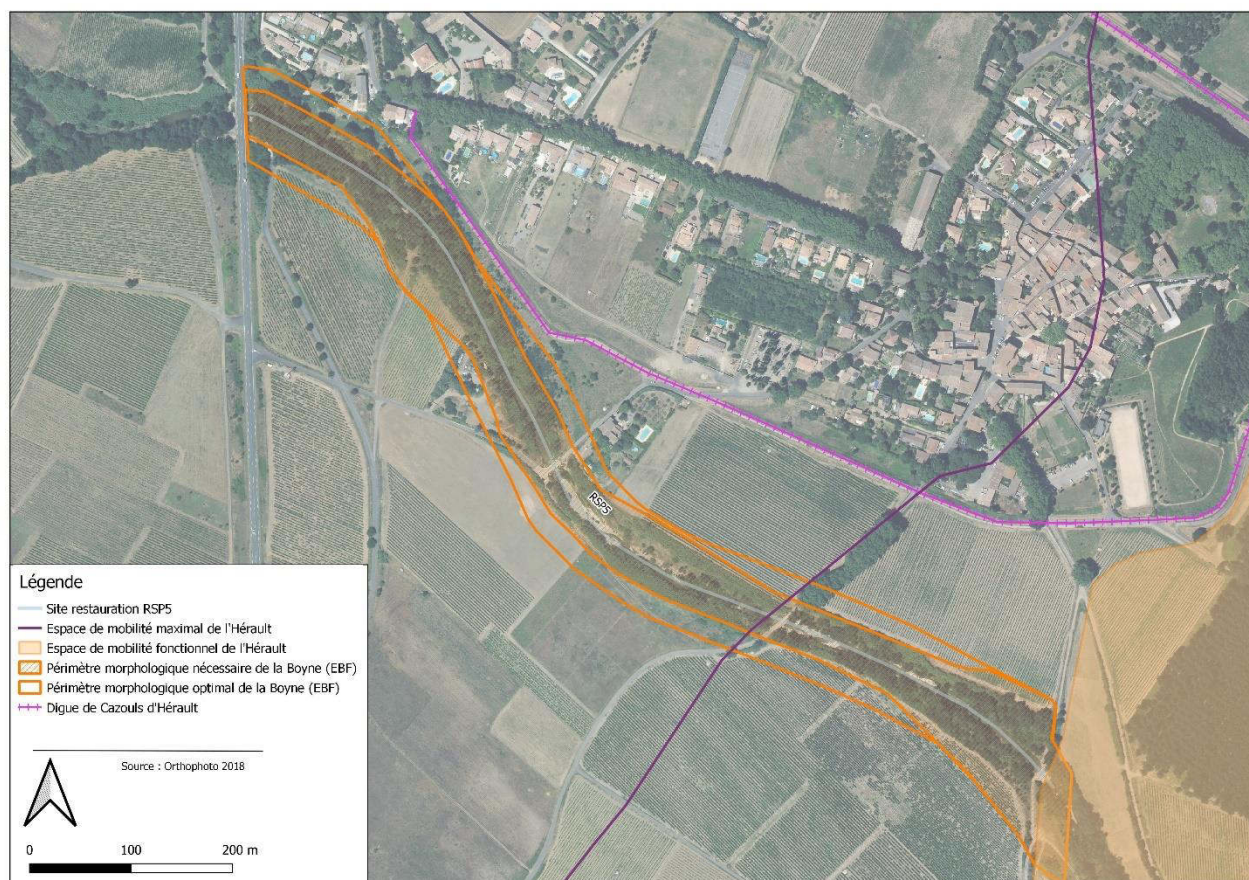


Figure 72 : Périmètres morphologiques optimal et nécessaire

IV.5.4. Périmètre hydraulique

Le périmètre hydraulique optimal est délimité sur la base du lit majeur de l'Atlas des zones inondables.

Le périmètre hydraulique nécessaire est défini comme la zone de grand écoulement qui se caractérise par la zone sur laquelle le produit de la hauteur par la vitesse est supérieure à $0,5 \text{ m}^2/\text{s}$. Cette emprise a été délimitée sur la base des résultats du modèle hydraulique. En aval du gué n°2 cette emprise est limitée au lit moyen de la Boyne elle a donc été étendue à l'emprise du périmètre morphologique nécessaire.

Le périmètres hydrauliques optimal et nécessaire sont présentés sur la figure suivante :

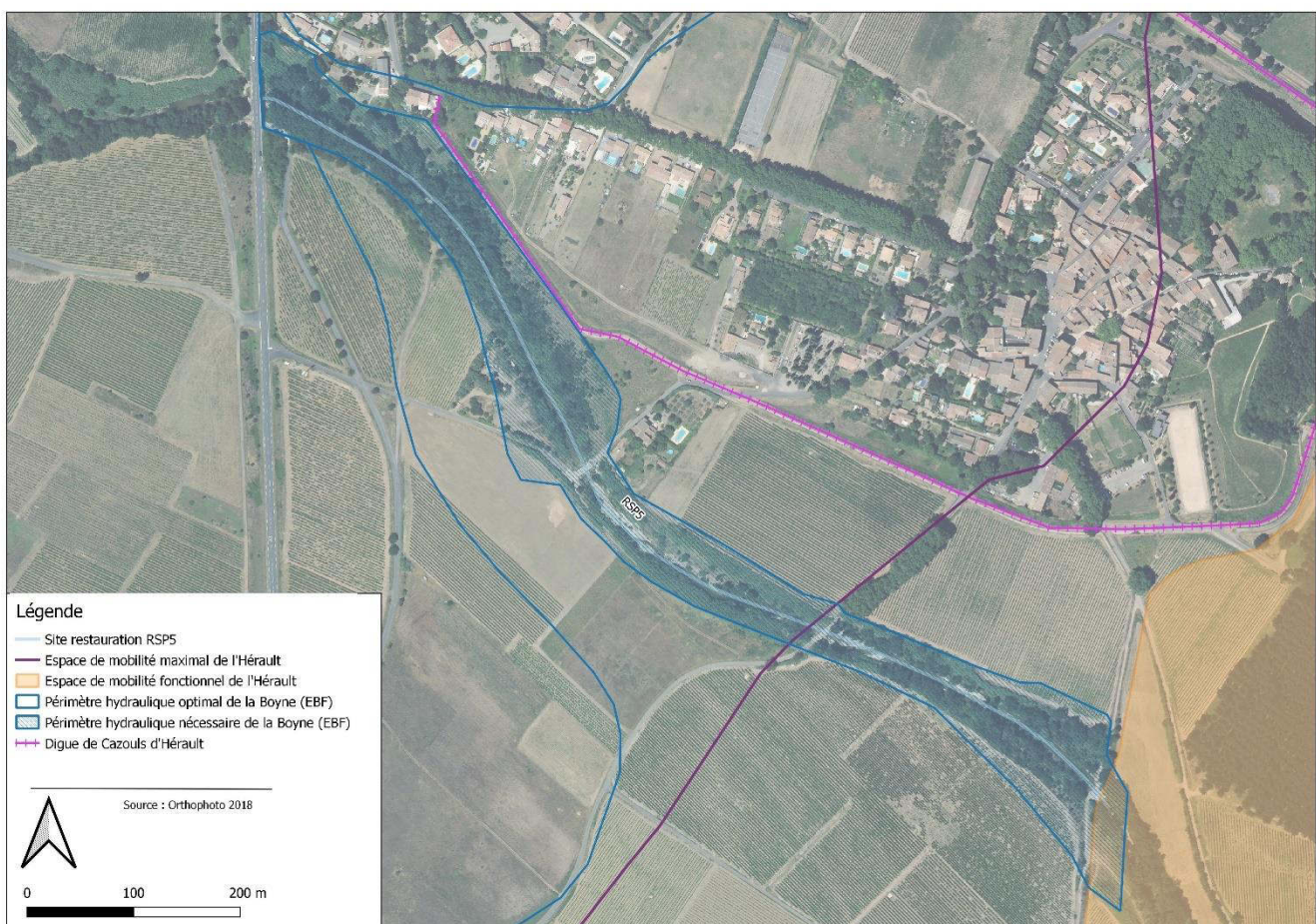


Figure 73 : Périmètres hydrauliques optimal et nécessaire

IV.5.5. Périmètre biologique

Le périmètre biologique est défini sur la base de l'inventaire complémentaire et stratégie de gestion des zones humides du bassin versant du Fleuve Hérault (O2 terre, 2018) Ce périmètre a été confirmé par les inventaires réalisés dans le cadre de la présente étude et réajusté localement.

Le périmètre biologique est présenté ci-après

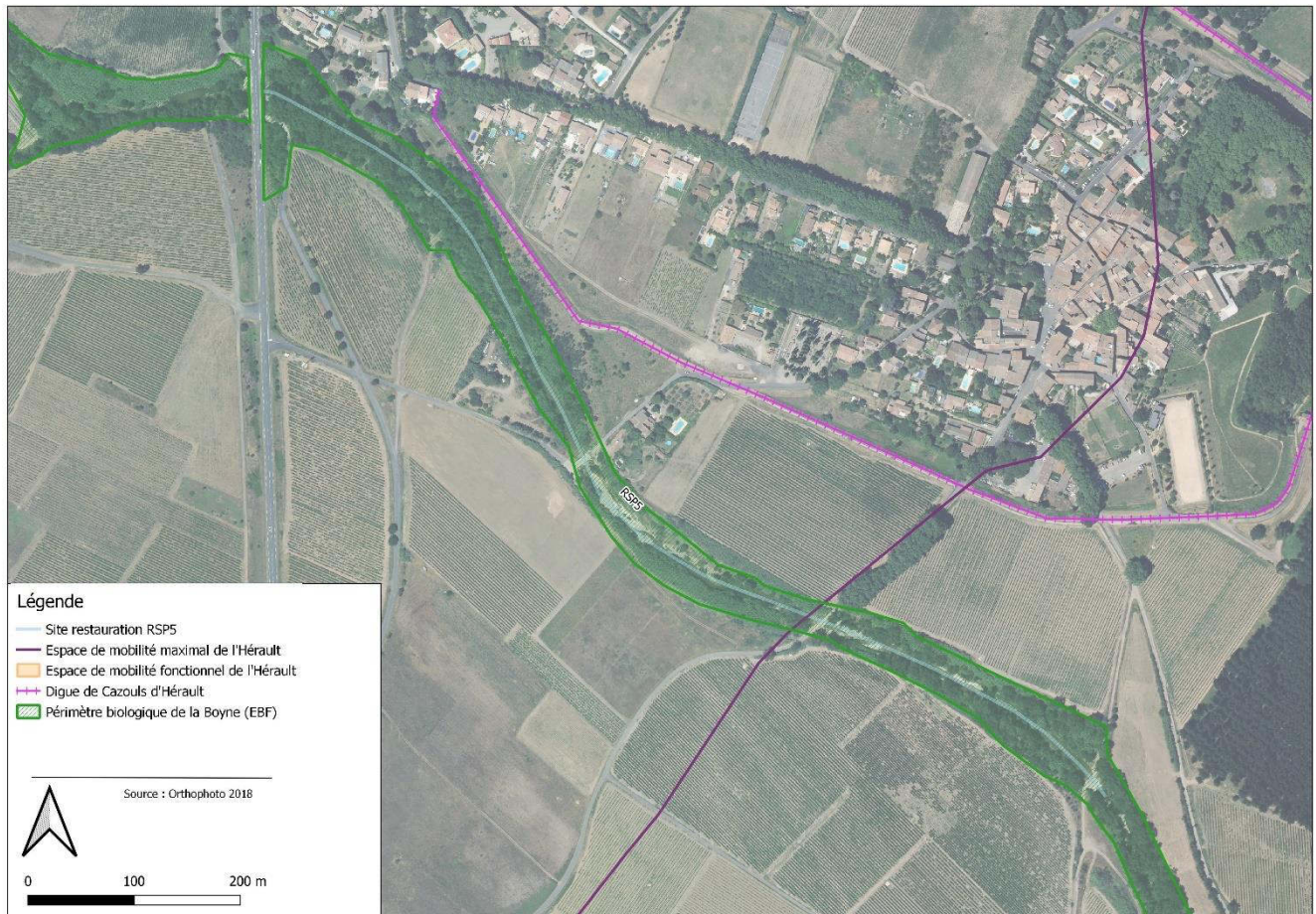
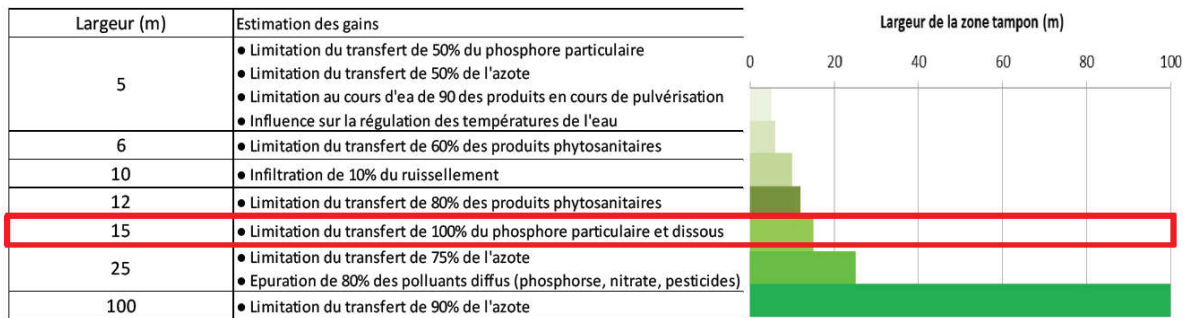


Figure 74 : Périmètre biologique

IV.5.6. Contexte biogéochimique

L'intégration d'une bande tampon en haut de berge permet de limiter le transfert de polluant au cours d'eau, qu'il s'agisse de polluants organiques ou de pesticides. Il est estimé qu'une largeur de 15 m permet d'atteindre « un gain biogéochimique » satisfaisant, se caractérisant par une limitation du transfert de 100% du phosphore, de 50 à 75% de l'azote et de 80% des produits phytosanitaires. Le contexte biogéochimique a été pris en compte dans la délimitation du périmètre morphologique nécessaire.



Sources

Les largeurs proposées correspondent ici à des largeurs de corridor rivulaire avec une végétation comprenant les différentes strates arbustives présentes naturellement

Coll et al., 2008, L'arbre, la rivière et l'homme, CSPNB

Thèse de Thierry Thormos, Analyse à l'échelle régionale de l'impact de l'occupation du sol dans les corridors rivulaires sur l'état écologique des cours d'eau, 2010, IRSTEA AGROPARITECH

Carluer et al., 2011, Guides de dimensionnement des zones tampons, IRSTEA, MEDDE

Gril, Henaff, 2010, Guide de diagnostic de l'efficacité des zones tampons rivulaires vis-à-vis du transfert hydrique des pesticides, ONEMA, IRSTEA

Groupe Zone Tampon, 2007, les fonctions environnementales des zones tampons, CORPEN

Paugam, Gril, 2008, Zones tampons et préservation des milieux aquatiques, CORPEN

Figure 75 : Relation entre la largeur de corridor rivulaire et le gain biogéochimique (source : guide EBF, AE RMC, 2016)

IV.5.7. Contexte hydrogéologique

La masse d'eau souterraine en présence sur le site RSP5 est « les alluvions de l'Hérault ». Au vu de la présence d'une masse d'eau souterraine unique à grande échelle, il n'apparaît pas nécessaire d'adapter les périmètres de l'espace de bon fonctionnement en fonction du contexte hydrogéologique.

IV.6. SYNTHÈSE DU DIAGNOSTIC

IV.6.1. Synthèse du diagnostic morpho-écologiques

La Boyne dans son passage aux abords de Cazouls d'Hérault a conservé globalement le même tracé en plan au cours des deux derniers siècles. Son lit a fait l'objet d'importants travaux de déboisements et curage en 1964 sur l'intégralité du site de restauration et en aval sur 200 m. Ces travaux ont été à l'origine de perturbations fortes dont les effets sont toujours visibles à ce jour. Le linéaire est modérément artificialisé, toutefois on dénote la présence de trois ouvrages de franchissement fixant le profil en long et de merlons pour protéger les terres agricoles sur la majorité du linéaire.

Dans le secteur, l'espace de bon fonctionnement de la Boyne présente une largeur minimale de 45 m avec pour certains secteurs où la bande active historique est large une largeur nécessaire de 110 m (en aval). Cette emprise empiète légèrement sur les terrains en usage.

Les principales altérations identifiées dans le cadre de ce diagnostic sont les suivantes :

1. La dégradation de la ripisylve, et sa faible fonctionnalité du fait de la présence forte d'espèces exotiques envahissantes et de sa faible densité.
2. La présence d'ouvrages transversaux et de réseaux venant influencer le profil en long et la dynamique sédimentaire.

3. La présence de merlons sur la totalité du linéaire avec un merlon en rive droite en amont du gué n°1 venant fortement impacter les conditions d'écoulement au droit de la digue de Cazouls et des enjeux de la Tuilerie.

IV.6.2. Synthèse des enjeux écologiques

Le pré-diagnostic a permis d'identifier des espèces patrimoniales ou protégées sur ce site, situées sur toutes les zones où la ripisylve est présente, au sein du cours d'eau, dans les zones plus sèches à proximité et au niveau du bâti ancien.

Le cours d'eau est moyennement incisé, il a encore localement des berges en pente douce qui offrent des micro-habitats de cressonnières, favorables aux libellules patrimoniales, et également quelques petits herbiers aquatiques. Le cours d'eau est l'habitat de chasse de couleuvres (dont la couleuvre vipérine observée sur le site), et l'habitat de reproduction d'odonates et d'amphibiens. Pour ces milieux et ces espèces, une adaptation du calendrier des travaux sera nécessaire. Cependant, ces habitats se situent dans le lit mineur du cours d'eau, et sont par nature des milieux temporaires, soumis aux variations saisonnières du cours d'eau (crues, remobilisation du substrat...). Il n'y a pas lieu de proposer des actions de conservation, de gestion ou de restauration de ceux-ci, mais plutôt d'intégrer la conservation d'une dynamique hydraulique qui leur soit favorable dans les travaux.

La ripisylve est présente sur une bonne partie du linéaire, mais de manière extrêmement réduite, parfois juste un alignement d'arbres ou d'arbustes, sur l'essentiel de la rive droite et la moitié aval de la rive gauche. Les quelques grands arbres situés dans la ripisylve sont potentiellement favorables aux coléoptères saproxyliques protégés, comme la Rosalie des Alpes. Le bâti ancien (maisons, pont...) est favorable aux chauves-souris. **Il est important de préserver ces éléments remarquables : vieux arbres (arbres remarquables), cours d'eau et sa ripisylve, zones avec cavités potentielles et alignements d'arbres.**

La préservation des ripisylves concerne également le secteur aval, plus dense et plus large, même s'il est très fortement colonisé par l'érable à feuilles de Frêne (*Acer negundo*), une espèce envahissante. En effet, les milieux boisés formés par cette espèce restent favorables à la faune dans un contexte où les ripisylves sont plutôt réduites. Des travaux lourds de coupe et d'arrachage dégraderaient fortement le milieu, sans garantir qu'il ne soit pas recolonisé par des espèces envahissantes. En revanche, un cerclage des individus femelles pourrait être envisagé afin de limiter la propagation de l'espèce.

La canne de Provence a colonisé près de la moitié du linéaire, où la ripisylve originelle est complètement absente ou réduite à des arbres épars. Il est préconisé de purger la canne de Provence et de planter une ripisylve lorsqu'elle est absente. Une surveillance devra être réalisée quant à la recolonisation potentielle de la canne de Provence.

IV.6.3. Objectifs de restauration

Au vu du diagnostic morphologique et des enjeux écologiques, les objectifs de restauration suivants semblent prioritaires :

- Restaurer la ripisylve dans les secteurs dégradés, en particulier sur la partie centrale du site de restauration
- Supprimer les merlons et remblais en haut de berge en particulier en amont du gué n°1 dans la mesure où ces derniers présentent des impacts sur la sécurité publique.
- Supprimer ou modifier les ouvrages transversaux présentant un impact sur le profil en long et donc sur le transit sédimentaires (prioritairement les gués n°1 et 3)

Un objectif de restauration secondaire serait de décaler les usages agricoles en dehors de l'emprise du périmètre morphologique de la Boyne.

IV.7. PROPOSITION DE SCENARII D'AMENAGEMENTS (ESQ)

IV.7.1. Scenario de niveau 1 – ambition minimale

i. Objectifs de restauration du scénario

Le scénario d'ambition minimale présente les objectifs de restauration suivants :

- Améliorer l'étalement en crue par la suppression des merlons présentant un fort impact hydraulique.
- Restaurer la ripisylve dans les mêmes secteurs
- Supprimer les ouvrages ruinés ou sans usage et contribuant à l'artificialisation du lit

ii. Descriptif des aménagements

La localisation des aménagements du scénario de niveau 1 est présentée ci-après :

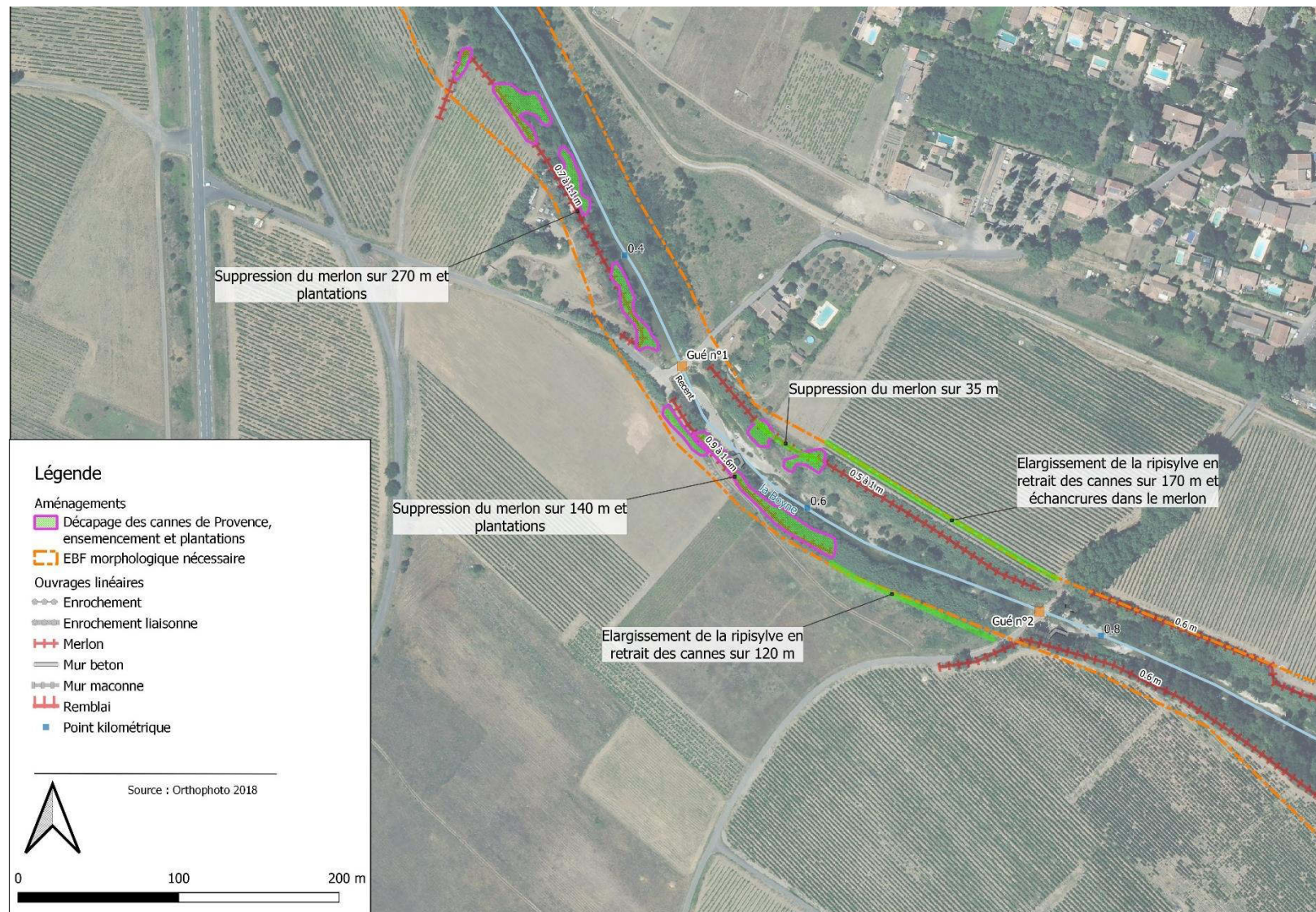


Figure 76 : Localisation des aménagements du scénario niveau 1 – RSP5

Les aménagements prévus dans le cadre de ce scénario sont les suivants :

- La suppression du merlon amont rive droite sur un linéaire de 270 m (620 m³ de déblais). Cette action doit s'accompagner d'une acquisition du terrain privé et de la vigne dans l'emprise de l'espace de bon fonctionnement morphologique nécessaire.
- La suppression du merlon entre les gué 1 et 2 rive droite (800 m³ de déblais) et la mise en transparence du merlon en rive opposée par la suppression d'un linéaire de 35 m en aval des habitations (470 m³ de déblais)
- La suppression des cannes de Provence sur les merlons effacés ou mis en transparence (2 900m²)
- La plantation d'espèces arborées et arbustives pour la reconstitution de ripisylve dans l'emprise des anciens merlons (3 700m²)
- Entre les gués n°1 et 2, au droit des merlons peu impactant ou des zones envahies par les cannes de Provence, la ripisylve est élargie en retrait des cannes de Provence et sans suppression de ces dernières selon les modalités suivantes :
 - Arrachage des vignes sur une bande de 18 m
 - Plantation d'espèces arborées et arbustives et ensemencement pour la reconstitution de ripisylve sur une bande de 10 m
 - Ensemencement d'une bande enherbée supplémentaire de 5 m côté vigne
 - Rétablissement d'un chemin sur 3 m
 - Ouverture d'échancrures dans les merlons

Le développement de la ripisylve devra à terme réduire les emprises de cannes de Provence, toutefois ce mode restauration prendra plus de temps qu'avec décapage des cannes.

- La suppression du regard ruiné dans le lit en aval du gué n°1 et du mur de protection « épi » en aval du gué n°2

iii. Contraintes d'aménagement

Les contraintes pour la réalisation de cet aménagement sont synthétisées dans la table suivante :

Contraintes	Commentaires
Réseaux	Pas de réseaux dans l'emprise des travaux
Foncier	Foncier privé au droit des aménagements – Convention ou acquisition à prévoir
Hydrauliques	Augmentation des débits débordés en lit majeur
Règlementaires	Dossier loi sur l'eau déclaration - rubrique 3.3.5.0 « Arasement ou dérasement d'ouvrages en lit mineur » « Remodelage fonctionnel ou revégétalisation de berges »
Usages	Usages de stockage sur la parcelle amont rive droite Usages agricoles (vignes) derrière les merlons à supprimer
Autres contraintes	Les travaux sont localisés dans la zone 2 du PPR du captage de Cazouls d'Hérault. Dans cette zone les fouilles supérieures à 2 m sont interdites.

Tableau 31: Contraintes d'aménagement du scénario niveau 1 – RSP5

iv. Impacts du scénario

Impacts du scénario	Note	Commentaires
Impact hydraulique	++	Meilleur étalement en crue – diminution des contraintes hydrauliques sur la digue et au droit des enjeux humains de la Tuilerie
Impact morphologique	+	Restauration d'un profil de berge plus favorable à l'instauration d'une ripisylve au droit des merlons supprimés. La suppression des merlons sur 455 m favorise l'activité morphologique (érosion dépôt) en lit majeur dans l'environnement proche du lit mineur.
Impact sur l'EBF	+	Sortie d'une partie des merlons et enjeux agricoles localisés dans le périmètre morphologique nécessaire.
Impact environnemental	+	Restauration de 7000 m ² de ripisylve
Impact paysager	+	Amélioration de l'aspect paysager par restauration de ripisylve
Autres impacts	+	<u>Impacts sur le captage :</u> La restauration et l'élargissement de la ripisylve avec mise en place de bande enherbées améliore la protection de la ressource en eau du captage de Cazouls d'Hérault. D'autre part l'augmentation des débordements va dans le sens d'une meilleure recharge hivernales des aquifères en place.

Tableau 32: Impacts du scénario niveau 1 – RSP5

v. Chiffrage

Le chiffrage du scénario de niveau 1, d'ambition minimale est présenté ci-après :

Intitulé	quantité	Unité	Prix unitaire	Coût estimé (€ HT)
Installation/repli de chantier	1	Ft	13 000.00 €	13 000.00 €
Suppression merlon amont gué n°1 rive droite et plantations	270	ml	160.00 €	43 200.00 €
Suppression merlon aval gué n°1 rive droite et plantations	150	ml	225.00 €	33 750.00 €
Suppression merlon aval gué n°1 rive gauche et plantations	35	ml	475.00 €	16 625.00 €
Elargissement de la ripisylve en retrait des cannes entre les gués 1 et 2	290	ml	100.00 €	29 000.00 €
Démolition des ouvrages ruinés	1	Ft	2 000.00 €	2 000.00 €
<i>sous total</i>				137 575.00 €
Aléa	15%			21 000.00 €
Etudes et MOE (PRO-AOR)	~ 10%			14 000.00 €
TOTAL				172 575.00 €

Tableau 33: Chiffrage du scénario niveau 1 – RSP5

Les coûts d'acquisition pour les 7 200m² de vignes et 2 000m² de terrain privé sont estimés à 15 000€HT selon le barème indicatif de la valeur vénale moyenne des terres agricoles en 2020 (décision du 08 Octobre 2021)

IV.7.2. Scénario de niveau 3 – ambition maximale

i. Objectifs de restauration du scénario

Le scénario d'ambition maximale présente les objectifs de restauration suivants :

- Améliorer l'étalement en crue par la suppression de tous les merlons
- Restaurer la ripisylve dans les secteurs dégradés sur le linéaire du site de restauration
- Supprimer les usages dans l'emprise du périmètre morphologique optimal de l'Espace de Bon Fonctionnement et y laisser évoluer les milieux librement
- Supprimer les ouvrages ruinés ou sans usage et contribuant à l'artificialisation du lit
- Améliorer le transit sédimentaire et limiter l'étalement de la ligne d'eau lié à l'effet de seuil par la suppression des ouvrages transversaux les plus impactant

ii. Descriptif des aménagements

La localisation des aménagements du scénario de niveau 3 est présentée ci-après :

Plan de gestion de la Boyne et dossiers réglementaires 2022-2027
 Restauration physique et écologique de 3 sites particuliers – RSP1 – RSP4 – RSP5 – rapport d'ESQ

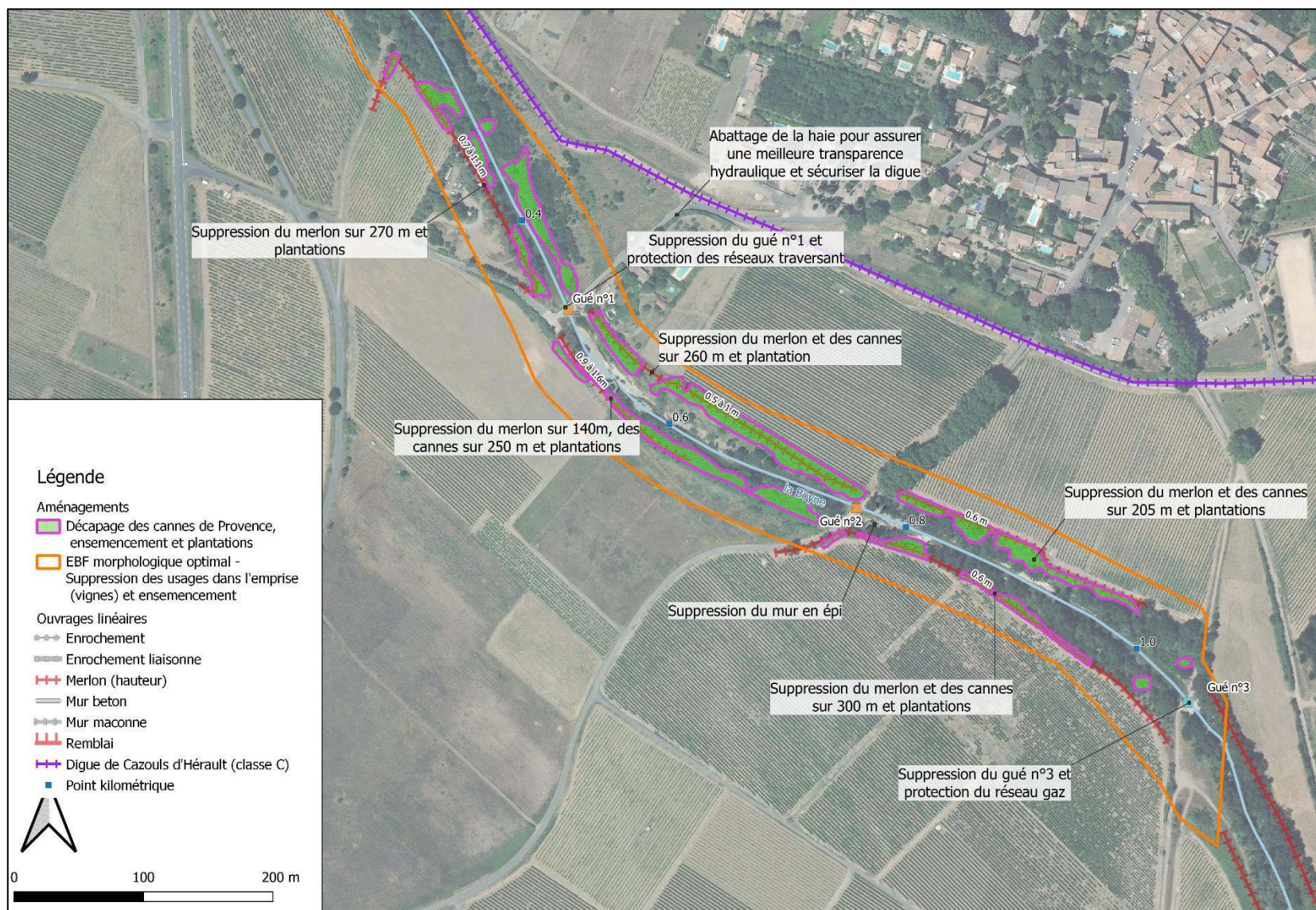


Figure 77 : Localisation des aménagements du scénario niveau 3 – RSP5

Les aménagements prévus dans le cadre de ce scénario sont les suivants :

- La suppression totale du gué n°1 et en particulier :
 - La démolition de l'ouvrage béton armé avec suppression totale du radier
 - La démolition de l'enrobé des voies d'accès de part et d'autre avec évacuation des graves et apport de terre végétale (650 m²)
 - La démolition de l'ouvrage en enrochement rive droite en aval et l'évacuation des blocs en pied d'ouvrage
 - L'approfondissement du réseau AEP et la protection des réseaux (électrique et AEP) passant en amont de l'ouvrage.
- La suppression des merlons
 - En amont rive droite sur un linéaire de 270 m (620 m³ de déblais). Cette action doit s'accompagner d'une acquisition du terrain privé et de la vigne dans l'emprise de l'espace de bon fonctionnement optimal ainsi que de son arrachage
 - entre les gués 1 et 2, en rive droite (800 m³ de déblais) et rive gauche (1 300 m³ de déblais) sur un linéaire d'environ 250 m
 - entre les gués 2 et 3 en rive droite (550 m³ de déblais) et rive gauche (860 m³ de déblais)
- La suppression des cannes de Provence sur les merlons effacés (9 600m²) et en rive gauche en amont du gué n°1 (1400 m²)
- La plantation d'espèces arborées et arbustives pour la reconstitution de ripisylve dans l'emprise des anciens merlons (12 500m²)
- La suppression du regard ruiné dans le lit en aval du gué n°1 et du mur de protection « épi » en aval du gué n°2
- La suppression du gué n°3 et l'approfondissement du réseau gaz par descente en charge ou dévoiement. La faisabilité de cette solution est à confirmer avec GRT gaz par le lancement d'une étude spécifique.
- L'abattage de la haie sur 30 m au droit des Tuileries avec remise en œuvre d'une clôture conformément aux prescriptions du PPRI : « *Les clôtures et les plantations d'alignement doivent être étudiées de façon à leur préserver une transparence maximale à l'écoulement.* » et « *Sont admis : La création ou modification de clôtures légères (3 fils ou grillagées à mailles larges) sur mur de soubassement d'une hauteur inférieure ou égale à 0,20 m* »

Nota : L'arrachage des vignes et l'ensemencement dans l'emprise du périmètre morphologique optimal est prévue en vue de restaurer un « espace rivière » sur l'ensemble de ce périmètre. Toutefois, ces travaux ne sont pas indispensables à la réalisation des travaux de suppression des merlons et cannes de Provence.

Dans le cadre de ce scénario, une évacuation en décharge des cannes de Provence est envisagée du fait des contraintes liées au périmètre de protection du captage et des la présence des terrains environnants en zone inondable. L'impact financier de cette solution a été pris en compte.

iii. Aménagements hors zone d'étude (non chiffrés)

Deux ouvrages localisés en dehors de la zone d'étude présentent aussi un impact sur le transit sédimentaire :

- Gué en amont de la RD 609 : Cet ouvrage crée un remous liquide d'environ 150 m et ralentit le transport sédimentaire. La présence de cet ouvrage est vraisemblablement à l'origine d'un surstockage des volumes de crue en amont du remblai de la RD609, de ce fait la suppression de cet ouvrage devra s'appuyer sur un modèle hydraulique en régime transitoire afin de quantifier l'éventuelle aggravation des débits à l'aval du fait d'un moindre stockage en crue.
- Gué n°4 : Au vu du profil en long et des caractéristiques générales du gué n°4 (accès au captage), la suppression de cet ouvrage pour améliorer le transit sédimentaire et limiter le remous liquide en amont apparaît essentielle. Un itinéraire de substitution permet de maintenir l'accès au captage, toutefois, une protection des éventuels réseaux présents

iv. Contraintes d'aménagement

Les contraintes pour la réalisation de cet aménagement sont synthétisées dans la table suivante :

Contraintes	Commentaires
Réseaux	Réseaux AEP, électrique et gaz impactés par la suppression des gués n°1 et 3 à protéger et/ou approfondir. Pour le réseau gaz descente en charge à réaliser dont la faisabilité est à valider après étude de GRT gaz
Foncier	Foncier privé au droit des aménagements – Convention ou acquisition à prévoir
Hydrauliques	Augmentation des débits débordés en lit majeur
Règlementaires	Dossier loi sur l'eau déclaration - rubrique 3.3.5.0 « Arasement ou dérasement d'ouvrages en lit mineur » « Remodelage fonctionnel ou revégétalisation de berges »
Usages	Usages de stockage sur la parcelle amont rive droite Usages agricoles (vignes) derrière les merlons à supprimer Usages du gué n°1 à compenser par le gué n°2 et la RD609 et Traversée piétonne au droit du gué n°3
Autres contraintes	Les travaux sont localisés dans la zone 2 du PPR du captage de Cazouls d'Hérault. Dans cette zone les fouilles supérieures à 2 m sont interdites.

Tableau 34: Contraintes d'aménagement du scénario niveau 3 – RSP5

v. *Impacts du scénario*

Impacts du scénario	Note	Commentaires
Impact hydraulique	+++	Meilleur étalement en crue – diminution des contraintes hydrauliques sur la digue et au droit des enjeux humains de la Tuilerie
Impact morphologique	++	Restauration d'un profil de berge plus favorable à l'instauration d'une ripisylve au droit des merlons supprimés. La suppression des merlons sur 1290 m favorise l'activité morphologique (érosion dépôt) en lit majeur dans l'environnement proche du lit mineur.
Impact sur l'EBF	+++	Sortie de tous les merlons et enjeux agricoles localisés dans le périmètre morphologique optimal.
Impact environnemental	+++	Restauration de 12 500 m ² de ripisylve
Impact paysager	++	Amélioration de l'aspect paysager par restauration de ripisylve
Autres impacts	++	<u>Impacts sur le captage :</u> La restauration et l'élargissement de la ripisylve avec mise en place de bande enherbées améliore la protection de la ressource en eau du captage de Cazouls d'Hérault. D'autre part l'augmentation des débordements va dans le sens d'une meilleure recharge hivernales des aquifères en place.

Tableau 35: Impacts du scénario niveau 3 – RSP5

vi. *Chiffrage*

Le chiffrage du scénario d'ambition maximale est présenté ci-après.

Plan de gestion de la Boyne et dossiers règlementaires 2022-2027
Restauration physique et écologique de 3 sites particuliers – RSP1 – RSP4 – RSP5 – rapport d'ESQ

Intitulé	quantité	Unité	Prix unitaire	Coût estimé (€ HT)
Installation/repli de chantier	1	Ft	35 000.00 €	35 000.00 €
Suppression merlon amont gué n°1 rive droite et plantations	270	ml	180.00 €	48 600.00 €
Suppression cannes de Provence amont gué n°1 rive gauche	260	ml	125.00 €	32 500.00 €
Suppression haie Tuilerie et mise en œuvre clôture	1	Ft	3 000.00 €	3 000.00 €
Suppression gué n°1 et protection et approfondissement réseaux	1	Ft	60 000.00 €	60 000.00 €
Suppression merlon et cannes aval gué n°1 rive droite et plantations	250	ml	270.00 €	67 500.00 €
Suppression merlon et cannes aval gué n°1 rive gauche et plantations	260	ml	310.00 €	80 600.00 €
Suppression merlon et cannes aval gué n°2 rive droite et plantations	300	ml	160.00 €	48 000.00 €
Suppression merlon et cannes aval gué n°2 rive gauche et plantations	205	ml	240.00 €	49 200.00 €
Démolition des ouvrages ruinés	1	Ft	2 000.00 €	2 000.00 €
Suppression gué n°3 (hors dévoiement réseau gaz)	1	Ft	5 000.00 €	5 000.00 €
<i>sous total</i>				431 400.00 €
Aléa	15%			70 000.00 €
Etudes et MOE (PRO-AOR)	~ 10%			45 000.00 €
TOTAL				546 400.00 €

Tableau 36: Chiffrage du scénario niveau 3 – RSP5

Les coûts d'acquisition des vignes et du terrain privé sont estimés à 45 000€HT selon le barème indicatif de la valeur vénale moyenne des terres agricoles en 2020 (décision du 08 Octobre 2021).

Ce coût prend en compte un approfondissement et une protection des réseaux en amont du gué n°1. Il ne prend pas en compte les coûts de dévoiement du réseau gaz qui nécessitent une étude spécifique à mener par GRT gaz.

Annexe 1 : Pré-diagnostics écologiques – Les écologistes de l'Euzière – 2021



Annexe 2 : Compte rendu d'expertise de terrain – site RSP1



Annexe 3 : Compte rendu d'expertise de terrain – site RSP4



Annexe 4 : Compte rendu d'expertise de terrain – site RSP5



Annexe 5 : Devis Enedis pour le déplacement de réseau HTA



Compte rendu d'expertise de terrain
(10/06/2021)

Légende

- Point kilométrique

— Cours d'eau

Morphologie

◆ Affleurement

— Atterrissement

— Mouille

— Erosion

Bancs alluviaux - Taille

● >100m²

● 51-100m²

● 21-50m²

● 10-20m²
- Ouvrages ponctuels

■ Passage a gue

■ Pont

■ Seuil

■ Pont submersible

Ouvrages linéaires

— Enrochement

— Enrochement liaisonne

— Merlon

— Mur beton

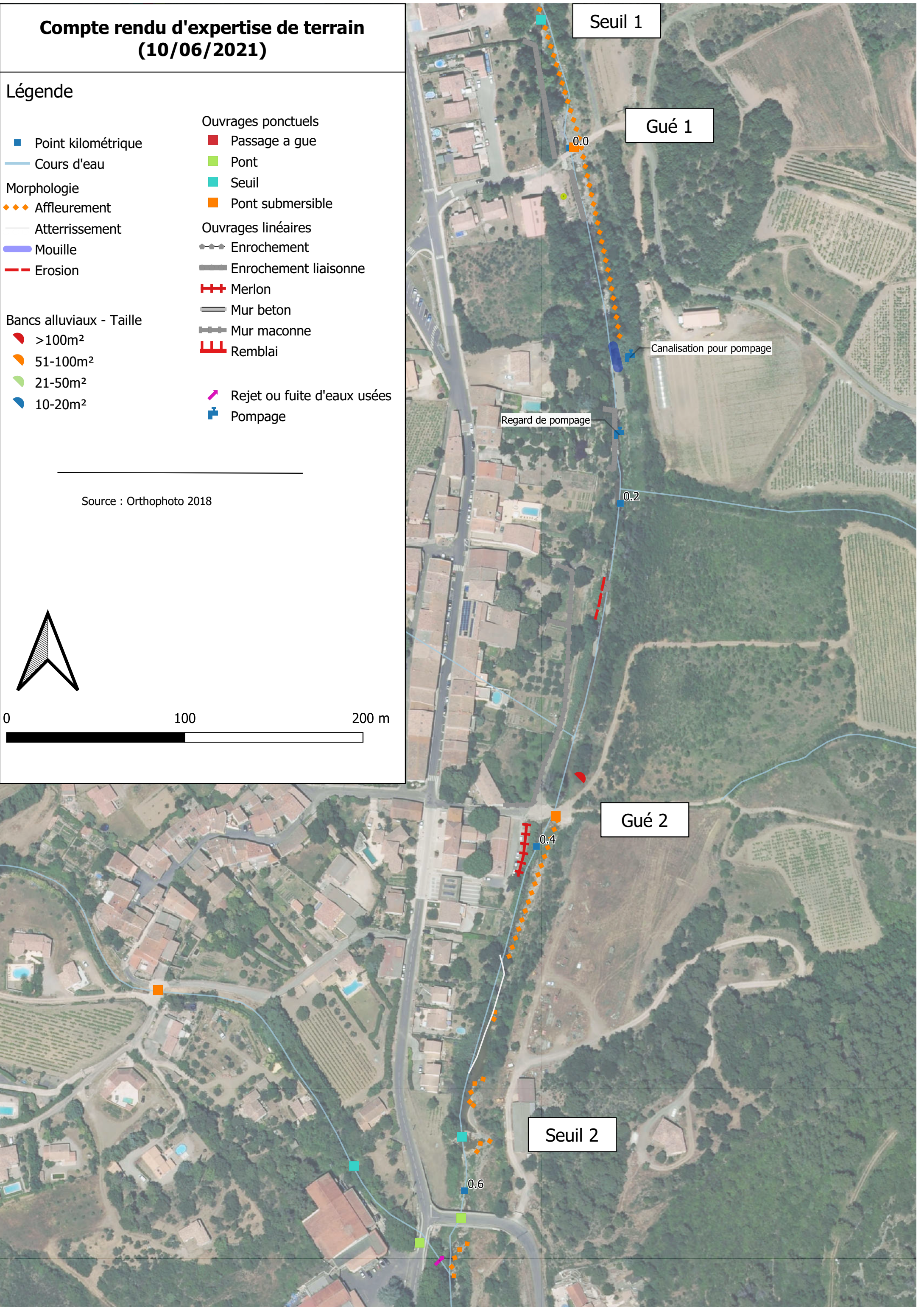
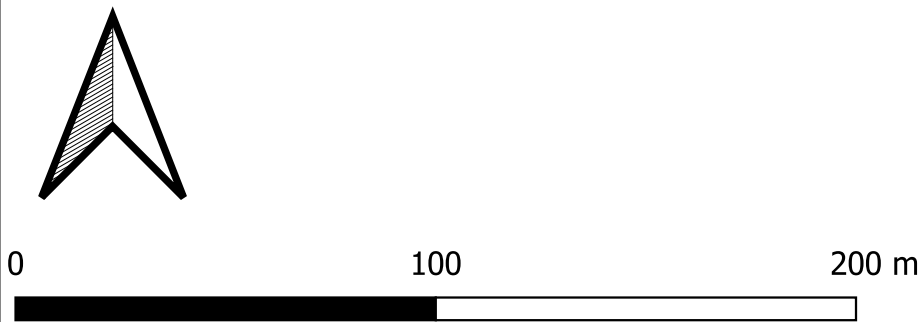
— Mur maconne

— Remblai

— Rejet ou fuite d'eaux usées

■ Pompage

Source : Orthophoto 2018



Compte rendu d'expertise de terrain (04/06/2021)

Légende

Bancs alluviaux - Taille

- >100m²
- 51-100m²
- 21-50m²
- 10-20m²

Ouvrages ponctuels

- Passage a gue
- Pont
- Seuil
- Pont submersible

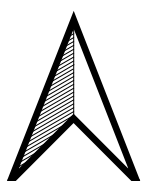
Ouvrages linéaires

- Enrochement
- Enrochement liaisonne
- Merlon
- Mur beton
- Mur maconne
- Remblai

Morphologie

- Affleurement
- Atterrissement
- Mouille
- Radier
- Bras secondaire
- RSP4_PK
- Poteau électrique
- Brèche
- Dépôt sauvage
- Pompage

Source : Orthophoto 2018



0 100 200 m



Compte rendu d'expertise de terrain (07/06/2021)

Légende

Ouvrages linéaires	Ouvrages ponctuels
■ Point kilométrique	■ Passage a gue
■ Bancs alluviaux - Taille	■ Pont
■ >100m ²	■ Seuil
■ 51-100m ²	■ Pont submersible
■ 21-50m ²	
■ 10-20m ²	

Ouvrages linéaires	Morphologie
— Enrochement	◆ Affleurement
— Enrochement liaisonne	— Atterrissement
— Merlon - Hauteur	— Mouille
— Mur beton	— Radier
— Mur maconne	— Bras secondaire
— Remblai	

Source : Orthophoto 2018

0 100 200 m

The figure is an aerial map of a river section, likely the Garonne, showing various engineering features and annotations. The map is overlaid with a grid. Key features include:

- Annotations:** "la Boyne" (written vertically), "Pompage suspecté, fosse creusée à la minipelle" (with an arrow pointing to a feature near kilometer 0.8), and "0.7 à 1.1m" (written vertically).
- Scale and Orientation:** A north arrow and a scale bar (0 to 200 m) are located in the bottom left corner.
- Legend:** A detailed legend is provided on the left side, categorizing features into linear works, point works, alluvial banks, and morphology.
- Map Features:** The map shows a river channel with various structures like enrochements (armor), merlons (walls), and radiers (paving). It also indicates areas of alluvial banks and specific morphological features like affleurements (outcrops) and atterrissements (deposits). The river is marked with kilometer points from 0.0 to 1.0.

[illegible]

- Compte rendu d'expertise de terrain (07/06/2021)**

Légende

Ouvrages linéaires	Bancs alluviaux - Taille
■ Point kilométrique	● >100m ²
— Enrochement	● 51-100m ²
— Enrochement liaisonne	● 21-50m ²
— Merlon - Hauteur	● 10-20m ²
— Mur beton	
— Mur maconne	
— Remblai	

Ouvrages ponctuels	Morphologie
■ Passage a gue	◆ Affleurement
■ Pont	— Atterrissement
■ Seuil	— Mouille
■ Pont submersible	— Radier
	— Bras secondaire

Source : Orthophoto 2018

0 100 200 m

The figure is an aerial photograph overlaid with technical information about a river section. A blue line representing the river channel runs from the top left towards the bottom right. Along this line, several points are marked with colored circles corresponding to the legend's 'Bancs alluviaux' categories. Red dashed lines with cross-ticks represent 'Merlon - Hauteur' along both banks. Various other symbols like squares and diamonds indicate specific structures or features. Annotations include 'la Boyne' near point 0.4, 'Pompage suspecté, fosse creusée à la minipelle' near point 0.8, and distance ranges like '0.7 à 1.1m' and '0.5 à 1m'. A scale bar at the bottom left shows 0, 100, and 200 meters, accompanied by a north arrow pointing upwards.

Compte rendu d'expertise de terrain (07/06/2021)

Légende

Ouvrages linéaires

- Point kilométrique
- Enrochement
- Enrochement liaisonne
- Merlon - Hauteur
- Mur beton
- Mur maconne
- Remblai

Bancs alluviaux - Taille

- >100m²
- 51-100m²
- 21-50m²
- 10-20m²

Ouvrages ponctuels

- Passage a gue
- Pont
- Seuil
- Pont submersible

Morphologie

- Affleurement
- Atterrissement
- Mouille
- Radier
- Bras secondaire

Source : Orthophoto 2018

0 100 200 m

Pompage suspecté, fosse creusée à la minipelle

0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0

0.7 à 1.1m 0.5 à 1m 0.6m

la Boyne

