Syndicat Mixte Interdépartemental
de la Vallée de la Lèze

ETUDE HYDRAULIQUE DU SECTEUR AVAL DE LA VALLEE DE LA LEZE

Rapport final - février 2018

SMIVAL

Place de l'Hôtel de Ville
31410 SAINT SULPICE SUR LÈZE
tél : 05 61 87 38 49 ou 05 61 87 24 11
fax : 05 61 87 24 11
smival@wanadoo.fr – wwww.smival.fr

Rédacteur :

ISL Ingénierie – Sud Ouest
15 rue du Maréchal Harispe
64500 Saint-Jean-de-Luz
Tél. : +33 5 59 85 14 55
Fax : +33 5 59 85 33 16
www.isl.fr

SOMMAIRE

1 CONTEXTE ET OBJECTIFS 13

2 RECUEIL ET ANALYSE DOCUMENTAIRE 14

2.1 Consultation des partenaires 14
2.2 Synthèse des études et données disponibles 14
2.2.1 Etudes 14
2.2.1 Données topographiques disponibles 16
2.2.2 Analyse des données topographiques 17
2.3 Visite de terrain 23
2.4 Définition de la topographie complémentaire 24
2.5 Conclusion du recueil et de l'analyse des données existantes 25

3 ANALYSE HYDROLOGIQUE 26

3.1 Généralités 26
3.1.1 Caractéristiques du bassin versant 26
3.1.2 Stations hydrométriques existantes 27
3.2 Synthèse des études existantes 28
3.2.1 Préambule 28
3.2.2 Expertise des résultats des études existantes 29
3.2.3 Temps de propagation des crues 31
3.3 Analyses complémentaires réalisées 32
3.3.1 Préambule 32
3.3.2 Mise à jour des ajustements de Gumbel 32
3.3.3 Analyse des concomitances entre stations 34
3.3.4 Résultats SHYREG 35
3.4 Synthèse de l'analyse hydrologique 36

4 MODELISATION HYDRAULIQUE BIDIMENSIONNELLE 37

4.1 Rappel des objectifs de la modélisation 37
4.2 Analyse générale du fonctionnement en crue du secteur 37
4.3 Construction du modèle hydraulique 2D 43
4.3.1 Emprise et structure du modèle 43
4.3.2 Construction du maillage 44
4.3.3 Intégration de la bathymétrie / topographie 45
4.3.4 Conditions limites du modèle 47
4.3.5 Coefficient de rugosité 51
4.4 Calage du modèle 52
4.4.1 Les laisses de crues 53
4.4.2 Emprise de la crue de juin 2000 55
4.4.3 Estimation du débit de pointe de la crue de juin 2000 par modélisation hydraulique 57
4.4.4 Conditions hydrologiques 61
4.4.5 Résultats du calage 63

4.4.6 Synthèse sur le calage du modèle 67

4.5 Courbe de tarage au droit du pont de la RD19 à Labarthe-sur-Lèze 68
4.6 Résultats de la modélisation hydraulique 2D en état actuel 69
4.6.1 Scénarios de modélisation 69
4.6.2 Résultats des modélisations hydrauliques et analyse des enjeux impactés 72
4.6.3 Evaluation de l'impact des remblais sur les écoulements en crue 109
4.6.4 Modélisations de rupture de remblai.....115
4.6.5 Synthèse de la modélisation hydraulique de l'état actuel 122

5 PROPOSITION D'AMENAGEMENTS ET EVALUATION DE LEURS EFFETS SUR LES CRUES DE LA LEZE 123

5.1 Propositions d'aménagements.....123
5.2 Dispositifs de protection pour les crues courantes (5 ans et 10 ans, débit respectif de 89 m^3/s et 126 m^3/s) 124
5.2.1 Préambule 124
5.2.2 Réduction de l'aléa sur le centre de Labarthe-sur-Lèze et le lotissement des Trois-Rivières126
5.2.3 Réduction de vulnérabilité sur le secteur de la Condoumine en rive gauche de la Lèze pour la crue décennale.....127

5.3 Modélisation hydraulique des dispositifs de protection pour les crues plus rares (période de retour supérieure à 10 ans).....128
5.3.1 Préambule 128
5.3.2 Mise en place d'une digue en rive gauche de la Lèze 134
5.3.3 Mise en place d'ouvrage de décharge en rive droite de la Lèze 154
5.3.4 Mise en place d'une digue de protection du Vernet – Ouvrage 5 181

5.4 Remarque relative à la période de retour de dimensionnement des ouvrages 189
5.5 Etude de mesures de réduction de la vulnérabilité 191
5.6 Synthèse des aménagements proposés.....192

6 ANALYSE COUT BENEFICE ET ANALYSE MULTICRITERE 194

6.1 Périmètre de l'ACB/AMC et horizon 194
6.1.1 Définition des situations de référence et de projet 194
6.1.2 Périmètre de l'étude 195
6.1.3 Les crues à l'étude 196
6.1.4 L'horizon 196

6.2 Étude des enjeux 197
6.2.1 Principales sources de données des enjeux 197
6.2.2 Méthodologies 198

6.3 Diagnostic de vulnérabilité du territoire 202
6.3.1 Les indicateurs de dommages monétaires.....202
6.3.2 Les indicateurs d'enjeux 208
6.3.3 Les emplois (P7).....209

6.4 Evaluation des couts et des bénéfices du programme d'aménagements 210
6.4.1 Les coûts du programmes d'aménagements 210
6.4.2 Les bénéfices du programme d'aménagements 213

6.5 Analyse de la pertinence des projets 230
6.5.1 Analyse coûts bénéfices 230
6.5.2 Fiches résumées des indicateurs synthétiques 232
6.5.3 Analyse de sensibilité 233
6.6 Synthèse de l'ACB/AMC 236

ANNEXE 1 : CCTP CAMPAGNE TOPOGRAPHIQUE COMPLEMENTAIRE 239

ANNEXE 2 : RELEVES TOPOGRAPHIQUES COMPLEMENTAIRES 240

ANNEXE 3 : FICHE SHYREG DE LA LEZE A LABARTHE 241

ANNEXE 4 : CARTOGRAPHIE DES ZONES INONDEES POUR LES DIFFERENTS SCENARIOS 242

ANNEXE 5 : ESTIMATION DU COUTS DES TRAVAUX 243

ANNEXE 6 : RE-LOCALISATION DES REPERES DE CRUE DE JUIN 2000 248

ANNEXE 7 : METHODE DE CALCUL DES DOMMAGES POUR L'ACB 250

RESUME

Préambule

La vallée de la Lèze, située entre la vallée de la Garonne et de l'Ariège, a connu de nombreuses crues au cours des dernières décennies, entrainant des dommages importants sur les enjeux humains, matériels et économiques de la vallée.

Dans l'optique de répondre à cette problématique, le Syndicat Mixte Interdépartemental de la Vallée de la Lèze (SMIVAL) s'efforce depuis 2003 à mettre en œuvre une politique de prévention et de gestion du risque inondation, à l'échelle du bassin versant.

La présente étude s'inscrit dans cette optique, en réalisant :

- Une étude hydrologique du bassin versant de la Lèze,
- Un diagnostic des écoulements en crue sur le secteur de la Lèze aval (communes de Lagardelle-sur-Lèze, Labarthe-sur-Lèze et Vernet), s'appuyant sur une modélisation hydraulique 2D,
- Des propositions de scénarios d'aménagements permettant la réduction de l'exposition aux inondations des différents enjeux,
- Une analyse coûts bénéfices de trois scénarios d'aménagements proposés sur le territoire.

Etude hydrologique

L'étude hydrologique a été réalisée sur la base des informations existantes dans les études antérieures et des données disponibles sur le territoire de la Lèze aval.

Dans un premier temps, une analyse des études existantes a été réalisée. Généralement, ces études sont basées sur des ajustements aux stations hydrométriques du bassin versant (Lézat et Labarthe – cette dernière étant réputée peu fiable en crue), qui disposaient d'une série de données de 30 à 35 ans.

Par ailleurs, dans son étude de 2012, la CACG a également mis en œuvre un modèle pluie-débits, calé sur l'évènement de juin 2000. Les résultats de ce modèle montreraient que le débit de pointe de la crue de juin 2000 est quasi-constant entre Lézat-sur-Lèze et Labarthe-sur-Lèze : l'écrêtement en lit majeur « compenserait » donc les apports des coteaux, faibles et diffus.

Dans un second temps, et au regard de ces éléments, des investigations complémentaires ont été réalisées. Les ajustements aux stations hydrométriques ont été mis à jour, et les résultats n'apportent pas de modification majeure par rapport aux éléments présentés dans les études antérieures. Toutefois, il est important de préciser que la station de Labarthe-sur-Lèze n'est pas fiable pour estimer les débits en crue du cours d'eau. La présente étude a pu mettre en évidence le fait que les débits estimés à la station sont sous-évalués en crue. Le modèle hydraulique 2D permet de proposer une nouvelle courbe de tarage.

Les résultats SHYREG-débit ont également été examinés. La méthode SHYREG (IRSTEA) est une méthode d'estimation de l'aléa hydrologique (débits de pointe et journaliers, ainsi qu'hydrogrammes de période de retour 2 ans à 1000 ans), basée sur la régionalisation (prise en compte homogénéisée des caractéristiques locales) de paramètres de modèles (générateur de pluie et modélisation hydrologique).

L'ensemble de ces éléments a permis de mettre en évidence le fait que :

- Les débits de pointe retenus dans les études précédentes à la station de Lézat-sur-Lèze, en 2012, paraissent relativement cohérents avec les analyses complémentaires,
- En revanche, les débits de pointe retenus dans les études antérieures à la station de Labarthe-sur-Lèze semblent sous-estimés.

Par ailleurs, pour les besoins de la modélisation hydraulique, les débits de pointe de l'Ariège sont aussi déterminés, sur la base des études et données précédentes.

ISL a retenu les débits de pointe suivant :

	Q_P Labarthe	Q_P Ariège
T = 10 ans	126 m^3/s	1 000 m^3/s
T = 20 ans	156 m^3/s	/
T = 50 ans	204 m^3/s	1 420 m^3/s
T = 100 ans	250 m^3/s	1 750 m^3/s
Crue extrême	460 m^3/s (1000 ans)	3 090 m^3/s (crue de 1875)

Synthèse des débits de pointe retenus

Diagnostic hydraulique de l'état actuel

Suite à l'étude hydrologique, un diagnostic des écoulements en crues sur le secteur de la Lèze aval a été réalisé dans la configuration actuelle de la vallée. Pour ce faire, un modèle hydraulique bidimensionnel de la Lèze et de l'Ariège sur les communes de Lagardelle, Labarthe et Vernet a été mis en place ; le but étant de simuler des évènements de différentes périodes de retour (5, 10, 20, 50, 100 et 1 000 ans pour la Lèze) et d'examiner leurs conséquences en termes d'enjeux impactés sur le territoire.

Avant de passer aux simulations numériques, une reconstitution de la crue de juin 2000 a été réalisée afin de :

- Caractériser le débit de pointe de cet évènement, sur la base des relevés de crue disponibles et de l'emprise connue de la zone inondée,
- Reconstruire la courbe de tarage à la station hydrométrique de Labarthe-sur-Lèze, grâce au modèle hydraulique. Cette station (jugée peu fiable), destinée essentiellement à la mesure des écoulements en étiage, possède très peu de points de jaugeages en hautes eaux, et est contournée en crue. Le modèle hydraulique permet de redéfinir la courbe de tarage à la station.

Ce modèle hydraulique a été réalisé en intégrant la crue de juin 2000 de l'Ariège, don le débit de pointe est estimé à 1 010 m^3/s, soit équivalent à une crue décennale.

Après calage du modèle hydraulique, il apparaît que la crue de juin 2000 a un débit de pointe d'environ 250 m^3/s, soit équivalent à la crue centennale définie par ISL dans le cadre de la présente étude. Pour rappel l'estimation du débit de pointe de la crue centennale figurant dans les études antérieures (étude de 2011) était de l'ordre de 170 m^3/s à Labarthe-sur-Lèze.

La courbe de tarage reconstituée a permis, sur la base des limnigrammes disponibles à la station de Labarthe, de construire les hydrogrammes de quelques crues historiques (mai 1977, septembre 1993 et juin 2000), qui sont utilisées pour les modélisations hydrauliques de différentes périodes de retour (5, 10, 20, 50, 100 et 1 000 ans pour la Lèze). Pour chacune de ces modélisations, une condition de crue décennale a été introduite sur l'Ariège.

Les résultats des modélisations montrent que les débordements interviennent pour de faibles périodes de retour (dès 5 ans) sur le secteur de Labarthe-sur-Lèze (quartiers la Condoumine et les Aouzelous). Les écoulements de débordement sont également susceptibles d'impacter le centre de Labarthe par ruissellement le long de la RD12b (route de Lagardelle).

Pour une crue de période de retour 10 à 20 ans, un débordement généralisé est modélisé sur la plaine entre les communes de Lagardelle et Labarthe. Les écoulements se propagent en rive gauche via l'Ayguère et en rive droite via le ruisseau du Mondouly, et impactent également la commune du Vernet. Dès ces faibles périodes de retour, la commune de Labarthe-sur-Lèze, et notamment son centre-bourg (quartier de la Condoumine, le Caroubier, Doumerc…), est fortement impactée en crue.

Pour la crue de juin 2000, la plaine est entièrement inondée.

En complément de ce diagnostic, des tests ont été effectués sur les remblais routier et ferroviaire pour évaluer leur influence potentielle sur les écoulements en crue de la Lèze. Pour ce faire, des modélisations complémentaires sont réalisées, en retirant :

- Le remblai ferroviaire,
- Le remblai ferroviaire et le remblai de la RD820.

La modélisation permet de mettre en évidence que ces remblais ont une influence sur les écoulements en zone proche, qui se traduit par une augmentation des niveaux amont (pouvant atteindre +1 à +1,5 m ponctuellement en amont du remblai ferroviaire), avec un remous maximum de 400 m dans la direction amont/aval. En particulier :

- Le remblai ferroviaire induit un impact en crue sur deux secteurs urbanisés : la Cepette à Pins-Justaret et le chemin d'Embourel à Labarthe-sur-Lèze,
- Le remblai ferroviaire et la RD820 donnent lieu à une augmentation des niveaux sur trois secteurs supplémentaires : Justarette à Pins-Justaret, Magret à Labarthe-sur-Lèze et le Vernet.

Il est important de noter également que ces remblais « protègent » les bâtis qui sont en aval, et particulièrement les bâtis situés entre le remblai ferroviaire et le remblai routier, puisqu'ils permettent d'y limiter l'impact des crues de la Lèze et de l'Ariège.

Proposition d'aménagements

Suite au diagnostic, des aménagements ont été proposés sur le territoire de la commune de Labarthe-sur-Lèze, qui est fortement impactée en crue.

Dans un premier temps, des protections localisées sont définies pour la crue quinquennale de la Lèze, avec évaluation de leur impact hydraulique. En effet, pour cet évènement, des débordements sont susceptibles de ce produire sur le quartier de la Condoumine en rive gauche, via la RD12b, et sur le quartier des Aouzelous en rive droite.

Concernant la Condoumine, le SMIVAL a réalisé à l'automne 2016 des travaux sur le fossé du Sarrasclé et l'ouvrage de franchissement de la rue du Roussillon. Ces aménagements permettent d'assurer une évacuation des écoulements en lit majeur rive gauche pour la crue quinquennale.

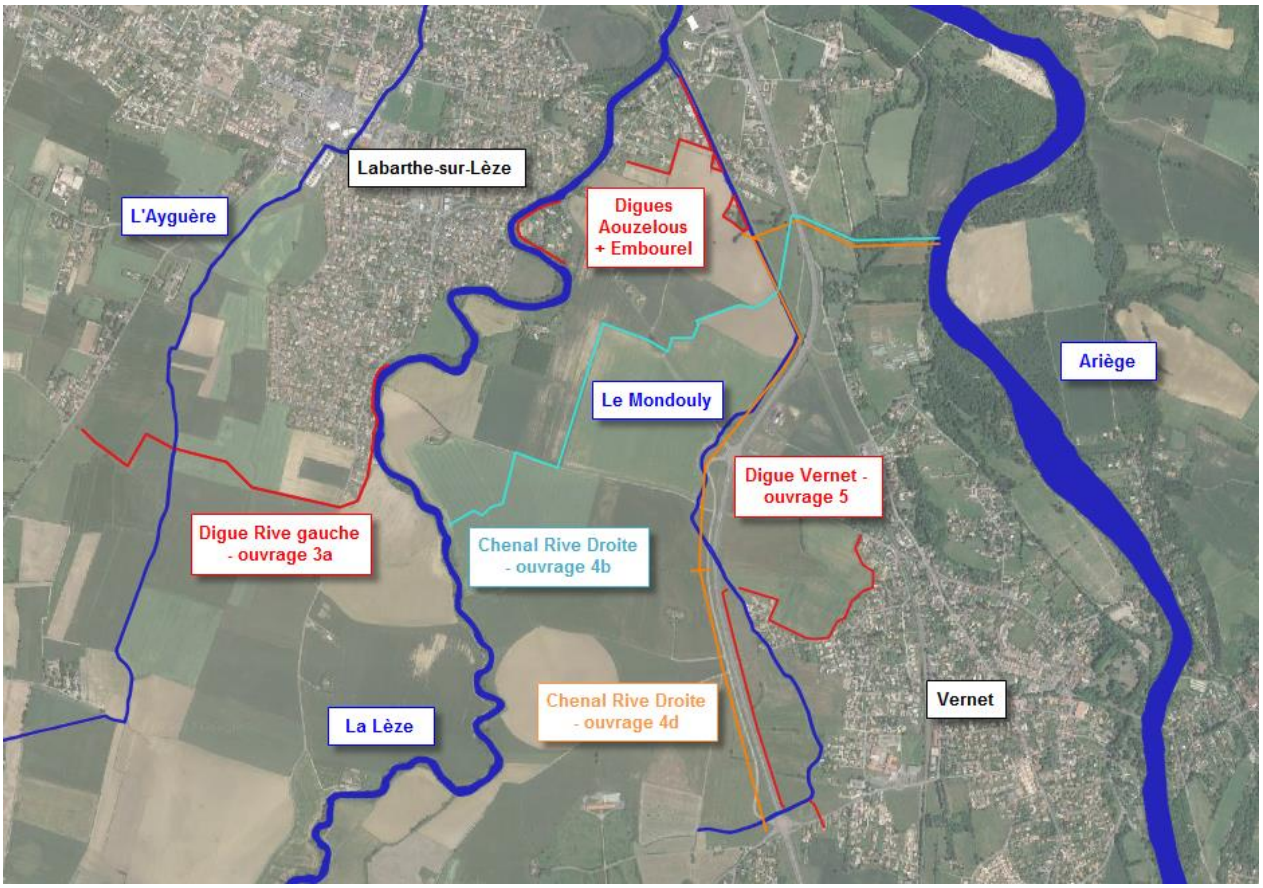
Pour le quartier des Aouzelous, où on dénombre a priori moins de 30 personnes, aucun aménagement ne peut être mis en place pour la protection des bâtis contre la crue quinquennale.

Après discussion avec la DREAL Occitanie sur la notion de « système d'endiguement », la cohérence hydraulique du système comprendrait les impacts hydrauliques potentiels. Ainsi, la DREAL Occitanie s'est donc dit prête à recevoir des demandes d'autorisation de systèmes d'endiguement constitués de plusieurs casiers (dans le cas présent, la digue de protection du centre de Labarthe en rive gauche – voir ci-après – et la protection du quartier des Aouzelous), le critère de 30 personnes s'appliquant à l'ensemble. Ainsi, il est proposé de dimensionner une digue susceptible de protéger le quartier des Aouzelous contre les crues de la Lèze, seulement dans le cas d'un aménagement global du territoire, en complément de la digue de protection du centre de Labarthe.

Dans un second temps, des protections contre les crues plus rares, dimensionnés pour une période de retour de 50 ans, sont proposées sur l'ensemble du territoire. Ces protections consistent en (cf. figure ci-après) :

- La réalisation d'une digue de protection du centre-bourg de Labarthe en rive gauche de la Lèze,
- La création d'un chenal de décharge en rive droite (avec plusieurs variantes de tracés), destiné notamment à reprendre l'écoulement supplémentaire en rive droite induit pas la mise en place de la digue rive gauche (+13 m^3/s),
- La réalisation d'une digue de protection du Vernet, en aval du remblai de la RD820.

<u>Remarque :</u> La digue de protection du centre de Labarthe en rive gauche de la Lèze engendre des surinondations en rive droite de la Lèze, sur le quartier des Aouzelous et le secteur du chemin d'Embourel en amont du remblai ferroviaire. Afin de palier à cette surinondation, et au regard de la cohérence hydraulique d'ensemble, des digues sont mises en place au droit des bâtis surexposés du chemin d'Embourel. Un scénario alternatif, incluant la mise en œuvre de la digue en rive gauche de la Lèze, couplée à la protection du quartier des Aouzelous et du secteur du chemin d'Embourel, est donc traité.



Aménagements proposés sur le territoire de la Lèze aval

Des modélisations hydrauliques des aménagements proposés ont été réalisées afin d'évaluer leurs performances et leur impacts.

Enfin, un scénario alternatif traite de la mise en place de mesures de réduction de la vulnérabilité des habitations sur le territoire des communes de la Lèze aval. En effet, compte tenu des faibles lames d'eau écoulées sur une grande partie des zones à enjeux, et notamment sur le centre-bourg de Labarthe où les hauteurs d'eau ne dépassent pas 50 cm par endroit, ce type de dispositif peut s'avérer efficace et moins onéreux en termes d'investissement initial.

Analyse coûts bénéfices et analyse multicritères

Suite aux modélisations hydrauliques des aménagements proposés, sept scénarios d'aménagements ont été définis, et ont fait l'objet d'une analyse coûts bénéfices / multicritères (ACB / AMC) simplifiés, sur le territoire des communes de Lagardelle-sur-Lèze, Labarthe-sur-Lèze, Vernet et Pins-Justaret.

Les scénarios considérés sont présentés dans le tableau ci-dessous, et les aménagements correspondant sont repérés sur la figure ci-avant.

Aménagements proposés	Scénario 1	Scénario 1 bis	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5
Digue en rive gauche de la Lèze en amont de Labarthe – ouvrage 3a	X	X	X	X	X	
Digue Aouzelous + Digue chemin d'Embourel		X				
Chenal de décharge en rive droite de la Lèze - ouvrage 4b			X		X	
Chenal de décharge en rive droite de la Lèze - ouvrage 4d				X		
Digue de protection du Vernet – ouvrage 5					X	
Dispositif individuel de réduction de la vulnérabilité						X

Scénarios pris en compte dans le cadre de l'ACB/AMC

Remarque : Un scénario supplémentaire a également été étudié dans le cadre de l'ACB/AMC : le scénario n°3bis. Ce scénario reprend les mêmes aménagements que le scénario n°3, en considérant que les ouvrages sont réalisés dans le même temps afin d'optimiser les coûts de réalisation.

Les critères retenus pour l'analyse sont :

- Les indicateurs de dommages monétaires sur les habitations (M1), les entreprises (M2) et les activités agricoles (M3),
- Les indicateurs d'enjeux non-monétaires sur les populations (P1) et les emplois (P7).

Par ailleurs, une liste des principaux ERP connus impactés selon les scénarios modélisés est également dressée.

Pour les scénarios n°1, 1bis et 5, les analyses coûts bénéfices présentent une Valeur Actualisé Nette (VAN) positive à l'horizon 50 ans. En revanche, pour les scénarios n°2, 3, 3bis et 4, la VAN est négative à 50 ans.

Cette analyse met en évidence le fait que la digue de protection en rive gauche de la Lèze en amont de Labarthe (scénario 1) permet de réduire de manière importante :

- l'impact sur les populations (P1) et les emplois (P7), avec, pour la crue de dimensionnement (crue cinquantennale), 638 habitants touchés en état aménagé contre 2175 en état actuel, et 55 emplois concernés contre 165,
- les dommages aux logements (M1) et aux entreprises (M2), avec, pour la crue de dimensionnement (crue cinquantennale), un gain de 3,1 M€ pour les logements et 1,4 M€ pour les entreprises en état aménagé par rapport à l'état actuel.

Toutefois, cette digue a un impact négatif sur le quartier des Aouzelous et un groupe de bâtis situé au droit du chemin d'Embourel à Labarthe-sur-Lèze, en amont immédiat du remblai ferroviaire (a priori, moins de 30 personnes concernées). C'est pourquoi le scénario 1bis, bien que présentant un coût d'investissement initial plus important, peut être plus intéressant pour lutter efficacement contre les crues sans pour autant surinonder des zones à enjeux.

Dans le cadre de l'ACB, il apparaît que le niveau de premier plancher des bâtiments a une influence importante sur les résultats. En effet, un test de sensibilité a été réalisé sur les logements pour vérifier si la prise en compte d'une à deux marches (niveau de plancher 20 cm au-dessus du terrain naturel) était susceptible de modifier les résultats de l'ACB/AMC (hors scénario de réduction de la vulnérabilité). Les résultats montrent que l'ensemble des scénarios d'aménagement ne serait plus économiquement avantageux à 50 ans.

La mise en œuvre de mesures de réduction de la vulnérabilité peut également s'avérer avantageuse économiquement. Ceci est essentiellement dû au fait que :

- Le coût initial d'acquisition de ce type de dispositif est faible (1,3 M€ pour l'ensemble des quatre communes avec les hypothèses prises en compte),
- Les hauteurs d'eau sur les zones à enjeux sont de manières générales faibles à moyennes (inférieures à 1 m), ce qui permet d'assurer une protection suffisante avec ce type de disposition.

Ces dispositifs permettent également de protéger les bâtis exposés sur la commune de Lagardelle, ce qui n'est pas le cas des autres aménagements.

Toutefois, il est important de noter que les mesures de réduction de la vulnérabilité ne garantissent probablement pas une protection à 100% des bâtis équipés. En effet, les mesures de réduction de la vulnérabilité n'apportent pas la même garantie de protection qu'un aménagement hydraulique global :

- Incertitude sur le fait que les batardeaux soient posés « à temps » par les propriétaires,
- Les murs extérieurs des bâtiments sont mis en eau, ce qui pourrait occasionner des problèmes d'humidité des bâtis,
- Le mobilier urbain, les véhicules, les voiries, etc. demeurent impactés en crue.

De plus, la réduction de la vulnérabilité est réalisée à une date donnée, ce qui ne présage pas d'une utilisation ultérieure de niveaux inondables. Dans ce cas là, et malgré les dispositifs de protection, il pourrait y avoir une augmentation de la vulnérabilité des personnes et des biens au risque inondation.

Au final, au regard des différents scénarios testés et des résultats de l'ACB/AMC, les aménagements qui peuvent être recommandés sur le territoire de la Lèze aval sont :

- Le scénario n°1bis (digue en rive gauche + digues Aouzelous et Embourel), sous réserve de vérifier la cote de premier plancher des bâtis pour savoir si ce scénario est économiquement avantageux à l'horizon 50 ans,
- Le scénario n°5 (mesures de réduction de la vulnérabilité), qui, du fait des faibles investissements initiaux, est économiquement avantageux à l'horizon 50 ans.

Dans le cas présent, un dispositif de protection collective tel que le scénario n°1bis a tout son intérêt en zone urbaine ou en zone péri-urbaine.

1 CONTEXTE ET OBJECTIFS

La vallée de la Lèze, située entre la vallée de la Garonne et de l'Ariège, a connu de nombreuses crues au cours des dernières décennies, entrainant des dommages importants sur les enjeux humains, matériels et économiques de la vallée.

Dans l'optique de répondre à cette problématique, le Syndicat Mixte Interdépartemental de la Vallée de la Lèze (SMIVAL) s'efforce depuis 2003 à mettre en œuvre une politique de prévention et de gestion du risque inondation, à l'échelle du bassin versant. Dans ce cadre, plusieurs études hydrauliques et hydrologiques ont été réalisées, conduisant notamment à la mise en place d'un Programmes d'Actions de Prévention des Inondations (PAPI) en 2008.

Toutefois, les récentes études hydrauliques (2012) ont mis en évidence la nécessité de considérer des aménagements plus localisés et répondant aux enjeux les plus exposés sur la partie amont et médiane du bassin. Concernant la partie aval, le SMIVAL prévoit la mise en place d'une étude sur la qualification des phénomènes de crues afin de réduire l'exposition aux inondations des enjeux bâtis de Lagardelle, Labarthe et le Vernet.

Dans ce contexte, les objectifs de cette étude sont de caractériser l'hydrologie de crue de la Lèze et de l'Ariège, pour ensuite établir un modèle bidimensionnel du secteur aval de la vallée de la Lèze (Lagardelle-sur-Lèze, Le Vernet, Labarthe-sur-Lèze). En conséquence, cette étude hydraulique doit permettre la caractérisation des flux en période de crue de la Lèze et de l'Ariège et la proposition de scenarii d'aménagement permettant la réduction de l'exposition aux inondations des différents enjeux.

Cette prestation est découpée en 4 phases :

- Phase 1 : Bibliographie, collecte de données, analyse hydrologique et présentation de la méthodologie pour la modélisation bidimensionnelle
- Phase 2 : Analyse hydraulique du secteur aval : modélisation hydraulique bidimensionnelle
- Phase 3 : Propositions d'aménagements et évaluation de leurs impacts
- Phase 4 : Analyse coûts-bénéfices et analyses multicritères de scénarios d'aménagements.

Le présent rapport comprend l'ensemble de la mission sur la Lèze aval.

2 RECUEIL ET ANALYSE DOCUMENTAIRE

2.1 Consultation des partenaires

Outre les services internes du SMIVAL, un certain nombre de structures locales ont été consultées (Tableau 1). Celles-ci ont permis le recueil d'informations complémentaires.

Structure	Données recherchées	Données obtenues / Etat du recueil de données
Société Nationale des Chemins de Fer français (SNCF Réseau)	Liste des Ouvrages Pointage kilométrique des ouvrages	Données obtenues
Direction Départementale des Territoires de Haute-Garonne (DDT 31)	Données topographiques (Lidar) de l'Ariège Données topographiques (Lidar) de la Lèze (de Saint-Sulpice à Labarthe)	Données obtenues
Direction Départementale des Territoires de l'Ariège (DDT 09)	Données topographiques (Lidar) de la Lèze (de Pailhès à Lézat)	Données obtenues
Conseil général de la Haute-Garonne (CG 31)	Données sur les ouvrages hydrauliques de l'Ariège	En attente des données

Tableau 1 : Synthèse des structures contactées pour le recueil de données

2.2 Synthèse des études et données disponibles

2.2.1 Etudes

Le secteur de la vallée de la Lèze a fait l'objet de plusieurs études antérieures (Tableau 2).

N°	Année, intitulé	Eléments intéressants à exploiter
1	2001 - Etude hydraulique de la Lèze et de l'Ariège [INGEROP]	Informations sur les crues historiques de l'Ariège à Auterive Résultats hydrologiques de l'Ariège à Auterive : Q_{10} (Auterive) = 993 m^3/s / Q_{50} (Auterive) = 1423 m^3/s / Q_{100} (Auterive) = 1750 m^3/s Informations sur les crues historiques de le Lèze à Lézat-sur-Lèze et Labarthe-sur-Lèze Résultats hydrologiques de la Lèze au pont de Lagardelle-sur-Lèze : Q_{10} (Lagardelle) = 142,3 m^3/s / Q_{50} (Lagardelle) = 208,9 m^3/s / Q_{100} (Lagardelle) = 237,1 m^3/s Les hydrogrammes de la crue de Juin 2000 de l'Ariège (au Vernet) et de la Lèze (à Labarthe-sur-Lèze) Les hydrogrammes des crues caractéristiques de l'Ariège et de la Lèze Données topographique des ouvrages de la déviation
2	Juin 2003 - Protection des lieux habités contre les crues de la Lèze - [SOGREAH]	

N°	Année, intitulé	Eléments intéressants à exploiter
3	Avril 2006 - Elaboration du schéma de prévention des risques d'inondations de la vallée de la Lèze - [GEOSPHAIR]	Résultats hydrologiques de la Lèze aux différentes stations Analyse des crues historiques et les dommages répertoriés Les enjeux répertoriés par commune Inventaire des zones vulnérables Les solutions opérationnelles pour réduire l'aléa ou la vulnérabilité Programme de gestion et d'action AZI de la Lèze
4	2010 - Etude de gestion des cours d'eau de la Lèze - [EAUCEA]	Fonctionnement hydromorphologique de la Lèze Recensement des enjeux Détermination de l'espace de mobilité de la Lèze
5	2012 - Etude hydraulique de la Lèze - [CACG]	Résultats hydrologiques des débits de la crue de Juin 2000 à Pailhès, Le Fossat et Lézat-sur-Lèze Hydrogrammes de la crue de Juin 2000 Modélisation Pluie-Débit Analyse des enjeux Incidence des casiers sur les débits max Analyse des stations hydrométriques AZI de la Lèze Dimensionnement et analyse des ouvrages des différents scénarii Approche économique des scénarii Constitution d'un scénario mixte et analyse technico économique
6	2012 - Note de synthèse de l'étude hydraulique de la Lèze - [SAFEGE]	Synthèse de l'étude [5]
7	2012 - Observations sur les actions envisagées pour la gestion des inondations dans le bassin versant de la Lèze - [PR BART SCHULTZ]	Observations sur l'hydrologie et l'hydraulique Recommandations sur les actions à mettre en place
8	2013 - Digue de protection contre les crues au lieu-dit « Lèze Morte » - [ARTELIA]	Informations sur les caractéristiques mécaniques des sols Etude technique des ouvrages
9	2013 - Document de référence hydrologique : Crues majeures, dispositif de vigilance actuel et présentation de l'outil de référence locale - [DELOTTIER Hugo]	Structure du bassin versant de la Lèze Informations sur les crues historiques de la Lèze Résultats hydrologiques Informations sur le dispositif de vigilance Outil de références locales et courbes de tarage
10	2014 - Mission de contrôle expérimental en crue - [EAUCEA]	Données bathymétriques de la Lèze
11	2008 – PPRN Ariège Lèze [SOGREAH]	
12	2010 – Etude	Analyse pluviométrique / hydrologique

N°	Année, intitulé	Eléments intéressants à exploiter
	hydrologique et hydraulique de la vallée de la Lèze [SCE]	Modélisation et calage d'un modèle hydraulique sur la crue de juin 2000 Repères de crues
13	1996 – Etude des zones inondables et diagnostic environnementale Lèze	Volet 1 : Etude hydrologique et hydraulique dans le but de déterminer les zones inondables

Tableau 2 : Synthèse des études existantes

Dans la suite, le renvoi aux études antérieures est réalisé en indiquant le N° de l'étude entre crochets.

ISL a réalisé en 2014 une étude portant sur la cartographie de la zone inondable de la Garonne entre la commune de Muret et l'entrée de Toulouse. S'agissant de la zone de confluence entre l'Ariège et la Garonne, cette étude a permis d'analyser la propagation et la concomitance des crues de ces deux cours d'eau, à partir des informations disponibles aux stations hydrométriques locales (la station d'Auterive pour l'Ariège et celles de Cazères et de Toulouse pour la Garonne). En outre, une analyse des crues historiques de la Garonne et de l'Ariège a été effectuée au cours de cette étude (Tableau 3). Ainsi, les résultats de la modélisation serviront de condition aval au modèle hydraulique 2D en implémentant une loi de tarage.

	Heure du pic de crue à Auterive (Ariège)	Heure du Pic de crue à Cazères (Garonne)	Heure du pic de crue à Toulouse (Garonne)
Crue de juin 2000	11/06/2000 13h Q_{MAX} = 1 008 m^3/s	11/06/2000 07h Q_{MAX} = 1 497 m^3/s	11/06/2000 14h Q_{MAX} = 3 740 m^3/s
Crue de janvier 2004	24/01/2004 21h Q_{MAX} = 823 m^3/s	24/01/2004 19h Q_{MAX} = 1 204 m^3/s	25/01/2004 01h Q_{MAX} = 2 680 m^3/s
Crue de mai-juin 2013	31/05/2013 20h Q_{MAX} = 628 m^3/s	31/05/2013 19h Q_{MAX} = 1 102 m^3/s	31/05/2013 22h Q_{MAX} = 2 325 m^3/s

Tableau 3 : Analyse des crues historiques récentes sur l'Ariège et la Garonne (ISL, 2014)

2.2.1 Données topographiques disponibles

Les données topographiques obtenues dans le cadre de la présente étude ont été analysées (Tableau 4).

Nature des données	Source	Date	Utilisation
Données Lidar de la vallée de la Lèze	SMIVAL	22/01/2016	Topographie du lit majeur
Les profils en travers (levé de lit mineur + lit majeur) de la Lèze	SMIVAL	16/02/2016	Topographie du lit majeur + lit mineur
La Bathymétrie de la Lèze	SMIVAL	16/02/2016	Topographie du lit mineur
Données topographiques des ouvrages hydrauliques de la Lèze	SMIVAL	22/01/2016 16/02/2016	Topographie des ouvrages + section hydraulique
Données topographiques des ouvrages de la déviation du Vernet	SMIVAL	22/01/2016	Topographie des ouvrages + section hydraulique
Données Lidar de la Lèze de Pailhès à Lézat	DDT09	30/03/2016	Topographie du lit majeur
Données Lidar de la Lèze de Saint-Sulpice à Labarthe	DDT31	30/03/2016	Topographie du lit majeur

Tableau 4 : Données topographiques disponibles

Toutes les données topographiques ont été fournies par le SMIVAL, mais sont généralement issues d'études antérieures. Il est à noter que le Lidar couvre une zone de la vallée de la Lèze allant de Pailhès à Labarthe-sur-Lèze.

2.2.2 Analyse des données topographiques

2.2.2.1 Le Lidar de la vallée de la Lèze (SMIVAL)

Le Lidar fourni par le SMIVAL permet la connaissance topographique du secteur d'étude : Lagardelle-sur-Lèze, Le Vernet et Labarthe-sur-Lèze (figure 1). Il donne les cotes altimétriques du lit majeur, mais aussi la cote d'eau de la Lèze ainsi que celle de l'Ariège. La résolution spatiale (X,Y) est de 0,5 m et la précision en altitude (Z) varie selon les zones et les enjeux. Elle est portée à 20 cm en zone inondable.

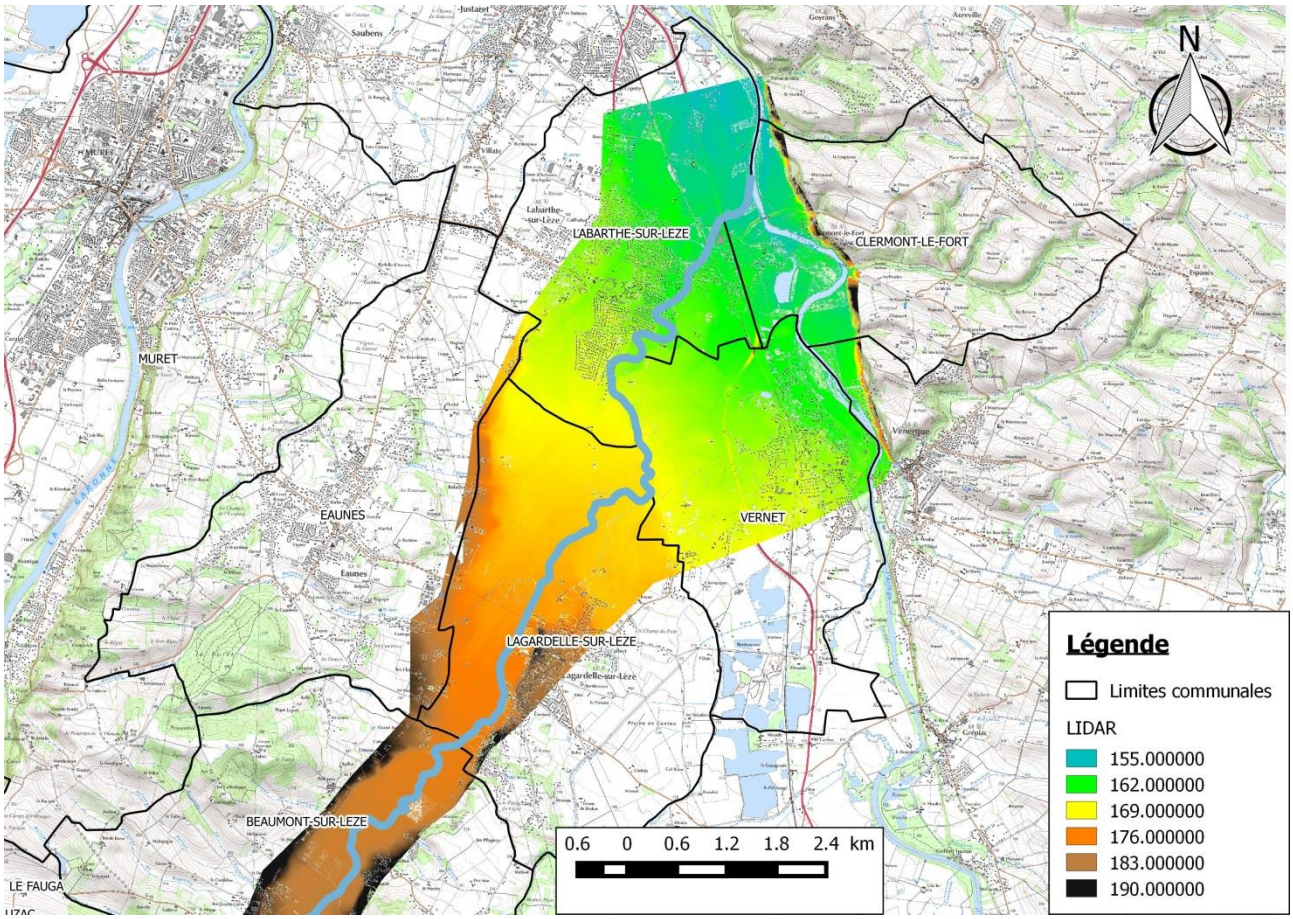


Figure 1 : Couverture Lidar fournie par le SMIVAL au niveau du secteur d'étude (fond : SCAN 25 IGN)

En terme qualitatif, ce Lidar présente des lacunes au droit du bâti, de la végétation et des plans d'eau (étangs, lits mineurs), rendant le travail de modélisation et de cartographie difficile (Figure 2).

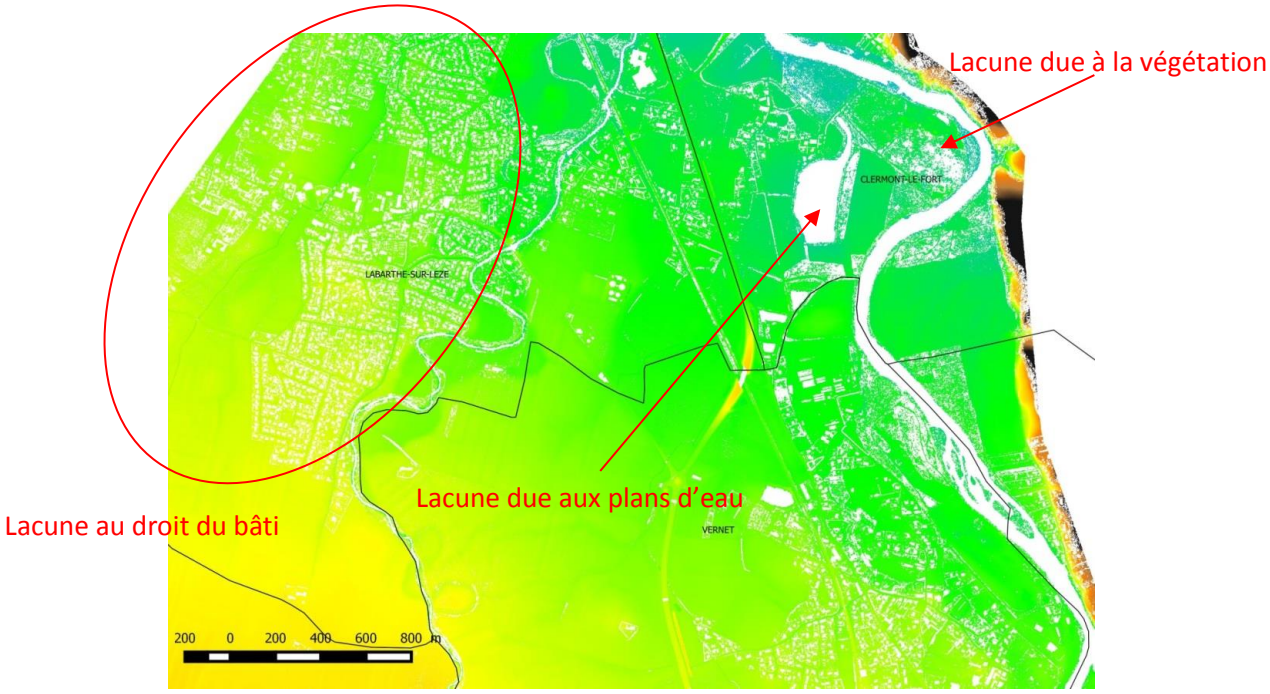


Figure 2 : Visualisation des lacunes du Lidar au droit du bâti, de la végétation et du lit mineur des cours d'eau

De ce fait, la DDT 31 a été contactée afin de récupérer une couverture topographique couvrant l'intégralité du secteur de modélisation (Lidar IGN).

La figure ci-dessous présente le Lidar remis par la DDT31. On constate que les bâtis, la végétation et les plans d'eau sont intégrés aux données.

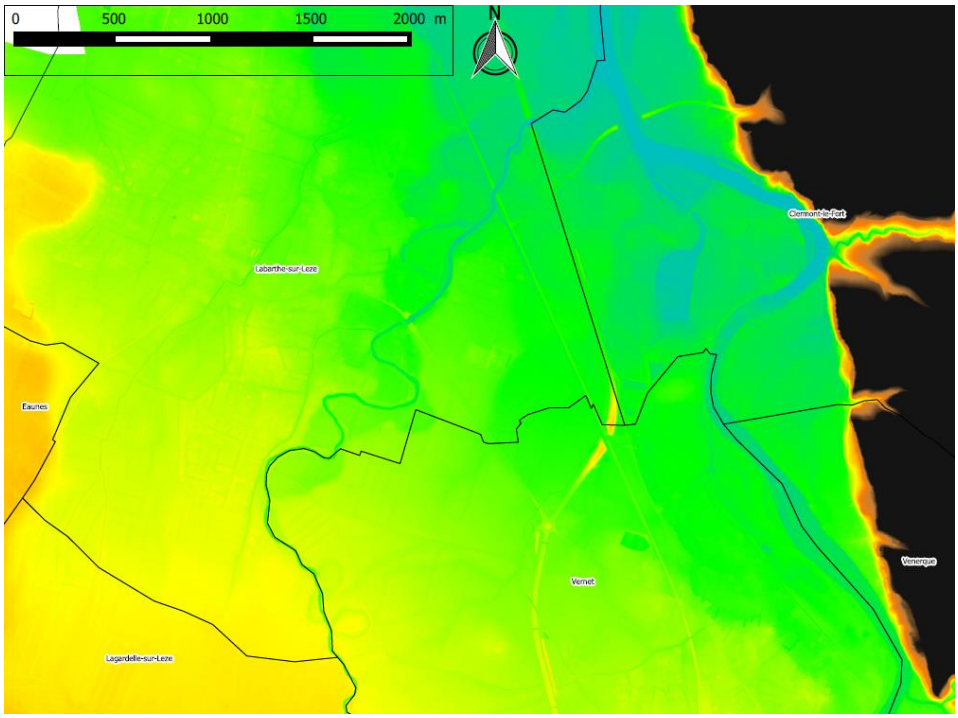


Figure 3 : Visualisation du Lidar fournis par la DDT31 (Lidar IGN)

Le Lidar de l'IGN a été relevé sur trois dates : septembre 2011, mars 2012 et mars 2013. La résolution spatiale des données est de 1 m. La précision altimétrique varie selon les zones et les enjeux. Elle est portée à 20 cm en zone inondable.

2.2.2.2 Les profils en travers

Au cours de l'étude [5] effectuée par la CACG en 2012, une campagne topographique a été réalisée. Ainsi, des profils en travers de la vallée de la Lèze (lit mineur + lit majeur) ont été levés. 96 profils ont été réalisés sur l'ensemble de la vallée (de Pailhès à Labarthe-sur-Lèze), dont 16 sur le secteur à modéliser. Ces informations, couplées aux profils bathymétriques (lit mineur) levés en complément (cf. 2.2.2.3) mènent à une base de données suffisante au vu de la taille du secteur.

En outre, deux levés de profils de voiries ont été réalisés, permettant l'obtention de la cote altimétrique exacte des remblais traversant la Lèze.

Afin d'analyser la cohérence des deux sources de données topographiques (Lidar et profils en travers), une comparaison a été effectuée au niveau du profil LMA 87 (dénommé ainsi dans l'étude CACG [5] - Figure 4).

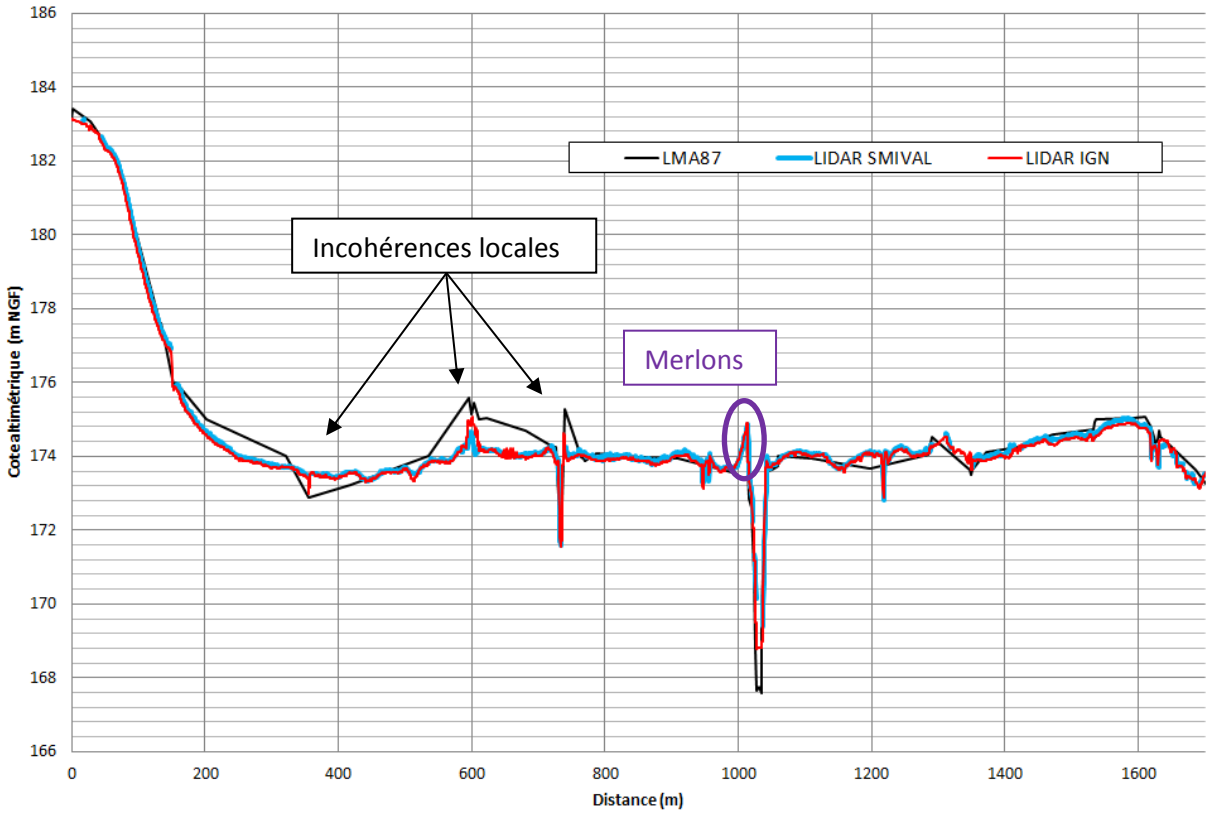


Figure 4 : Comparaison des données Lidar et des profils en travers (LMA 87)

Globalement la comparaison entre les valeurs topographiques apparait satisfaisante pour le profil LMA 87. Néanmoins, quelques incohérences apparaissent localement. En revanche, les deux Lidar présentent des cotes quasi-identiques sur l'ensemble du profil.

Remarque : les lidars représentent les merlons qui sont localement implantés en haut de berge de la Lèze.

Une seconde comparaison est donc effectuée au droit d'autres profils afin de vérifier la cohérence du Lidar (Figure 5 et Figure 6 ci-après).

Sur la Figure 5, même si la forme générale des profils en travers est satisfaisante, cette figure met en lumière des incohérences, permettant d'affirmer que la précision du Lidar ne semble pas optimale. En revanche, sur la Figure 6, on retrouve une cohérence d'ensemble entre les relevés terrestres et les deux lidars.

Compte tenu de ces éléments, il apparaît que le lidar de l'IGN sera suffisant pour réaliser le modèle hydraulique bidimensionnel de la Lèze aval.

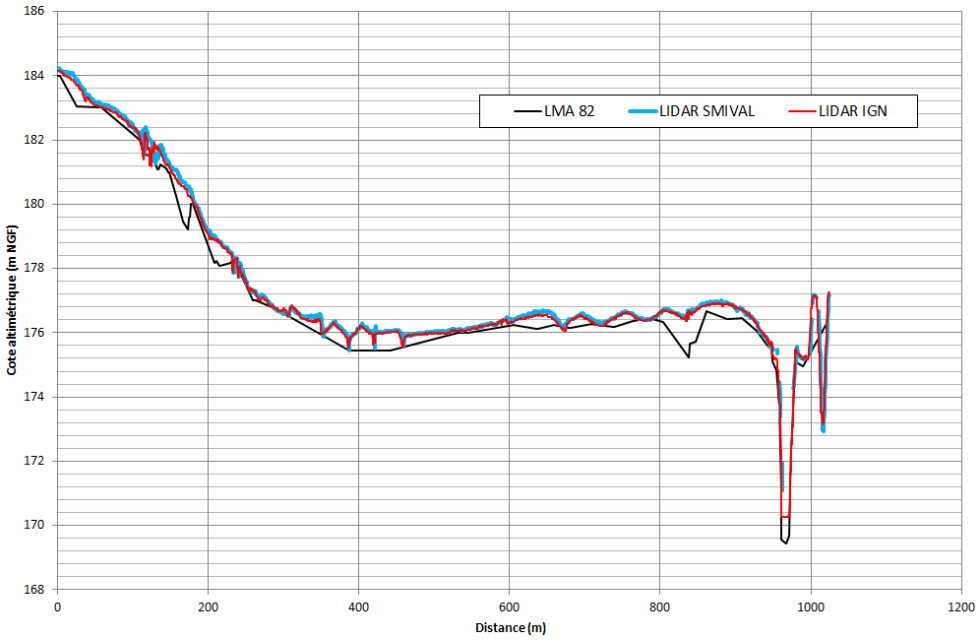


Figure 5 : Comparaison des données Lidar et des profils en travers (LMA 82)

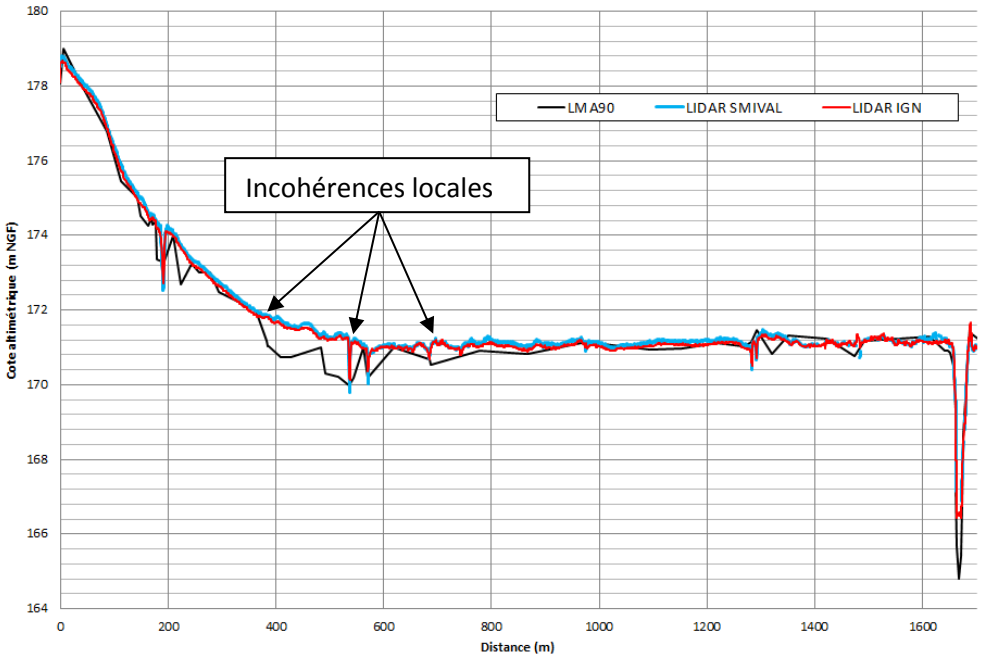


Figure 6 : Comparaison des données Lidar et des profils en travers (LMA 90)

2.2.2.3 La bathymétrie

A l'instar des profils en travers, des levés bathymétriques ont été effectués dans le cadre de l'étude [5] de la CACG en 2012. Ainsi, 21 levés ont été réalisés sur la Lèze et 3 au niveau du ruisseau de l'Ayguère. En complément des profils en travers (lit mineur + lit majeur), la bathymétrie permet de tracer le profil en long de la Lèze d'amont en aval.

Afin de tracer ce profil, un référencement linéaire de la Lèze est réalisé (Figure 7), débutant à l'entrée de la zone d'étude et s'achevant au niveau de la confluence.

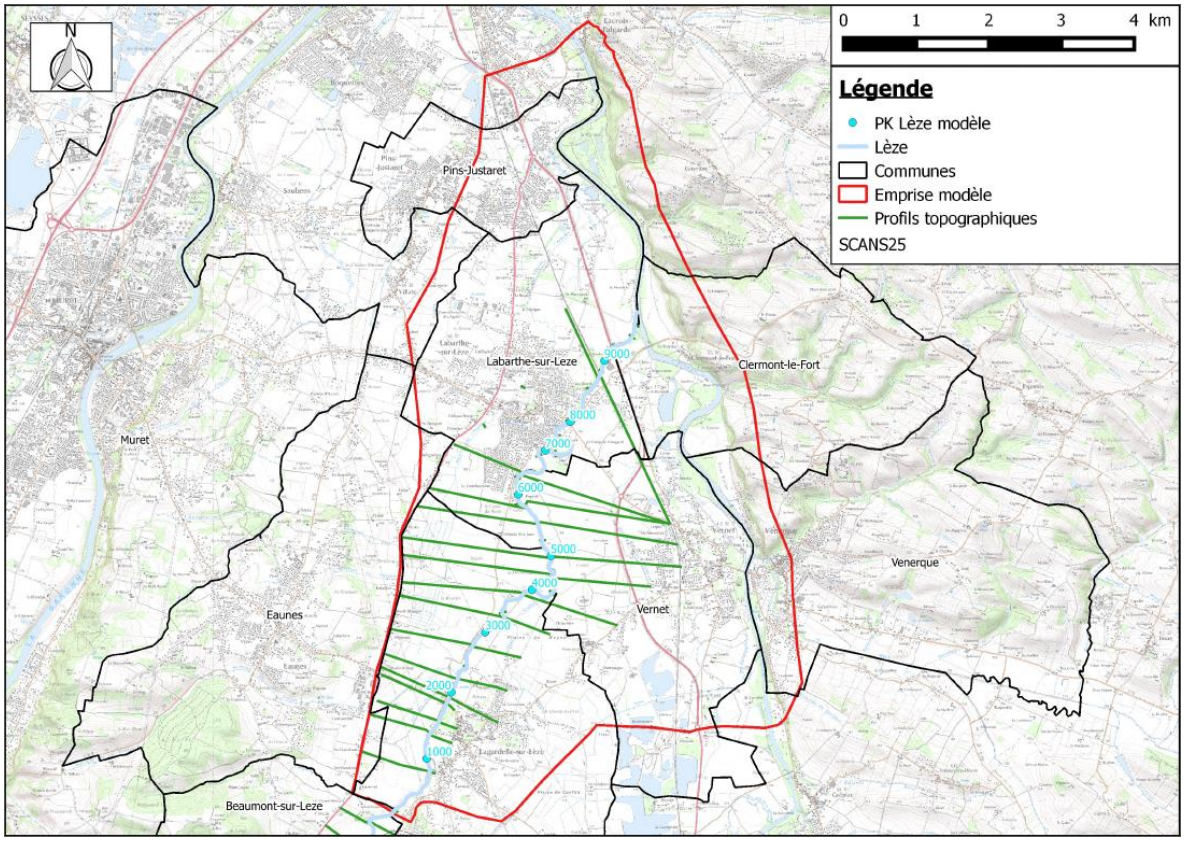


Figure 7 : Référencement linéaire utilisé pour le levé du profil en long de la Lèze

A partir de ce référencement linéaire le profil en long de la Lèze a été tracé (Figure 8). Celui-ci permet la visualisation de la pente moyenne du cours d'eau, mais aussi le calcul de la pente au droit des ouvrages. Ces informations seront à considérer dans le modèle bidimensionnel à effectuer au cours de la phase 2.

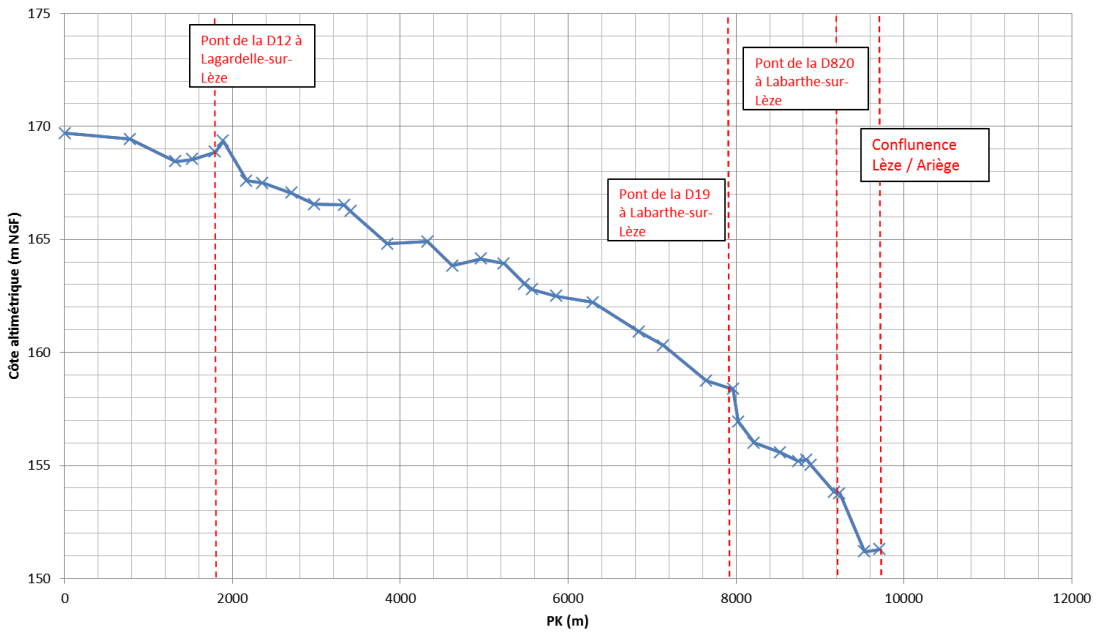


Figure 8 : Profil en long du fond du lit de la Lèze

2.2.2.4 Données topographiques des ouvrages hydrauliques

Dans le cadre de la présente étude, le SMIVAL a fourni des relevés topographiques des ouvrages hydrauliques traversant la Lèze. En effet, une modélisation bidimensionnelle impose des données topographiques précises des ponts, dalots et autres franchissements routiers que ne peut fournir un Lidar. Celui-ci ne peut effectivement pas renseigner les sections des ouvrages. Ainsi, la topographie de 6 ponts surplombant la Lèze a été mise à disposition.

En outre, le plan de recollement de la déviation du Vernet, issu de l'étude [1] d'INGEROP en 2001, donne accès aux cotes des ouvrages de décharge. Il est prévu de modéliser ces ouvrages qui traversent les remblais de la RD820 et peuvent avoir un impact sur les écoulements en crue et l'aléa de la zone inondable de la Lèze. La Figure 9 ci-après présente 4 de des 5 ouvrages de franchissement existants.

Figure 9 : Ouvrages de franchissement du remblai de la D 820

2.2.2.5 Données des ouvrages non disponibles

Le remblai structurant de la voie ferrée traversant la commune de Labarthe-sur-Lèze, peut avoir, au même titre que la RD 820, un rôle dans l'expansion des crues. Il est donc indispensable de disposer des gabarits ainsi que des cotes des ouvrages traversant ce remblai, afin de visualiser l'impact de ce dernier sur le risque inondation. Ainsi, les procès-verbaux des ouvrages ont été transmis par SNCF Réseau et informent du gabarit des ouvrages de franchissement. Néanmoins ces documents ne précisent pas de cote altimétrique.

Le remblai de la RD12 au niveau de Lagardelle-sur-Lèze est traversé par des ouvrages de décharge nécessitant des données topographiques. Aucune donnée de gabarit ni de cote altimétrique n'est disponible pour ces ouvrages.

Les ouvrages de franchissement de l'Ariège ont été identifiés. Afin de disposer des gabarits de ces ouvrages, les gestionnaires des routes concernés par ces ponts seront contactés.

Les routes concernées sont :

- RD 68E,
- RD 19,
- RD 43.

2.2.2.6 Conclusion sur les données topographiques

A la lumière de toutes ces informations, on en tire les conclusions suivantes :

- les profils en travers du lit mineur de la Lèze disponibles permettent de caractériser la bathymétrie de la Lèze et suffisent donc au modèle 2D ;
- le Lidar fourni par la DDT31 permet de disposer des données topographiques au niveau du lit majeur de la Lèze ;
- l'ensemble des ponts traversant la Lèze est disponible ;
- la caractérisation de l'ensemble des ouvrages de décharge au droit des remblais principaux (RD12, RD820, voie ferrée) n'est pas suffisante et nécessite une campagne topographique complémentaire (paragraphe 2.4 page 24)

Concernant l'Ariège, seul le Lidar permet de disposer d'une donnée topographique.

2.3 Visite de terrain

Une visite de terrain a été effectuée le 15/02/2016 en compagnie de M. Breinig, directeur du SMIVAL. Cette visite a permis entre autre de repérer les éléments structurant les écoulements en crue. En effet, les différents remblais en lit majeur ont été observés (SNCF, RD 820, RD 19) ainsi que les ouvrages hydrauliques principaux et de décharge (Figure 10).

Figure 10 : Ouvrages traversant le remblai SNCF

Les unités secondaires comme les fossés en bordure ou les chenaux de décharge ont également été observées (Figure 11).

Figure 11 : Chenaux et ouvrages de décharge

Les laisses de crues, nécessaires à la phase du calage, ont également été visualisées et notamment celle se situant au niveau de l'ouvrage SNCF (cf. paragraphe 4.4.1 page 53).

2.4 Définition de la topographie complémentaire

L'analyse des données topographiques existantes a mis en lumière des manques pour la caractérisation de la section hydraulique et des cotes altimétriques des ouvrages de décharge situés en lit majeur (passages sous la RD820, la RD12 et sous la voie ferrée).

L'objet du cahier des charges topographiques réalisé par ISL consiste en des levés topographiques d'ouvrages hydrauliques (pont, dalot, franchissement routier inférieur). Ce cahier des charges est fourni en Annexe 1.

Par ailleurs, les relevés topographiques complémentaires sont fournis en Annexe 2 du présent document. Ces relevés ont été effectués par le cabinet de géomètres experts Sarrat le 27 juillet 2016.

2.5 Conclusion du recueil et de l'analyse des données existantes

Cette première phase de la mission 1 a mis en évidence une relativement bonne connaissance de l'aléa et du risque inondation, et plus particulièrement sur la Lèze aval (communes de Lagardelle, Labarthe et le Vernet). Des informations sont disponibles sur :

- Les crues historiques de la Lèze, avec notamment les emprises et repères de crues pour quelques évènements (dont la crue de juin 2000),
- Les débits de pointe et hydrogrammes pour les crues de différentes périodes de retour (crue décennale et centennale notamment), ainsi que pour la crue de juin 2000,
- Les zones inondables et principaux enjeux impactés en cas de crues sur le bassin versant de la Lèze.

Par ailleurs, la bathymétrie / topographie existante est suffisante pour construire le modèle hydraulique bidimensionnel. Les manques concernant la caractérisation de certains ouvrages hydrauliques (passages sous la RD820, la RD12 et sous la voie ferrée) ont été comblés suite aux relevés topographiques complémentaires effectués dans le cadre de la présente étude.

3 ANALYSE HYDROLOGIQUE

3.1 Généralités

3.1.1 Caractéristiques du bassin versant

La Lèze est un affluent de l'Ariège qui prend sa source sur la commune de la Bastide-de-Sérou dans le massif de Plantaurel, à une altitude de 550 m. De 70 km de long, le cours d'eau a une orientation générale Sud – Nord et rejoint l'Ariège sur la commune de Labarthe-sur-Lèze, à une altitude d'environ 160 m. Cette confluence se situe 8 km en amont de la confluence Ariège/Garonne.

Le bassin versant de la Lèze est caractérisé par une forme très allongée (K_G>2)[1], pour une surface totale drainée de 351 km^2 (Figure 12).

La géologie générale du bassin versant s'inscrit dans les molasses du bassin Aquitain, soit des formations argilo-limoneuses, plus ou moins sableuses.

En termes d'occupation du sol, le bassin versant de la Lèze est essentiellement agricole (84% de la surface du bassin) et forestier sur sa partie amont (14% de la surface du bassin). Les secteurs urbains ne représentent que 2% de la surface du bassin versant.[2]

Le profil en long de la vallée présente plusieurs secteurs bien déterminés (Figure 13) :

- en pente forte de la source à Pailhès (> 1%),
- en pente moyenne de Pailhès au Fossat (0,4%),
- en pente relativement faible du Fossat à la confluence (0,2%).

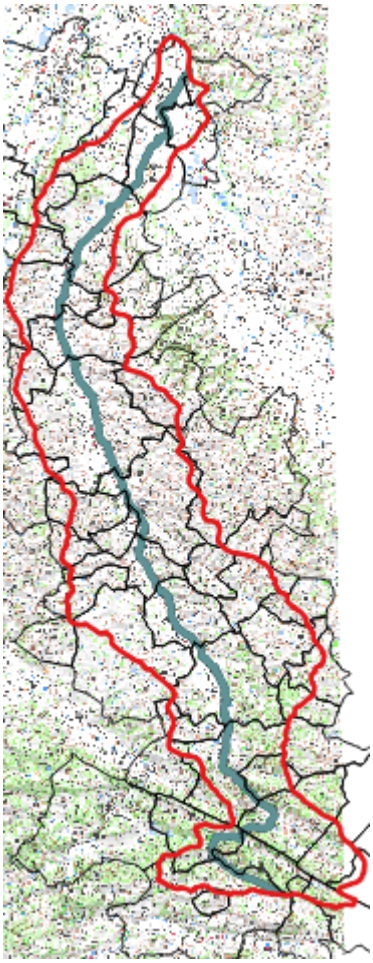


Figure 12 : Bassin versant de la vallée de la Lèze

[1] K_G correspond à l'indice de compacité de Gravelius, fonction du périmètre et de l'aire du bassin versant [$K_G = P/ (2.(\pi A)^{0,5})$]

[2] Ces estimations sont réalisées à partir des données Corine Land Cover 2012

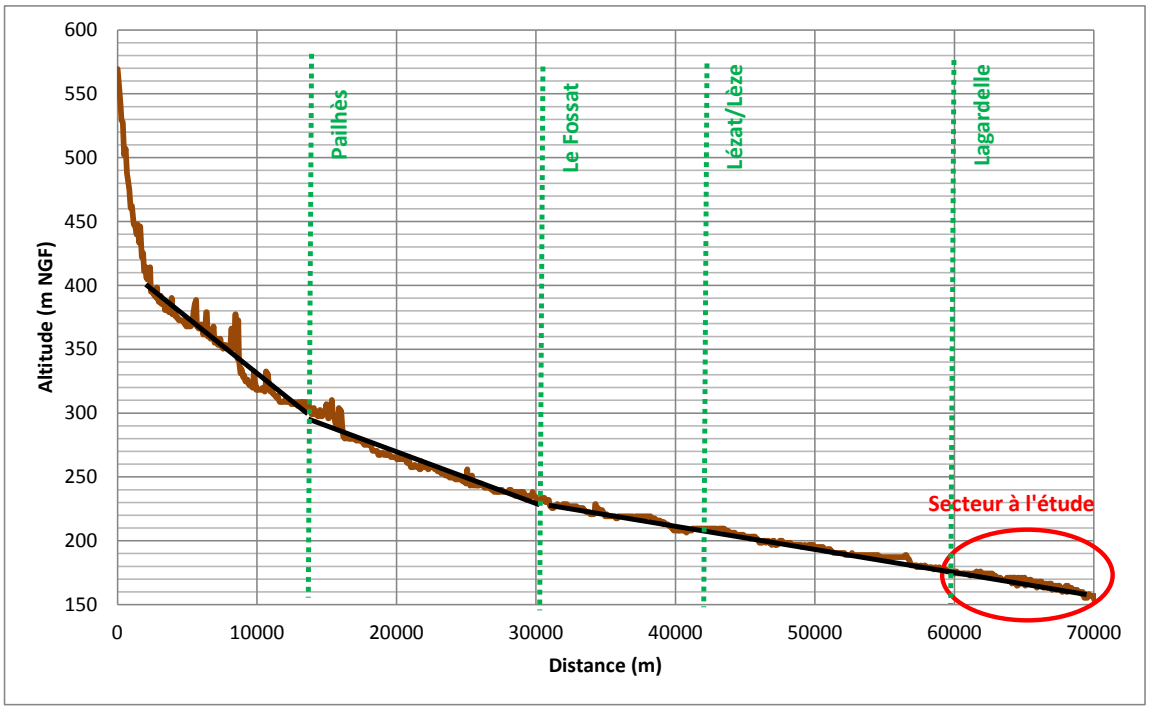


Figure 13 : Profil en long de la vallée (source : BD Alti 75 m de l'IGN)

De ces éléments est déduit le comportement hydrologique du bassin versant :

- les apports latéraux à la Lèze sont plutôt diffus sans influence d'affluents marqués (hormis, le Latou dont le bassin versant représente 46 km^2),
- le ruissellement parait prédominant devant l'infiltration au regard des surfaces agricoles présentes,
- les crues de la Lèze sont des crues de propagation, particulièrement sur le secteur aval.

3.1.2 Stations hydrométriques existantes

Sur le bassin versant de la Lèze, 4 stations hydrométriques sont disponibles pour l'observation des crues. A ces stations, est ajoutée en donnée d'entrée la station d'Auterive sur l'Ariège (Tableau 5).

Code station	Cours d'eau	Commune	Surface du bassin	Période d'observation	Fiabilité[3]
O1814010	Lèze	Pailhès	70 km^2	2009-2016	Station fiable en crue
O1824010	Lèze	Le Fossat	120 km^2	Informations uniquement sur les hauteurs mesurées – pas de loi de tarage disponible	
O1844020	Lèze	Lézat-sur-Lèze	237 km^2	1968-2016	Station fiable en crue
O1874010	Lèze	Labarthe-sur-Lèze	351 km^2	1968-2016	Station fiable uniquement à l'étiage
O1712510	Ariège	Auterive	3 450 km^2	1966-2016	Bonne en haute eaux d'après la fiche synthèse BanqueHydro

Tableau 5 : Caractéristiques des stations hydrométriques disponibles

[3] La fiabilité des stations provient des analyses réalisées dans les études existantes ou les informations disponibles dans les fiches synthèses de la Banque Hydro

Ainsi, les stations hydrométriques sur le bassin versant sont globalement fiables en crue, hormis la station de Labarthe-sur-Lèze qui est fiable uniquement à l'étiage d'après la DREAL.

Sur cette station de Labarthe-sur-Lèze, plusieurs analyses existantes permettent de quantifier les incertitudes en crue :

- dans son étude de 2001, INGEROP précise que le plus fort jaugeage réalisé à cette station était de 90.5 m^3/s (en mars 1971); de plus, il est précisé dans le document que la capacité du lit mineur est estimé à 85 m^3/s ;
- lors du jaugeage de la crue de janvier 2014, EAUCEA évalue le débit de cette crue à Beaumont-sur-Lèze à 120 m^3/s, lorsque la donnée bancarisée de la DREAL indique 87 m^3/s à Labarthe-sur-Lèze.

Les points de jaugeages disponibles ont été fournis par la DREAL (cf. figure suivante). Ils sont essentiellement concentrés pour les débits d'étiage inférieurs à 7 m^3/s.

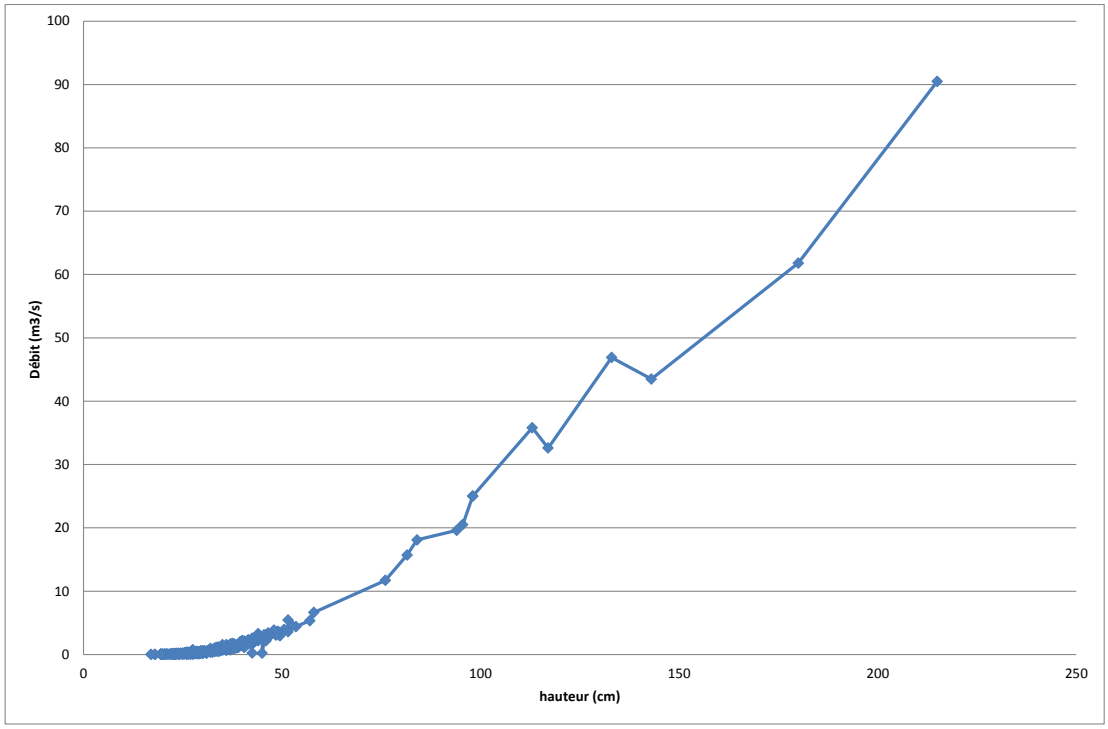


Figure 14 : Jaugeages disponibles à la station de Labarthe sur Lèze (source DREAL)

3.2 Synthèse des études existantes

3.2.1 Préambule

Parmi les études existantes, un certain nombre d'entre elles propose une analyse hydrologique des crues de la Lèze :

- L'étude hydraulique réalisée par Sogréah en 1996 [13],
- l'étude hydraulique de la Lèze et de l'Ariège (INGEROP, 2001 [1]),
- l'élaboration du schéma de prévention des risques d'inondations de la vallée de la Lèze (GEOSPHAIR, 2006 [3]),
- l'étude hydraulique de la Lèze (CACG, 2012 [5]).

D'autres documents font la synthèse de ces études et des crues observées :

- la note de synthèse de l'étude CACG (SAFEGE, 2012 [6]),
- les observations sur les actions envisagées pour la gestion des inondations dans le bassin versant de la Lèze (Professeur Bart SCHULTZ, 2012 [7]),
- le document de références hydrologique (H. DELOTTIER, 2013 [9]).

L'objectif de ce chapitre est de faire l'expertise des analyses menées afin d'identifier les données manquantes pour les besoins de la présente étude, et développer les analyses nécessaires pour y remédier.

3.2.2 Expertise des résultats des études existantes

3.2.2.1 Sur la Lèze

Le tableau ci-après fait la synthèse des résultats obtenus sur la Lèze lors des études existantes.

	SOGREAH, 1996		INGEROP, 2001	GEOSPHAIR, 2006		CACG, 2012	
Méthode	Gumbel + Modèle pluie-débit	Gumbel + Modèle pluie-débit	Gumbel	Gumbel	Gumbel	DREAL[4]	Modèle pluie-débit[5]
STATION	Lézat	Labarthe-sur-Lèze	Labarthe-sur-Lèze	Lézat	Labarthe-sur-Lèze	Lézat	Labarthe-sur-Lèze
T = 10 ans	85 m^3/s	124 m^3/s	113,4 m^3/s	74 m^3/s	106 m^3/s	80 m^3/s	77 m^3/s
T = 20 ans				85 m^3/s	125 m^3/s	108 m^3/s	114 m^3/s
T = 50 ans			158,5 m^3/s	100 m^3/s	149 m^3/s	144 m^3/s	158 m^3/s
T = 100 ans	120 m^3/s	150 m^3/s	177,8 m^3/s	111 m^3/s	167 m^3/s	170 m^3/s	168 m^3/s
Crue 2000			144 m^3/s		144 m^3/s	170 m^3/s	168 m^3/s

Tableau 6 : Synthèse des résultats hydrologiques disponibles sur la Lèze

L'étude menée par Sogréah en 1996 est antérieure à l'évènement de juin 2000. Elle se base essentiellement sur un ajustement de Gumbel aux stations hydrométriques (Lézat et Labarthe) et sur une transformation pluie-débit, calée sur la crue de 1992. Les débits de pointe de la crue décennale sont du même ordre de grandeur que ceux fournis par l'ensemble des autres études. En revanche, l'estimation du débit de pointe de la crue centennale est plus faible.

Les analyses de 2001 et 2006 ont été menées à partir d'un ajustement de Gumbel sur des stations disposant, à l'époque, de 30 à 35 ans de chroniques. Ainsi, l'estimation des débits centennaux parait relativement incertaine du fait de ces chroniques relativement courtes. La méthode reste néanmoins suffisamment robuste pour l'estimation des débits plus fréquents tels que les débits décennaux, du moins pour la station de Lézat jugée fiable en crue par la DREAL. Pour la station de Labarthe, réputée peu fiable, l'analyse ne semble pas pertinente.

[4] Les débits retenus dans l'étude de la CACG sont issus d'une analyse menée par la DREAL aboutissant au fait que la crue de juin 2000 correspond à la crue centennale de la Lèze : Q100 = Q2000. A partir de ce postulat, la CACG a estimé la valeur de la crue décennale par ajustement de Gumbel puis les crues intermédiaires par interpolation linéaire entre Q10 et Q100, à partir de l'abscisse de Gumbel

[5] Le modèle pluie-débit, réalisé avec le logiciel HEC-HMS, a été calé sur la crue de juin 2000 aux stations hydrométriques disponibles

Les résultats de l'étude de 2012 sont fournis en partant d'un postulat fort considérant la crue de juin 2000 de période de retour 100 ans. La justification de ce postulat n'étant pas disponible, il est difficile d'expertiser ces résultats. Néanmoins, le débit de la crue centennale ainsi estimé à Lézat (170 m^3/s), est bien supérieur à celui obtenu par ajustement de Gumbel en 2006 (111 m^3/s).

L'étude menée par la CACG en 2012 a également essayé de caractériser les débits de la Lèze à Labarthe-sur-Lèze, à partir d'un modèle hydrologique de transformation pluie-débits, calé sur l'évènement de juin 2000 et des débits observés à la station de Lézat, réputée de bonne qualité en crue. Dans cette étude, les débits observés à la station de Labarthe ne sont pas exploités. Les résultats du modèle pluie-débit montreraient, d'après la CACG, que les apports intermédiaires entre Lézat et Labarthe n'induiraient pas d'augmentation de débit maximum.

Ces résultats sont interprétés de la façon suivante par la CACG : les apports intermédiaires relativement faibles et diffus seraient compensés par le laminage dans la vallée, n'engendrant pas (ou peu) d'augmentation de débits entre Lézat et Labarthe. Cette analyse de la CACG serait valide pour l'évènement de 2000, qualifié de centennal, néanmoins, il ne se retrouve pas sur les évènements intermédiaires (Q20, Q50).

L'interpolation linéaire de ces résultats sur un graphique de Gumbel est présentée sur la figure ci-après :

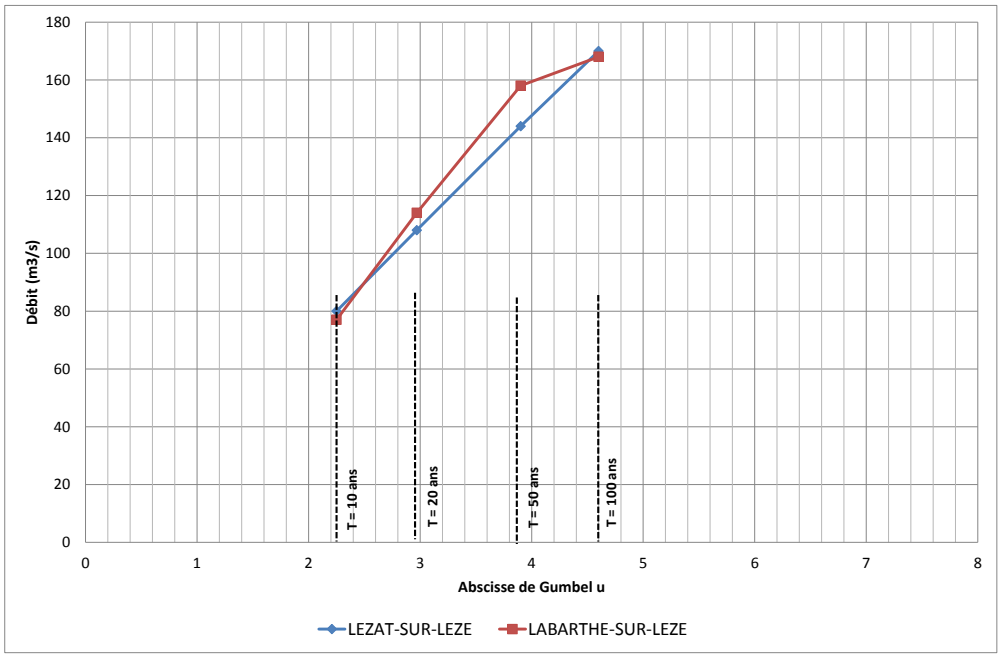


Figure 15 : Résultats de l'étude CACG sur graphique de Gumbel

Alors qu'à la station de Lézat-sur-Lèze, l'interpolation est bien linéaire (méthode employée pour évaluer les débits de période de retour 20 et 50 ans), cette linéarité ne serait pas observée à Labarthe-sur-Lèze.

3.2.2.2 Sur l'Ariège

Pour les besoins de la présente étude, il est également nécessaire de disposer d'éléments sur l'hydrologie de l'Ariège.

Les principales crues de l'Ariège à Auterive sont celles de juin 1875 (Q_P = 3 090 m^3/s, les Plus Hautes Eaux Connues), février 1952, mai 1977 (Q_P = 1 500 m^3/s) et juin 2000 (Q_P = 1 010 m^3/s).

L'étude INGEROP de 2001 [1] fournit des débits de l'Ariège, à la station d'Auterive, résumés ci-après :

- Q10 = 993 m^3/s,
- Q50 = 1 423 m^3/s,
- Q100 = 1 750 m^3/s,
- Qjuin_1875 = 3 090 m^3/s.

Ces valeurs sont issues d'une étude réalisée en 1983 par BCEOM. Dans cette étude, le débit décennal a été estimé par ajustement de Gumbel des débits observés à Auterive, tandis que les débits de fréquence plus rare ont été estimés par la méthode du Gradex, après une analyse pluviométrique.

Bien que relativement ancienne, cette méthode est tout à fait acceptable pour les besoins de l'étude.

A titre de comparaison, le débit décennal de l'Ariège à Auterive donné dans la fiche synthèse de la banque Hydro est de 850 m^3/s.

3.2.3 Temps de propagation des crues

Les temps de propagation des crues ont été analysés par H. Delottier dans l'étude [9].

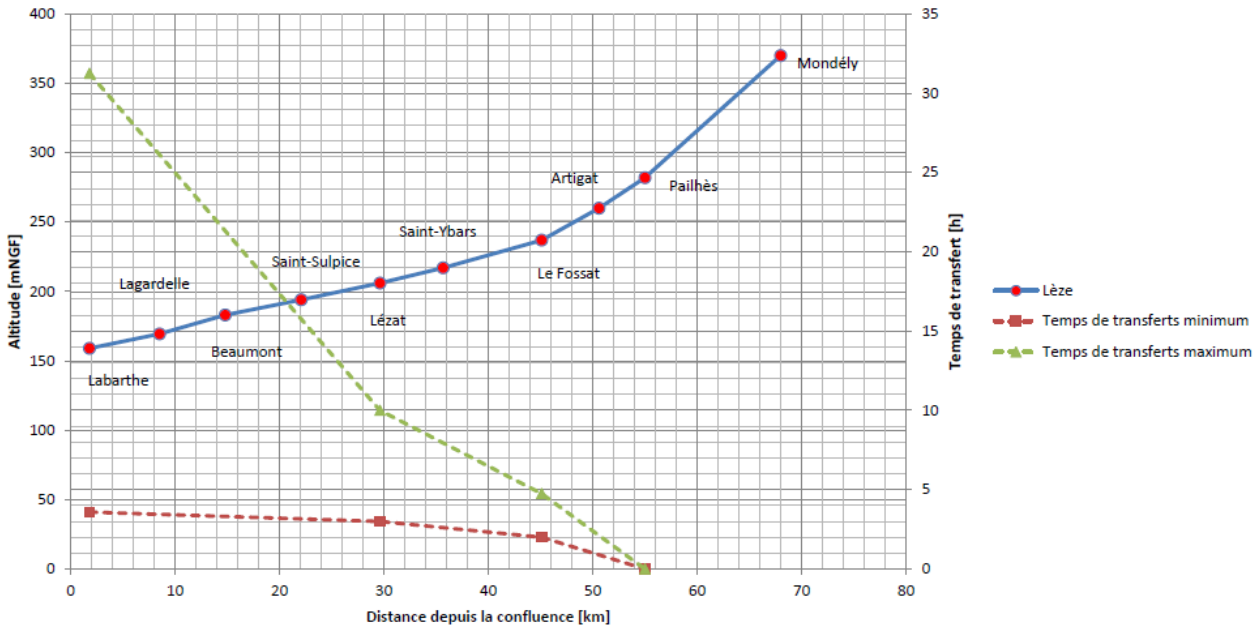


Figure 16 : Analyse de la propagation des crues entre Pailhès et Labarthe (source : étude [9])

Les temps de propagation des crues de la Lèze entre Lézat et Labarthe sont très variables d'un évènement à l'autre et varient de moins d'une heure à plus de 20 h.

En juin 2000 et en janvier 2014, les temps de propagation de la crue entre Lézat et Labarthe ont été de 14 h.

3.3 Analyses complémentaires réalisées

3.3.1 Préambule

Suite à l'examen des études hydrologiques disponibles, plusieurs analyses complémentaires sont réalisées permettant d'aboutir à des scénarios hydrologiques à valider pour la suite de l'étude.

Ces analyses complémentaires concernent :

- une mise à jour des ajustements de Gumbel aux stations d'Auterive (Ariège), de Lézat (Lèze) et de Labarthe (Lèze) pour vérifier l'estimation des débits décennaux,
- l'analyse des résultats SHYREG à Lézat et Labarthe,
- une analyse de la concomitance des crues aux stations,
- la proposition de débits de référence pour l'étude.

3.3.2 Mise à jour des ajustements de Gumbel

Le tableau suivant fournit l'estimation du débit décennal aux 3 stations à partir de l'ajustement de Gumbel des chroniques, en considérant l'année calendaire d'une part (Janvier-Décembre) et l'année hydrologique d'autre part (Août-Juillet).

	L'Ariège à Auterive	La Lèze à Lézat	La Lèze à Labarthe
Q10 (calendaire)	897 m^3/s	82-98 m^3/s	116-126 m^3/s
Q10 (hydrologique)	1 033 m^3/s	82-99 m^3/s	116-125 m^3/s
Rappel estimation CACG	/	80 m^3/s	77 m^3/s
Rappel estimation INGEROP	993 m^3/s	/	113 m^3/s

Tableau 7 : Mise à jour des ajustements de Gumbel

Sur la Lèze, les ajustements sont réalisés avec et sans tenir compte de l'évènement de 2000. En effet, la prise en compte de cet évènement fait apparaitre une réelle cassure dans les ajustements (Figure 17 et Figure 18).

Cette cassure s'apparente à la méthode du Gradex qui stipule qu'à partir d'une période de retour pivot (ici, estimée à 20 ans), les sols sont totalement saturés et toute la pluie supplémentaire tombée ruissèle sur le bassin. Ainsi, pour l'ajustement des crues fréquentes (jusqu'à 20 ans), il est préférable de retirer l'évènement de 2000 de la chronique pour ne pas biaiser les résultats.

Remarque 1 : les débits de l'évènement de 2000 correspondent aux réévaluations réalisées par la CACG par le biais de ses modèles hydrauliques locaux (soit 170 m^3/s à Lézat et 168 m^3/s à Labarthe).

Remarque 2 : L'analyse à Labarthe est donnée à titre indicatif, la station n'étant pas réputée fiable en crue.

De cette analyse, on en tire les conclusions suivantes :

- les données hydrologiques disponibles sur l'Ariège à Auterive sont cohérentes avec les ajustements mis à jour,
- la prise en compte d'une année calendaire ou hydrologique n'a aucune influence sur les résultats pour la Lèze,
- le débit décennal de 80 m^3/s sur la Lèze à Lézat est cohérent avec les ajustements mis à jour, mais en extrémité inférieur de l'intervalle de confiance (80-100 m^3/s).

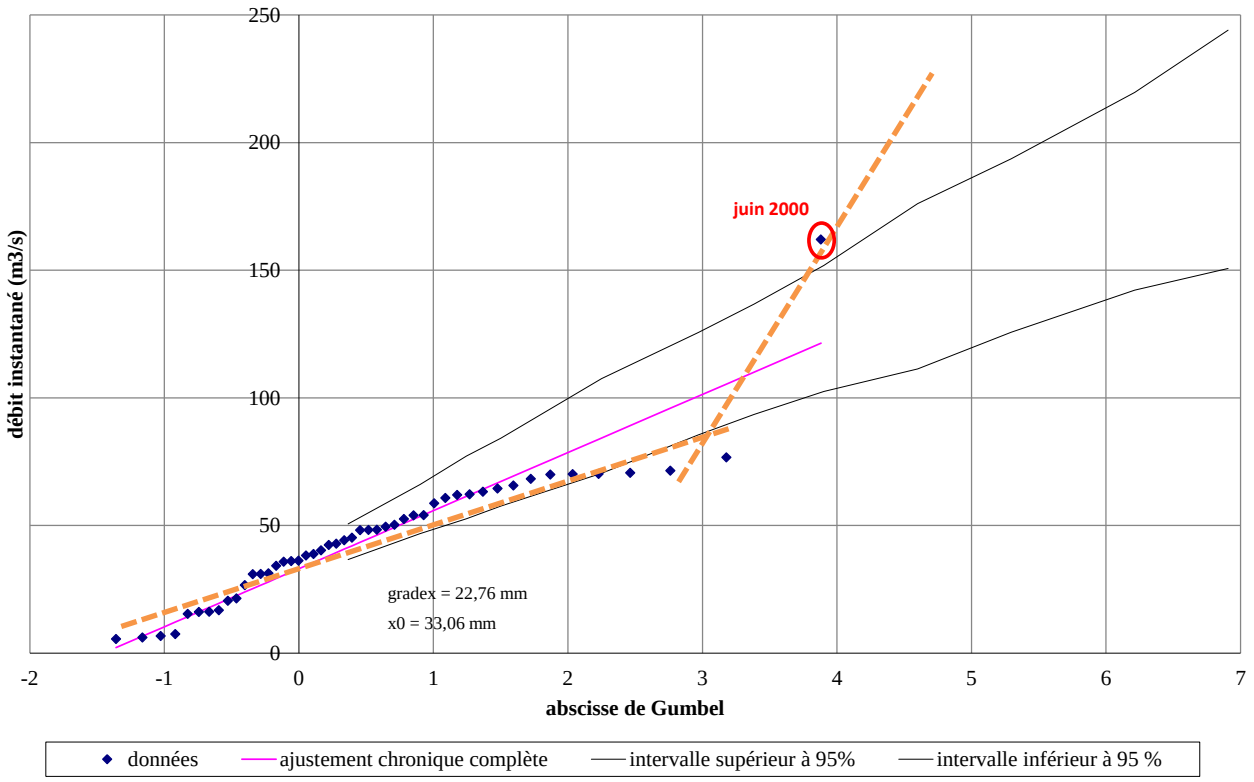


Figure 17 : Ajustement de Gumbel des débits maximum annuels (année calendaire) à Lézat

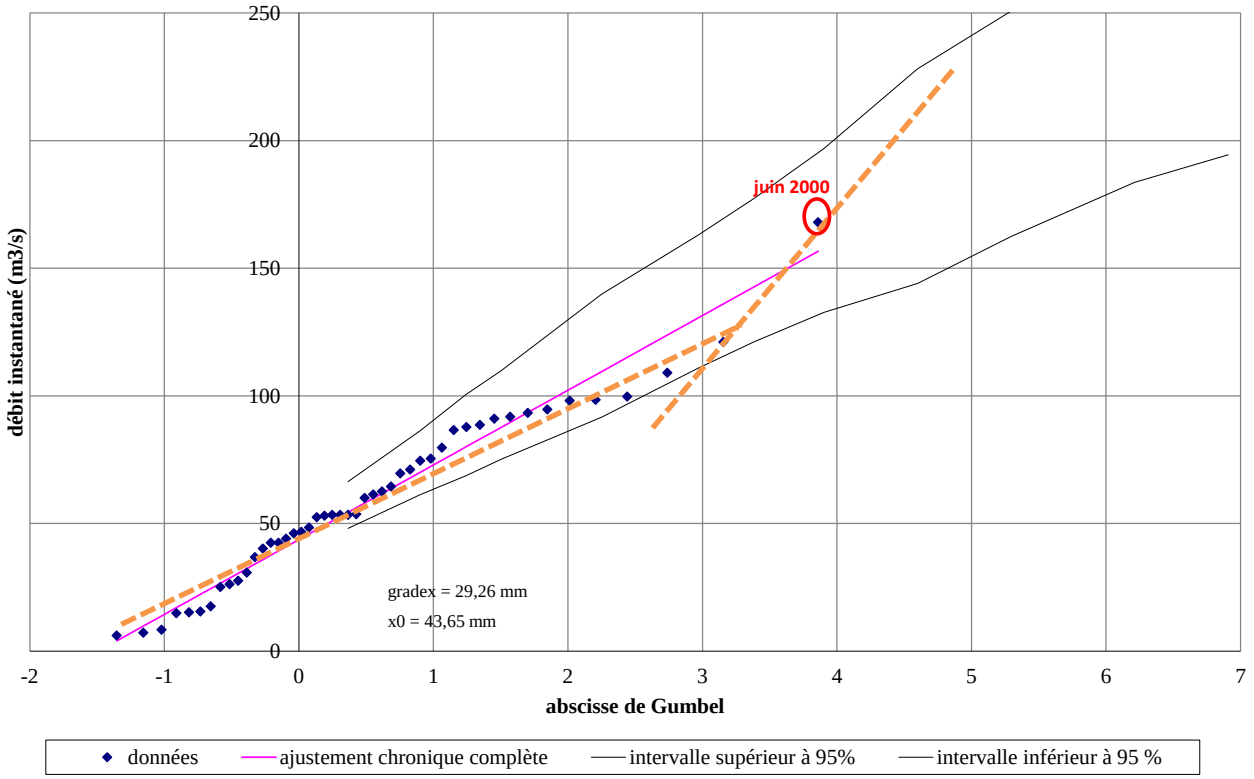


Figure 18 : Ajustement de Gumbel des débits maximum annuels (année calendaire) à Labarthe

3.3.3 Analyse des concomitances entre stations

L'analyse des concomitances entre les 3 stations est réalisée en prenant comme station de référence la station de Lézat, sur la Lèze. De cette chronique sont identifiés les 30 plus forts évènements observés. Sur cette série d'évènements, une corrélation des débits de pointe est recherchée (Figure 19 et Figure 20).

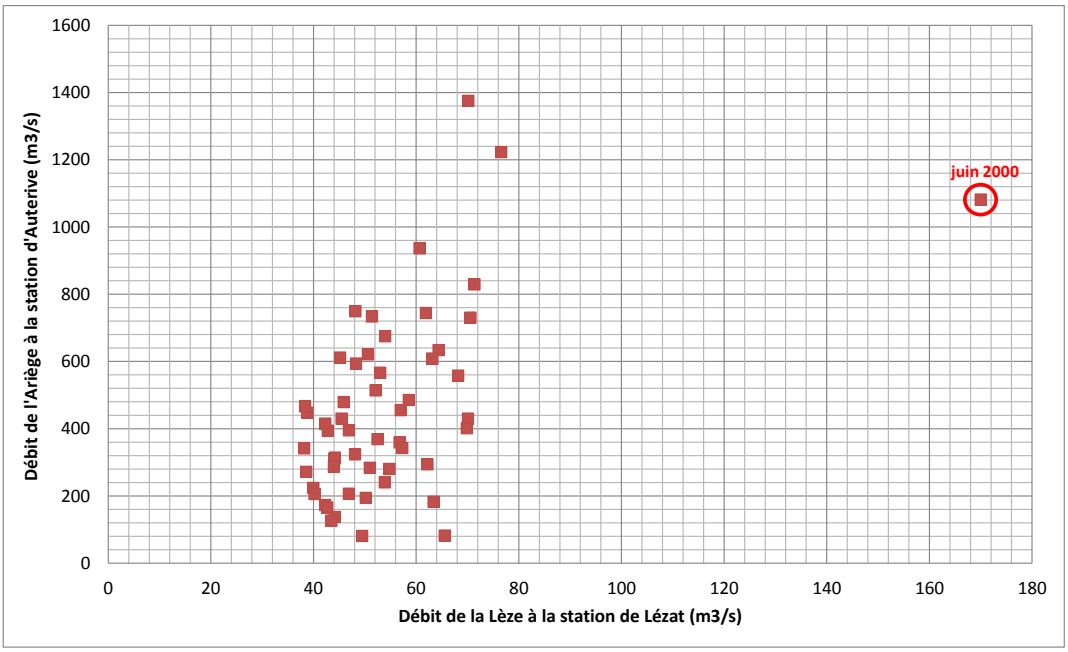


Figure 19 : Analyse des corrélations entre la station de Lézat et celle d'Auterive

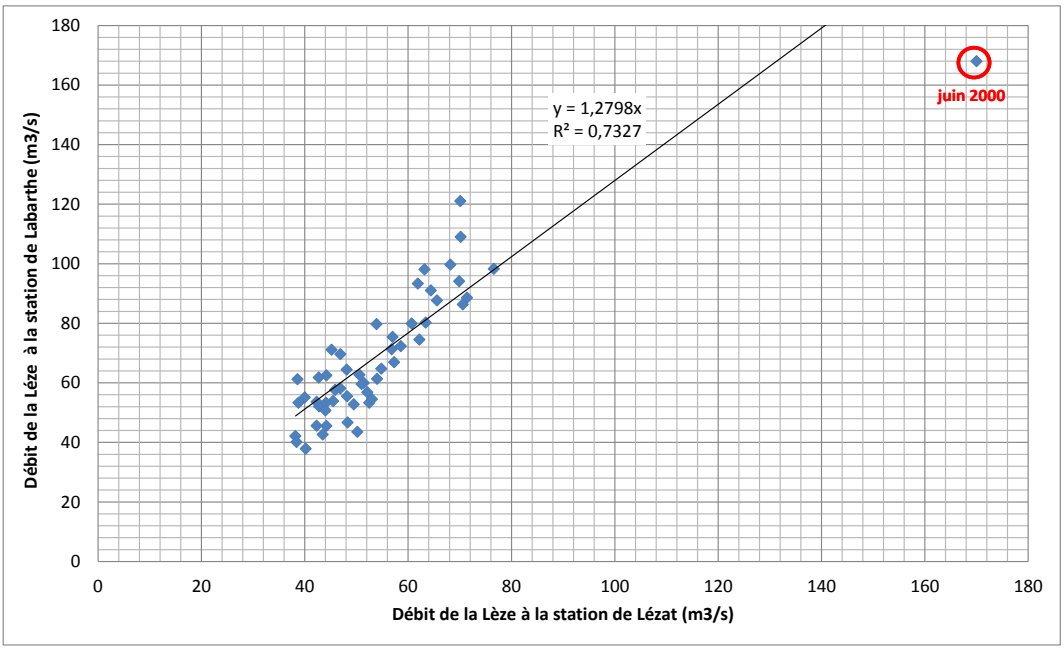


Figure 20 : Analyse des corrélations entre la station de Lézat et celle de Labarthe (donnée à titre indicatif, la station de Labarthe n'étant pas fiable en crue)

De ces corrélations, il en ressort que les crues de la Lèze ne sont pas corrélées avec des crues de l'Ariège. Cela conduit à la nécessité de définir les scénarios hydrologiques non seulement par des hypothèses de crues sur la Lèze, mais également d'autres hypothèses de crues sur l'Ariège.

Les crues de la Lèze à Lézat et à Labarthe sont bien entendu corrélées. L'analyse des corrélations menée permet d'estimer à ~30% le débit supplémentaire mesuré à Labarthe (mais considéré comme non fiable) par rapport à la station de Lézat (régression linéaire réalisée sans tenir compte de l'évènement de juin 2000) pour des évènements de période de retour ≤ 10 ans.

3.3.4 Résultats SHYREG

La méthode SHYREG (IRSTEA) est une méthode d'estimation de l'aléa hydrologique, basée sur la régionalisation (prise en compte homogénéisée des caractéristiques locales) de paramètres de modèles (générateur de pluie et modélisation hydrologique). Cette régionalisation implique la prise en compte de variables locales pouvant influencer le régime hydrologique naturel de surface et consécutif à une précipitation.

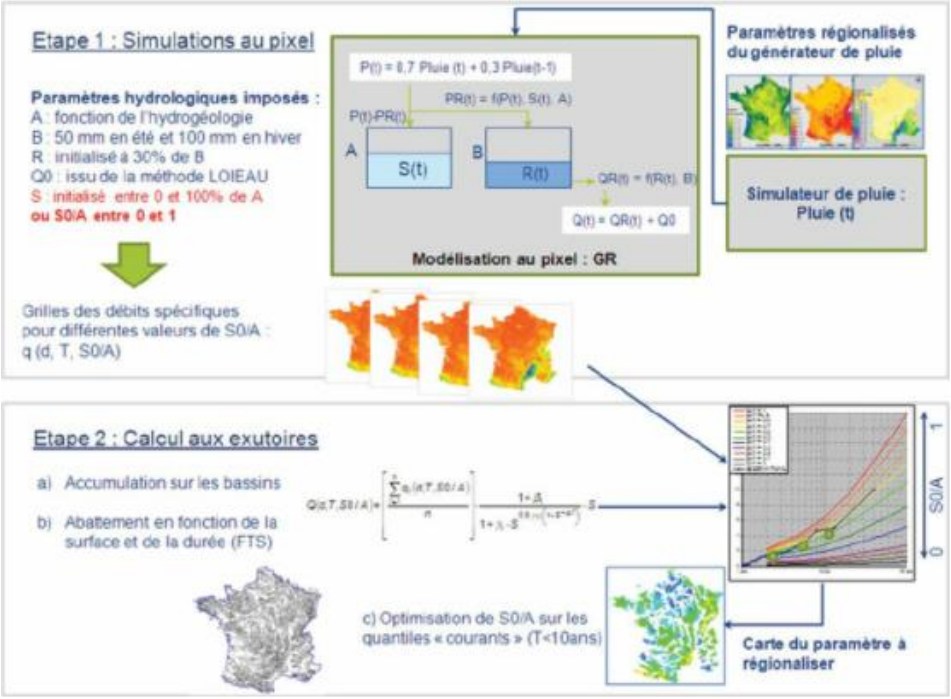


Figure 21 : Principe du calage de la méthode SHYREG-débit

Les résultats donnés par la méthode sont les suivants à Lézat et Labarthe :

Période de retour	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans	1000 ans
Lézat / Lèze	95	117	153	186	340
Labarthe	126	156	204	249	456

Tableau 8 : Débits issus des données SHYREG de la Lèze (m^3/s)

Le tableau suivant illustre les valeurs données pour l'Ariège à Auterive :

Période de retour	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans	1000 ans
Auterive	782	930	1 160	1 370	2 340

Tableau 9 : Débits issus des données SHYREG de l'Ariège (m3/s)

Remarque : La crue de l'Ariège de juin 2000 serait de période de retour comprise entre 20 et 50 ans (débit de pointe estimé à 1 010 m^3/s).

3.4 Synthèse de l'analyse hydrologique

L'expertise des études existantes et les analyses complémentaires menées dans le cadre de la présente étude permettent de confirmer en partie les résultats des études précédentes tout en identifiant quelques incertitudes/incohérences :

- Les débits de projet de l'Ariège ne sont pas remis en cause ;
- les débits de projet retenus à la station de Lézat lors de l'étude de 2012 paraissent relativement cohérents avec les analyses complémentaires ;
- en revanche, les débits retenus dans les études précédentes à la station de Labarthe semblent sous-estimés.

Remarque : en effet, lors de l'étude de 2012, la CACG a retenu un débit décennal à Labarthe de 77 m^3/s, débit dépassé sur 14 évènements sur une durée de 50 ans. Ainsi, cette valeur parait sous-estimée, d'autant que les débits bancarisés à la station de Labarthe semblent peu fiables en crue (station d'étiage avec très peu de jaugeages en hautes eaux) et sous-estimés du fait du contournement de la station en crue.

Les valeurs de débit de la Lèze de la méthode SHYREG à Labarthe sont retenues en entrée de modèle.

Les débits de pointe retenus sont alors les suivants :

Evènement	Q_P Labarthe	Q_P Ariège
T = 10 ans	126 m^3/s	1 000 m^3/s
T = 20 ans	156 m^3/s	/
T = 50 ans	204 m^3/s	1 420 m^3/s
T = 100 ans	250 m^3/s	1 750 m^3/s
Crue 2000	?	/
Crue extrême	460 m^3/s (1000 ans)	3 090 m^3/s (crue de 1875)

Tableau 10 : Synthèse des débits de pointe retenus en entrée de modèle

4 MODELISATION HYDRAULIQUE BIDIMENSIONNELLE

4.1 Rappel des objectifs de la modélisation

La modélisation hydraulique a pour objectifs de :

- caractériser les zones inondables pour différents scénarios de crues sur les communes de Lagardelle-sur-Lèze, Labarthe-sur-Lèze et Vernet,
- identifier les points noirs hydrauliques sur ce secteur d'étude,
- simuler des scénarios d'aménagements afin de réduire la vulnérabilité des biens et des personnes.

Un modèle hydraulique bidimensionnel (TELEMAC2D) a été construit. Il permet de bien représenter les écoulements en lit majeur, les connexions entre les champs d'expansion de la Lèze et ceux de l'Ariège, et ainsi aboutir à une connaissance fine du fonctionnement hydraulique du secteur.

4.2 Analyse générale du fonctionnement en crue du secteur

L'analyse générale du fonctionnement en crue du secteur est réalisée sur la base de la documentation disponible (études Géosphair 2006 [3], CACG 2012 [5] et PPR 2008 [11]), ainsi que des visites de terrain.

D'un point de vue géologique et morphologique, on note que la vallée de la Lèze s'élargit à partir de Lagardelle-sur-Lèze où elle rejoint la vallée de l'Ariège.

Figure 22 : Extrait de la carte géologique (source : Géoportail)

Le comportement hydraulique de la vallée aval de la Lèze lors de la crue de juin 2000 est décrit et cartographié dans les études précédentes :

- En lit majeur gauche, les débordements de la Lèze rejoignent l'Ayguère et transitent également par le centre le Labarthe-sur-Lèze via la RD12b. Ils rejoignent la vallée de l'Ariège par les ouvrages hydrauliques principaux de l'Ayguère sous la voie ferrée et la RD820, ainsi que par des ouvrages hydrauliques secondaires entre l'Ayguère et la Lèze.
- En lit majeur droit, les débordements sont récupérés par le chenal du Mondouly, qui les conduits vers le lit mineur de la Lèze. Depuis la crue de 2000, la déviation routière du Vernet (RD820) a été achevée en 2007. Elle comporte plusieurs ouvrages hydrauliques supposés en assurer la transparence hydraulique, notamment au niveau du ruisseau du Mondouly.
- Plusieurs merlons de berge ont cédé lors de la crue de 2000, en rive gauche et en rive droite.
- Les principaux remblais susceptibles d'avoir un impact sur les crues sont, d'après notre visite de terrain :
    - La RD12 à Lagardelle,
    - La RD19 à Labarthe centre,
    - La voie ferrée,
    - La RD820.

Le document « Mémoire de Lèze »[6] présente les zones inondables et points de débordements de la crue de 1977. La dynamique de crue est comparable à la crue de juin 2000, même si cette crue est moins importante.

[6] Recueil de documents sur les crues de la Lèze réalisé par un résident de Labarthe-sur-Lèze.

Berge rive gauche en aval de la RD12 à Lagardelle. Noter la présence d'un merlon de berge

Chenal en amont du la voie ferrée en lit majeur droit

Lit mineur de l'Ayguère en lit majeur gauche

Exemple d'ouvrage hydraulique sous la déviation routière du Vernet en lit majeur droit

Remblai de la RD19 à proximité du pont de Labarthe

Remblai routier de la RD820 au niveau de la déviation de Vernet

Figure 23 : Quelques éléments structurants les écoulements en crue

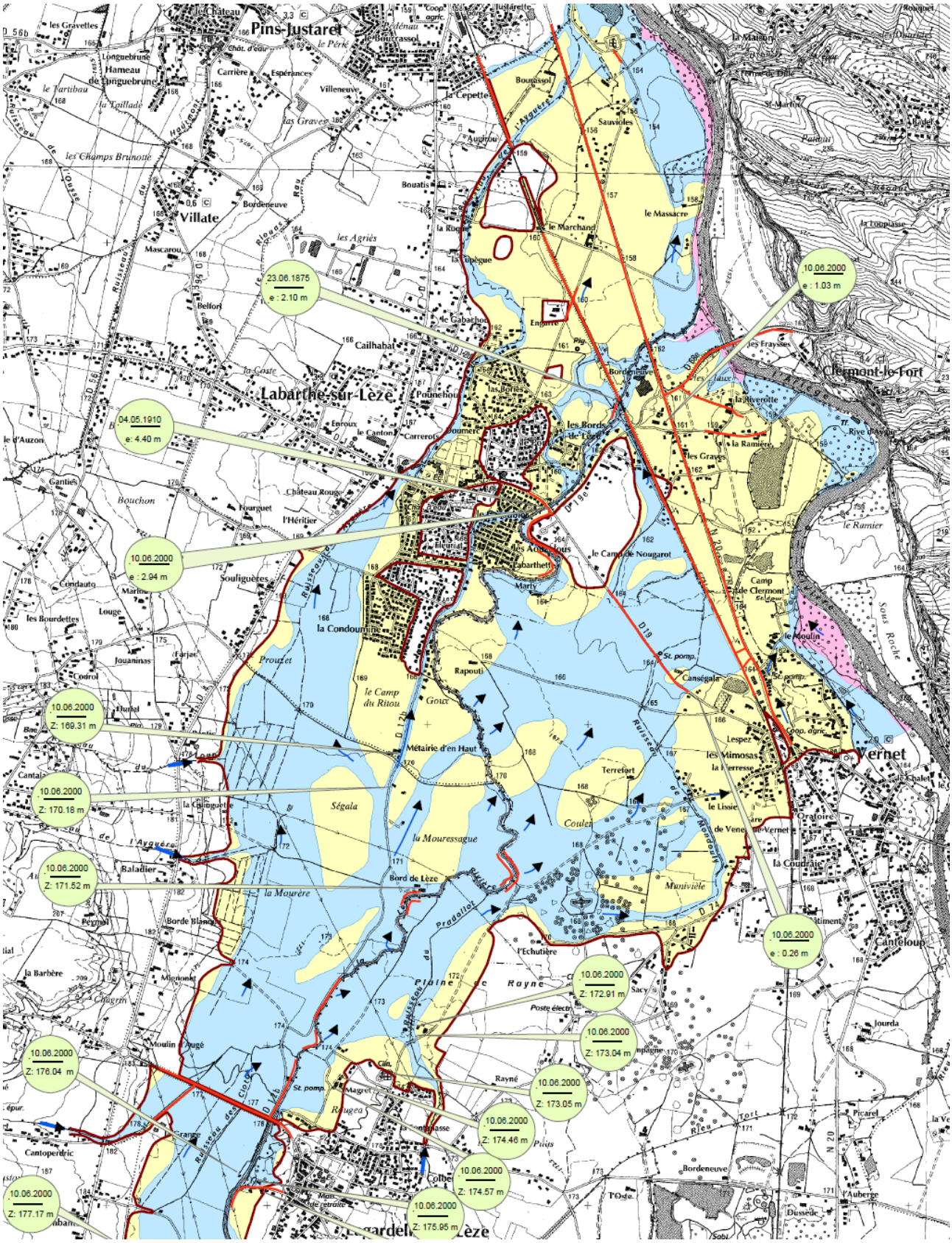


Figure 24 : Localisation des merlons de berge (orange clair) [3]

AGERIN sarl

Cartographie des zones inondées
crue du 10 juin 2000

VALLEE DE LA LEZE

GEOSPHAIR

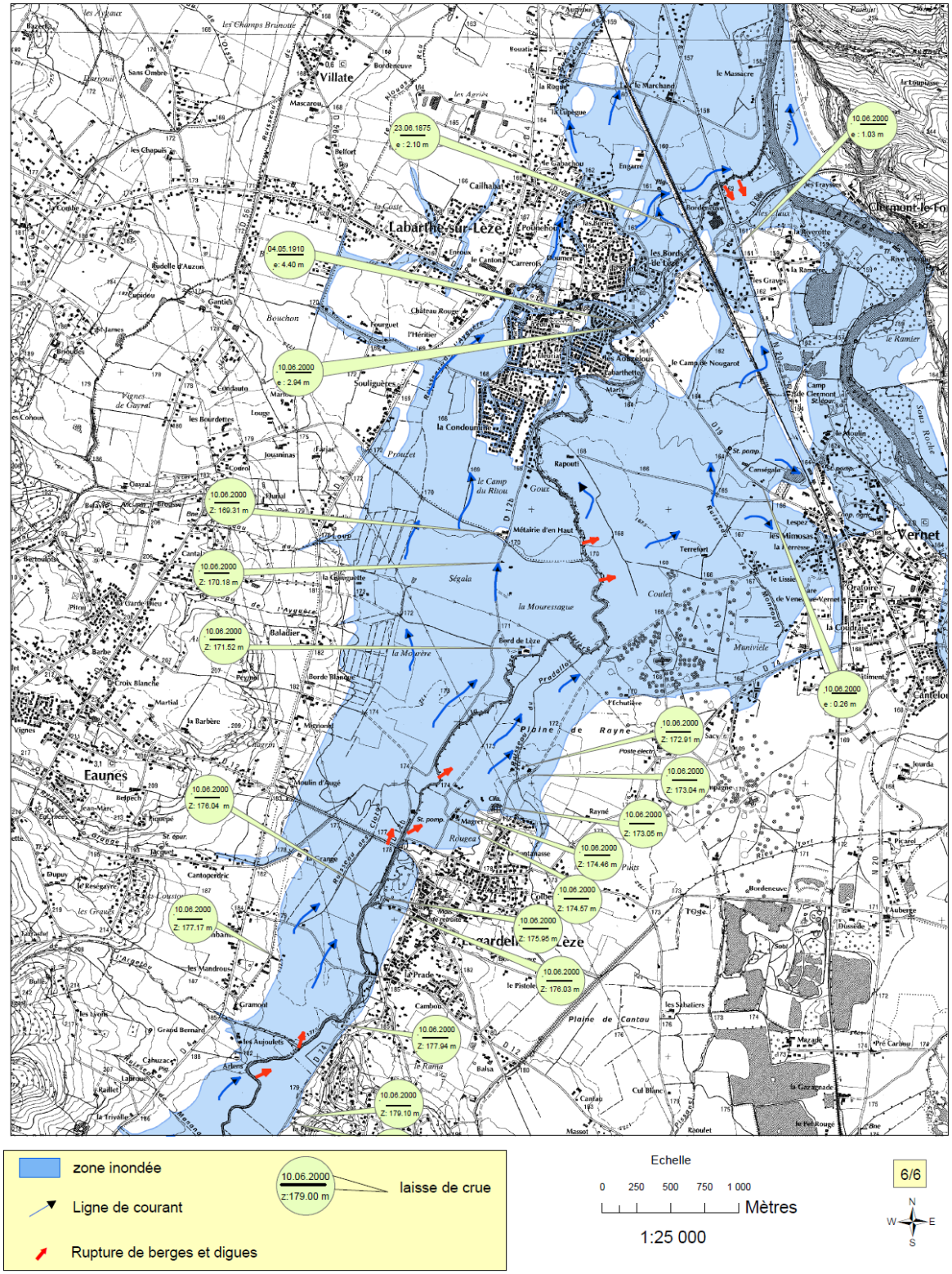


Figure 25 : Zones inondées, lignes de courant, ruptures de digues et repères de crue d'après [3]

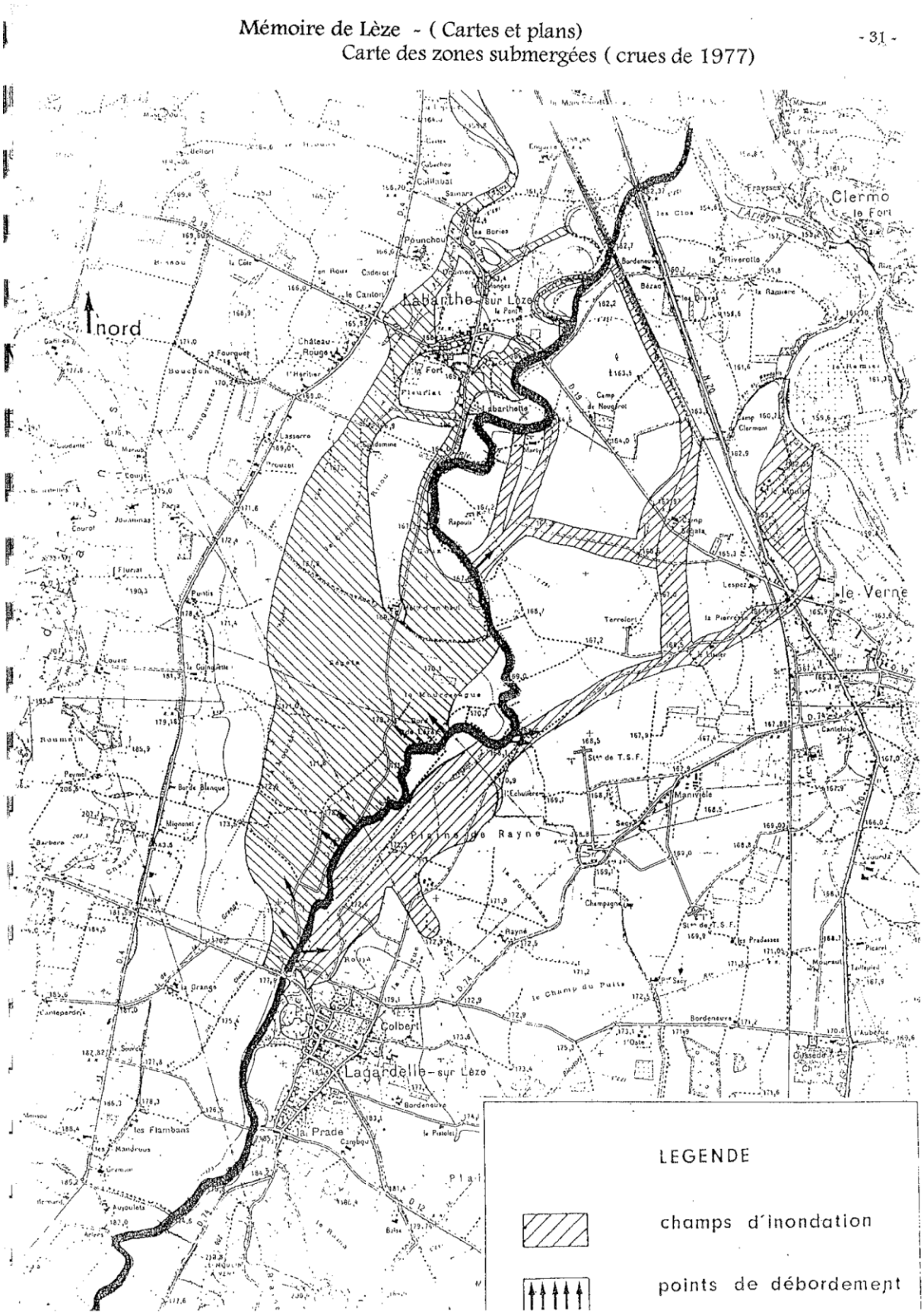


Figure 26 : Zones inondables et points de débordement lors de la crue de 1977 (source : « Mémoire de Lèze »)

4.3 Construction du modèle hydraulique 2D

4.3.1 Emprise et structure du modèle

Pour les besoins de l'étude, le modèle hydraulique 2D s'étend de l'entrée de la commune de Lagardelle-sur-Lèze, jusqu'au pont de la RD4F sur l'Ariège, sur la commune de Lacroix-Falgarde.

La limite amont sur l'Ariège est fixée à l'entrée de la commune de Vernet.

A l'est, la limite du modèle correspond aux coteaux rive droite de l'Ariège.

Les éléments structurants du modèle pris en compte pour construire le maillage sont :

- le lit mineur de la Lèze,
- le lit mineur de l'Ariège,
- le lit mineur de l'Ayguère,
- le chenal du Mondouly,
- les infrastructures linéaires en lit majeur (routes en remblais, voie ferrée) et leurs ouvrages hydrauliques principaux et de décharge,
- les merlons en haut de berge sur le linéaire de la Lèze.

Une densification du maillage est réalisée dans les secteurs urbanisés, autour des infrastructures linéaires ainsi que sur les zones prévues a priori pour la réalisation d'éventuels aménagements hydrauliques.

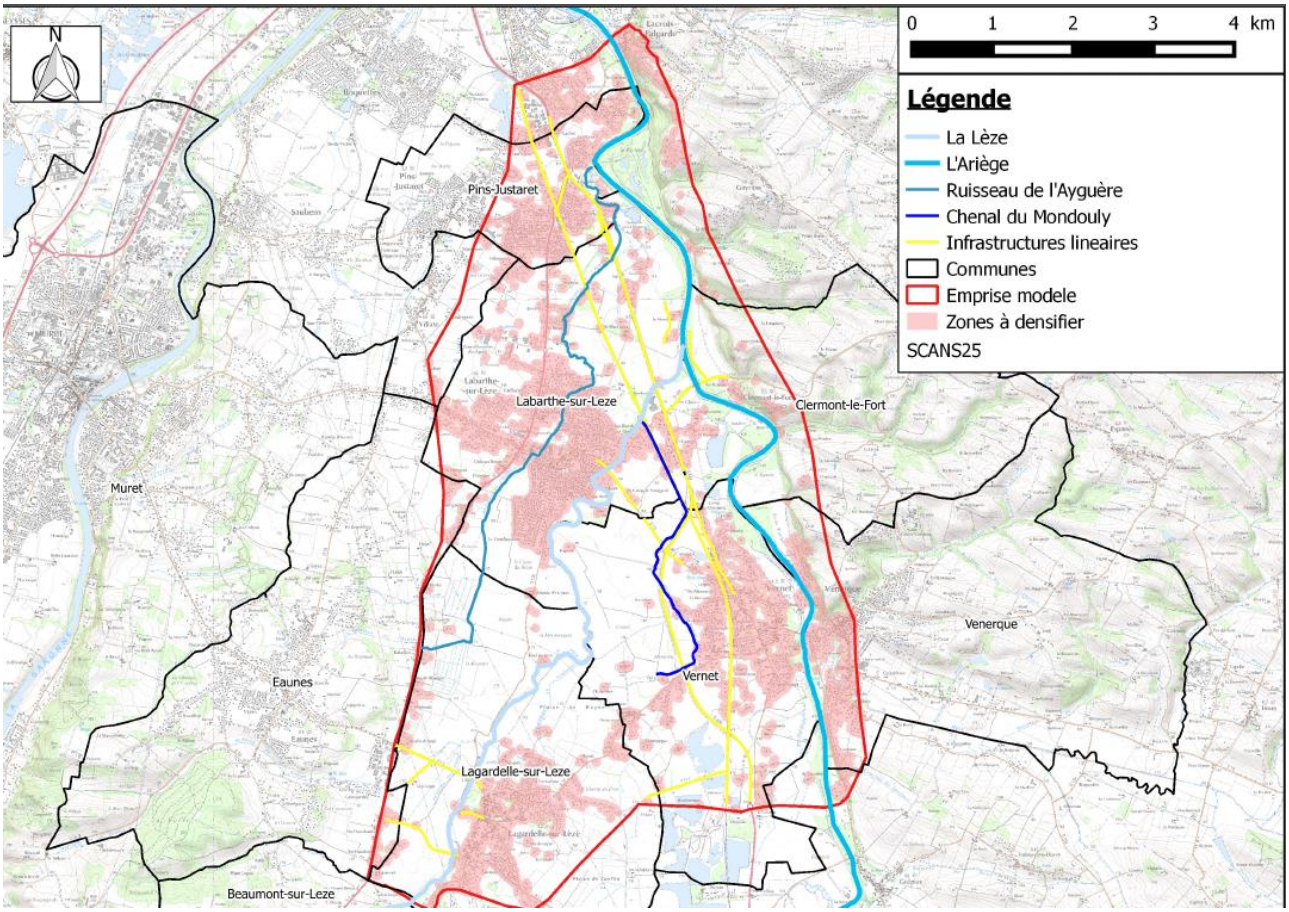


Figure 27 : Emprise et structure du modèle hydraulique prévu

4.3.2 Construction du maillage

Le maillage s'appuie sur l'ensemble des éléments structurants identifiés précédemment (cf. paragraphe 4.3.1 page 43).

La taille moyenne des mailles varie en fonction des éléments à représenter :

- en lit mineur de la Lèze, de l'Ayguère et du Mondouly : 2 à 3 m,
- en lit mineur de l'Ariège : 10 à 20 m,
- en lit majeur :
  - au droit des infrastructures linéaires : 5 m,
  - dans les secteurs urbains densifiés : 10 à 15 m,
  - dans les secteurs non densifiés : 30 à 40 m.

Le nombre total de nœuds est de 320 000, pour plus de 630 000 mailles. Le maillage n'est pas densifié davantage car les temps de calcul du modèle en état actuel sont relativement importants. En effet, pour une crue d'une durée de 3 jours environ (équivalente à la crue de juin 2000), le temps de calcul est de 12h en utilisant 6 processeurs en parallèle.

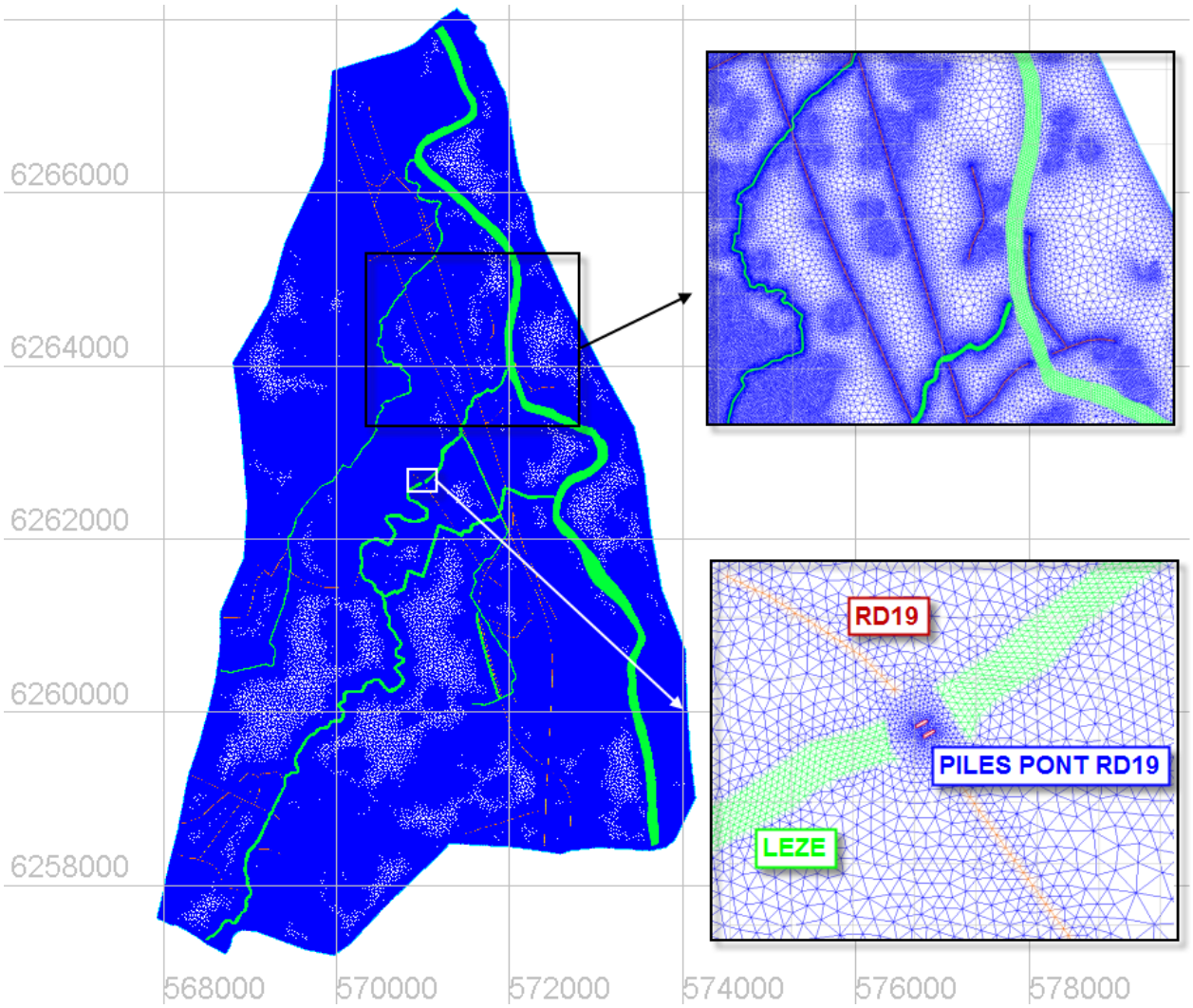


Figure 28 : Structure du maillage du modèle de la Lèze entre Lagardelle-sur-Lèze et Labarthe-sur-Lèze – Zoom sur des zones de densification du maillage en fonction de l'élément à représenter

Remarque : les piles du pont de la RD19 à Labarthe-sur-Lèze ont été intégrées au maillage afin de représenter au mieux la réalité sur cet ouvrage pour lequel on dispose de jaugeages.

4.3.3 Intégration de la bathymétrie / topographie

Les données bathymétriques / topographiques utilisées sont les suivantes :

- le LIDAR en lit majeur, fourni par la DDT de la Haute-Garonne,
- les profils bathymétriques de la Lèze et les relevés topographiques des ouvrages, issus des données fournies par le SMIVAL (campagne topographique de 2010, plan de recollement de la déviation du Vernet),
- les relevés topographiques complémentaires réalisés dans le cadre de la présente étude. Ces relevés ont été effectués par le cabinet de géomètres-experts Sarrat en juillet 2016.

Les données Lidar couvrent l'ensemble du secteur d'étude. Ces données sont validées par comparaison avec les levés au sol réalisés dans le cadre de la campagne topographique de 2010 (cf. paragraphe 2.2.2 page 17).

On remarque que le Lidar est globalement cohérent avec le profil en travers bathymétrique / topographique. De plus, on note que le Lidar représente les merlons de berges. Le Lidar est donc utilisé afin de caractériser la topographie du lit majeur.

En revanche, une différence non négligeable apparaît entre les deux sources de données au niveau du lit mineur (+/- 50 cm). Dans ce cas précis, les levés de terrain sont pris en compte car plus fiables pour représenter le lit mineur. Un Modèle Numérique de Terrain (MNT) du lit mineur de la Lèze est donc réalisé à partir des profils bathymétriques disponibles.

Par ailleurs, l'altimétrie des routes a été vérifiée sur la base des données Lidar et intégrée au modèle hydraulique 2D. En particulier, la RD4 en partie Ouest de la commune de Labarthe a été traitée (modification locale de l'altimétrie dans le modèle pour bien représenter la cote de la route) afin d'évaluer si une surverse par-dessus la chaussée était susceptible de se produire, pouvant ainsi impacter la zone d'activités des Agriès.

De plus, l'ensemble des ouvrages hydrauliques existants sur la zone d'étude sont intégrés dans le modèle hydraulique 2D. Les figures suivantes présentent la localisation de l'ensemble des ouvrages sur la zone d'étude ainsi que le pont de la RD19 à Labarthe-sur-Lèze, dont les piles ont été directement intégrées au maillage du modèle hydraulique.

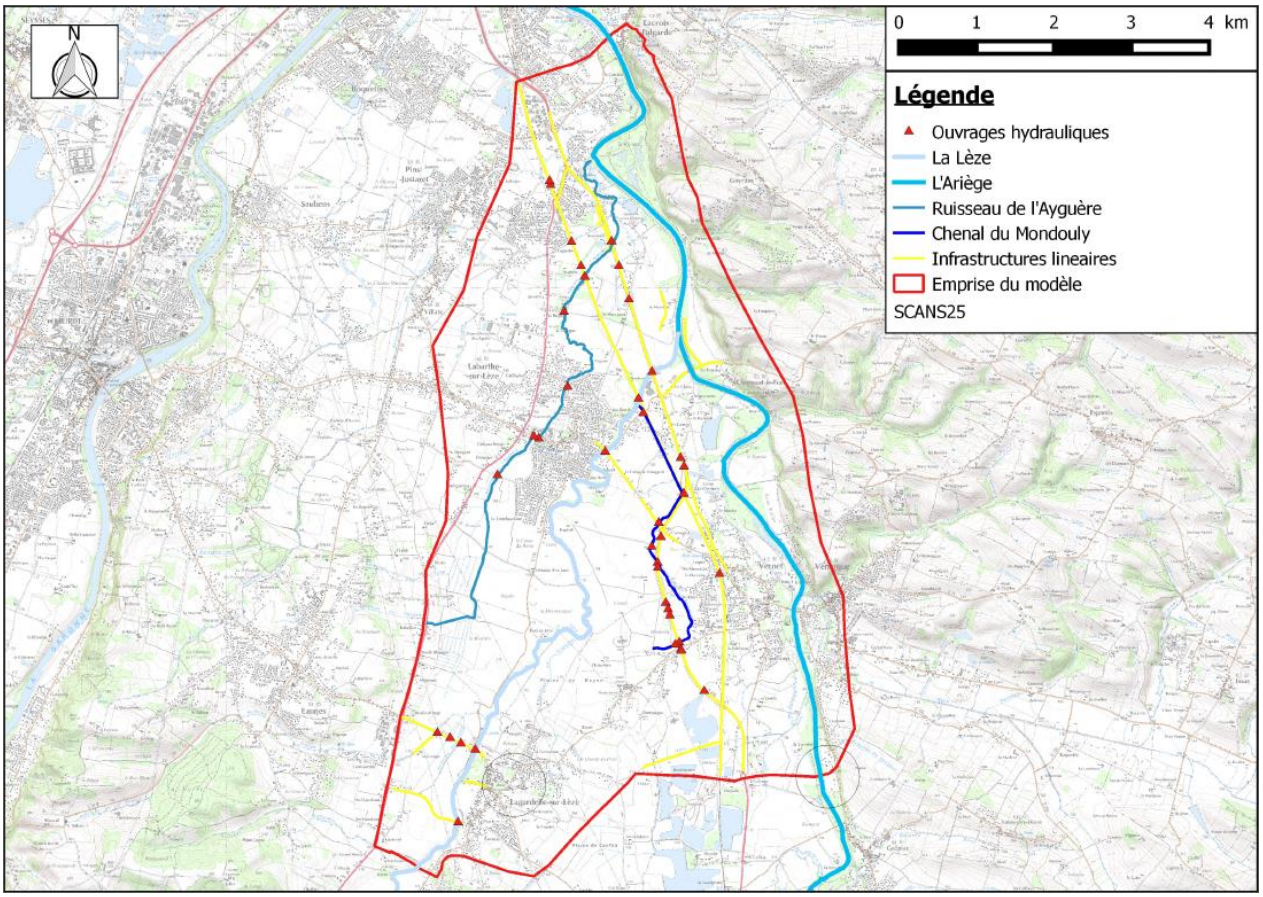


Figure 29: Localisation de l'ensemble des ouvrages hydrauliques de la Lèze

Echelle 1/250

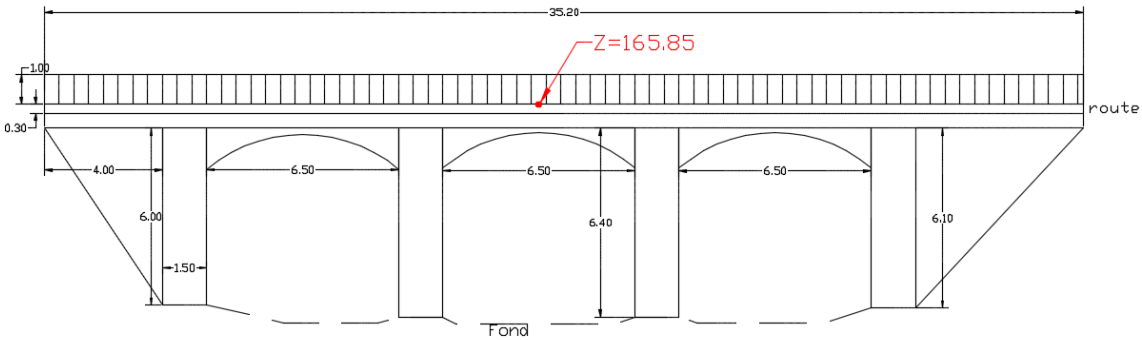


Figure 30 : Gabarit et côte de l'ouvrage de la RD19 à Labarthe-sur-Lèze

<u>Remarque :</u> Pour l'Ayguère, seuls les ouvrages de franchissement de la voie ferrée et de la RD820 sont intégrés au modèle hydraulique 2D.

La figure suivante illustre l'intégration de la bathymétrie / topographie sur le maillage du modèle hydraulique :

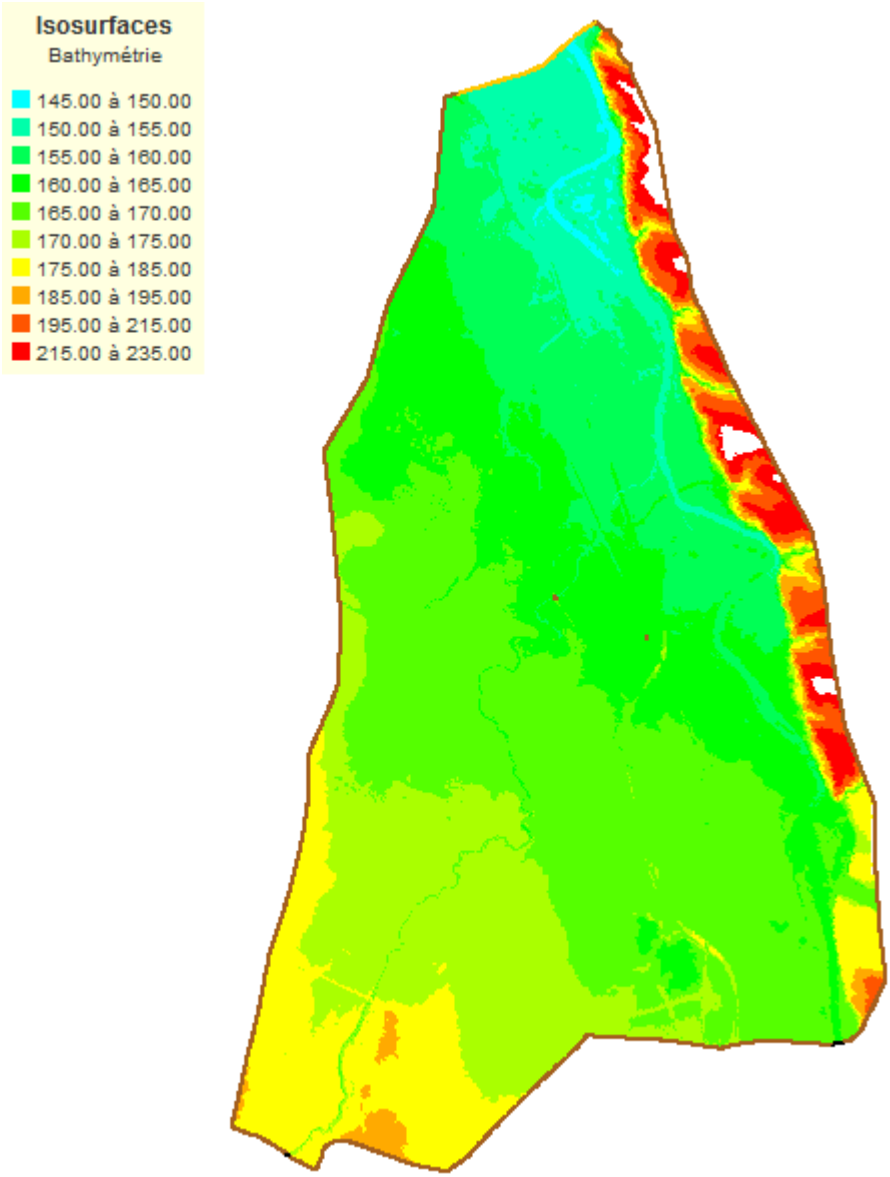


Figure 31 : Intégration de la bathymétrie / topographie sur le maillage du modèle hydraulique

4.3.4 Conditions limites du modèle

4.3.4.1 Conditions limites amont

Les hydrogrammes de crues de la Lèze et de l'Ariège sont injectés en tant que conditions limites amont du modèle.

Les hydrogrammes sur la Lèze sont définis sur la base des débits de pointe retenus, des limnigrammes à Labarthe, et de la courbe de tarage reconstituée par le modèle hydraulique.

L'injection des hydrogrammes de l'Ariège est réalisée en fonction des débits correspondant à Auterive. Pour les scénarios considérant un niveau normal de l'Ariège, le débit de l'Ariège sera supposé constant.

Pour les scénarios considérant l'Ariège en crue, la forme des hydrogrammes est également calquée sur la forme de l'hydrogramme de juin 2000 à Auterive.

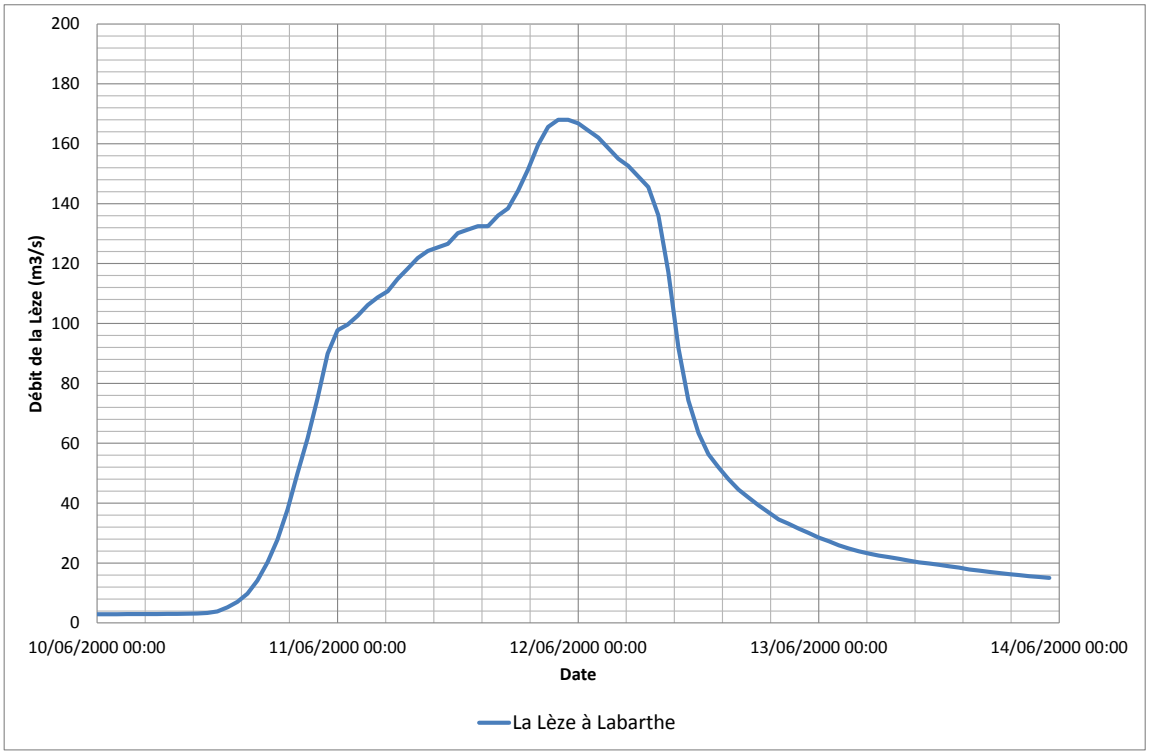


Figure 32 : Hydrogramme provisoire de la crue de juin 2000 à Labarthe (Lèze) – source banque Hydro (avant révision)

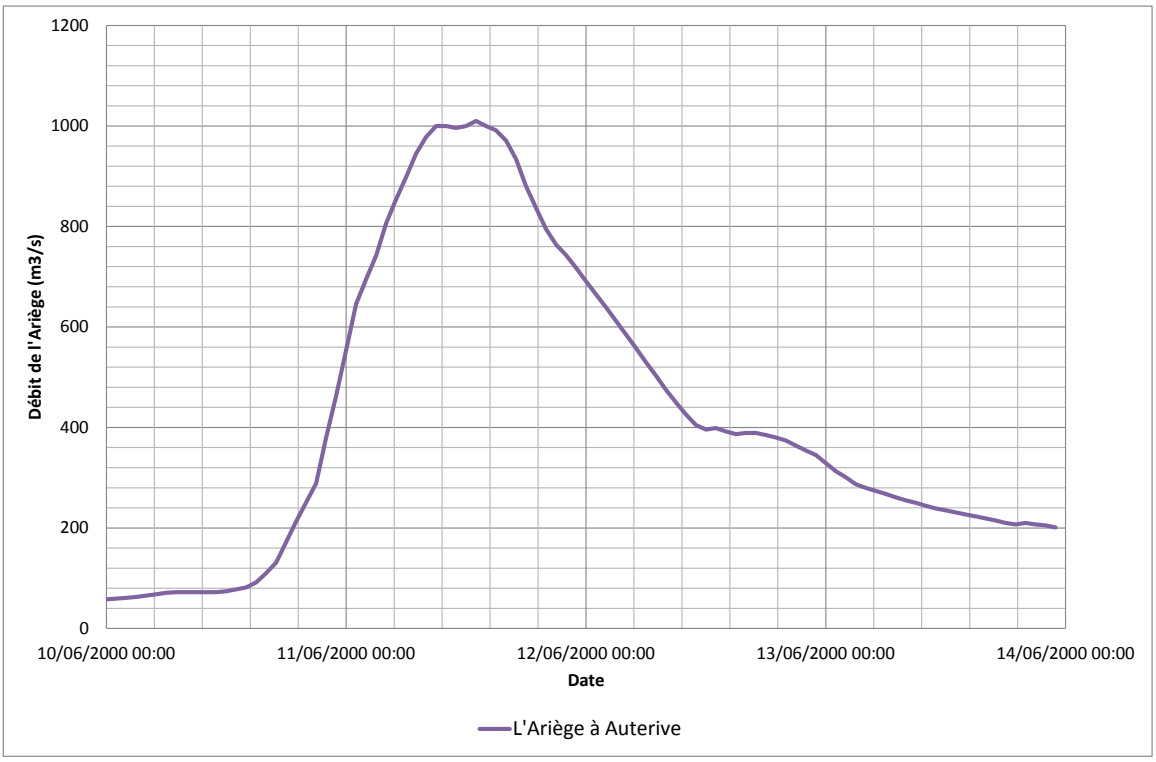


Figure 33 : Hydrogramme de la crue de juin 2000 à Auterive (Ariège) – source banque Hydro

4.3.4.2 Conditions limites aval

La limite aval du modèle hydraulique correspond au pont de la RD4F sur la commune de Lacroix-Falgarde.

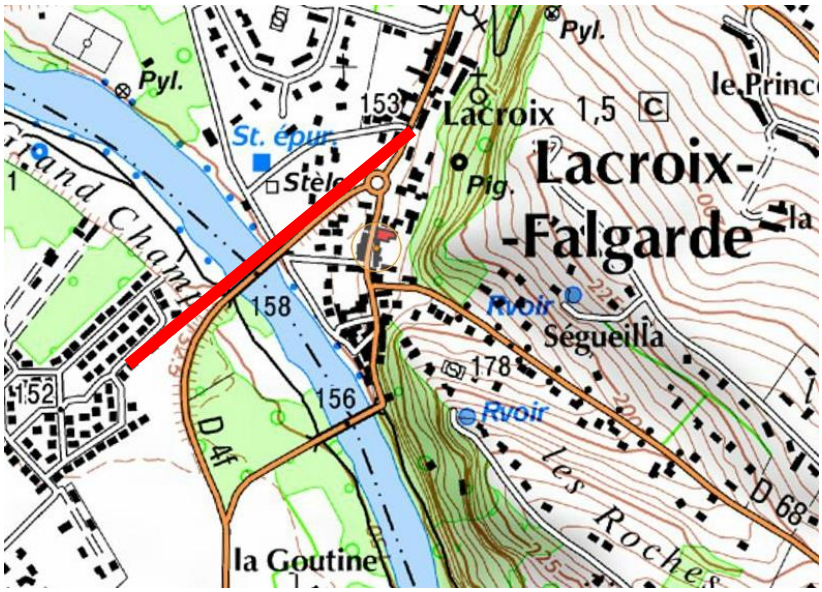


Figure 34 : Limite aval du modèle hydraulique prévu

La condition aval du modèle correspond à une loi de tarage de l'Ariège dans le secteur.

La loi de tarage utilisée est issue des résultats d'un modèle hydraulique ISL construit dans le cadre d'une étude menée pour le SPC Garonne-Tarn-Lot (2014). Ce modèle hydraulique comprenait le linéaire de la Garonne de Muret à Toulouse et le tronçon aval de l'Ariège, de Lacroix-Falgarde à la confluence avec la Garonne.

L'exploitation de ce modèle permet de définir les cotes d'eau atteintes par l'Ariège pour toute une gamme de crues. Les niveaux atteints par l'Ariège au droit du pont de la RD4F étant sous influence de la Garonne, plusieurs hypothèses ont été testées :

- Hypothèse 1 : $Q_{GARONNE_AMONT}$ = 1 000 m^3/s (~ seuil d'alerte jaune sur le tronçon),
- Hypothèse 2 : $Q_{GARONNE_AMONT}$ = 2 000 m^3/s (~ seuil d'alerte orange sur le tronçon),
- Hypothèse 3 : $Q_{GARONNE_AMONT}$ = 3 000 m^3/s (> seuil d'alerte rouge sur le tronçon).

Les lois de tarage ainsi obtenues sont fournies ci-après.

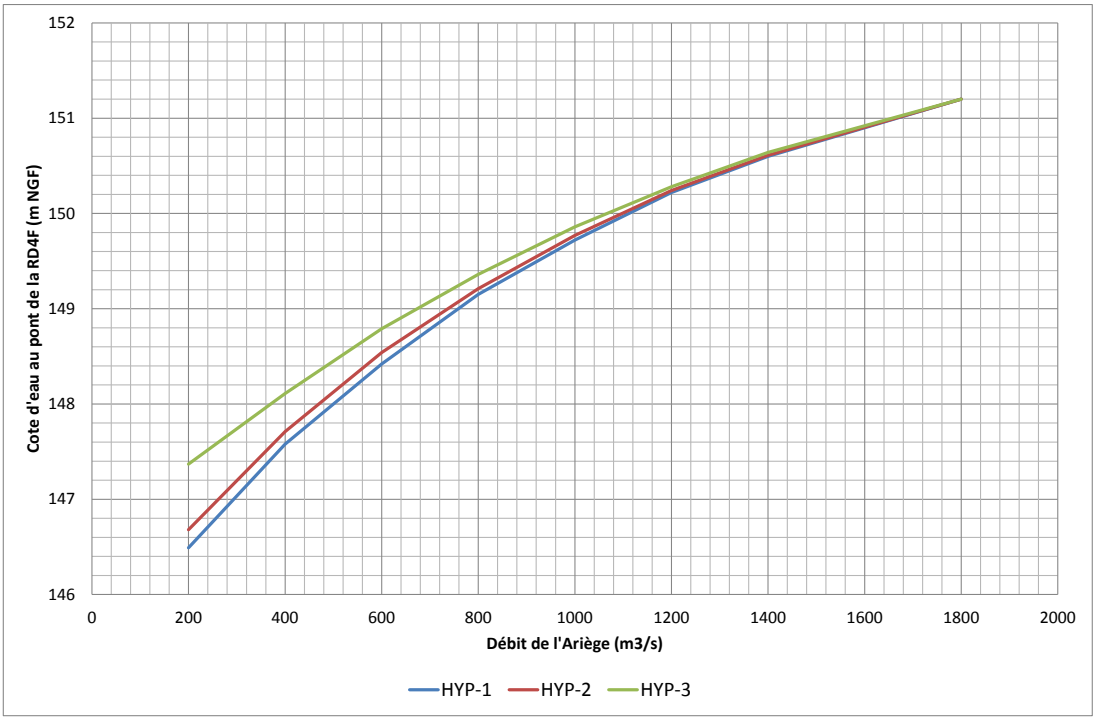


Figure 35 : Loi de tarage au pont de la RD4F suivant 3 gammes de débits de la Garonne

L'hypothèse 2 est retenue en tant que loi de tarage de la condition limite aval du modèle, qui couvre une large gamme de débits de l'Ariège (débit de plein bord jusqu'à la crue centennale). Pour s'assurer de l'indépendance des résultats dans les secteurs à l'étude sur cette condition aval, un test de sensibilité est réalisé en ajoutant 20 cm forfaitairement à la loi de tarage retenue.

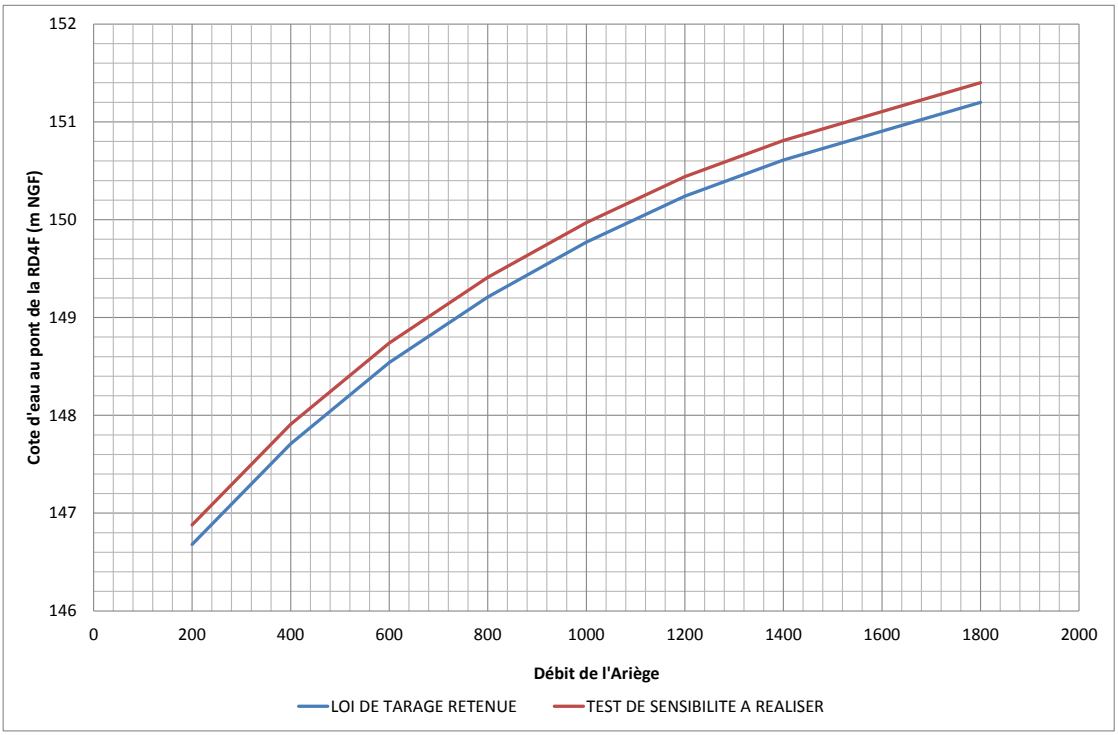


Figure 36 : Loi de tarage retenue pour la condition limite aval du modèle 2D

4.3.5 Coefficient de rugosité

Les coefficients de rugosité (ou coefficients de Strickler) introduits dans le modèle hydraulique sont :

- Pour le lit mineur de la Lèze et de l'Ayguère: K = 25,
- Pour le lit mineur de l'Ariège : K = 30,
- Pour le lit mineur du Mondouly : K = 28,
- Pour le lit majeur :
    - prairie : K = 20,
    - forêt : K = 10 à 15,
    - Pour les zones urbanisées : K = 8 à 15.
    - Routes en secteur urbain de Labarthe – sur – Lèze : K = 40

Afin de modéliser les écoulements (hauteurs et vitesses) de la façon la plus fine possible au centre de Labarthe, le Strickler des routes principales traversant la commune a été fixé à 40.

Le tableau ci-dessous présente une table de référence des coefficients de Strickler recommandés en fonction de la nature de l'occupation des sols.

Nature des parois	Valeur de K en $m^{1/3}/s$
Béton lisse	75-90
Canal en terre, non enherbé	60
Canal en terre, enherbé	50
Rivière de plaine, sans végétation arbustive	35-40
Rivière de plaine, large, végétation peu dense	30
Rivière à berges étroites très végétalisées	10-15
Lit majeur en prairie	20-30
Lit majeur en vigne ou taillis	10-15
Lit majeur urbanisé	10-15
Lit majeur en forêt	<10

Tableau 11 : Coefficient de Strickler en fonction de la nature du sol (source : « Aide-mémoire d'hydraulique à surface libre » - Degoutte)

Pour les forêts, les coefficients de Strickler introduits dans le modèle hydraulique bidimensionnel sont sensiblement différents des coefficients de Strickler recommandés (respectivement K=10 à 15 et K<10). Les forêts situées en lit majeur de la Lèze (rive droite à Lagardelle et rive gauche à Labarthe) sont situées au droit des zones urbaines, et un coefficient de Strickler global de K=10 a été retenu. Les zones forestières en lit majeur de l'Ariège à l'aval de la confluence avec la Lèze ont été représentées par un Strickler de K=15.

Les bâtis ne sont pas directement intégrés au modèle hydraulique mais représentés par un coefficient de Strickler plus faible. Ceci est motivé par le fait que, dans l'état, avec des mailles de l'ordre de 10 à 15 m au niveau des zones urbanisées, les temps de calcul du modèle sont relativement longs (environ 12h pour une durée de crue de 3 jours – cf. paragraphe 4.3.2 page 44). Or, pour représenter plus précisément les bâtiments, il aurait fallu introduire des mailles de dimension inférieure à 5 m dans les zones urbanisées, ce qui aurait engendré des temps de calcul beaucoup plus importants compte tenu de la densité du bâti sur la zone modélisée. Le choix a donc été fait de ne pas représenter les bâtis.

La figure ci-après présente le zonage des coefficients de Strickler pour l'emprise du modèle hydraulique 2D. Le zonage a été réalisé à l'aide de la base de données SIG d'occupation des sols Corine Land Cover et des photographies aériennes de la zone.

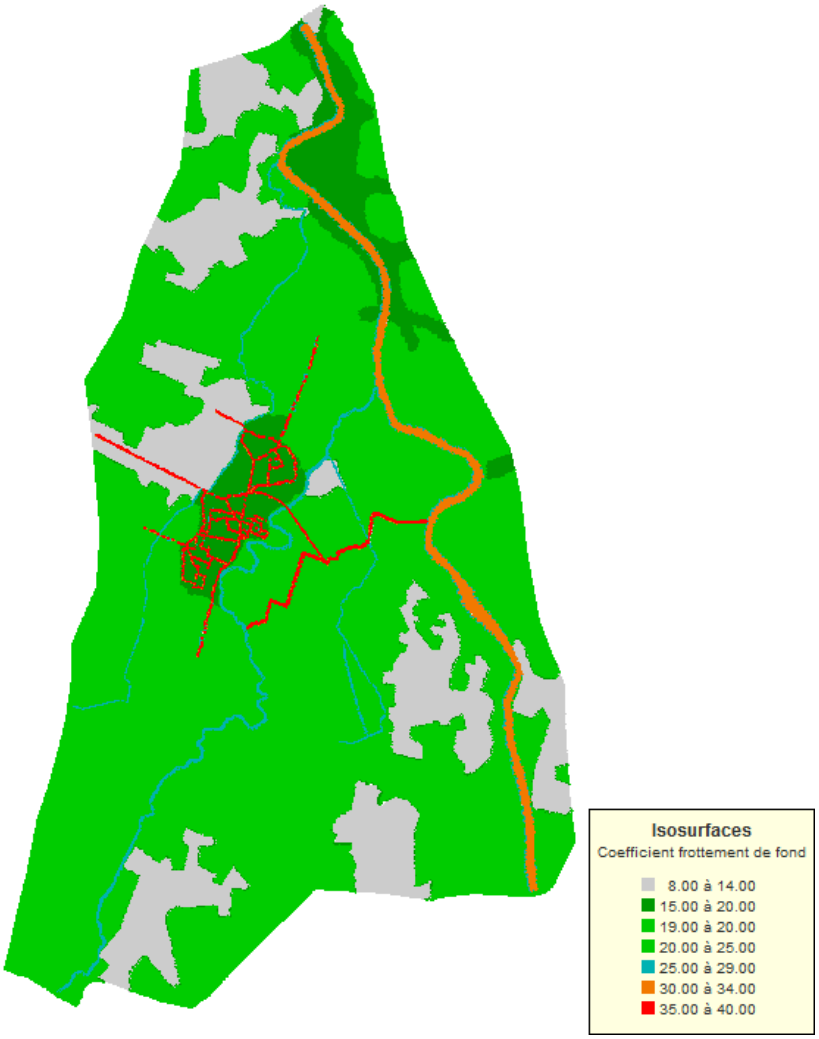


Figure 37 : Répartition des coefficients de Strickler dans le domaine modélisé

4.4 Calage du modèle

Le calage du modèle est réalisé en régime permanent sur la crue de juin 2000.

Cette modélisation est réalisée en considérant la configuration de la vallée à cette date. Ainsi, le remblai de la déviation du Vernet n'est pas pris en compte, tout comme les deux ouvrages traversant le remblai de la RD 12 à Lagardelle – sur – Lèze. Le calage du modèle est effectué en vérifiant la correspondance des résultats avec :

- Les repères de la crue de juin 2000 sur la zone,
- L'emprise de la crue de juin 2000, figurant au PPRI de Labarthe-sur-Lèze.

4.4.1 Les laisses de crues

4.4.1.1 Données disponibles

Les repères de la crue de juin 2000 sur les communes à l'étude sont disponibles dans l'étude « SCE » [12] et auprès de la DREAL.

Commune	Source SCE	Source DREAL
Lagardelle-sur-Lèze	2 laisses	12 laisses
Labarthe-sur-Lèze	3 laisses	21 laisses
Le Vernet	2 laisses	3 laisses
Total	7 laisses	36 laisses (dont 7 figurant dans l'étude SCE)

Tableau 12 : Laisses de la crue de juin 2000 disponibles

D'autre part, 8 laisses de crues sont disponibles sur l'Ariège pour cet évènement de juin 2000 (source : Base de données des repères de crues de la DREAL).

La figure ci-après localise ces laisses de crues.

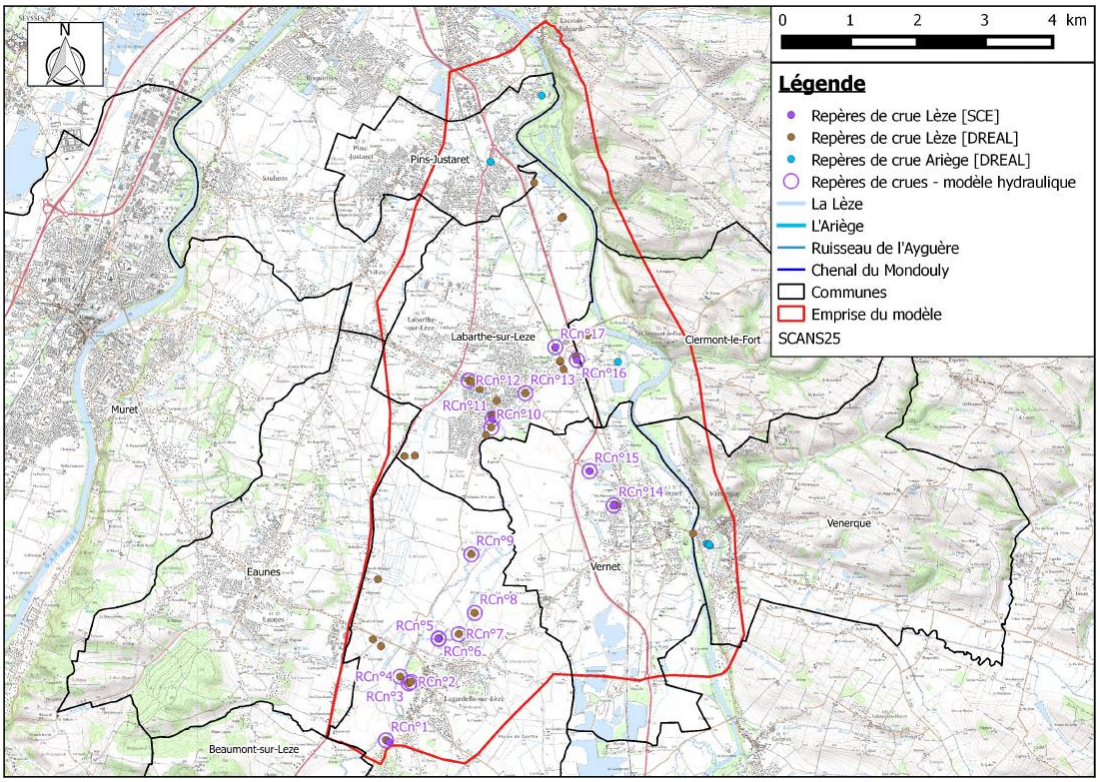


Figure 38 : Localisation des laisses de la crue de juin 2000

Parmi l'ensemble de ces laisses de crues, des informations sont disponibles sur 17 repères pour la Lèze (cf. cercle violet sur la carte ci-dessus). Ces 17 repères sont utilisés pour estimer le débit de pointe de la crue de juin 2000 par modélisation hydraulique. Parmi ces 17 repères de crues :

- 14 repères sont identifiés par la DREAL (n°1 à 13 et n°17),
- 6 repères sont identifiés par SCE (n°5, n°11 et du n°14 à n°17).

La DREAL a indiqué son appréciation de la fiabilité de quelques repères de crue sur la zone de modélisation, mais de manière générale, le niveau de fiabilité des repères n'est pas connu.

4.4.1.2 Analyse des repères

Une analyse des repères de crues disponibles sur le secteur de modélisation a été réalisée avec le SMIVAL, afin de vérifier la localisation ainsi que la fiabilité des repères figurants dans l'emprise du modèle hydraulique et utilisés pour le calage. Ainsi, il ressort de cette analyse que certains repères issus de la campagne DREAL sont mal localisés.

La figure suivante présente la bonne localisation des repères « déplacés » (RC n°1, RC n°7, RC n°8, RC n°10 et RC n°12). Les points rouges étiquetés correspondent à la localisation des repères finaux, et les points jaunes à la localisation présumée initialement. Au cours de cette vérification, il est apparu que le repère n°10, situé au centre de Labarthe, était localisé par erreur au droit de la laisse n°11 (ces repères ont été « fusionnés »).

L'annexe 6 présente la localisation des repères de la crue de juin 2000 qui ont été modifiés après cette vérification.

Repère RCn°1
Chemin des Mounasses
Lagardelle-sur-Lèze

Repère RCn°7
Polyclinique de la Lèze
Lagardelle-sur-Lèze

Figure 39 : Exemples de laisses de la crue de juin 2000 déplacées après analyse

Suite à cette analyse les repères de crues utilisés pour le calage du modèle sont présentés sur la figure suivante.

Il est à noter que la numérotation des repères n'a pas été mise à jour suite à suppression de la laisse n°11.

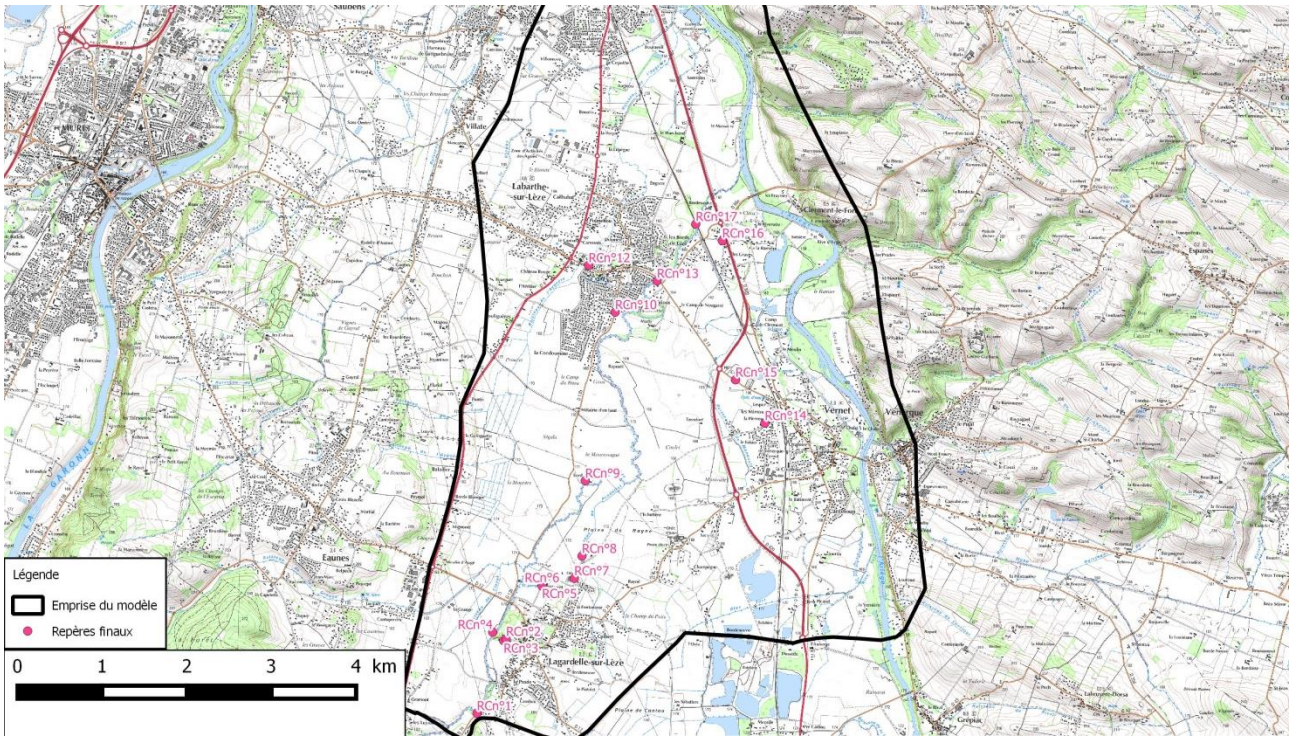


Figure 40 : Laisses de crues finales prises en compte dans le cadre du calage

4.4.2 Emprise de la crue de juin 2000

Afin de vérifier la correspondance des résultats du calage, l'emprise connue de la crue juin 2000 est également utilisée (Figure 41).

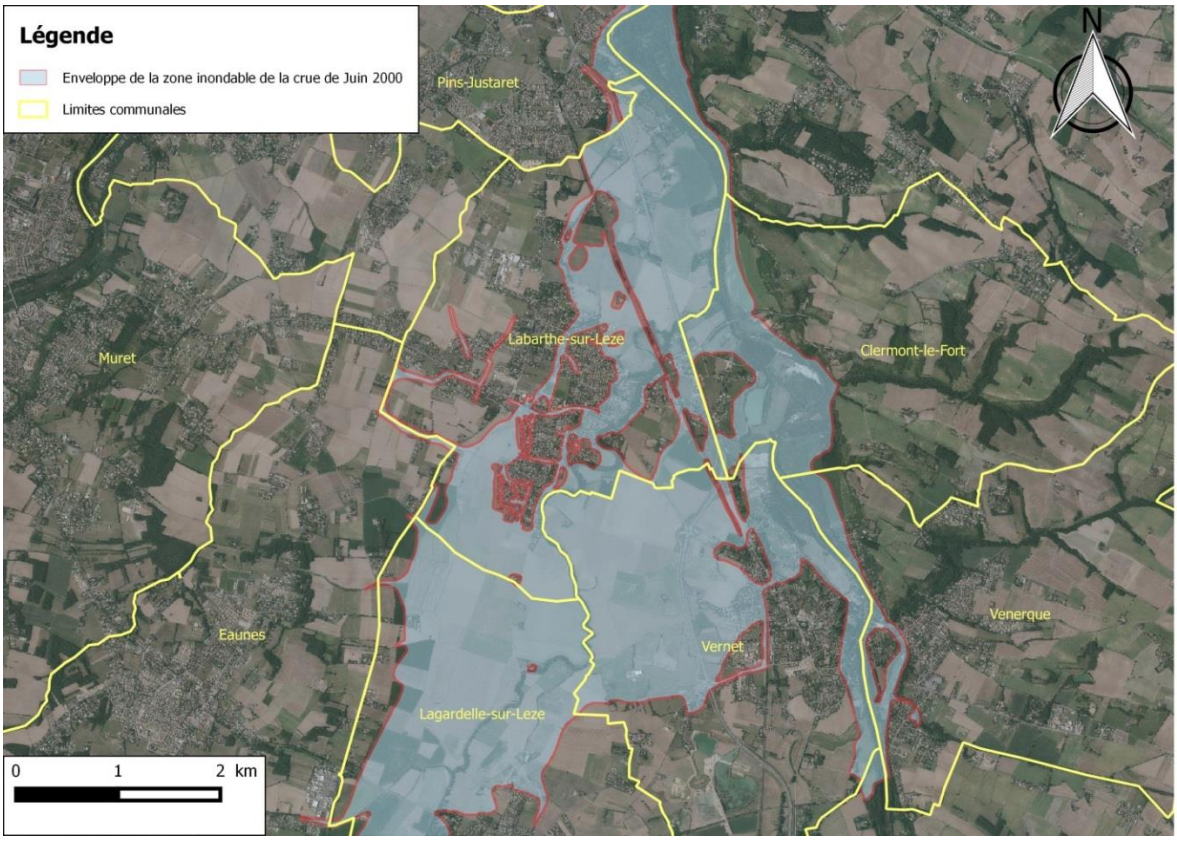


Figure 41 : Enveloppe des zones inondées de la crue de Juin 2000 (source : étude GEOSPHAIR [3])

L'emprise de la zone inondable figurant dans l'étude GEOSPHAIR [3] se base sur une approche hydrogéomorphologique. La cartographie intègre les zones d'inondations selon leur période de retour (crue très fréquentes, fréquentes et exceptionnelles), les facteurs structurants les écoulements (remblais, digues, casiers…), les points noirs connus. Ainsi, la détermination de l'emprise de la zone inondable a été réalisée à l'aide de :

- La recherche et l'analyse des documents existants (études antérieures, emprise des zones inondables connues…),
- L'utilisation des hauteurs de crues aux stations hydrométriques et des repères de crues éventuellement disponible pour un évènement,
- L'analyse hydrogéomorphologique de la vallée de la Lèze,
- L'analyse des traces sédimentologiques et granulométriques des alluvions,
- Les visites de terrain et enquête auprès des riverains.

Cette emprise est donc principalement basée sur une analyse hydrogéomorphologique de la zone, les repères de la crue de juin 2000, le recueil des témoignages de riverains, et les relevés terrain réalisés suite à l'évènement. A priori, l'emprise GEOSPHAIR [3] de la crue de juin 2000 est jugée fiable.

Par ailleurs, l'emprise GEOSPHAIR [3] est comparée à celle de la crue de juin 2000 issue du PPRI (Cartographie de l'aléa sur la commune de Labarthe-sur-Lèze fournie par la DDT31).

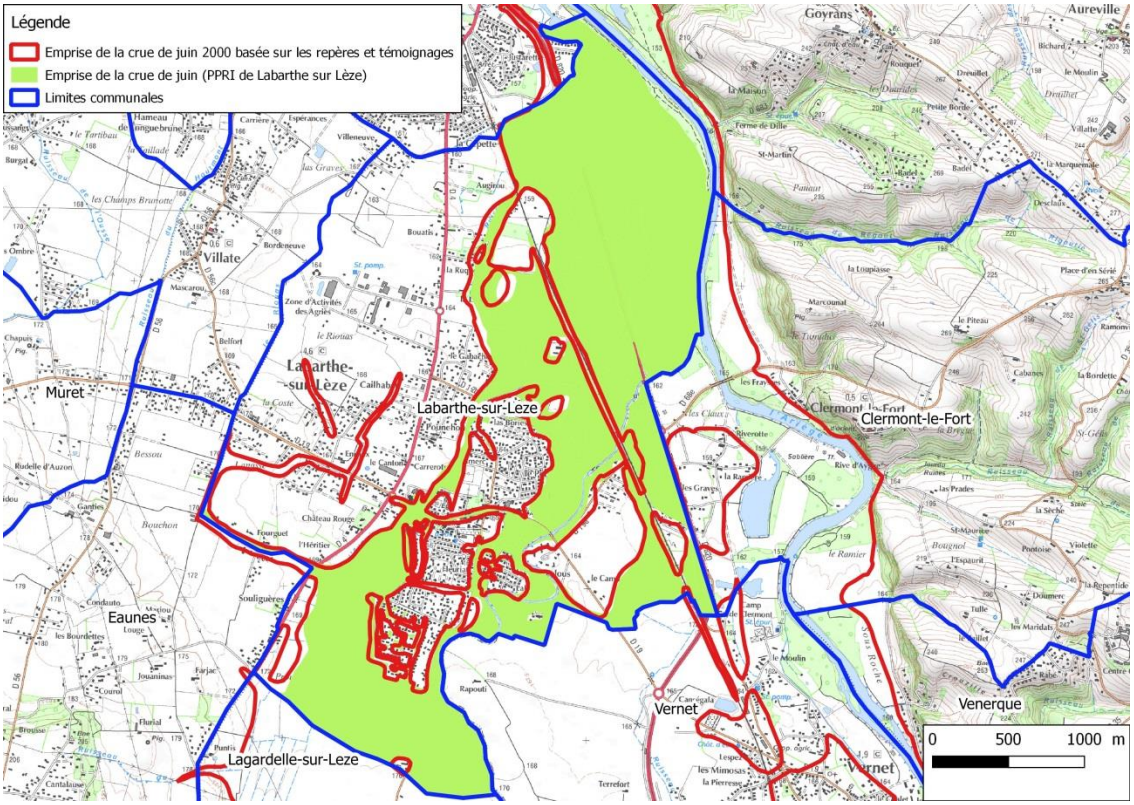


Figure 42 : Comparaison des emprises de la crue de juin 2000 basée sur l'étude GEOSPHAIR [3] et le PPRI

On note très peu de différence, seule la zone passant au dessus de la RD4 distingue ces deux emprises.

Ainsi, dans le cadre de la présente étude, l'emprise de la crue de juin 2000 fournie par GEOSPHAIR [3] sera comparée aux résultats de la modélisation hydraulique de la crue de juin 2000.

4.4.3 Estimation du débit de pointe de la crue de juin 2000 par modélisation hydraulique

4.4.3.1 Estimation du débit de pointe de la crue de juin 2000

Pour estimer le débit de pointe de la crue de juin 2000 sur la zone d'étude, le modèle hydraulique est utilisé en régime permanent, en introduisant en amont :

- Sur la Lèze : une gamme de débit,
- Sur l'Ariège : le débit de pointe de la crue de juin 2000 relevé à la station d'Auterive (1 000 m^3/s – cf. Figure 33 page 48).

Le tableau suivant présente les cotes modélisées ainsi que l'écart entre les cotes modélisées et observées pour les 16 repères de la crue de juin 2000.

L'écart moyen, maximal et la moyenne de la valeur absolue de l'écart entre les valeurs modélisées et observées sont calculés pour chaque scénario.

Repères	Nature / Fiabilité	Cote observée (m NGF)	Débit = 175 m3/s		Débit = 200 m3/s		Débit = 225 m3/s		Débit = 250 m3/s		Débit = 275 m3/s	
			Cote (m NGF)	Ecart (m)	Cote (m NGF)	Ecart (m)	Cote (m NGF)	Ecart (m)	Cote (m NGF)	Ecart (m)	Cote (m NGF)	Ecart (m)
n°1	Repère éphémère	178	176.72	-1.28	176.98	-1.02	177.15	-0.85	177.23	-0.77	177.35	-0.65
n°2	Repère / Bon	176.03	-	-	175.69	-0.34	175.84	-0.19	175.95	-0.08	176.19	0.16
n°3	Repère éphémère	175.95	-	-	-	-	-	-	-	-	176.3	0.35
n°4	Repère / Moyen	176.04	-	-	-	-	175.89	-0.15	175.93	-0.11	176.21	0.17
n°5	Repère éphémère	174.57	-	-	-	-	174.09	-0.48	174.07	-0.5	174.26	-0.31
n°6	Repère / Moyen	174.46	-	-	-	-	174.09	-0.37	174.06	-0.4	174.26	-0.2
n°7	Repère éphémère	173.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
n°8	Repère éphémère	172.91	172.26	-0.65	172.27	-0.64	172.28	-0.63	172.31	-0.6	172.3	-0.61
n°9	Repère éphémère	171.52	171.46	-0.06	171.46	-0.06	171.48	-0.04	171.42	-0.1	171.44	-0.08
n°10	Photographie	166.23	166.02	-0.21	166.05	-0.18	166.08	-0.15	165.99	-0.24	166.12	-0.11
n°12	Repère éphémère	165.84	166.19	0.35	166.25	0.41	166.36	0.52	166.2	0.36	166.47	0.63
n°13	Repère éphémère	161.91	161.57	-0.34	161.63	-0.28	161.71	-0.2	161.84	-0.07	161.84	-0.07
n°14	-	165.96	165.97	0.01	166	0.04	166.03	0.07	166.03	0.07	166.04	0.08
n°15	Repère	165.02	164.72	-0.3	164.72	-0.3	164.73	-0.29	164.74	-0.28	164.99	-0.03
n°16	Repère	160.68	-	-	-	-	-	-	160.06	-	-	-
n°17	Repère gravé	160.24	-	-	-	-	160.02	-0.22	161.55	1.31	160.39	0.15
ECART MOYEN (m)				**-0.17**		**-0.17**		**-0.17**		**-0.18**		**0.00**
ECART MAX (m)				**0.65**		**0.64**		**0.63**		**0.60**		**0.63**
MOYENNE DE LA VALEUR ABSOLUE DE ECART (m)				**0.27**		**0.28**		**0.28**		**0.26**		**0.23**

Tableau 13 : Ecart entre les cotes modélisées et observées au droit des repères de crues[7]

<u>Remarque :</u> Parmi les repères de crues retenus, deux sont rejetés :

- Le repère n°1, en amont du pont du chemin des flambants à Lagardelle, est influencé par la mise en charge de l'ouvrage. La cote modélisée présente un écart important par rapport au repère en amont du pont. Pour cette analyse, l'écart est calculé en retirant le repère n°1,
- Le repère n°17, au droit du pont de la voie ferrée en aval de Labarthe-sur-Lèze. Un repère gravé de la crue de juin 2000 est positionné sur l'ouvrage. Or, il s'avère que ce repère a été dépassé pour la crue de janvier 2014, d'ampleur beaucoup plus faible. La position altimétrique de ce repère est erronée. Pour cette analyse, l'écart est calculé en retirant le repère n°17.

[7] Lorsque les repères de crues ne sont pas « en eau » dans le modèle hydraulique bidimensionnel, aucune valeur n'est renseignée.

On constate des disparités selon les laisses de crues. Sur certaines laisses, le modèle hydraulique présente des résultats cohérents avec les cotes observées en 2000. Pour d'autres, des écarts significatifs (supérieurs à 20 ou 30 cm) demeurent.

Ces écarts peuvent provenir :

- De la précision de la topographie utilisée pour réaliser le modèle hydraulique 2D. Des écarts ont en effet été identifiés entre le lidar et les relevés terrestres (cf. paragraphe 2.2.2 page 17) ;
- De la fiabilité de l'information fournie par les laisses de crues ;
- Des coefficients de rugosité qui ont été définis dans le modèle hydraulique. Toutefois, pour ce dernier point, un zonage rigoureux du lit majeur a été réalisé, et les coefficients de Strickler « standards » ont été utilisés.

Malgré ces incohérences locales, pour la gamme de débit présentée dans le tableau ci-avant, il semblerait que le modèle hydraulique 2D, utilisé à ce stade en régime permanent, représente au mieux l'évènement de juin 2000 pour un débit de 250 m^3/s, soit un débit de pointe équivalent à la crue centennale estimée dans le cadre de la présente étude (cf. paragraphe 3 page 26).

Remarque : D'après les informations fournies au Tableau 13 ci-dessus, il semblerait que les cotes obtenues pour un débit de pointe en entrée de modèle de 275 m^3/s soient aussi proches des cotes observées pour la crue de juin 2000 (meilleure moyenne de la valeur absolue de l'écart). Toutefois, le débit de 275 m^3/s pour la crue de juin 2000 n'est pas retenu, car au droit des zones à enjeux (repères n°2, 10, 12, 13 et 14), les cotes obtenues pour ce débit sont plus éloignées des cotes observées que pour le débit de 250 m^3/s.

Au cours de l'étude hydraulique de la Lèze de 2012 [5], la CACG a estimé le débit de pointe de la crue de juin 2000 à 170 m^3/s sur le secteur de Lagardelle / Labarthe. Une différence importante apparaît donc avec le débit estimé dans le cadre de la présente étude.

Cet écart peut être expliqué par les différents moyens de modélisation utilisés :

- Etude hydraulique de 2012 [5] : la Lèze aval a fait l'objet d'une modélisation bifilaire en intégrant l'Ayguère, en lit majeur rive gauche de la Lèze, et des zones de stockage des débordements en rive droite. Les échanges entre la Lèze et les lits majeurs rive gauche et rive droite sont représentés par des déversoirs latéraux. En lit mineur, le Strickler considéré est de 25. En lit majeur, ces coefficients sont compris entre 10 et 15. Le calage du modèle hydraulique a probablement été réalisé afin de valider a posteriori l'estimation a priori du débit de la DREAL pour cette crue.
- Etude hydraulique de 2016 : la Lèze aval a fait l'objet d'un modèle hydraulique 2D qui intègre donc directement les échanges entre les lits mineurs et majeurs des différents cours d'eau sur la zone. Ce type de modélisation est plus précis et mieux adapté à la complexité des écoulements sur le territoire à l'étude.

Pour rappel, le tableau ci-dessous présente les débits de pointe de la crue de juin 2000 estimés par la CACG ainsi que les débits de pointe de la crue centennale de la Lèze, en différents points de la vallée, retenus dans le cadre de la présente étude[8].

Commune	Surface de bassin versant	Crue de juin 2000 - CACG	Crue de juin 2000 - ISL	Crue centennale - ISL
Le Fossat	120 km²	119 m^3/s	-	119 m^3/s
Lézat / Lèze	237 km²	171 m^3/s	-	186 m^3/s
Labarthe / Lèze	351 km²	167 m^3/s	250 m^3/s	249 m^3/s

Tableau 14 : Comparaison des débits de pointe de la crue de juin 2000 estimé par CACG [5] et ISL, avec le débit de pointe de la crue centennale estimé par ISL

Ainsi, le débit de 250 m^3/s au droit des communes de Lagardelle-sur-Lèze et Labarthe-sur-Lèze est cohérent avec les débits de pointe de la crue de juin 2000 sur les communes amonts (Le Fossat et Lézat).

Sur la Lèze aval, ISL propose de retenir le débit de 250 m^3/s pour la crue de juin 2000, crue centennale du cours d'eau.

Le modèle hydraulique est repris en régime transitoire (avec l'hydrogramme de la crue de juin 2000 reconstitué – cf. paragraphe 4.4.4 page 61), et les résultats du modèle sont comparés aux repères de la crue de juin 2000. La figure ci-après représente la ligne d'eau maximale calculée sur la Lèze par le modèle hydraulique 2D. Les repères de crue situés le long du cours d'eau y sont représentés.

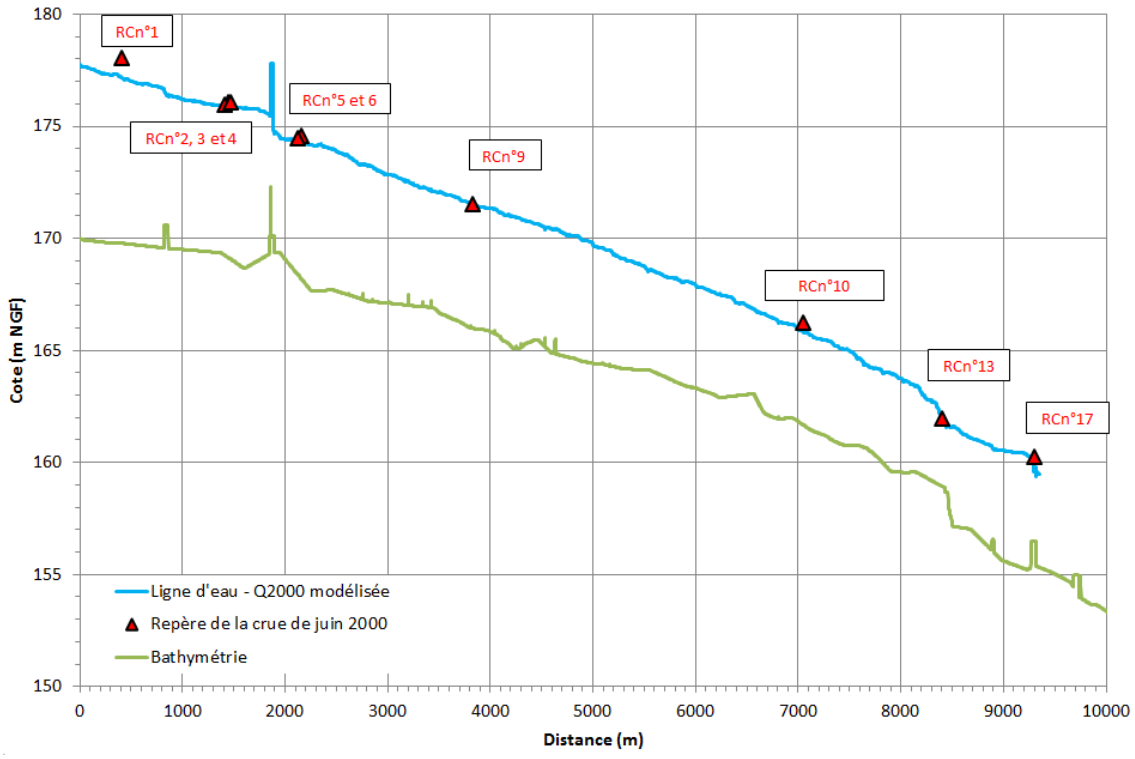


Figure 43 : Ligne d'eau de calage sur la Lèze

[8] Débits de pointe issus des données SHYREG.

La figure suivante présente la zone inondée simulée et la différence entre les cotes modélisées et les cotes relevées pour les repères de la crue de juin 2000.

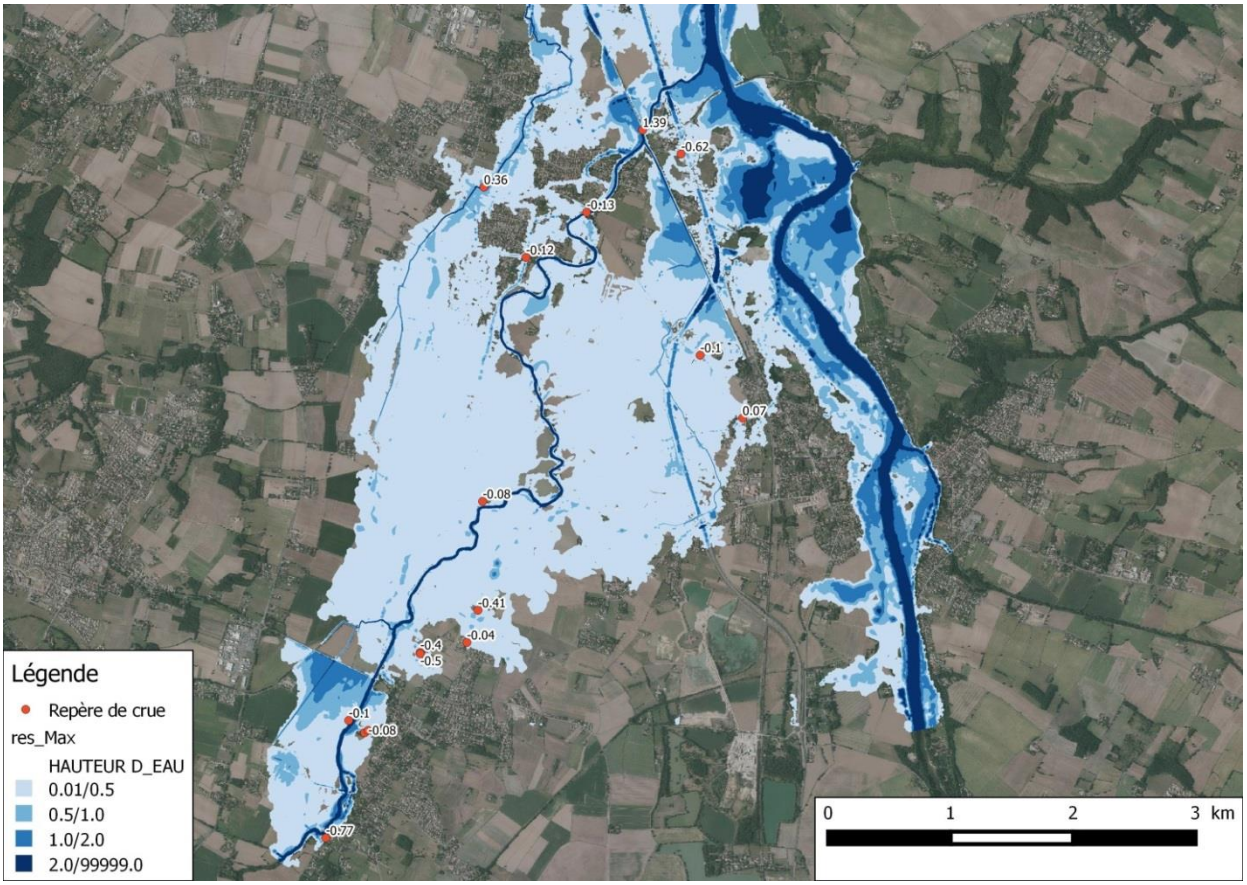


Figure 44 : Zone inondée simulée pour la crue de juin 2000 et différence entre les cotes modélisées et les cotes réelles des repères de crues (Zmodélisé – Zrepère)

Les Figure 43 et Figure 44ci-avant montrent que le modèle hydraulique 2D de la Lèze aval est globalement bien calé en lit mineur. En effet, pour les repères de crue situés en bordure du lit mineur au droit des zones à enjeux que sont les centres de Lagardelle-sur-Lèze et Labarthe-sur-Lèze, l'écart entre les cotes observées et simulées est de l'ordre de 10 cm.

En revanche, le calage est moins satisfaisant en lit majeur. On constate sur certains secteurs des écarts relativement importants entre les cotes modélisées / observées, notamment :

- Sur le quartier « Magret » et la plaine de Rayne (Scan25 de l'IGN) en rive droite de la Lèze, au droit et à l'aval de Lagardelle, où l'écart est compris entre 40 et 50 cm pour 3 laisses de crue,
- Sur la zone compris entre le remblai de la voie ferrée et le remblai de la RD820, où l'écart constaté sur une laisse de crue est de 62 cm.

4.4.3.2 Prise en considération de la sensibilité du modèle aux coefficients de rugosité (Strickler)

Le débit de pointe retenu pour la crue de juin 2000 est sensible aux paramètres du modèle hydraulique bidimensionnel, et notamment aux coefficients de rugosité (coefficients de Strickler – cf. paragraphe 4.3.5 page 51).

Dans le cadre de tests de sensibilité aux coefficients de Strickler menés sur des modèles hydrauliques 2D fluviaux en contexte comparable, nous avons pu constater que :

- Une diminution de 5 points des coefficients de Strickler sur l'ensemble du domaine de modélisation est susceptible d'entraîner une augmentation de la ligne d'eau d'environ 20 à 25 cm en moyenne,
- Une augmentation de 5 points des coefficients de Strickler sur l'ensemble du domaine de modélisation est susceptible d'entraîner une diminution de la ligne d'eau d'environ 15 à 20 cm en moyenne.

Les débits de pointe permettant ainsi de se « recaler » au droit des repères de crues avec une modification des paramètres de rugosité sont globalement compris entre +/- 10 à 15% du débit de pointe modélisé dans la situation de calage.

Compte tenu des résultats des modélisations qui ont été effectuées pour estimer le débit de pointe de la crue de juin 2000, on constate que :

- Une augmentation des cotes moyennes atteintes de l'ordre de 20 à 25 cm correspond à un débit de pointe de la Lèze supérieur à 275 m^3/s,
- Une diminution des cotes moyennes atteintes de l'ordre de 15 à 20 cm correspond à un débit de pointe de la Lèze compris entre 200 et 225 m^3/s.

Ainsi, le débit de pointe de la crue de juin 2000 estimé dans le cadre de la présente étude est de 250 m^3/s, avec un intervalle de confiance indicatif [215 m^3/s ; 285 m^3/s].

4.4.4 Conditions hydrologiques

L'hydrogramme de la Lèze pour la crue de juin 2000, reconstitué à partir du limnigramme de la station de Labarthe sur Lèze et de la courbe de tarage révisée à partir des résultats du modèle hydraulique, est l'hydrogramme injecté en amont du modèle. Il est présenté ci-après :

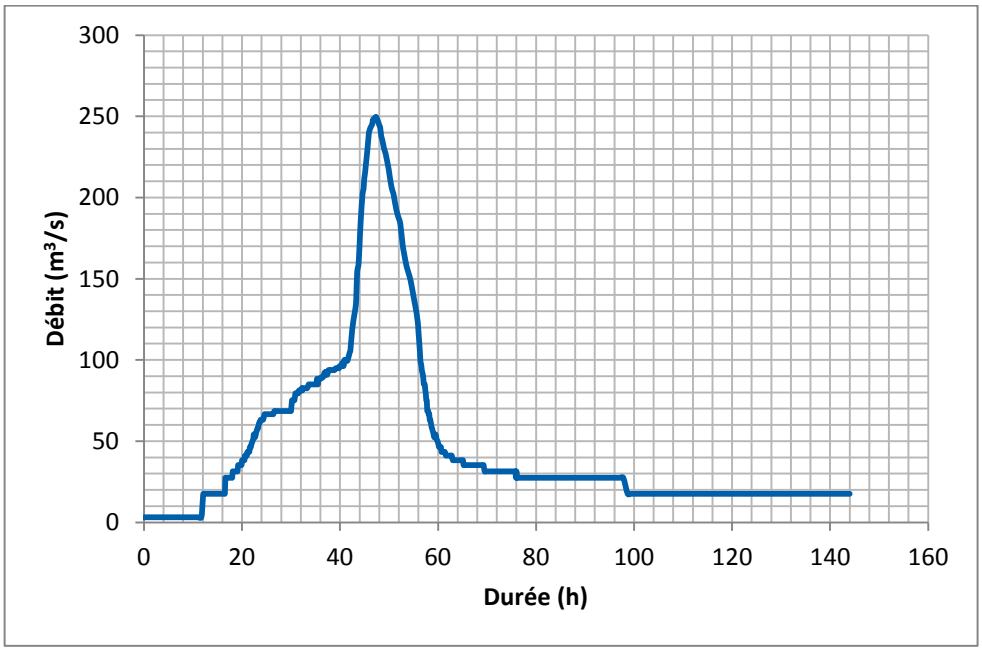


Figure 45 : Hydrogramme de crue de la Lèze à Labarthe-sur-Lèze pour la crue de juin 2000

Concernant les débits de l'Ariège, l'hydrogramme de la crue de Juin 2000 à Auterive (débit de pointe de 1 010 m^3/s (débit décennal)) a été injecté dans le modèle, en respectant la concomitance avec la crue de la Lèze à Labarthe (prise en compte du temps de propagation des crues de l'Ariège et de la Lèze pour obtenir la concomitance à la confluence).

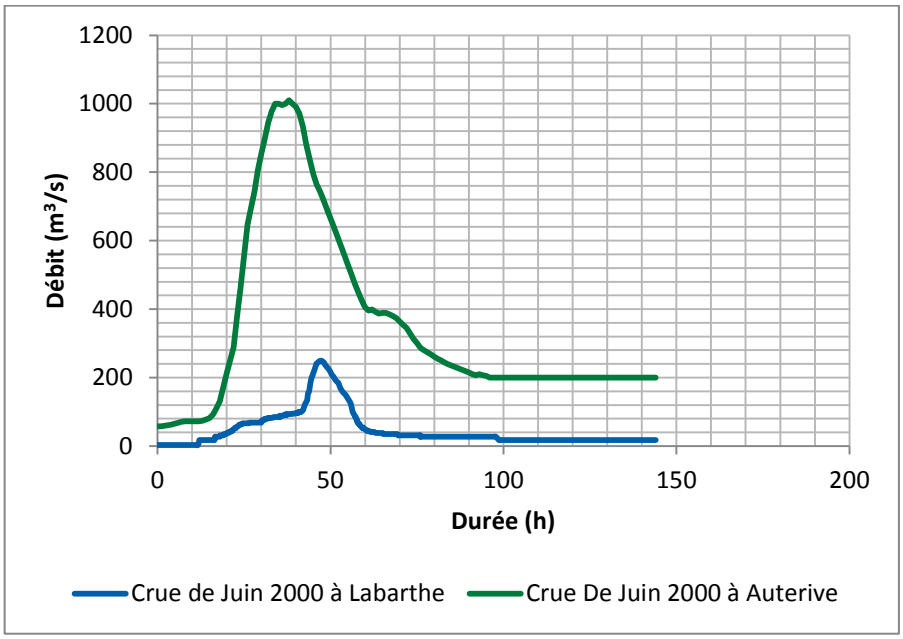


Figure 46 : Hydrogrammes de crue de juin 2000 de la Lèze à Labarthe et l'Ariège à Auterive

Lors de la phase de calage, on vérifie que l'hydrogramme de la crue issu du modèle au pont de la RD19 à Labarthe-sur-Lèze correspond à l'hydrogramme reconstitué à cette même station en débit de pointe, en forme et en volume (cf. Figure 47 ci-dessous).

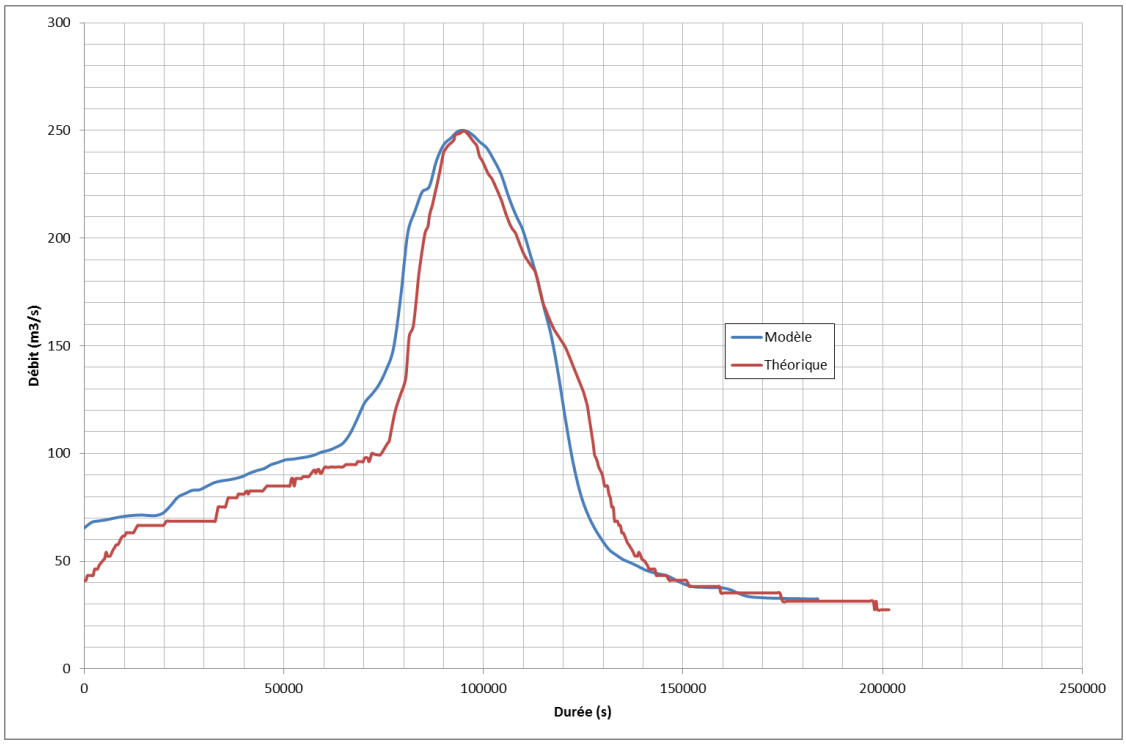


Figure 47 : Comparaison de l'hydrogramme reconstitué à Labarthe avec les résultats du modèle

4.4.5 Résultats du calage

Les résultats du modèle, en régime transitoire, sont comparés à la zone inondée figurant dans l'étude GEOSPHAIR [3]

4.4.5.1 Comparaison à la zone inondable issue du PPRI

La Figure 48 ci-dessous présente la superposition de la zone inondable fournie par le PPRI avec la zone inondable extraite de la modélisation hydraulique bidimensionnelle de la Lèze aval pour la crue de juin 2000. On observe que l'emprise modélisée sur les communes de Lagardelle, Labarthe et Vernet correspond globalement bien à la zone inondée figurant dans le PPRI (équivalente à l'étude GEOSPHAIR [3]).

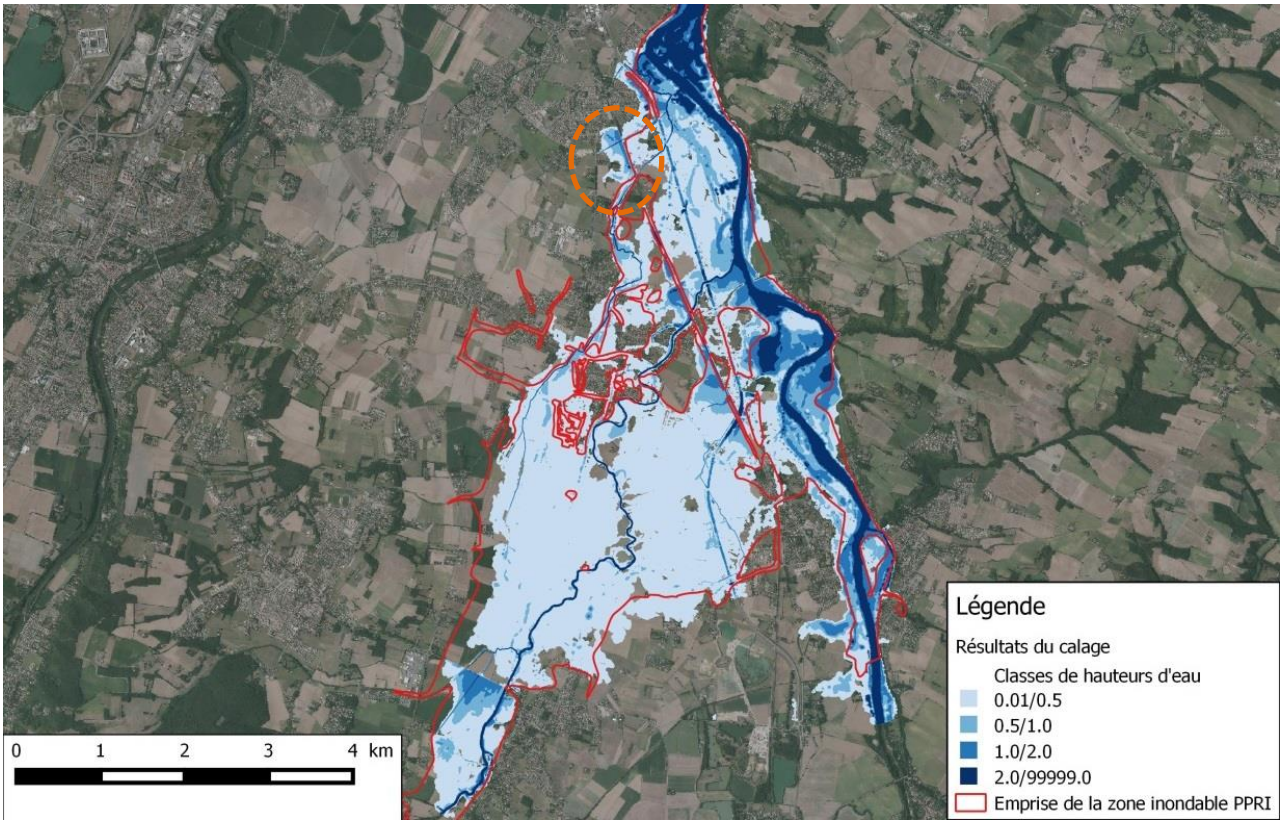
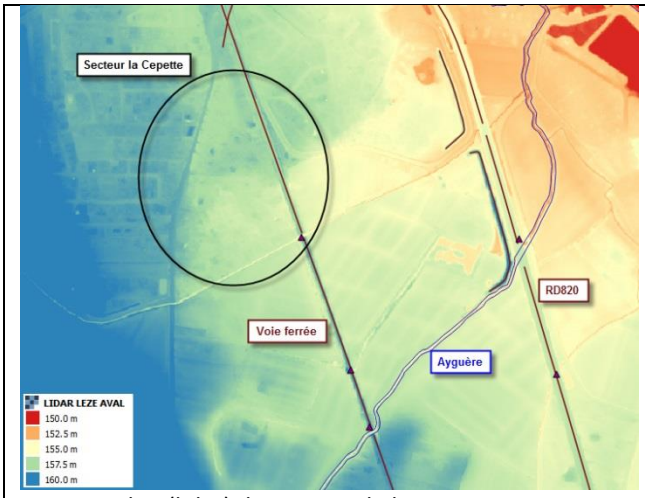


Figure 48 : Comparaison de l'emprise de la crue figurant dans l'étude GEOSPHAIR [3] à l'emprise de la crue « calée » dans le cadre de la présente étude

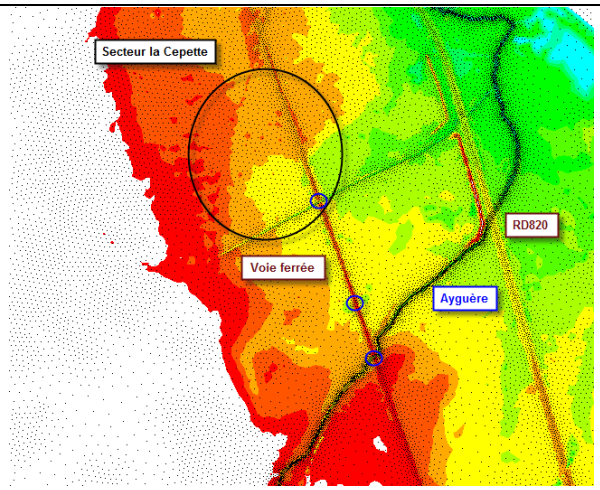
Toutefois, un écart important apparaît sur la commune de Pins-Justaret (cercle orange sur la Figure 48 ci-avant). En effet, le modèle hydraulique 2D met en évidence l'inondation du quartier de « la Cepette » (Scan25 de l'IGN) à Pins-Justaret, par mise en charge du remblai ferroviaire. Les hauteurs d'eau atteintes au droit de ce quartier peuvent aller jusqu'à près de 1,5 m (en amont immédiat du remblai).

Sur ce secteur, le modèle hydraulique 2D intègre la topographie de la voie ferrée et les ouvrages de décharges associés à ce remblai. Toutefois, en zone proche du quartier de la Cepette, aucun ouvrage de décharge ne permet l'écoulement à travers le remblai.

La figure suivante présente des extraits de la topographie de la zone et du modèle hydraulique, afin de mieux comprendre le fonctionnement hydraulique du secteur.



Topographie (lidar) du secteur de la Cepette et ouvrages de décharge de la voie ferrée (triangles marron)



Représentation du modèle hydraulique sur le secteur de la Cepette à Pins-Justaret (cercles bleus)

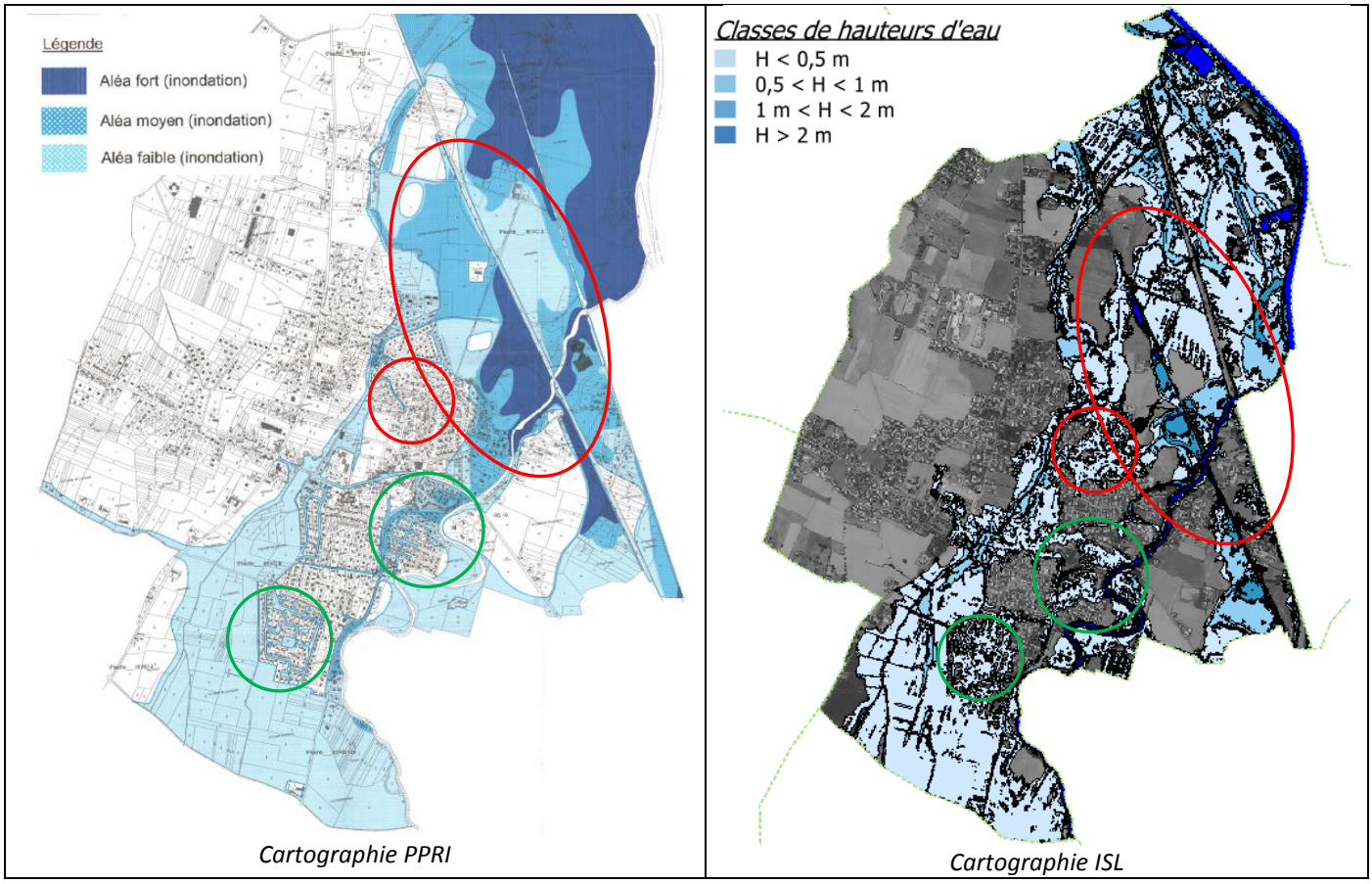
Figure 49 : Topographie et modélisation hydraulique du secteur de la Cepette à Pins-Justaret

D'après ces éléments, il semble que les ouvrages de décharge du remblai ferroviaire ne sont pas en mesure d'évacuer les écoulements provenant de la vallée de la Léze (Lèze et Ayguère). Dans ce cas de figure, l'écoulement s'étale le long du remblai ferroviaire pour venir remplir la « cuvette » où se situe le quartier de la Cepette (entre la RD4 et le remblai ferroviaire).

Toutefois, à l'heure actuelle, il n'est pas certain que le secteur de Pins-Justaret ait effectivement été inondé en juin 2000. Cela peut-être expliqué par deux hypothèses :

- Soit le secteur a bien été inondé, mais ne figure pas sur l'emprise de la zone inondée de juin 2000 par erreur. Cependant, cela paraît surprenant compte tenu de la présence des bâtis et habitations sur la zone,
- Soit le phénomène de crue simulé ne correspond pas exactement au phénomène de crue historique sur l'Ayguère. Par exemple, un embâcle sur le secteur amont de l'Ayguère pour la crue de juin 2000 aurait pu limiter le débit au droit du remblai ferroviaire, et donc causer des débordements moins importants sur le secteur de la Capette.

La figure suivante présente les zones inondables issues du PPRI de Labarthe-sur-Lèze, et de la modélisation hydraulique bidimensionnelle réalisée dans le cadre de la présente étude.



Cartographie PPRI *Cartographie ISL*

Figure 50 : Comparaison de la cartographie des hauteurs d'eau PPRI / Modèle 2D

On constate que, dans l'ensemble, les deux zones inondables sont similaires. En effet, on retrouve des débordements généralisés sur la plaine en amont du centre de Labarthe-sur-Lèze et des écoulements au droit des quartiers de la « Condoumine » et le « Caroubier » au centre-ville (noms des lieux dits figurant sur le Scan25 de l'IGN). Les cercles verts sur les deux cartographies présentent ces zones de correspondance.

En revanche, il apparaît également des secteurs où les zones inondables présentent des différences (cercles rouges) :

- Au droit du quartier « las Bories » (Scan25 de l'IGN) sur la zone aval du centre de Labarthe-sur-Lèze, où la zone inondée fournie par la modélisation hydraulique 2D est plus étendue que la zone inondée figurant au PPRI. Sur le secteur, les hauteurs d'eau modélisées sont de l'ordre de 40 cm,
- En amont/aval du remblai ferroviaire, pour lequel le PPRI présente l'ensemble du secteur en zone inondable, alors que le modèle hydraulique 2D fait apparaître des zones non inondées.

Les figures ci-dessous présentent la comparaison des isocotes figurant dans le PPRI de Labarthe-sur-Lèze, et modélisées dans le cadre de la présente étude.

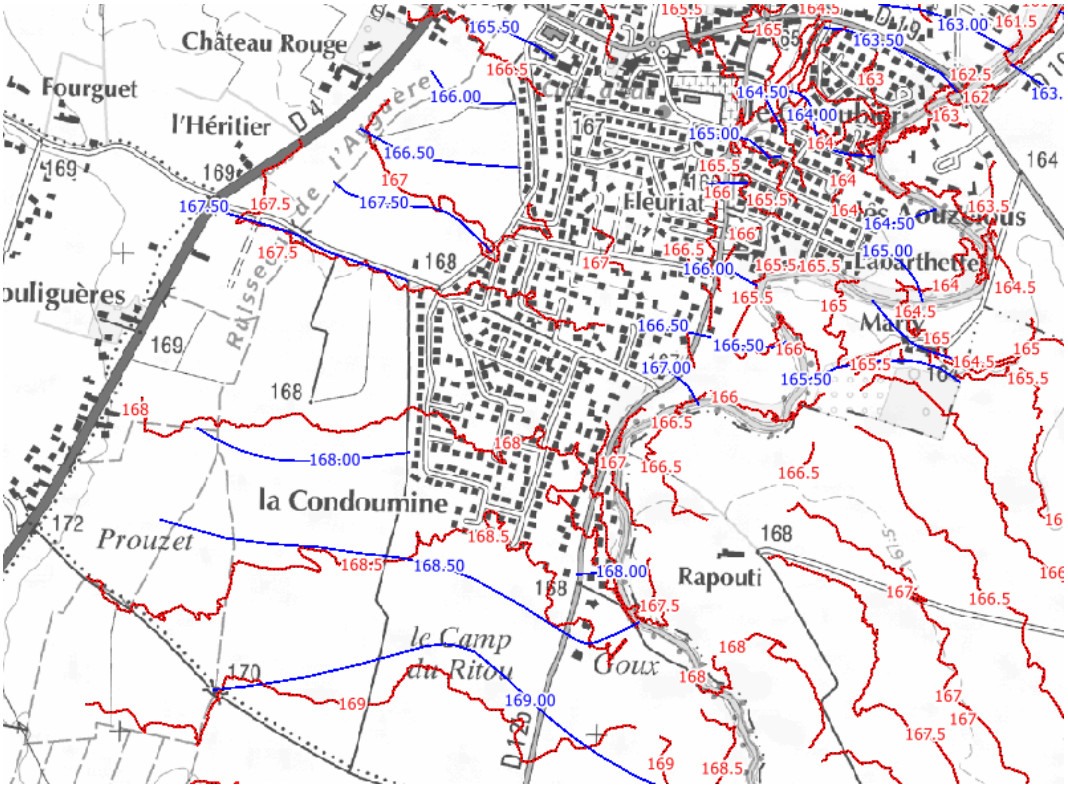


Figure 51 : Comparaison des isocotes PPRI (en bleu)/ Modèle 2D ISL (en rouge) – Zone amont de Labarthe-sur-Lèze

Sur le secteur amont, et jusqu'au quartier « Fleuriat » sur le Scan25 de l'IGN, les isocotes issues du modèle hydraulique bidimensionnel sont relativement proches des isocotes figurant dans le PPRI de Labarthe-sur-Lèze.

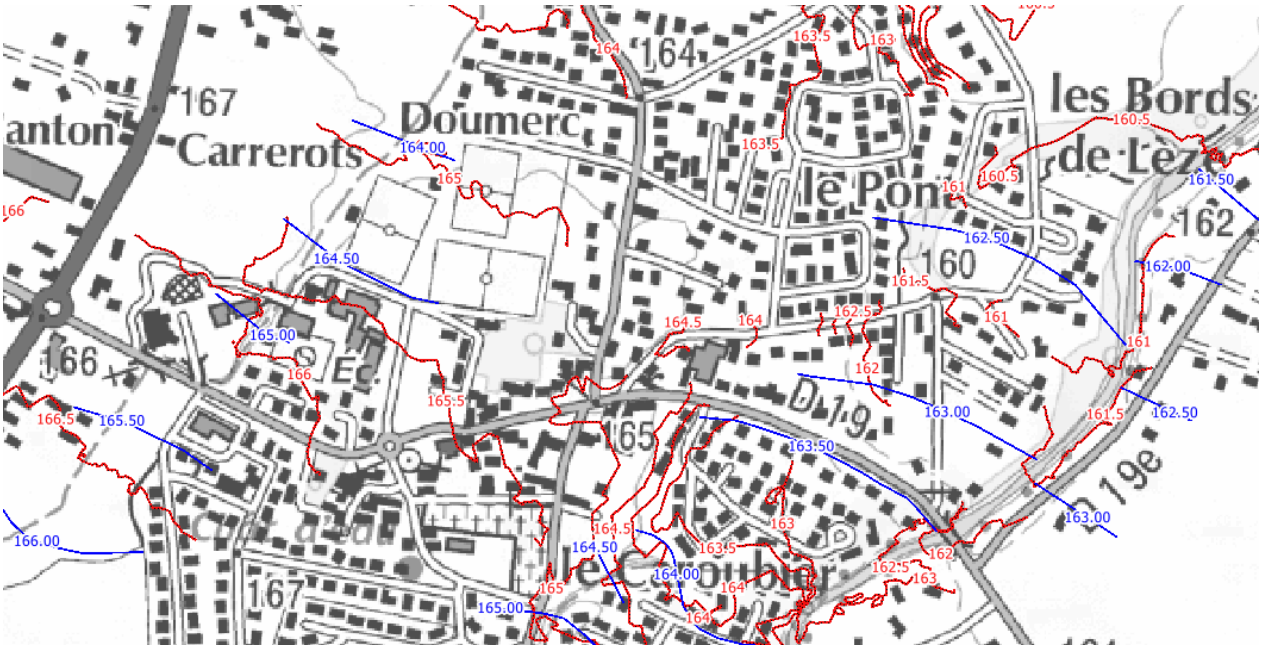


Figure 52 : Comparaison des isocotes PPRI (en bleu) / Modèle 2DISL (en rouge) – Centre de Labarthe-sur-Lèze

Au droit du centre de Labarthe-sur-Lèze, une différence apparaît sur les isocotes issues du PPRI et du modèle hydraulique 2D.

En effet, au droit de la Lèze, à partir du quartier « le Caroubier », une différence importante apparaît, et à l'aval de la RD19, les isocotes issues de la modélisation hydraulique 2D sont environ 1 m en-dessous des isocotes figurant dans le PPRI. Au contraire, en aval de la RD19 au droit de l'Ayguère, les isocotes issues de la modélisation hydraulique 2D sont environ 1 m au-dessus des isocotes figurant dans le PPRI.

Il semblerait donc que sur ce secteur, il y ait une « répartition » des écoulements différente entre le modèle hydraulique 2D et les résultats du PPRI. Le modèle 2D présente :

- Un niveau plus important dans l'Ayguère,
- Un niveau plus faible dans la Lèze.

Une modélisation hydraulique 2D est la méthode la mieux adaptée pour représenter l'écoulement sur le territoire (présence de méandres, grandes plaines inondables, connexion entre cours d'eau…). Compte tenu de l'ensemble des résultats du calage, le modèle hydraulique 2D paraît représenter de manière satisfaisante les écoulements sur la zone d'étude.

Remarque : Cela peut expliquer l'inondation du quartier de la Cepette à Pins-Justaret modélisée dans le cadre de la présente étude.

4.4.6 Synthèse sur le calage du modèle

Au regard des résultats du calage, en régime transitoire, présenté ci-avant (cf. paragraphe 4.4.5 page 63), on constate que le modèle hydraulique est :

- Bien calé sur les repères de la crue de juin 2000 en zone proche du lit mineur, sur les secteurs à enjeux,
- Globalement représentatif de la zone inondable figurant dans le PPRI, notamment au droit du centre de Labarthe-sur-Lèze. Toutefois, une différence est à noter sur le secteur aval de la RD19 à Labarthe-sur-Lèze, et la zone inondable modélisée pour la crue type juin 2000 présente des débordements complémentaires dans le centre de la commune et sur le secteur de Pins-Justaret.

Le calage du modèle hydraulique 2D de la Lèze aval est jugé satisfaisant.

4.5 Courbe de tarage au droit du pont de la RD19 à Labarthe-sur-Lèze

La gamme de débit introduit dans le modèle hydraulique bidimensionnel a permis de tracer la courbe de tarage au droit du pont de la RD19 à Labarthe-sur-Lèze, et de comparer ces résultats aux jaugeages qui ont été effectués sur la zone (données DREAL).

Le graphique ci-dessous présente la comparaison des deux courbes de tarage : modélisée et estimée par jaugeages du cours d'eau (respectivement les points bleus (débit lit mineur) et rouges). Par ailleurs, la courbe de tarage modélisée a également été retracée afin de tenir compte des débits de débordements du cours d'eau (points verts), qui court-circuitent le pont de la RD19 en transitant par le lit majeur (rive gauche et rive droite) à partir d'un débit de 100 à 110 m^3/s.

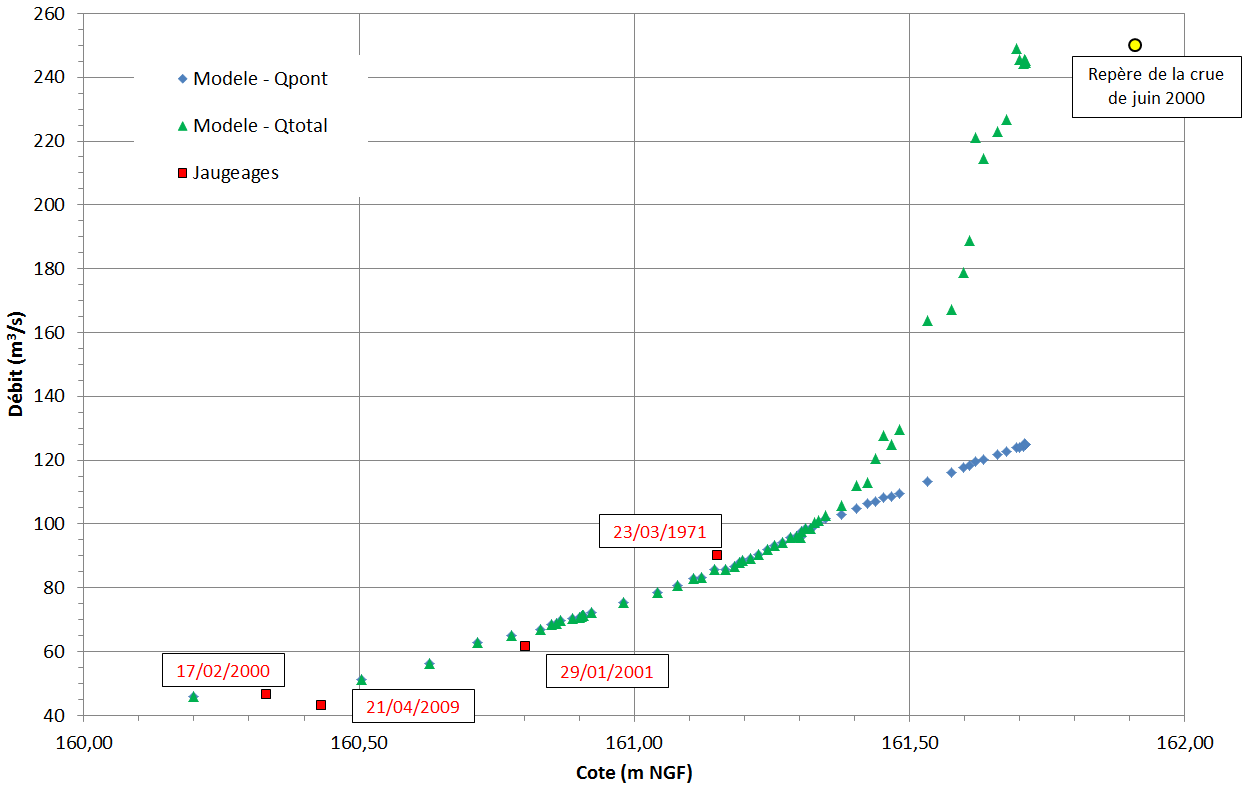


Figure 53 : Courbes de tarage au droit du pont de la RD19 à Labarthe-sur-Lèze : débit en lit mineur (courbe bleu), débit total lit mineur et lit majeur (courbe verte), points de jaugeages (en rouge), repère de la crue au droit du pont (en jaune)

4.6 Résultats de la modélisation hydraulique 2D en état actuel

Le modèle «état actuel » a été construit en considérant la configuration actuelle de la vallée, en intégrant les dalots traversant la RD 12 à Lagardelle ainsi que la déviation routière du Vernet[9].

4.6.1 Scénarios de modélisation

4.6.1.1 Hydrogrammes de crues de la Lèze

Pour définir les scénarios de modélisation sur le secteur de la Lèze aval, les crues historiques du cours d'eau ont été examinées. Sur la période de disponibilité des données à la station hydrométrique de Labarthe-sur-Lèze (1968-2016), quatre crues sont relevées : mai 1977, janvier 1981, septembre 1993 et juin 2000.

Pour ces quatre crues, on dispose des limnigrammes à la station de Labarthe-sur-Lèze. La courbe de tarage définie par modélisation hydraulique bidimensionnelle (cf. paragraphe 0 page 68 ci-avant) est utilisée pour reconstruire les hydrogrammes de ces quatre évènements. La figure suivante présente les 4 hydrogrammes de crue.

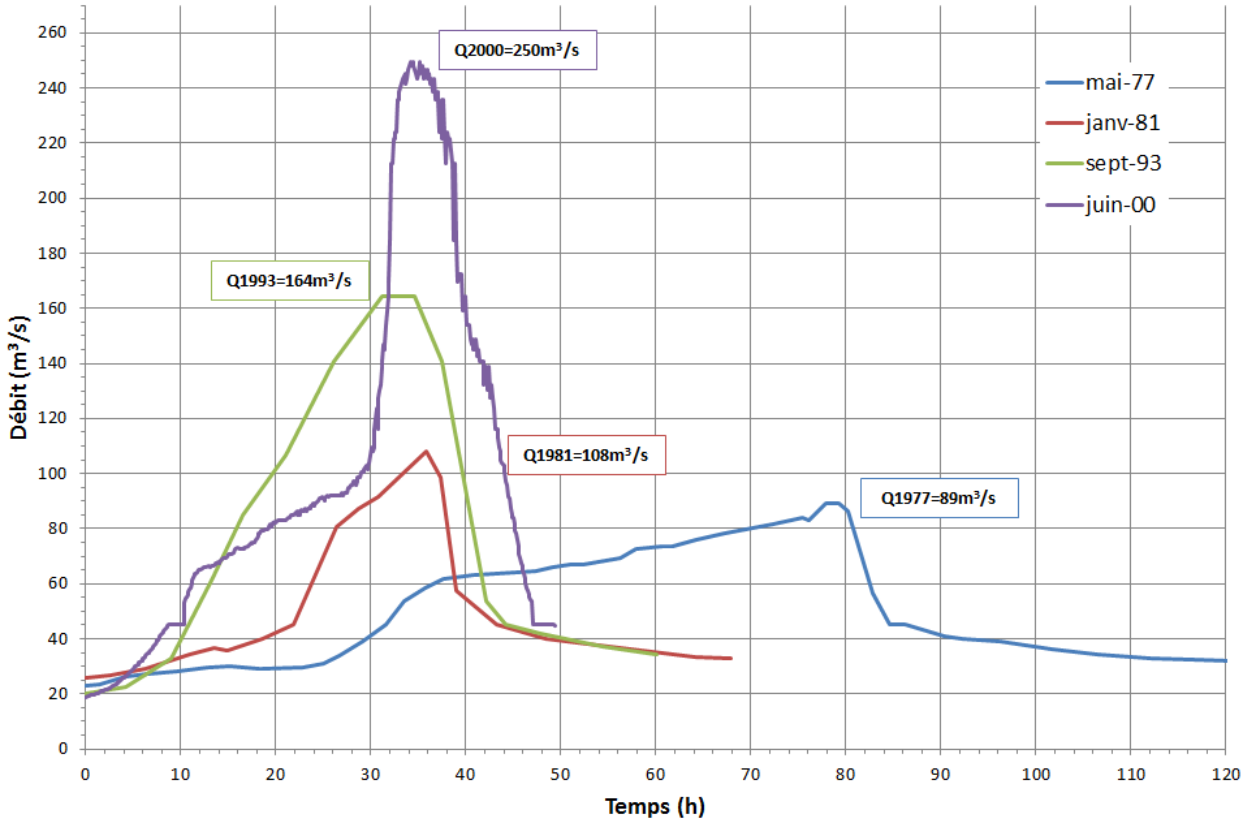


Figure 54 : Hydrogramme des crues historiques de la Lèze à Labarthe-sur-Lèze reconstruit à partir de la courbe de tarage définie dans le cadre de la modélisation hydraulique 2D

[9] Travaux effectués après la crue de juin 2000 utilisée pour le calage du modèle hydraulique

La période de retour de chaque évènement a été estimée :

Evènement	Débit de pointe	Période de retour	Volume
Mai 1977	89 m^3/s	5 ans	19 hm^3
Janvier 1981	108 m^3/s	7 ans	12 hm^3
Septembre 1993	164 m^3/s	23 ans	17 hm^3
Juin 2000	250 m^3/s	100 ans	24 hm^3

Tableau 15 : Estimation des débits de pointe et de la période de retour et des volumes des crues historiques

Dans le cadre de la mission 1, les scénarios de crue de la Lèze retenus sont les suivants :

- La crue de période de retour 5 ans (crue du type mai 1977),
- La crue de période de retour proche de 20 ans (23 ans - crue de type septembre 1993),
- La crue de période de retour 100 ans (crue de type juin 2000).

Remarque : La crue de janvier 1981 est relativement proche en termes de débit de pointe / période de retour de la crue de mai 1977. Il est donc proposé de ne pas la retenir pour modélisation de l'état actuel dans le cadre de la présente étude.

Par ailleurs, les crues synthétiques de période de retour 10 ans et 50 ans sont également modélisées.

La figure suivante présente l'hydrogramme de la crue cinquantennale, construit sur la base des hydrogrammes des crues historiques de septembre 1993 et juin 2000.

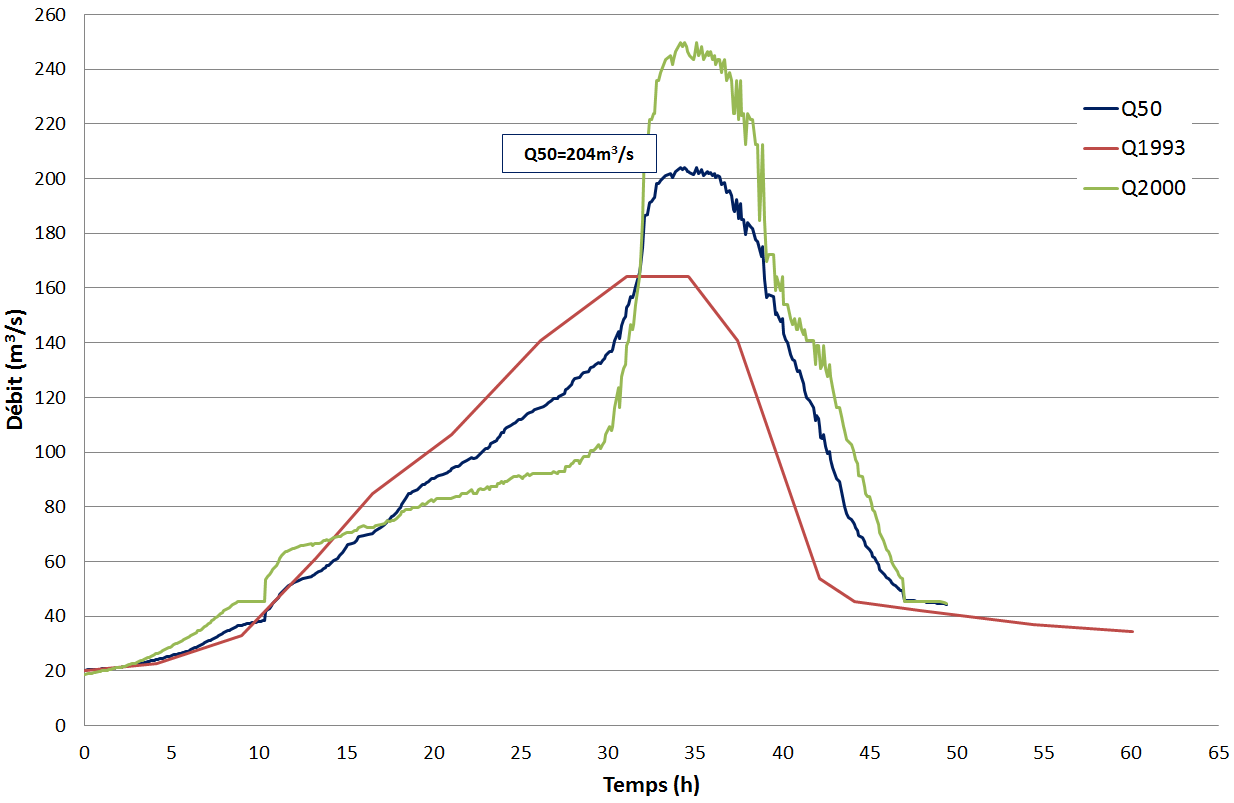


Figure 55 : Hydrogrammes de la crue cinquantennale, de la crue de 1993 et de 2000 à Labarthe-sur-Lèze

Remarque : La modélisation hydraulique ne prend pas en compte de débit d'apport du bassin versant de l'Ayguère pour les raisons suivantes (cf. tableau suivant):.

- Compte tenu des temps de concentration des bassins versant de la Lèze et de l'Ayguère à Labarthe-sur-Lèze, il est peu probable qu'il y ait une concomitance des crues,
- Le débit de pointe de la crue centennale de l'Ayguère (fourni par la base de données Shyreg) est de 6 m^3/s, soit seulement 2,5% du débit de pointe de la crue centennale de la Lèze, et inférieur à l'incertitude sur le débit de la Lèze.

Bassin versant	Surface	Temps de concentration	Débit de pointe centennal
Ayguère	6,5 km²	Environ 2h	6 m^3/s
Lèze	351 km²	Environ 30h	250 m^3/s

Tableau 16 : Comparaison des bassins versants de la Lèze et de l'Ayguère à Labarthe-sur-Lèze

4.6.1.2 Condition hydrologique de l'Ariège

Les modélisations de l'état actuel ont été réalisées avec un hydrogramme de crue de l'Ariège à la confluence correspondant à l'hydrogramme de la crue de juin 2000 (soit un débit décennal du cours d'eau).

Par ailleurs, une analyse de sensibilité a été réalisée en modélisant :

- La crue centennale de la Lèze avec la crue vicennale de l'Ariège (cf. paragraphe 4.6.2.8 page 103),
- La crue de plein bord de la Lèze (estimée à 50-55 m^3/s) avec la crue centennale de l'Ariège (cf. paragraphe 4.6.2.10 page 106),
- La crue décennale de la Lèze avec la crue de référence de l'Ariège, dont le débit de pointe à Vernet est estimé à 2 900 m^3/s (cf. paragraphe 4.6.2.10 page 106).

La figure suivante présente l'écoulement au droit de la zone d'étude pour :

- Un débit de la Lèze de 60 m^3/s (proche du débit de plein bord évalué à environ 55-60 m^3/s),
- Un débit de l'Ariège de 1 010 m^3/s (débit de la crue de juin 2000 relevé à la station hydrométrique d'Auterive).

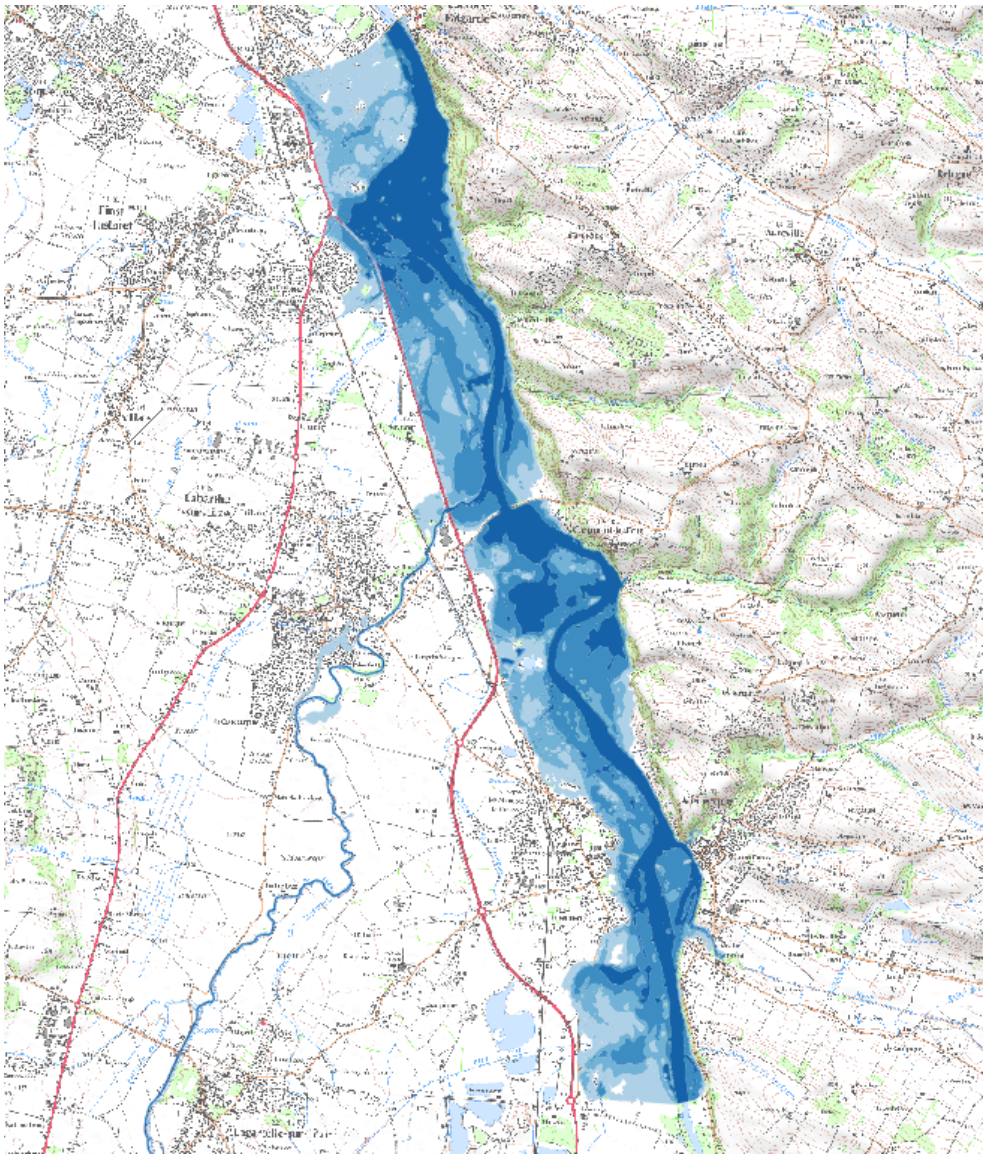


Figure 56 : Zone inondable pour un débit de 50 m^3/s pour la Lèze et 1 000 m^3/s pour l'Ariège

Pour ces débits, on constate des débordements en lit majeur de l'Ariège. Toutefois, ces débordements ne franchissent pas la RD820. Cela signifie que pour un débit de 1 010 m^3/s de l'Ariège (période de retour estimée à 10 ans - cf. Tableau 10 page 36), les débordements de l'Ariège restent « contenus ».

Les scénarios de modélisation complémentaires présentés ci-avant permettront d'évaluer l'influence éventuelle de crues importantes de l'Ariège sur le lit majeur de la Lèze.

4.6.2 Résultats des modélisations hydrauliques et analyse des enjeux impactés

Ce paragraphe présente les résultats des modélisations hydrauliques, en régime transitoire, sur le secteur aval de la Lèze pour les différents scénarios considérés. Les cartographies des hauteurs d'eau (également isocotes et vitesses pour la crue centennale) sont fournies en Annexe 4 du présent document.

Une première analyse des différents enjeux impactés par les crues est présentée. Cette analyse a été effectuée à l'aide de la BD TOPO de l'IGN.

4.6.2.1 Modélisation de la crue de période de retour 5 ans (type mai 1977) et analyse des enjeux impactés

Identification de la zone inondable

Pour la crue de la Lèze de période retour 5 ans, avec une crue décennale de l'Ariège, des débordements apparaissent en lit majeur de la Lèze au droit de la commune de Labarthe-sur-Lèze (cf. Figure 57 ci-après).

Tout d'abord, des débordements apparaissent sur la RD12b (chemin de Lagardelle) en rive gauche de la Lèze, et se propagent via la chaussée vers le centre de Labarthe-sur-Lèze (zone jaune). En rive droite, le lieu-dit « les Aouzelous » situé dans le méandre en amont de la RD19 est également inondé. Les hauteurs d'eau sont généralement faibles (inférieures à 50 cm), mais peuvent être localement modérées (comprises entre 0,5 à 1,0 m). Les vitesses d'écoulement en lit majeur sont faibles (inférieures à 0,5 m/s).

Par ailleurs, on constate également des débordements en lit majeur rive droite au droit des limites communales entre Lagardelle-sur-Lèze, Labarthe-sur-Lèze et Vernet (cercle vert). Toutefois, ces écoulements se diffusent sur la plaine, sans inonder d'enjeux bâtis en lit majeur.

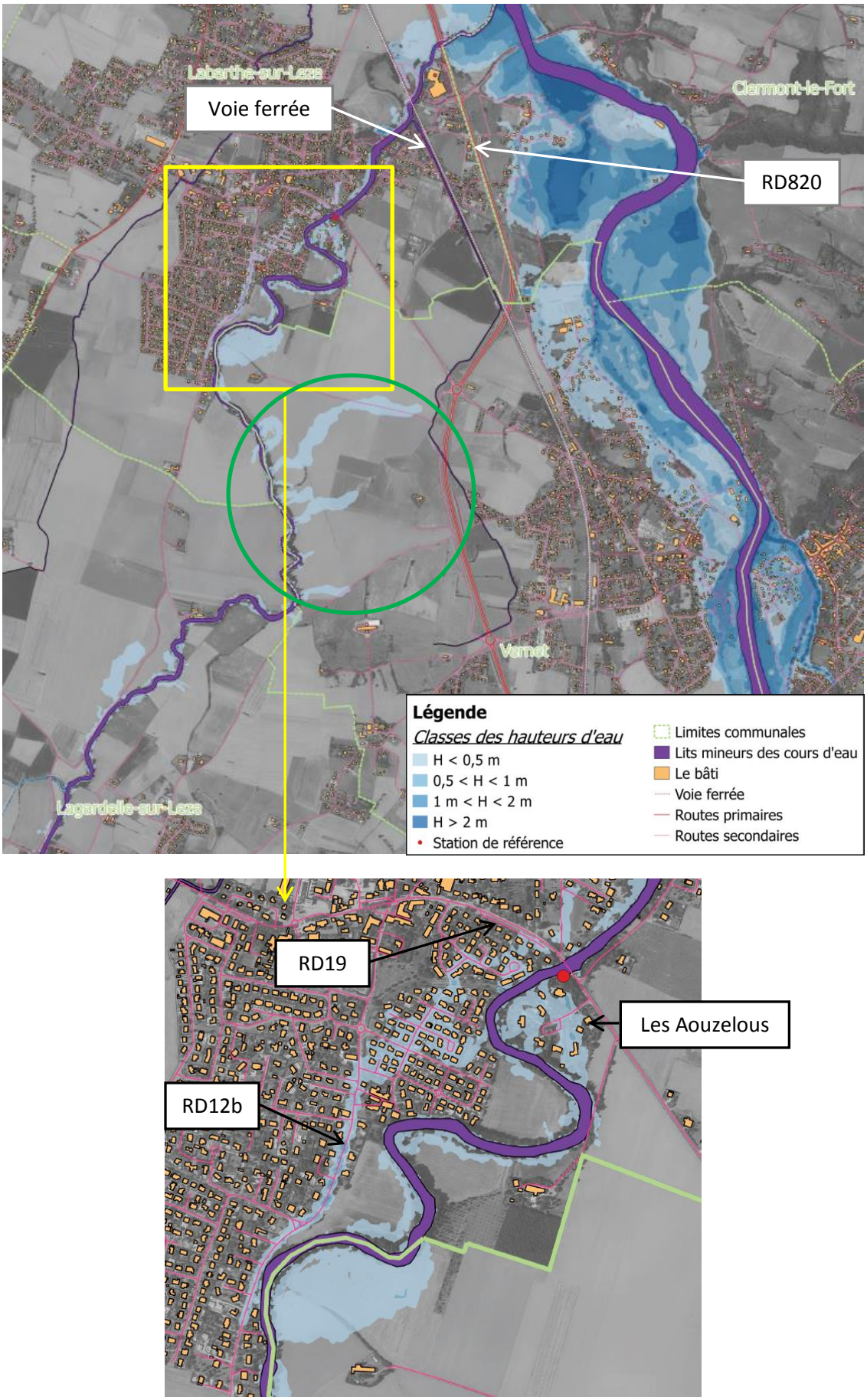


Figure 57 : Hauteurs d'eau pour la crue de période de retour 5 ans (type mai 1977) – état actuel

Remarque 1 : La zone inondable modélisée dans le cadre de la présente étude pour la crue quinquennale diffère de la zone inondable retracée dans « Mémoire de Lèze » pour la crue de 1977 (cf. Figure 26 page 42). En particulier, des débordements avaient été identifiés en rive gauche de la Lèze sur la commune de Lagardelle (en aval de la RD12), qui n'apparaissent pas dans la modélisation hydraulique.

Ceci peut être dû à la présence de merlons en haut de berge rive gauche, intégrés à la modélisation hydraulique bidimensionnelle, qui n'étaient peut-être pas présents lors de l'évènement de 1977.

Remarque 2 : Sur la Figure 57 ci-avant, on constate que, pour un faible débit de la Lèze, l'influence de la crue décennale de l'Ariège (type juin 2000) ne franchit pas le remblai ferroviaire. Une zone de débordement apparaît sur la zone située entre le remblai ferroviaire et la RD820.

Analyse des enjeux inondés

Pour la crue de période de retour 5 ans, les enjeux inondés sont essentiellement situés dans le centre bourg de Labarthe-sur-Lèze et principalement constitués d'habitations.

Le bâtiment industriel de l'usine Paul Boyé Technologies, situé en rive droite de la Lèze entre le remblai SNCF et le remblai de la RD 820,. est également partiellement inondé.

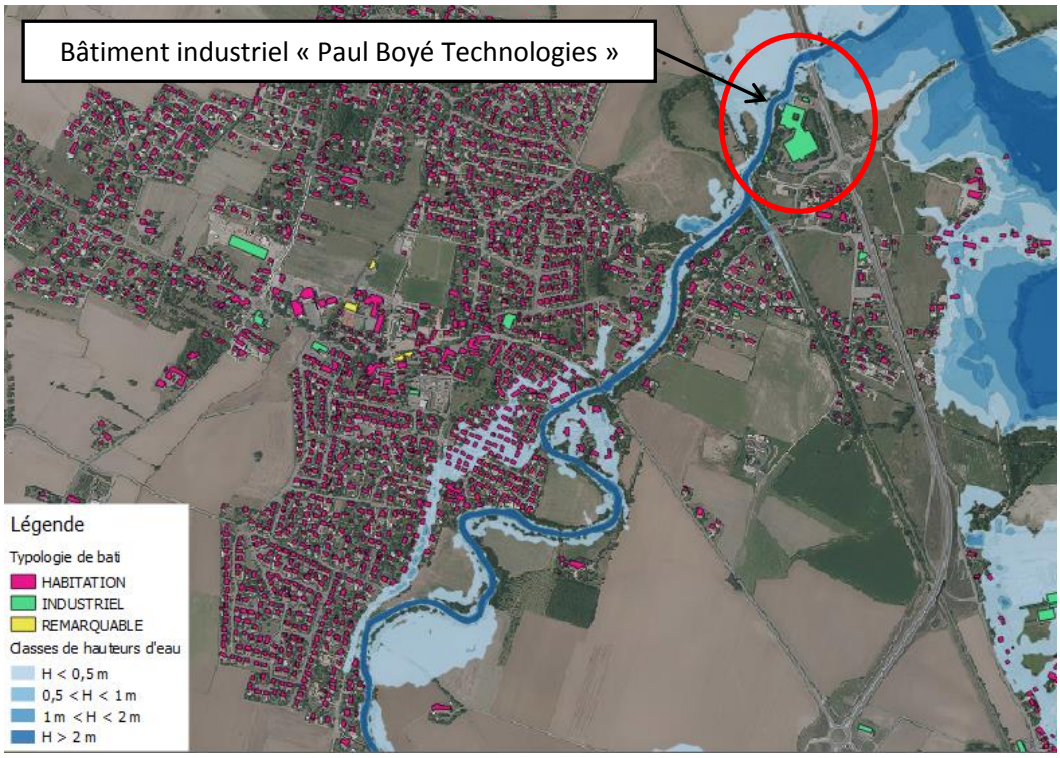


Figure 58 : Typologie des enjeux inondés par la crue de période retour 5 ans

Une estimation de la population résidente inondée par quartier a été réalisée pour la crue de période de retour 5 ans à l'aide des données INSEE[10] (cf. Tableau 17 ci-dessous).

Commune	Quartier	Nombre de personne
Labarthe-sur-Lèze	Le Caroubier – La Condoumine	162
	Les Aouzelous	18
	Les Bords de Lèze	30
TOTAL		**210**

Tableau 17 : Population estimée en zone inondable pour la crue de période de retour 5 ans

Par ailleurs, la cartographie ci-après permet de localiser les zones / populations situées en zone inondable pour un évènement de période de retour 5 ans.

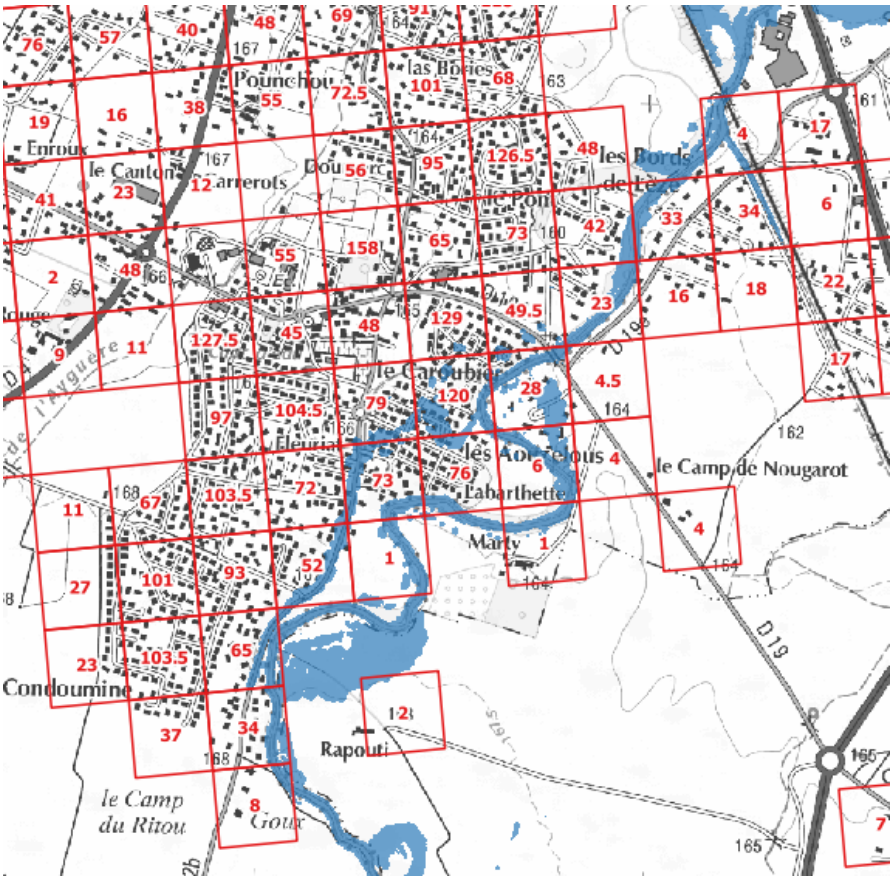


Figure 59 : Localisation des populations impactées pour une crue de période de retour 5 ans – En rouge : le nombre de personne associé au carreau

<u>Remarque :</u> La combinaison de la crue quinquennale de la Lèze, et de la crue décennale (type juin 2000) sur l'Ariège est susceptible d'impacter 862 personnes sur le secteur en aval des remblais ferroviaire et routier.

[10] Les données INSEE se présentent sous la forme d'un carroyage de 200 m x 200 m, datant de 2010. Le nombre de personnes en zone inondable est estimé au prorata de la surface inondée de chaque carreau. Un découpage des grands ensembles urbains a été réalisé pour localiser les populations en zone inondable. Cette estimation présente toutefois quelques incertitudes, du fait de la petite taille de la zone inondée par rapport aux carreaux.

4.6.2.2 Modélisation de la crue de période de retour de 10 ans et analyse des enjeux inondés

Identification de la zone inondable

Pour la crue de la Lèze de période de retour 10 ans, avec une crue décennale de l'Ariège, un débordement généralisé de la plaine entre les communes de Lagardelle-sur-Lèze et Labarthe-sur-Lèze est simulé. Les écoulements se propagent en lit majeur (cf. flèches jaune sur la figure ci-dessous) :

- Rive gauche : vers le cours d'eau de l'Ayguère,
- Rive droite vers le ruisseau du Mondouly.

Les écoulements en rive gauche de la Lèze inondent en partie le centre de Labarthe-sur-Lèze, et notamment la zone amont du quartier de la « Condoumine » et du « Caroubier » (Scan25 de l'IGN) en longeant la RD12b. Les hauteurs d'eau sont globalement faibles sur le secteur (inférieures à 0,5 m), excepté au droit du lieu-dit des « Aouzelous », en rive droite de la Lèze, où les hauteurs d'eau sont localement modérées (comprises entre 0,5 m et 1,0 m).

Par ailleurs, on constate que le remblai ferroviaire fait obstruction à l'écoulement sur le secteur aval du centre de Labarthe-sur-Lèze : le remblai est en charge (cercles verts). En amont de la voie ferrée, les hauteurs d'eau sont faibles et localement modérées (comprises entre 0,5 m et 1 m).

Les vitesses d'écoulement sur la zone sont généralement faibles en lit majeur (inférieures à 0,5 m/s). Elles sont très localement modérées (comprises entre 0,5 et 1,0 m/s), notamment au droit de la RD12b (chemin de Lagardelle) dans le centre de Labarthe-sur-Lèze.

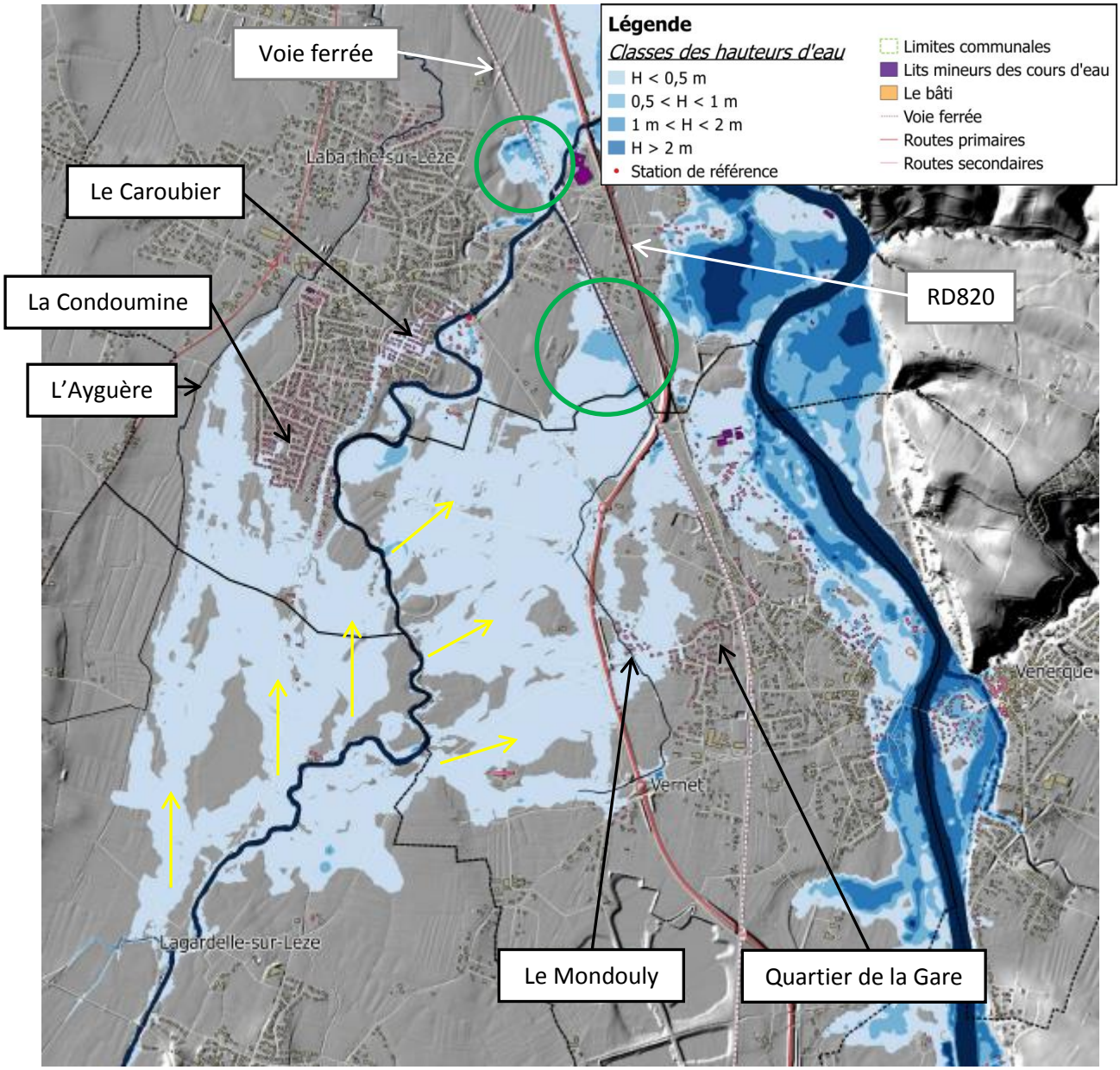


Figure 60 : Hauteurs d'eau pour la crue de période de retour 10 ans– état actuel

Analyse des enjeux inondés

Pour une crue de période de retour de 10 ans, plusieurs zones à enjeux sont inondés (cf. Figure 63 ci-avant), et notamment :

- le quartier de la gare du Vernet, situé en amont du remblai SNCF,
- les quartiers de la Condoumine, du Caroubier et des Aouzelous au bourg de Labarthe sur Lèze.

La majorité des bâtis implantés dans ces quartiers sont de type « habitat ».

Figure 61 : Typologie des enjeux impactés par la crue de période retour 10 ans au centre bourg de Labarthe-sur-Lèze

Une estimation de la population résidente impactée par quartier a été réalisée pour la crue de période de retour proche de 10 ans à l'aide des données INSEE (cf. Tableau 19 ci-dessous).

Commune	Quartier	Nombre de personne
Labarthe-sur-Lèze	Bordeneuve	10
	Doumerc – Le Pont – Las Bories	24
	Enroux	3
	La Ruque	1
	Le Caroubier – La Condoumine	211
	Les Aouzelous	19
	Les Bords de Lèze	8
	Ponchou - Gabachou	2
	Autre	21
Lagardelle-sur-Lèze	La Mouressague	12
	Lagardelle centre	3
Vernet	Vernet	80
TOTAL		**394**

Tableau 18 : Population impactée estimée pour la crue de période de retour proche de 10 ans

Par ailleurs, la cartographie ci-après permet de visualiser les secteurs et populations situés en zone inondable pour un évènement de période de retour 10 ans.

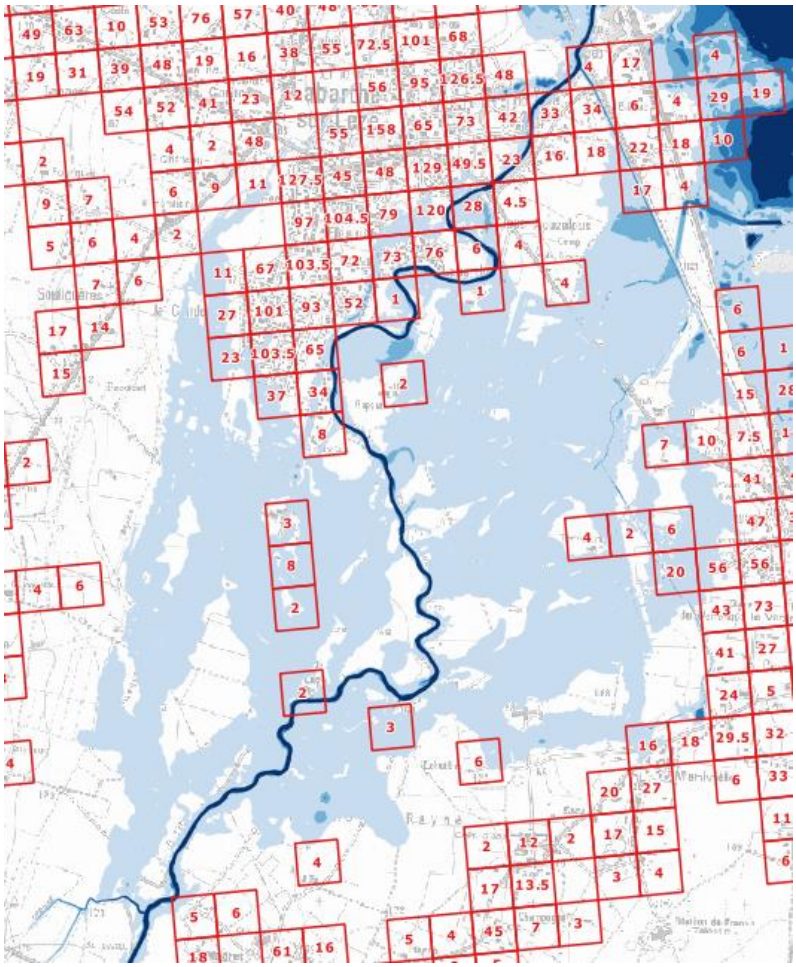


Figure 62 : Localisation des populations impactées pour une crue de période de retour 10 ans – En rouge : le nombre total de personne dans le carreau

4.6.2.3 Modélisation de la crue de période de retour proche de 20 ans (type 1993) et analyse des enjeux inondés

Identification de la zone inondable

Pour la crue de la Lèze période de retour environ 20 ans (type 1993) , avec une crue décennale de l'Ariège, il apparaît un débordement généralisé de la plaine entre les communes de Lagardelle-sur-Lèze et Labarthe-sur-Lèze. Les écoulements se propagent en lit majeur (cf. flèches jaune sur la figure ci-dessous) :

- Rive gauche : vers le cours d'eau de l'Ayguère,
- Rive droite vers le ruisseau du Mondouly.

Les écoulements en rive gauche de la Lèze inondent le centre de Labarthe-sur-Lèze, et notamment les lieux dits de « la Condoumine » et « le Caroubier » figurant sur le Scan25 de l'IGN. Les hauteurs d'eau sont globalement faibles sur le secteur (inférieures à 0,5 m), excepté au droit du lieu-dit des « Aouzelous » où les hauteurs d'eau sont localement modérées (comprises entre 0,5 m et 1,0 m).

Le remblai ferroviaire est en charge (cercles verts) avec des hauteurs d'eau localement fortes (supérieures à 1 m) en amont.

Les vitesses d'écoulement sont généralement faibles en lit majeur (inférieures à 0,5 m/s). Elles sont très localement modérées (comprises entre 0,5 et 1,0 m/s), notamment au droit de la RD12b (chemin de Lagardelle) dans le centre de Labarthe-sur-Lèze.

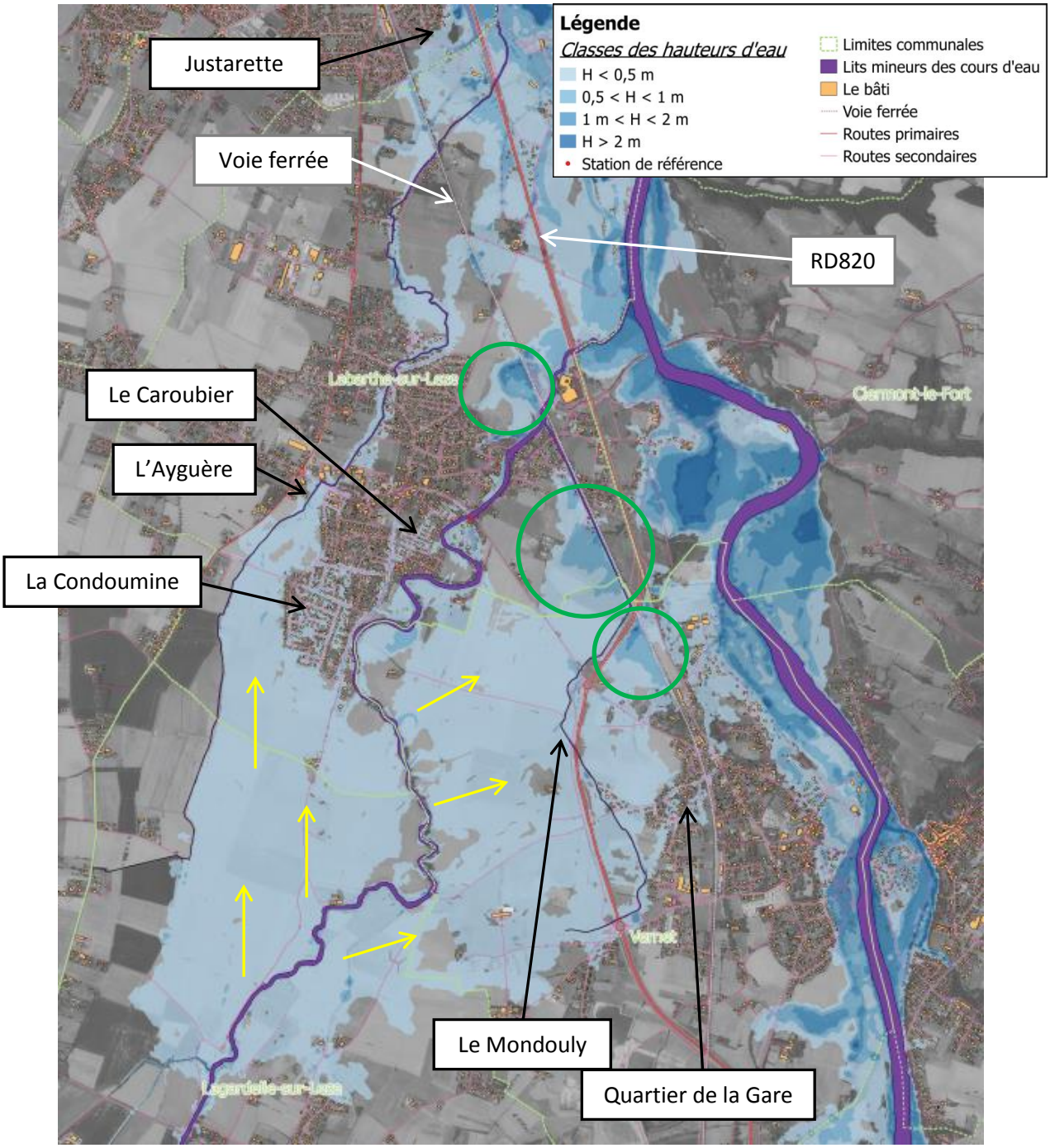


Figure 63 : Hauteurs d'eau pour la crue de période de retour 20 ans (type septembre 1993) – état actuel

Analyse des enjeux inondés

Pour une crue de période de retour proche de 20 ans, plusieurs zones à enjeux sont inondées (cf. Figure 63 ci-avant) :

- le quartier de la gare du Vernet, situé en amont du remblai SNCF,
- les quartiers de la Condoumine, du Caroubier et des Aouzelous au bourg de Labarthe sur Lèze,
- le quartier de Justarette à Pins-Justaret.

La majorité des bâtis implantés dans ces quartiers sont de type « habitat ». Toutefois, sur le secteur du centre de Labarthe-sur-Lèze et du quartier de Justarette, des bâtiments d'entreprises / industriels sont également inondés. De plus, comme le montre la Figure 64 ci-dessous, un bâtiment public sur le complexe sportif (situé chemin de l'Ayguère) est également inondé (cercle noir).

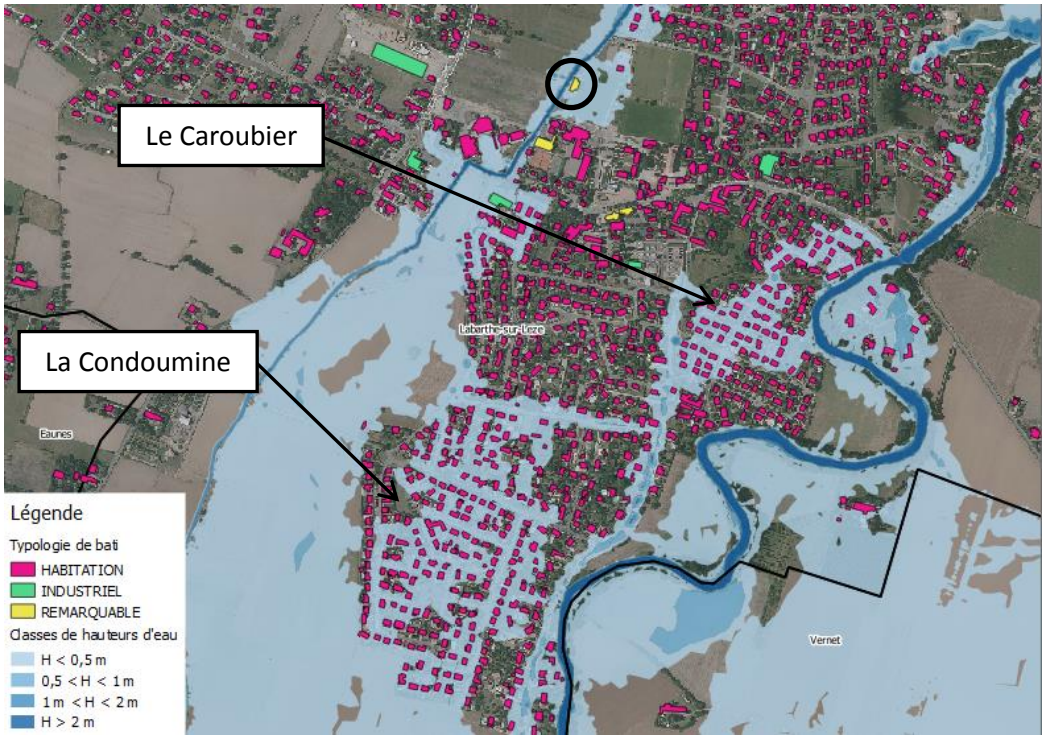


Figure 64 : Typologie des enjeux inondés par la crue de période retour proche de 20 ans au centre bourg de Labarthe-sur-Lèze

Une estimation de la population résidente inondée par quartier a été réalisée pour la crue de période de retour proche de 20 ans à l'aide des données INSEE (cf. Tableau 19 ci-dessous).

Commune	Quartier	Nombre de personne
Labarthe-sur-Lèze	Bordeneuve	12
	Doumerc – Le Pont – Las Bories	138
	Enroux	14
	La Ruque	9
	Le Caroubier – La Condoumine	720
	Le Marchand	12
	Les Aouzelous	21
	Les Bords de Lèze	17
	Ponchou - Gabachou	49
	Autre	112
Lagardelle-sur-Lèze	La Mouressague	14
	Lagardelle centre	3
	Magret - Clinique	26
Vernet	Vernet	218
Pins-Justaret	La Cepette	3
TOTAL		**1368**

Tableau 19 : Population estimée en zone inondable pour la crue de période de retour proche de 20 ans

Par ailleurs, la cartographie ci-après permet de visualiser les zones / populations situées en zone inondable pour un évènement de période de retour 20 ans.

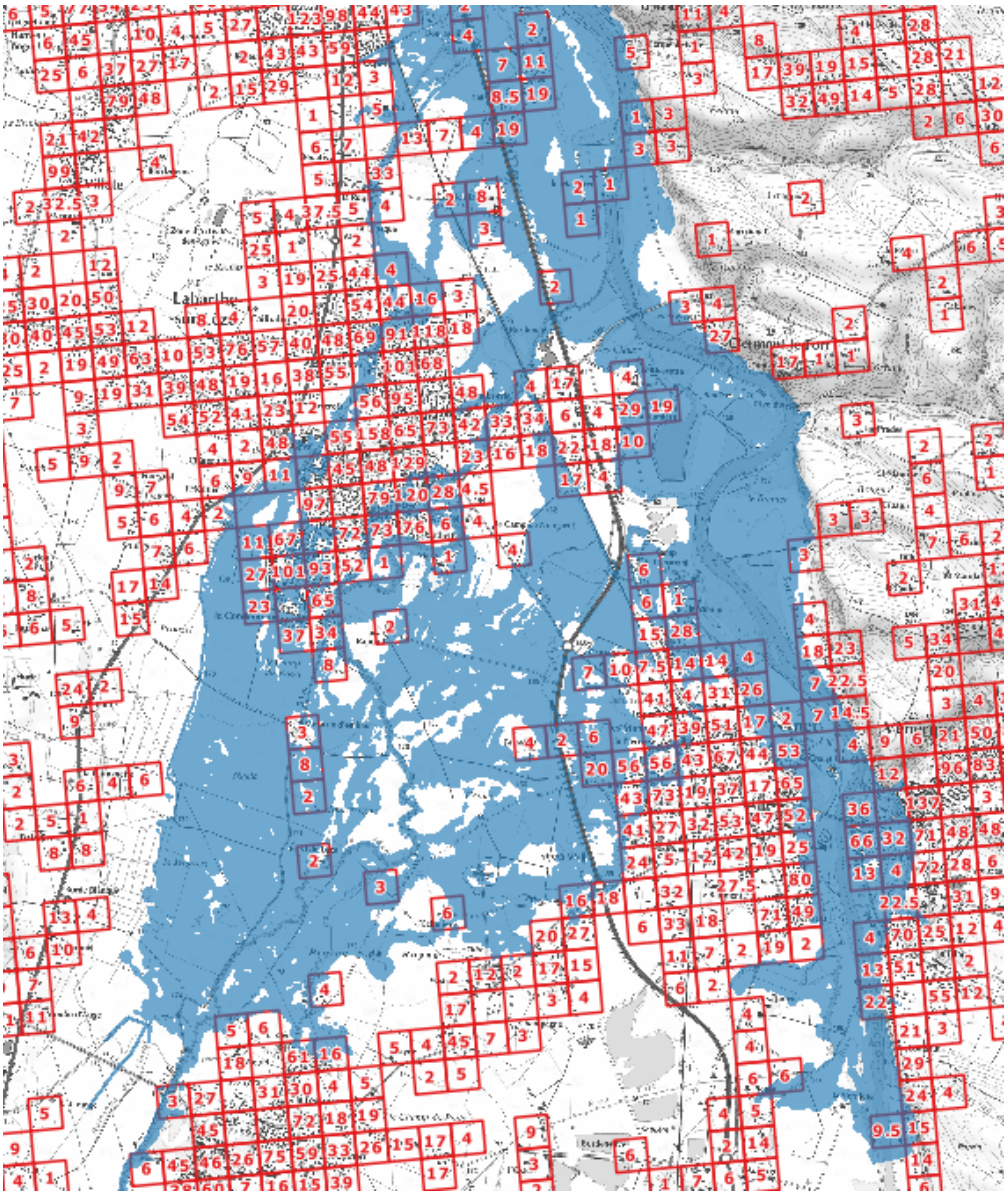


Figure 65 : Localisation des populations situées en zone inondable pour une crue de période de retour 20 ans – En rouge : le nombre total de personnes sur le carreau

4.6.2.4 Modélisation de la crue cinquantennale

Identification des zones inondables

La modélisation de la crue cinquantennale de la Lèze, avec une crue décennale de l'Ariège, présente les mêmes zones de débordements que pour la crue de période de retour environ 20 ans. Toutefois, en amont de Lagardelle-sur-Lèze, des débordements apparaissent en rive gauche qui entrainent une mise en charge du remblai routier de la RD12 (cercle vert sur la figure ci-après).

Les crues de période de retour 20 ans (type 1993) et 50 ans ont quasiment la même emprise sur la commune de Labarthe-sur-Lèze. Les principales différences se situent :

- En amont du remblai de la RD12 à Lagardelle, puisque le remblai rentre en charge pour la crue de période de retour 50 ans (ce qui n'est pas le cas pour une période de retour de 20 ans),
- L'emprise globale sur la plaine inondable entre Lagardelle et Labarthe est légèrement plus étendue pour la crue de période de retour 50 ans.

Cette faible différence provient de l'étalement du volume sur la plaine de la Lèze entre les communes de Lagardelle et Labarthe. En effet, d'un point de vue quantitatif, la différence de volume entre les hydrogrammes de la crue cinquantennale et de la crue vicennale (type 1993) est d'environ 1 million de m^3 (cf. Figure 55 page 70) Or, la superficie de la zone inondable dans les deux cas est d'environ 5 km^2. Par conséquent, la différence entre les deux zones inondables est relativement faible.

Sur le secteur aval, des débordements apparaissent également au droit du quartier « Las Bories ».

Les hauteurs d'eau sont globalement faibles (inférieures à 0,5 m), mais peuvent être localement modérées (comprises entre 0,5 et 1,0 m), notamment à proximité du lit mineur de l'Ayguère. En amont du remblai routier de la RD12 et du remblai ferroviaire, les hauteurs d'eau sont localement modérées à fortes (supérieures à 1,0 m).

Les vitesses d'écoulement sont généralement faibles en lit majeur (inférieures à 0,5 m/s). Toutefois, elles peuvent être très localement modérées (comprises entre 0,5 et 1,0 m/s), notamment au droit de la RD12b (chemin de Lagardelle) dans le centre de Labarthe-sur-Lèze.

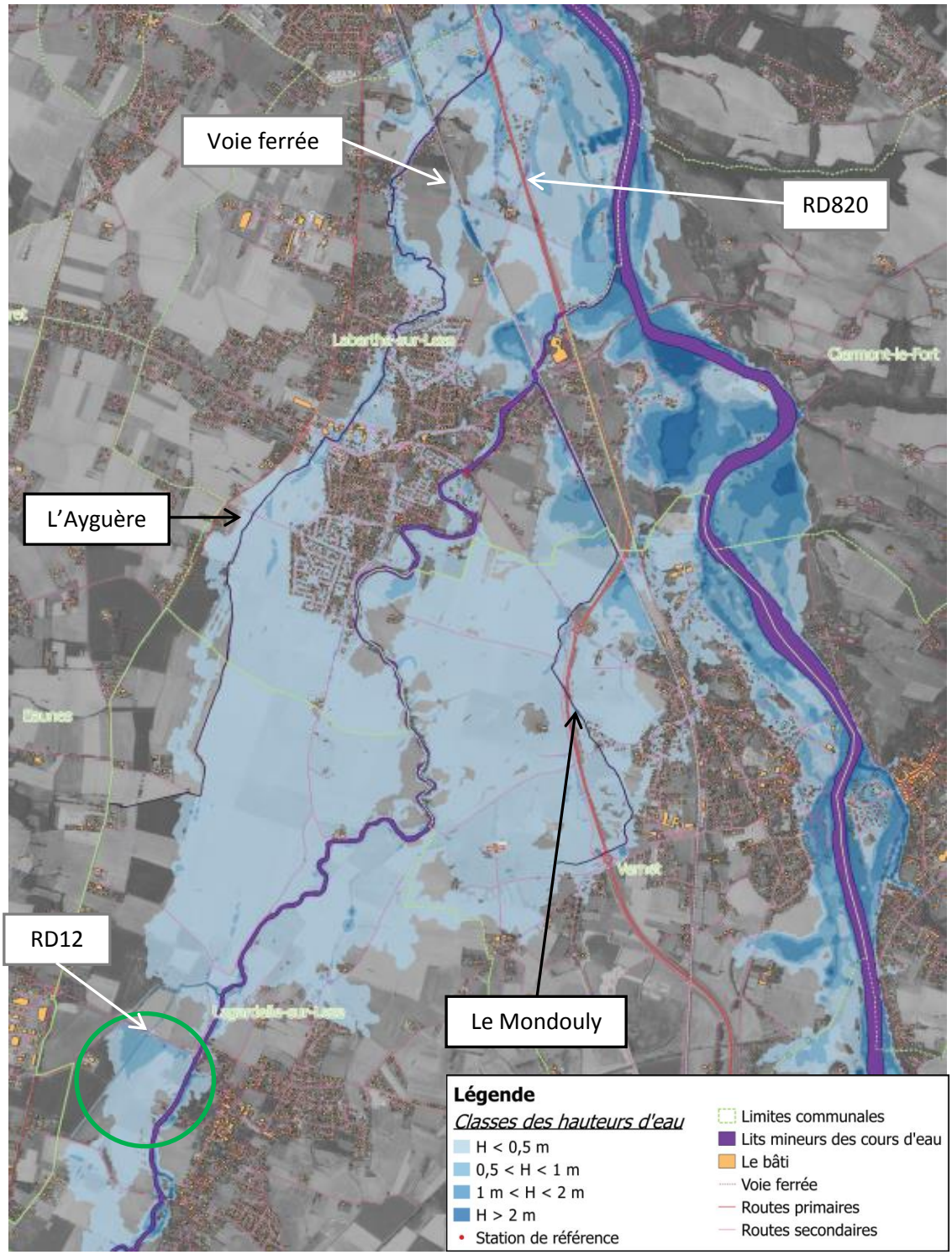


Figure 66 : Hauteurs d'eau pour la crue cinquantennale – état actuel

Analyse des enjeux inondés

La majorité des bâtis en zone inondable par la crue cinquantennale de la Lèze sont de type « habitat ». Toutefois, sur certaines zones, et en particuliers sur le centre de Labarthe-sur-Lèze, des bâtiments d'entreprises / industriels et des bâtiments remarquables (publics, églises…) sont également inondés (cf. Figure 67 ci-dessous).

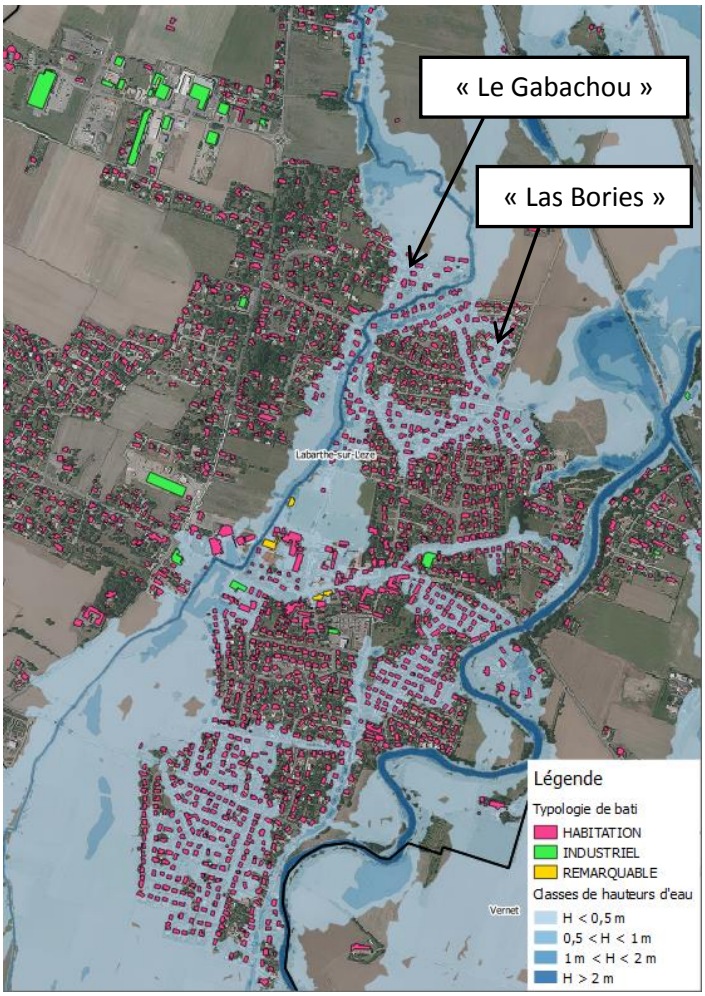


Figure 67 : Typologie des enjeux en zone inondable pour la crue de période retour 50 ans au centre bourg de Labarthe-sur-Lèze

Une estimation de la population résidente en zone inondable par quartier a été réalisée pour la crue de période de retour 50 ans à l'aide des données INSEE (cf. tableau ci-dessous).

Commune	Quartier	Nombre de personne
Labarthe-sur-Lèze	Bordeneuve	12
	Doumerc – Le Pont – Las Bories	562
	Enroux	21
	La Ruque	14
	Le Caroubier – La Condoumine	905
	Le Marchand	17
	Les Aouzelous	23
	Les Bords de Lèze	20
	Ponchou - Gabachou	82
	Autre	143
Lagardelle-sur-Lèze	La Mouressague	14
	Lagardelle centre	10
	Magret - Clinique	33
Vernet	Vernet	244
Pins-Justaret	La Cepette	73
TOTAL		**2175**

Tableau 20 : Population estimée en zone inondable pour la crue de période de retour proche de 50 ans

Par ailleurs, la cartographie ci-après permet de visualiser les zones / populations situées en zone inondable pour un évènement de période de retour 50 ans.

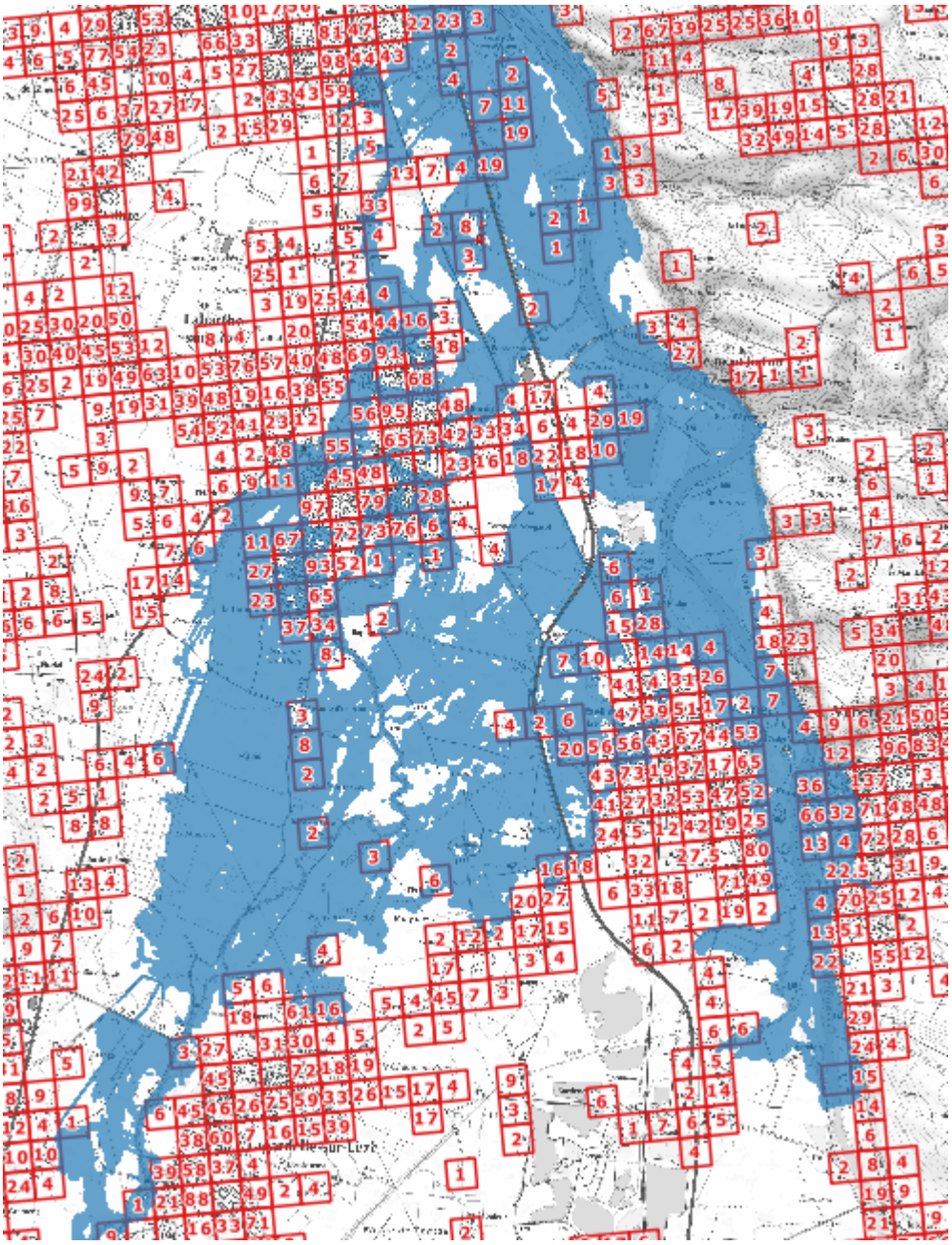


Figure 68 : Localisation des populations en zone inondable pour une crue de période de retour 50 ans – En rouge : le nombre de personne associé au carreau

4.6.2.5 Modélisation de la crue centennale (type juin 2000)

Identification des zones inondables

La figure suivante présente les hauteurs d'eau pour la crue centennale de la Lèze (type juin 2000), avec une crue décennale de l'Ariège (type juin 2000), en état actuel. Les hauteurs d'eau sont globalement faibles (inférieures à 0,5 m), mais peuvent être localement modérées (comprises entre 0,5 et 1,0 m), notamment à proximité des lits mineurs de l'Ayguère et du ruisseau de Mondouly. En amont du remblai routier de la RD12 et du remblai ferroviaire, les hauteurs d'eau sont localement modérées à fortes (supérieures à 1,0 m).

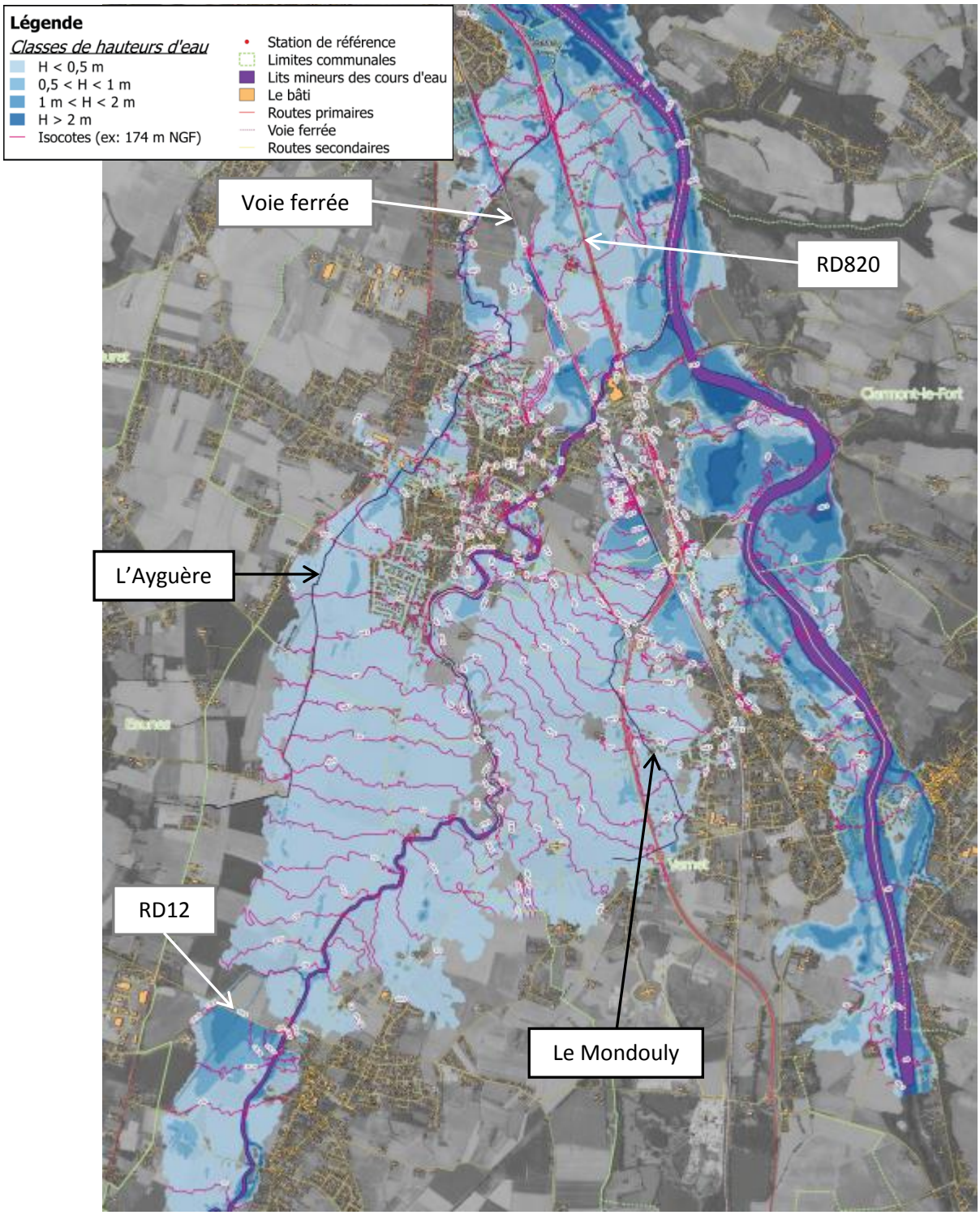


Figure 69 : Hauteurs d'eau pour la crue centennale (de type juin 2000) – état actuel

La figure suivante présente les vitesses pour la crue centennale (type juin 2000) en état actuel.

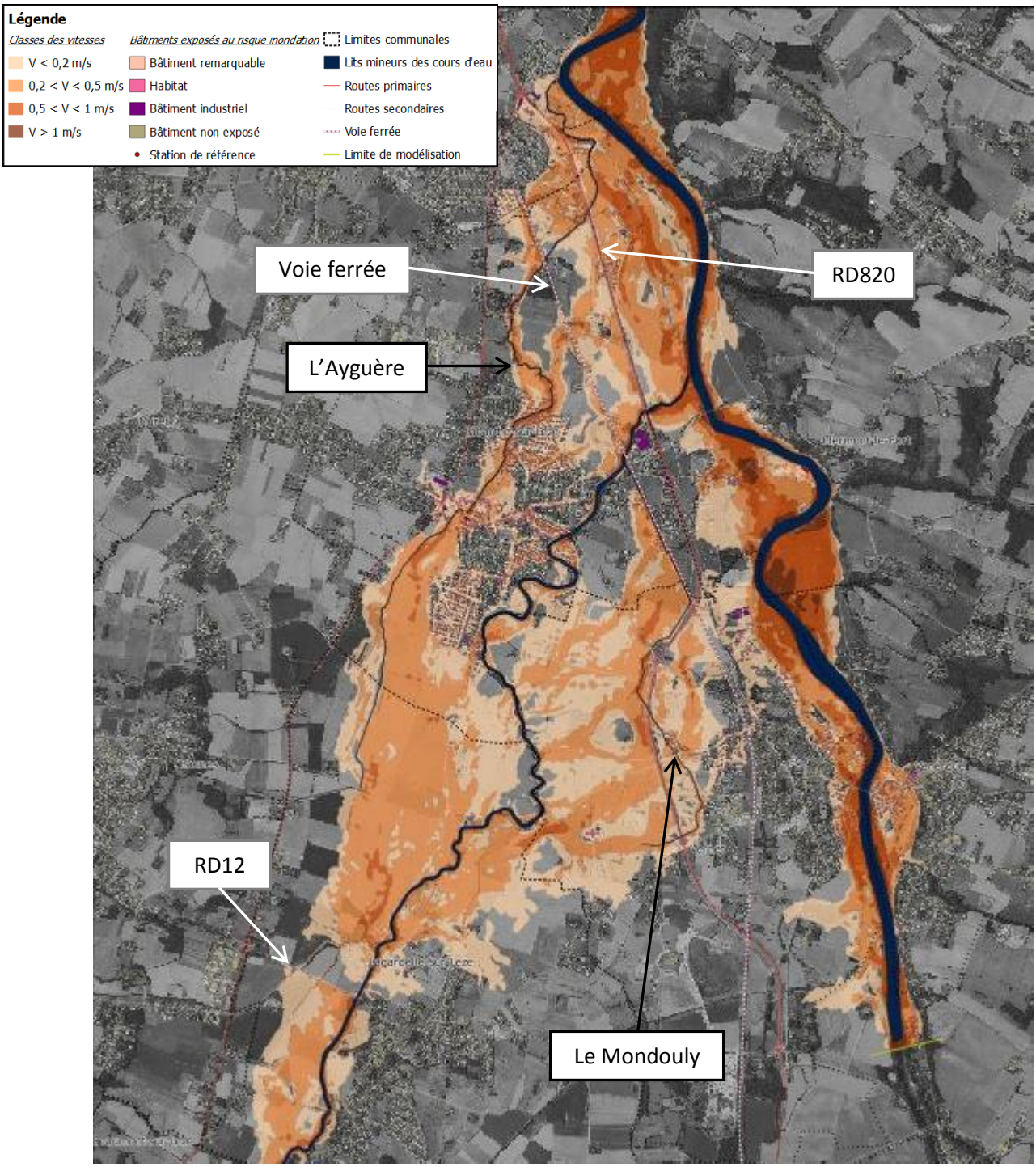


Figure 70 : Vitesses d'écoulement pour la crue centennale (de type juin 2000) – état actuel

Les vitesses d'écoulement sont généralement faibles en lit majeur (inférieures à 0,5 m/s). Elles sont localement modérées (comprises entre 0,5 et 1,0 m/s) :

- Dans certaines rues du centre de Labarthe-sur-Lèze
- En zone proche de l'Ayguère,
- Au droit des zones de remblais qui ne sont pas orthogonale à l'écoulement (déviation du Vernet, voie ferrée).

Analyse des enjeux en zone inondable

La crue centennale de la Lèze est fortement débordante et inonde une grande partie de la vallée de la Lèze aval. La majeure partie du centre ville de Labarthe-sur-Lèze en rive droite de l'Ayguère est inondée. Ces quartiers sont principalement à usage résidentiel mais présentent également quelques bâtiments remarquables comme la mairie ou l'église. Certains locaux d'entreprise ou bâtiments industriels sont également en zone inondable.

Entre le remblai ferroviaire et la RD 820, les lieux-dits « Les Graves », « Bordeneuve », « Le Marchand » ou « Bourassol », , à usage résidentiel, ainsi que l'usine de Paul Boyé Téchnologies (Bâtiment industriel) sont situés en zone inondable.

La figure suivante présente la typologie des enjeux en zone inondable pour la crue centennale de la Lèze.

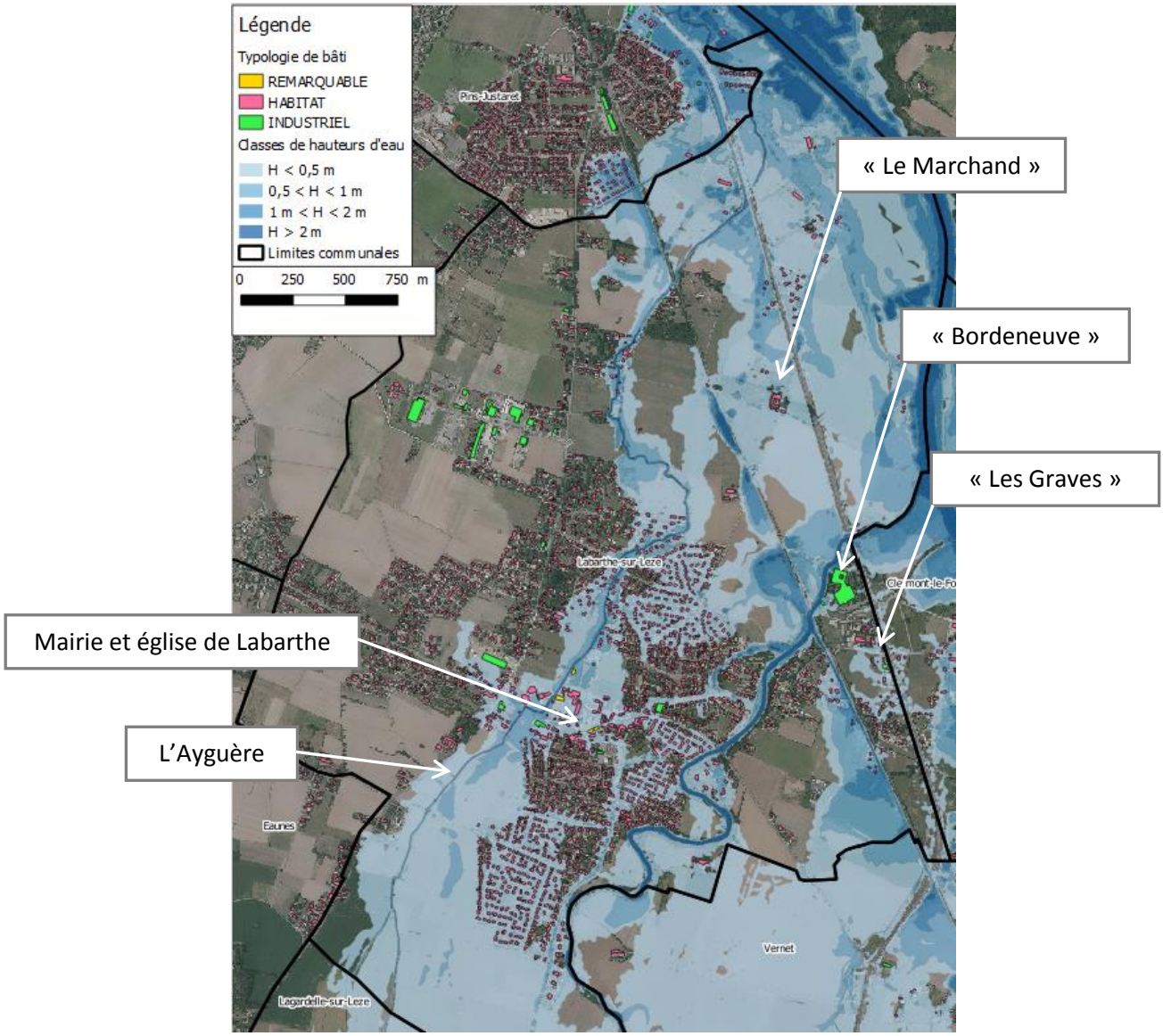


Figure 71 : Typologie des enjeux en zone inondable pour la crue centennale de la Lèze à Labarthe-sur-Lèze

Sur la commune du Vernet, les écoulements de la Lèze, contenus par le remblai ferroviaire, touchent le quartier de la gare, qui est principalement résidentiel (cf. Figure 72 ci-après).

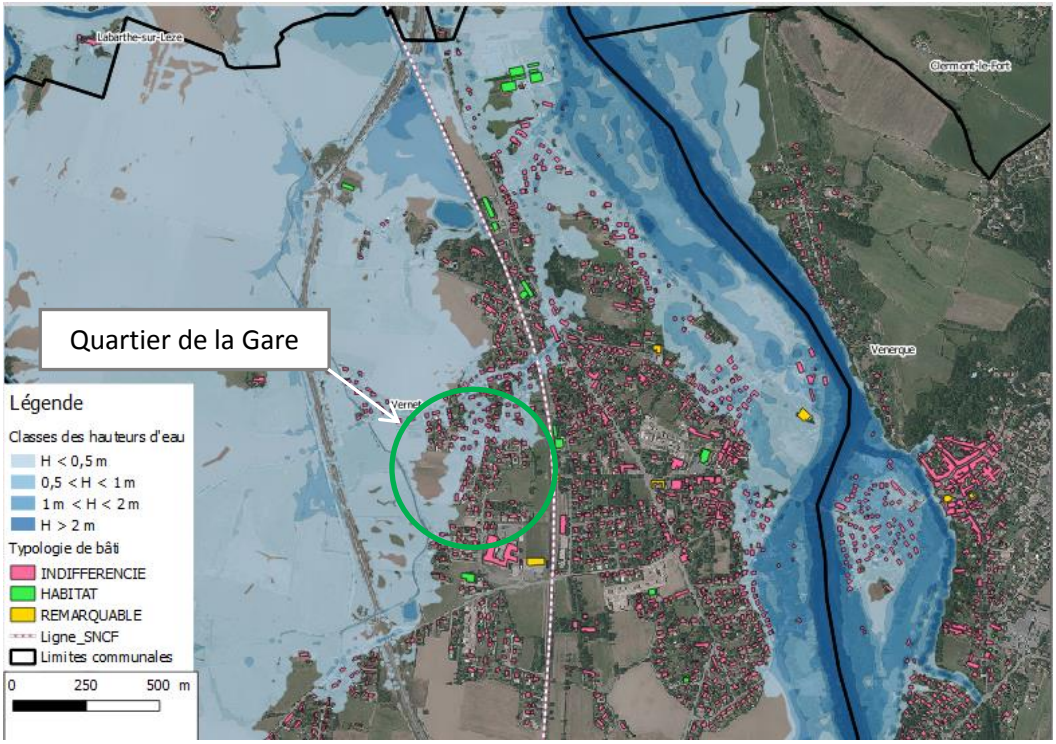


Figure 72 : Typologie des enjeux inondés pour la crue centennale de la Lèze au Vernet

Enfin, au niveau de la commune de Lagardelle, quelques habitations sont situées en zone inondable en rive droite de la Lèze. Plus en aval, la clinique est partiellement en zone inondable tout comme le lieu-dit résidentiel « Magret » (cf. Figure 73 ci-dessous).

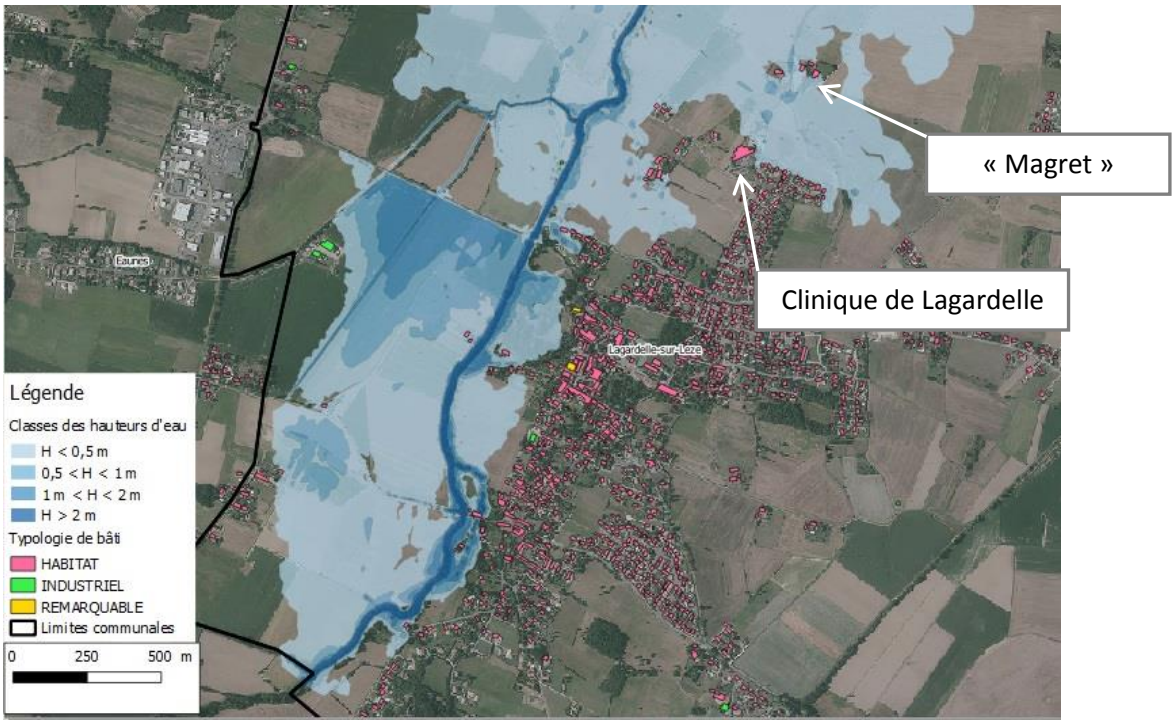


Figure 73 : Typologie des enjeux en zone inondable pour la crue centennale de la Lèze à Lagardelle

Une estimation de la population résidente en zone inondable par quartier a été réalisée pour la crue de période de retour 100 ans à l'aide des données INSEE (cf. tableau ci-dessous).

Commune	Quartier	Nombre de personne
Labarthe-sur-Lèze	Bordeneuve	12
	Doumerc – Le Pont – Las Bories	779
	Enroux	63
	La Ruque	18
	Le Caroubier – La Condoumine	1005
	Le Marchand	21
	Les Aouzelous	24
	Les Bords de Lèze	27
	Ponchou - Gabachou	115
	Autre	161
Lagardelle-sur-Lèze	La Mouressague	14
	Lagardelle centre	27
	Magret - Clinique	62
Vernet	Vernet	264
Pins-Justaret	La Cepette	92
TOTAL		**2687**

Tableau 21 : Population estimée en zone inondable pour la crue de période de retour de 100 ans

Par ailleurs, la cartographie ci-après permet de visualiser les zones / populations situées en zone inondable pour un évènement de période de retour 100 ans.

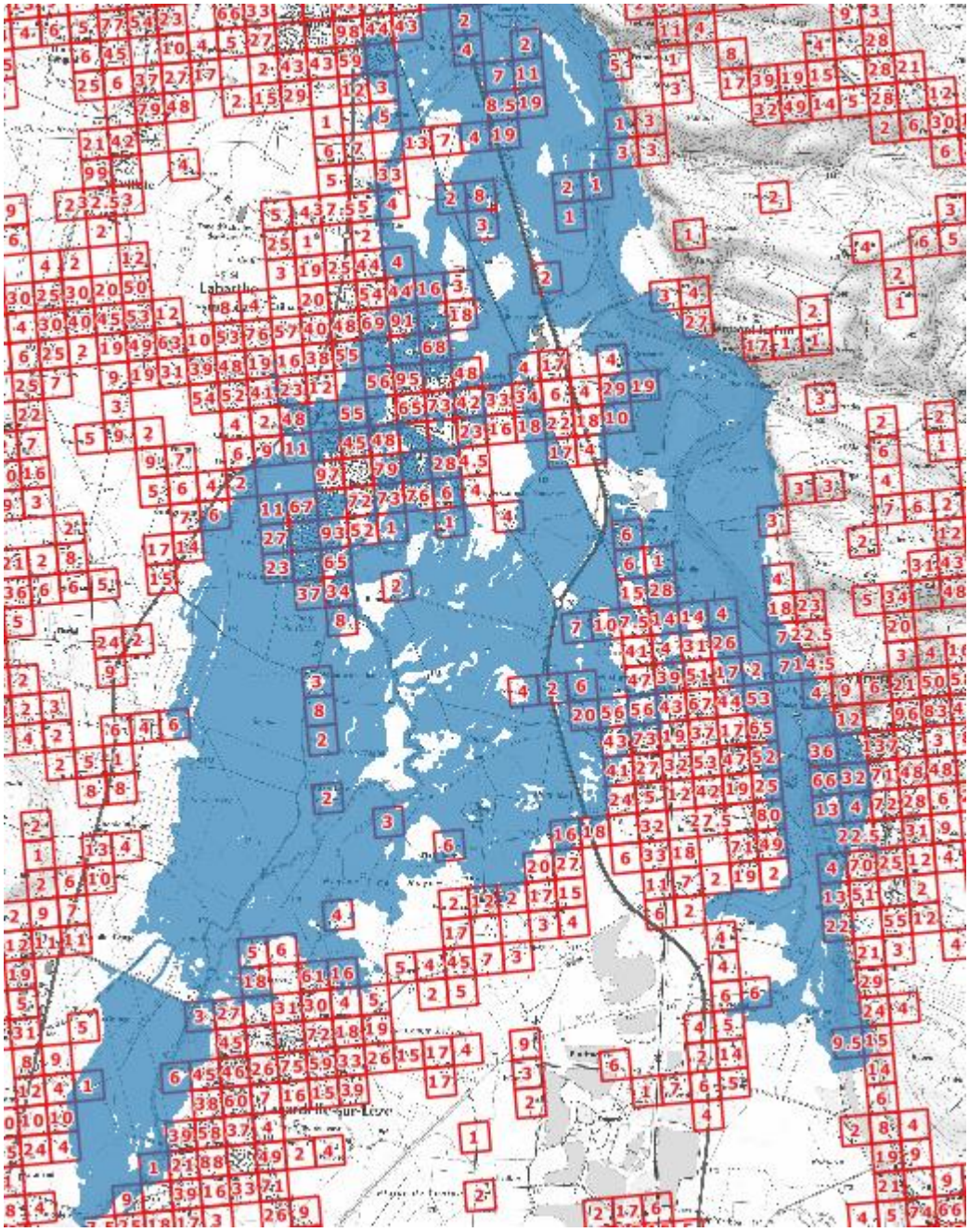


Figure 74 : Localisation des populations impactées pour une crue de période de retour 100 ans – En rouge : le nombre de personne associé au carreau

4.6.2.6 Déroulement de la crue centennale de la Lèze

Afin de visualiser l'évolution de la crue / décrue centennale de la Lèze un film a été réalisé à partir des résultats de la modélisation hydraulique bidimensionnelle.

Le débit de plein bord de la Lèze est estimé à environ 55 m^3/s. Ce débit transite au sein du lit mineur de la Lèze 3h après le début de la crue.

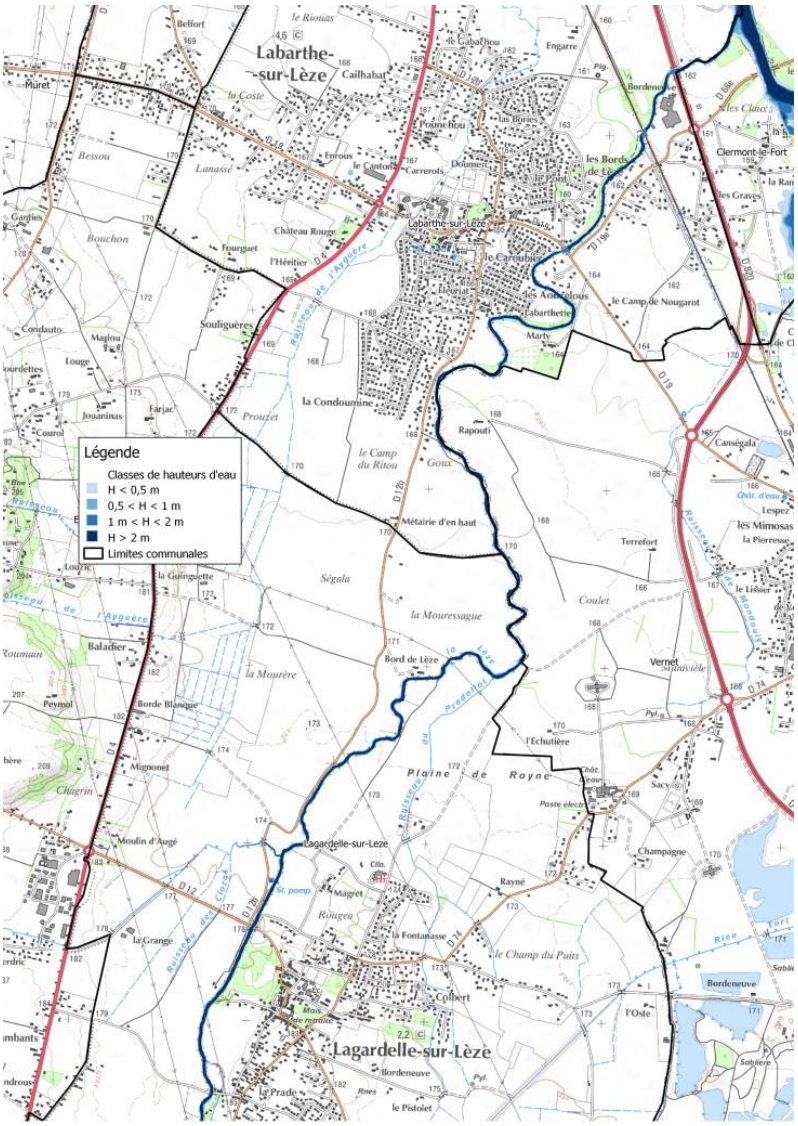


Figure 75 : Débit de plein bord de la Lèze – t = 3h / Q = 55 m^3/s

Les premiers débordements interviennent pour un débit supérieur ou égal à 60 m^3/s.

18 heures après le début de la crue (débit de 90 m^3/s), on observe des débordements sur les secteurs urbains de Labarthe-sur-Lèze.

Le centre ville est atteint par ruissellement via la RD 12 longeant la Lèze. Le quartier résidentiel des « Aouzelous » est également inondé. En aval, entre le remblai SNCF et le remblai routier de la RD820, on observe une première zone de débordement (influence de l'Ariège).

Aucun débordement significatif n'est encore simulé à Lagardelle et au Vernet.

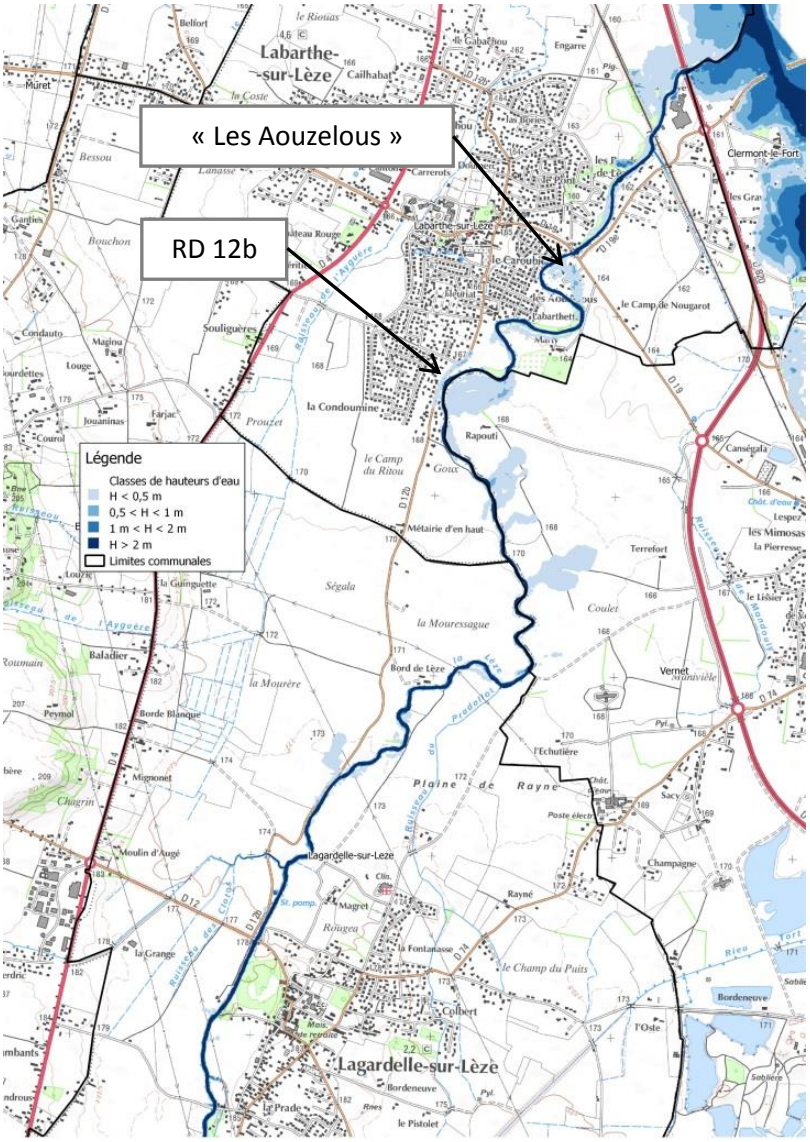


Figure 76 : Zone inondable du secteur de la Lèze aval – t = 18h / Q = 90 m^3/s

26 heures après le début de la crue (débit de165 m^3/s), on observe des débordements généralisés sur la plaine inondable située entre Lagardelle et Labarthe.

Au niveau de Labarthe-sur-Lèze, les écoulements ont atteint le quartier de « La Condoumine » par débordement sur la plaine au Sud du centre ville. Le ruissellement sur la RD 12 inonde le lieu-dit « Le Caroubier ». On observe également la mise en charge du remblai ferroviaire au niveau du « Camp de Nougarot » ainsi qu'au lieu-dit « Bordeneuve ».

Par ailleurs, on observe également la mise en charge de la déviation du Vernet (la charge hydraulique est relativement faible – de l'ordre de 30 cm – grâce aux nombreux ouvrages hydrauliques traversant le remblai routier).

Au niveau de la commune de Lagardelle sur Lèze, le remblai de la RD 12 entre en charge. Des bâtis sont inondées en rive droite la Lèze.

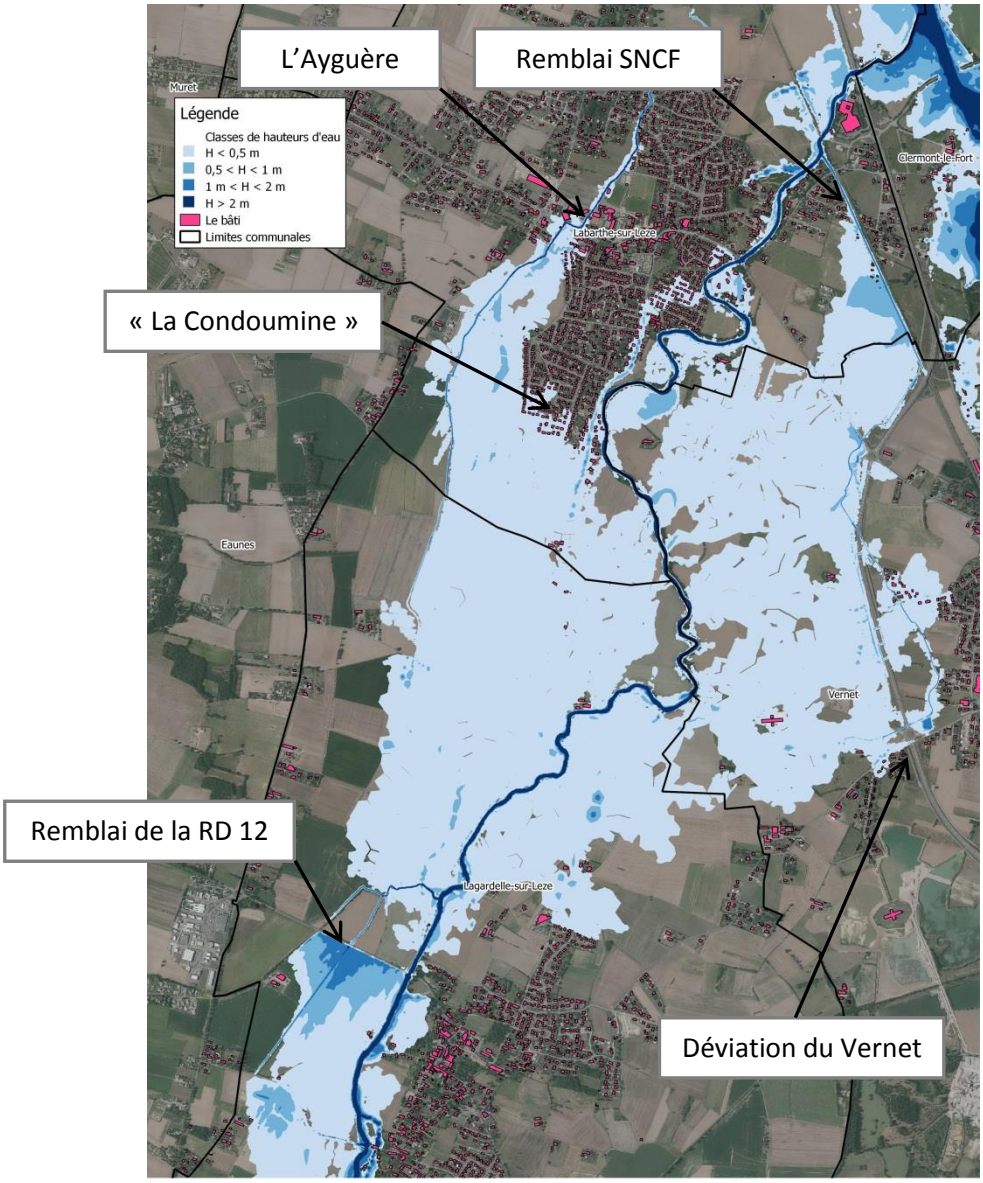


Figure 77 : Zone inondable du secteur de la Lèze aval – t = 26h / Q = 165 m^3/s

30 heures après le début de la crue, le débit de pointe (250 m^3/s) est atteint. La figure 61 (page 91) présente l'emprise de la crue centennale, les hauteurs d'eau, vitesses d'écoulement, ainsi que les principaux enjeux impactés.

12 heures après le pic de crue (débit de 50 m^3/s, soit le plein bord), la décrue continue en lit majeur et en amont des zones de remblais.

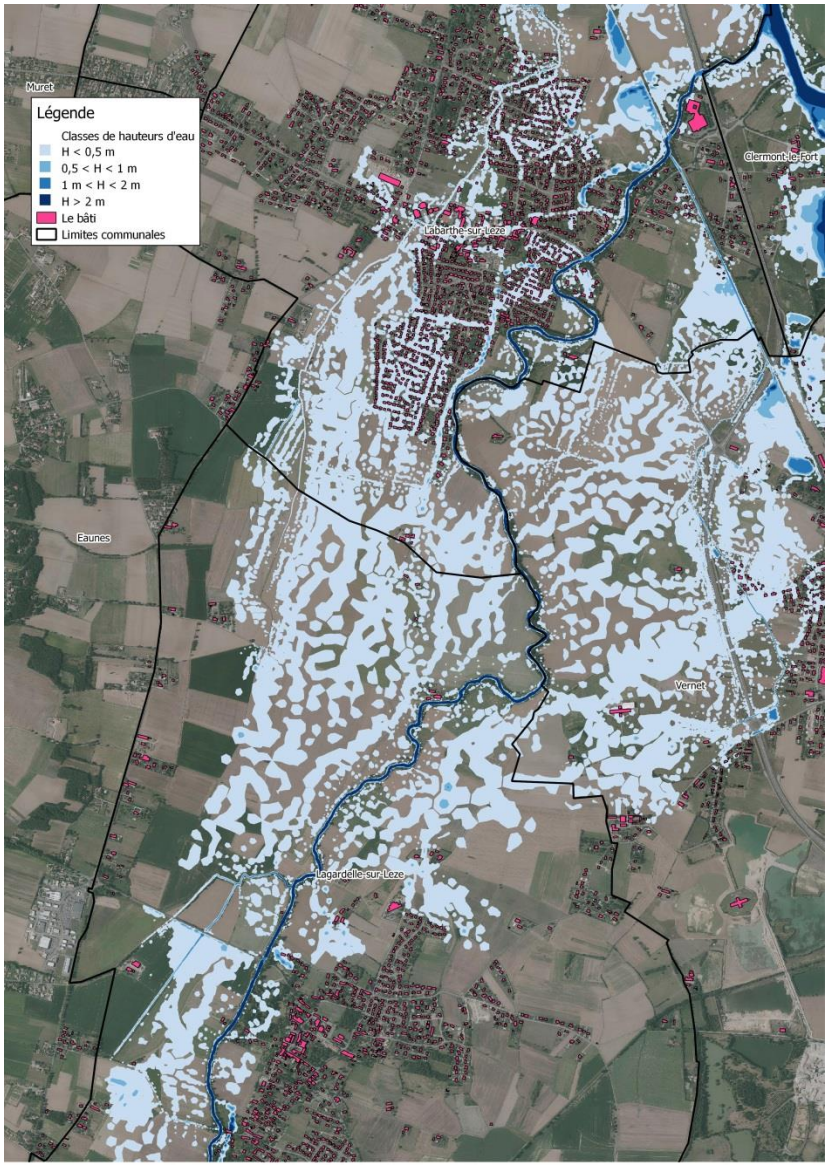


Figure 78 : Zone inondable du secteur de la Lèze aval – t = 42h / Q = 50 m^3/s

25 heures après le début de la décrue, le ressuyage n'est pas terminé et de faibles hauteurs d'eau sont encore présentes sur le territoire de la Lèze aval. Le débit transitant à cet instant au sein du lit mineur au droit du bourg de Labarthe-sur-Lèze est d'environ 30 m^3/s. L'eau s'évacue difficilement sur la plaine d'inondation entre Lagardelle et Labarthe.

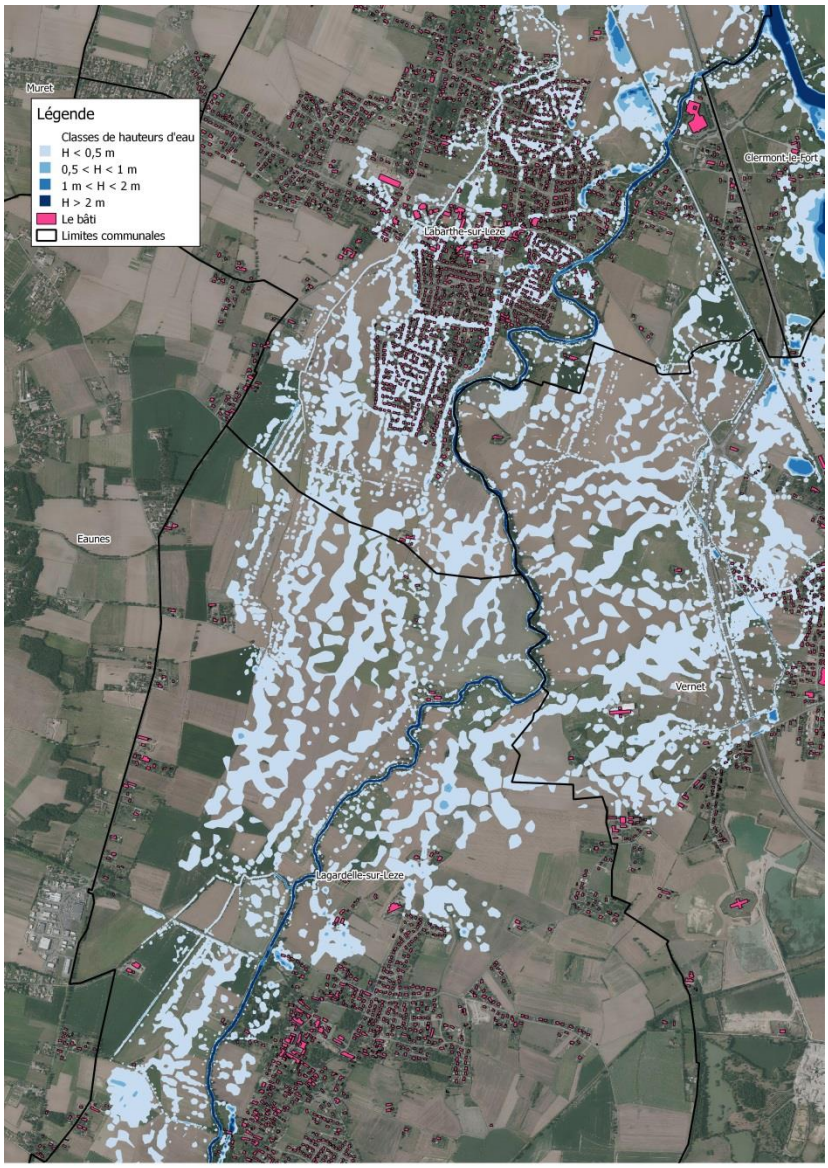
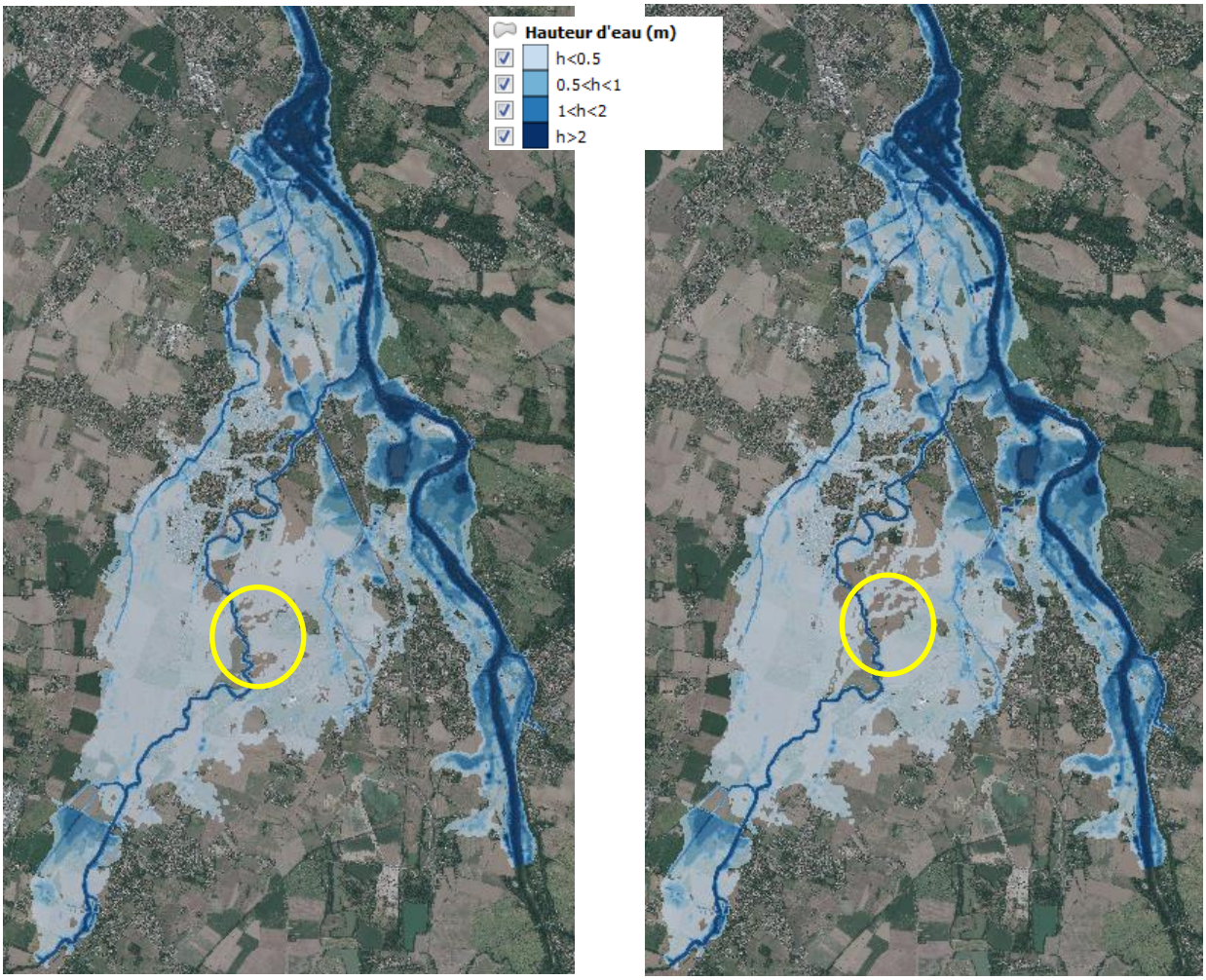


Figure 79 : Zone inondable du secteur de la Lèze aval - – t = 55h / Q = 30 m^3/s

4.6.2.7 Modélisation « test »de la crue centennale de la Lèze en l'absence de merlons

Le modèle hydraulique a été modifié pour faire une modélisation « test » de la crue centennale en l'absence de merlons en haut de berge de la Lèze. La figure suivante présente les résultats, qui sont comparées à la crue centennale avec merlons.



Avec merlons *Sans merlons*

Tableau 22 : Cartographie de la crue centennale avec et sans merlons

Pour un évènement important (crue centennale), les merlons ne présentent pas d'impacts majeurs sur les écoulements et les zones inondables.

Les merlons semblent « décaler » vers l'aval la zone de débordement sur la plaine en rive droite entre Lagardelle et Labarthe (cf. cercles jaunes). L'absence de merlons provoque un débordement plus en amont sur la plaine en rive droite, et un écoulement plus important s'établit vers la commune du Vernet. En termes de débit de pointe transitant en lit majeur, on a globalement la même répartition des débits rive gauche / rive droite entre la situation avec et sans merlons. Toutefois, en rive droite, un débit plus important (+10 m^3/s environ) arrive sur la zone « amont » (secteur de Manivièle sur le Scan25 de l'IGN) de la commune de Vernet.

4.6.2.8 Modélisation « test » de la crue centennale de la Lèze avec une crue vicennale de l'Ariège

Les modélisations hydrauliques présentées dans les paragraphes précédents ont été réalisées pour une crue décennale de l'Ariège. Après discussion avec le comité de pilotage, il est apparu pertinent de réaliser un test pour une crue plus importante de l'Ariège. Ainsi, un test est menée pour :

- La crue centennale de la Lèze (type juin 2000),
- La crue vicennale de l'Ariège.

La figure ci-après présente les hauteurs d'eau modélisées.

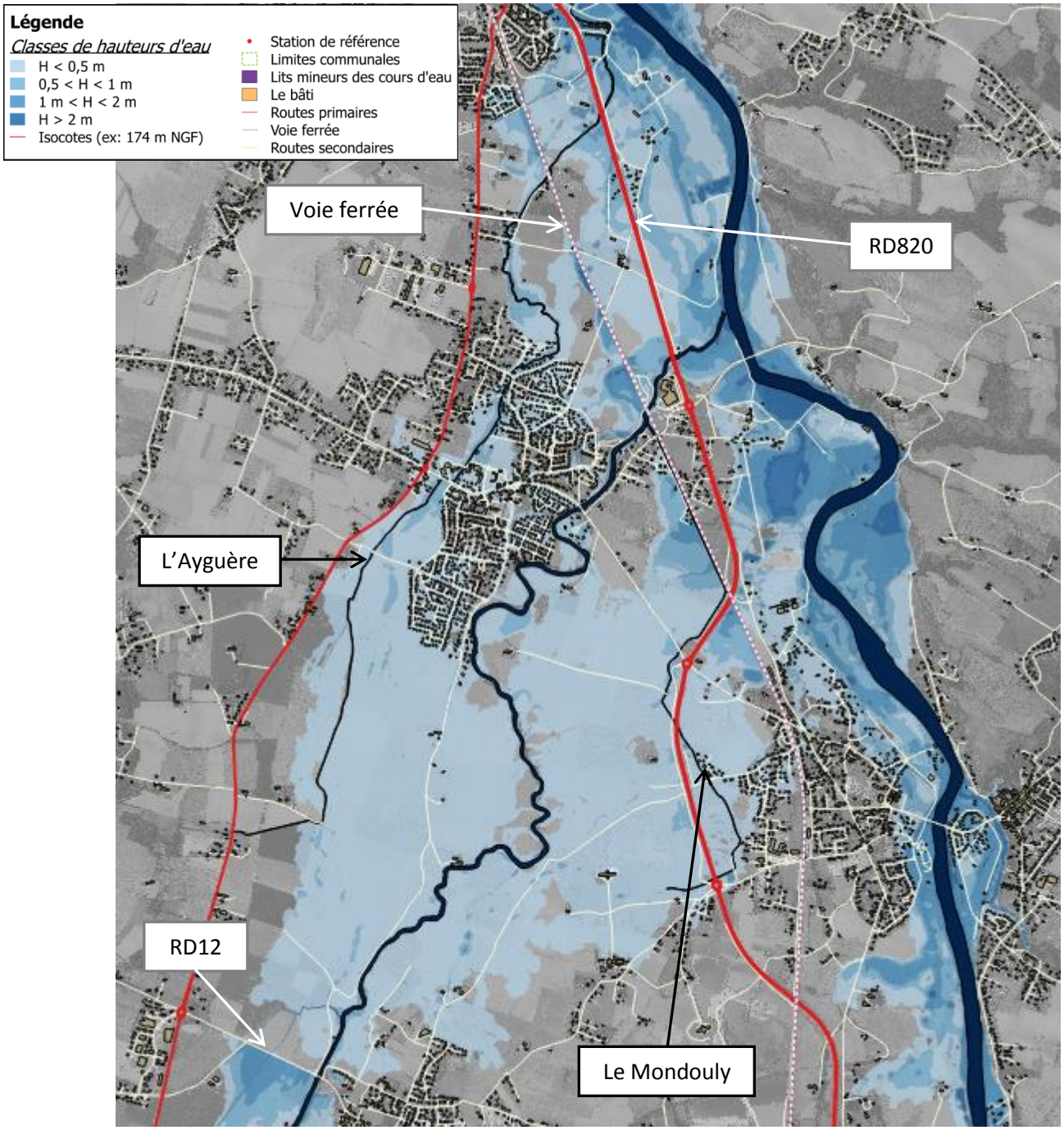


Figure 80 : Hauteurs d'eau pour la crue centennale (de type juin 2000) avec une crue vicennale de l'Ariège

Sur la partie amont du remblai ferroviaire, les résultats sont identiques à la modélisation hydraulique de la crue centennale de la Lèze concomitante avec une crue décennale de l'Ariège (cf. Figure 69 page 91). Les remblais routier (RD820) et ferroviaire permettent de limiter l'influence des crues de l'Ariège sur la Lèze aval (du moins, pour de faibles périodes de retour).

4.6.2.9 Modélisation de la crue millénale

Identification de la zone inondable

La modélisation de la crue millénale de la Lèze, avec une crue décennale de l'Ariège, présente globalement les mêmes zones inondables que la crue centennale (type Juin 2000).

Néanmoins, dans le cas de la crue millénale, l'eau surverse par-dessus le remblai de la RD4 à Labarthe-sur-Lèze, et inonde le quartier de « Cailhabat » et la zone d'activité des « Agriès ». L'écoulement est ensuite redirigé, via le ruisseau du Riouas, vers le quartier de la « Cepette », où la mise en charge du remblai ferroviaire est aggravée (par rapport à la crue centennale).

Les hauteurs d'eau sont, d'une façon générale, plus importantes que celles obtenues dans le cadre de la modélisation de la crue centennale. De plus, les charges hydrauliques sont plus importantes sur les remblais (remblai ferroviaire et RD12 à Lagardelle).

Les vitesses d'écoulements sont globalement modérées en lit majeur (comprises entre 0,2 et 0,5 m/s). Cependant, on observe localement des vitesses d'écoulement plus fortes comprises entre 0,5 et 1 m/s :

- En aval du remblai de la RD 12, le long de l'Ayguère,
- Le long de la déviation du Vernet aux abords du Mondouly,
- Entre le remblai SNCF et la RD 820 au niveau de la commune de Labarthe-sur-Lèze.

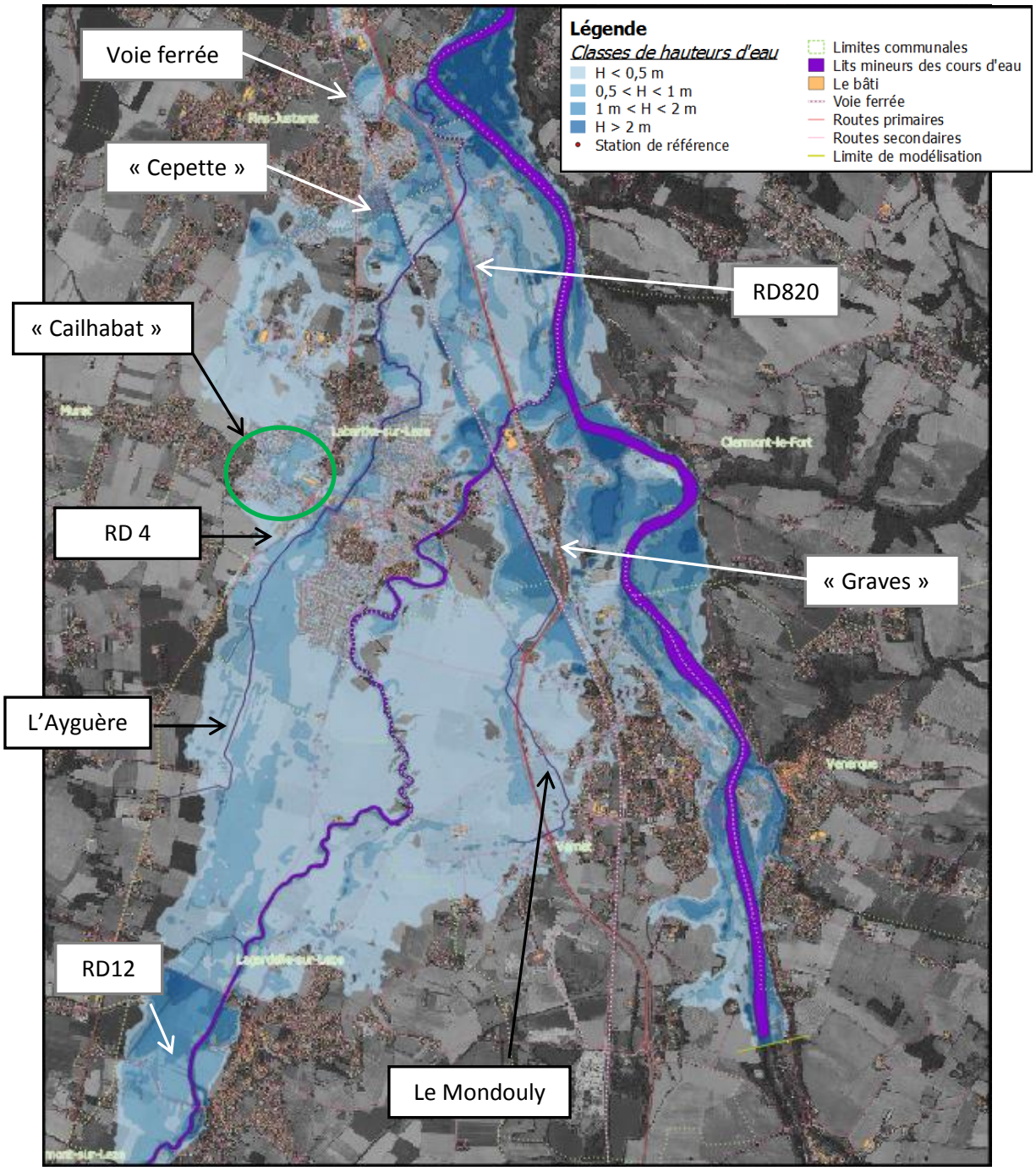


Figure 81 : Hauteurs d'eau pour la crue millénale – état actuel

Analyse des types d'enjeux en zone inondable

La crue de période de retour 1000 ans inonde la commune de Labarthe-sur-Lèze dans son ensemble. En effet, le centre bourg est totalement submergé mis à part le lieu - dit « Fleuriat ». Les quartiers situés en aval de RD4 sont également inondés :

- Lieu-dit « Cailhabat » (habitations) ;
- Lieu-dit « Enroux » (habitations) ;
- La zone d'activité économique des Agriès ;
- Lieu-dit « Villeneuve » (habitations).

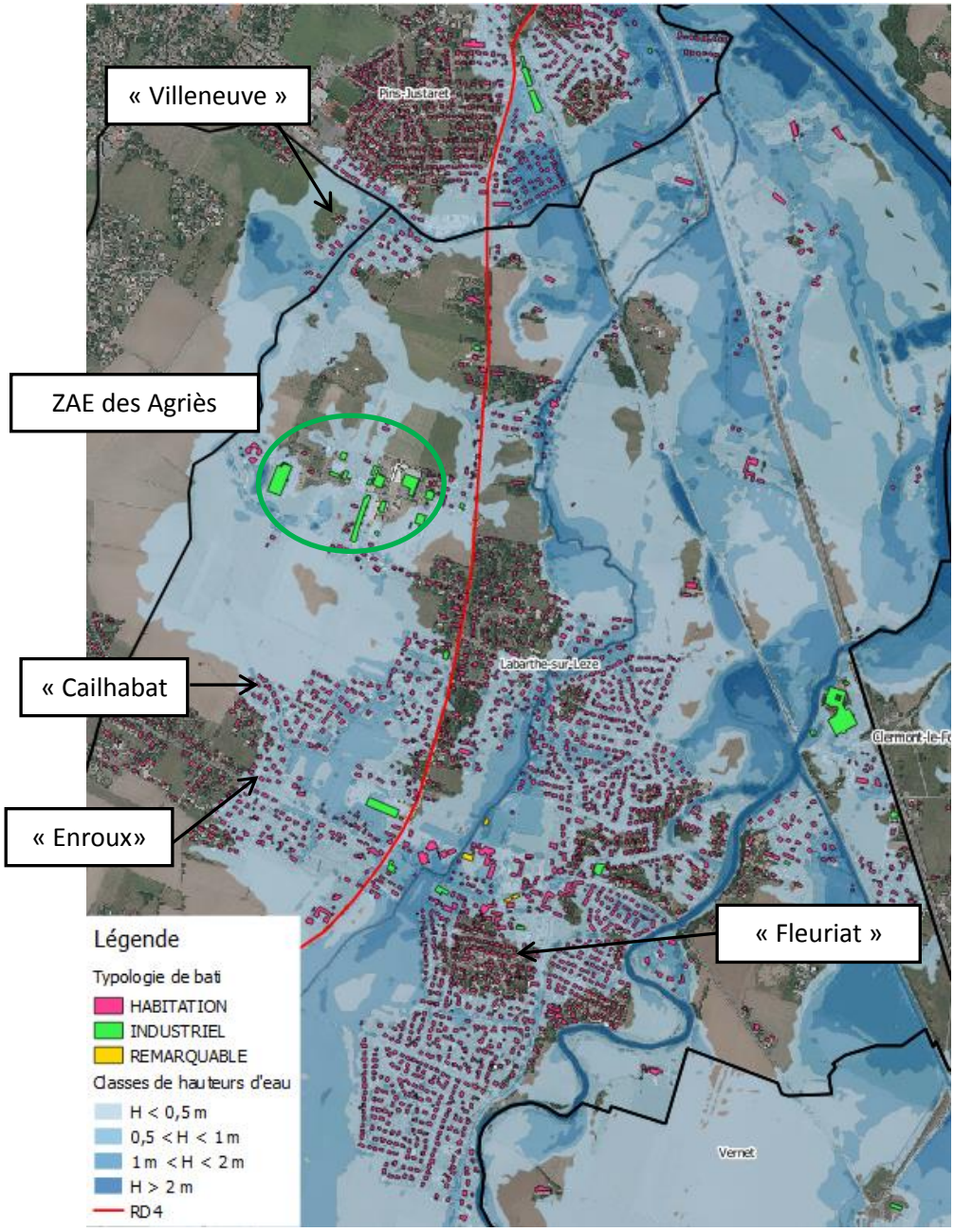


Figure 82 : Typologie des enjeux en zone inondable pour la crue millénale de la Lèze à Labarthe

4.6.2.10 Cas particulier : modélisation pour la crue centennale et la crue de référence de l'Ariège

Des tests sont effectués sur le modèle hydraulique en considérant un débit de plein bord de la Lèze et une crue majeure de l'Ariège, afin d'examiner les effets d'une crue de l'Ariège sur le secteur d'étude.

Crue centennale

Une modélisation a été menée en considérant la crue centennale de l'Ariège (Q = 1750 m^3/s) avec un débit de plein bord de la Lèze (Q = 50-55 m^3/s), afin d'évaluer l'influence potentielle d'une crue de l'Ariège sur les écoulements de la Lèze. La figure suivante présente les résultats de cette modélisation.

Remarque : l'usine Paul Boyé technologie, située en rive droite de la Lèze entre les remblais ferroviaire et routier (cf. cercle jaune), est impactée.

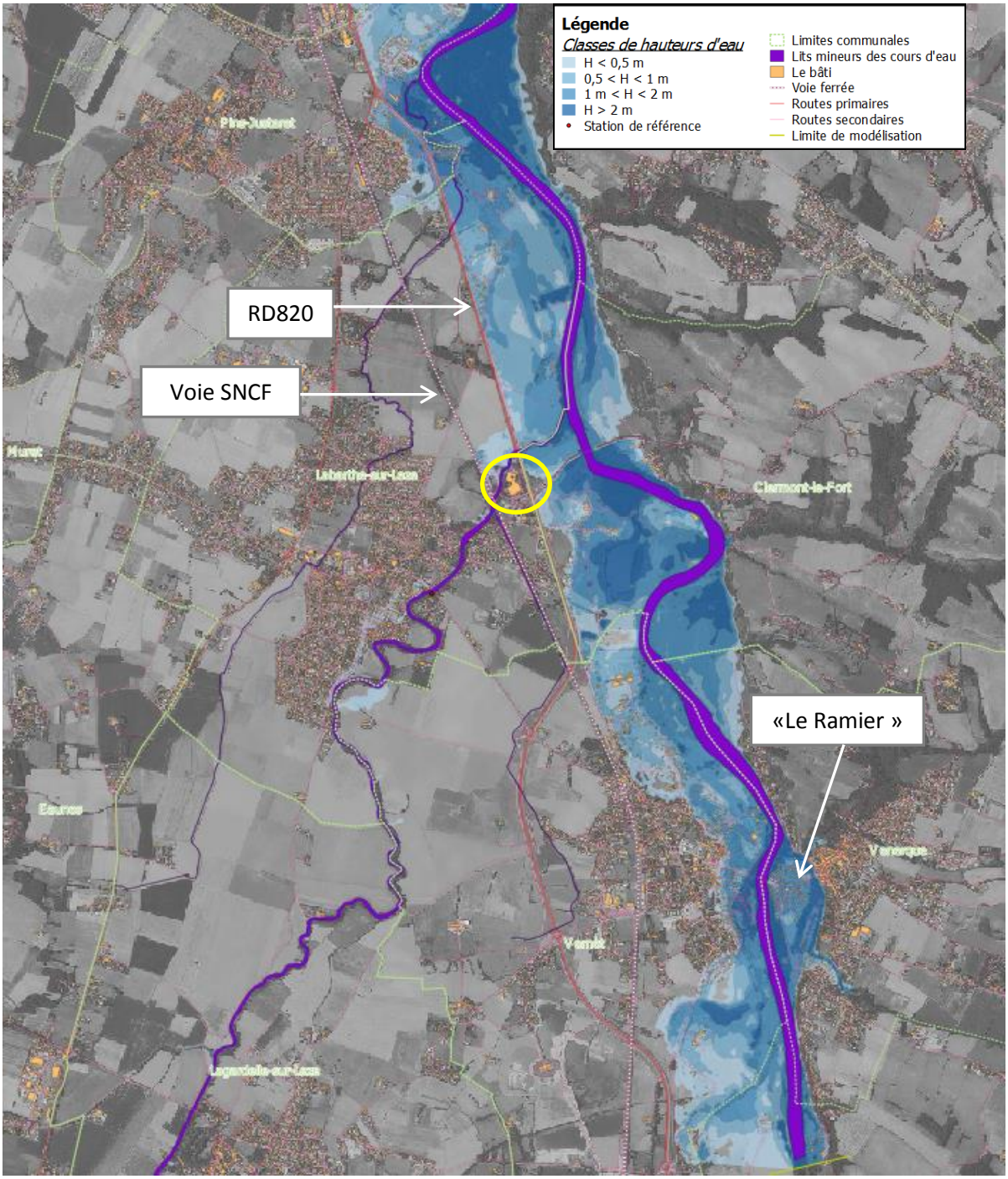


Figure 83 : Hauteurs d'eau pour la crue centennale de l'Ariège – état actuel

Le remblai de la RD820 structure de façon importante les écoulements en lit majeur de l'Ariège.

Il est alors possible de comparer les écoulements pour la crue de plein bord de la Lèze pour deux conditions hydrologiques de l'Ariège :

- Crue décennale (cf. Figure 56 page 72),
- Crue centennale (cf. Figure 83 page 107).

On constate que, du fait de la présence du remblai de la RD820, les crues de l'Ariège ont peu d'influence sur les écoulements de la Lèze.

Crue de référence de l'Ariège

Une modélisation a été menée en considérant la concomitance d'une crue centennale de l'Ariège (Q = 2900 m^3/s à Vernet) avec une crue quinquennale de la Lèze (Q = 90 m^3/s), afin d'évaluer l'influence potentielle d'une crue « majeure » de l'Ariège sur les écoulements de la Lèze. La figure suivante présente les résultats de cette modélisation.

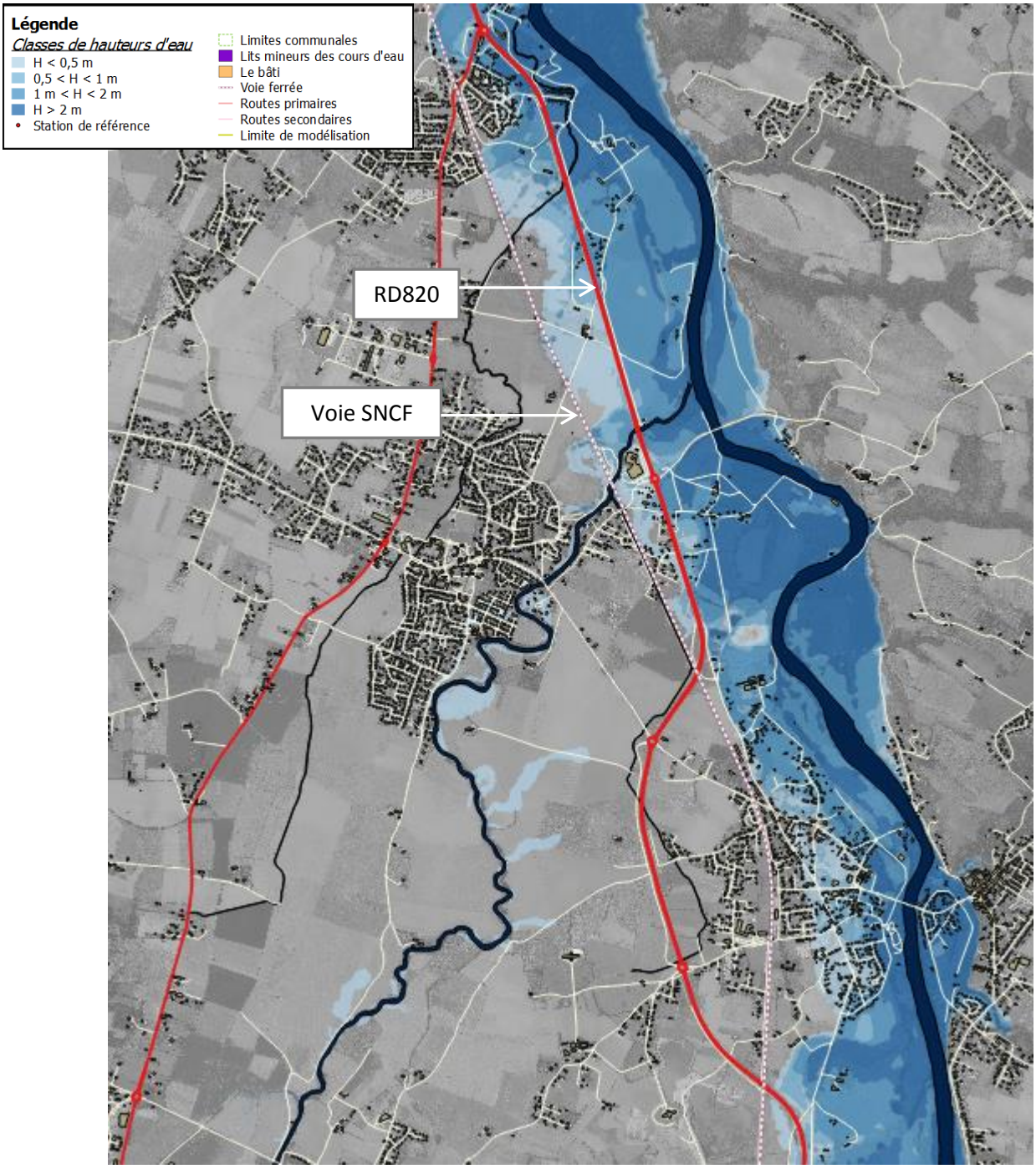


Figure 84 : Hauteurs d'eau pour la crue de référence de l'Ariège – état actuel

Cette modélisation confirme le fait que les remblais routiers (RD820) et ferroviaire limitent l'étalement de la crue de l'Ariège vers l'Ouest, même pour la crue de référence du cours d'eau. La zone située entre les deux remblais, ainsi que la rive gauche de la Lèze en amont du remblai ferroviaire sont impactées. Hormis ces deux secteurs, on retrouve les résultats de la modélisation hydraulique de la crue quinquennale de la Lèze sur la zone amont des deux remblais (concomitante avec une crue décennale de l'Ariège - cf. Figure 57 page 74).

4.6.3 Evaluation de l'impact des remblais sur les écoulements en crue

Les résultats des modélisations hydrauliques de l'état actuel pour les différents scénarios présentés ci-avant (cf. paragraphe 4.6.1 page 69) mettent en évidence deux remblais structurant les écoulements en crue :

- Le remblai de la RD12 sur la commune de Lagardelle-sur-Lèze, en rive gauche du cours d'eau,
- Le remblai de la voie ferrée, sur la zone aval de la commune de Labarthe-sur-Lèze.

4.6.3.1 Remblai routier de la RD12 à Lagardelle-sur-Lèze

Pour la crue centennale de la Lèze (type juin 2000), la mise en charge du remblai de la RD12 à Lagardelle-sur-Lèze est importante (charge hydraulique estimée à 1,7 m.)

Remarque : Le remblai de la RD12 à Lagardelle entre en charge dès la crue cinquantennale.

La figure suivante présente les hauteurs d'eau pour la crue centennale au droit du remblai de la RD12 à Lagardelle. Le cercle jaune représente la zone de différence de charge maximale.

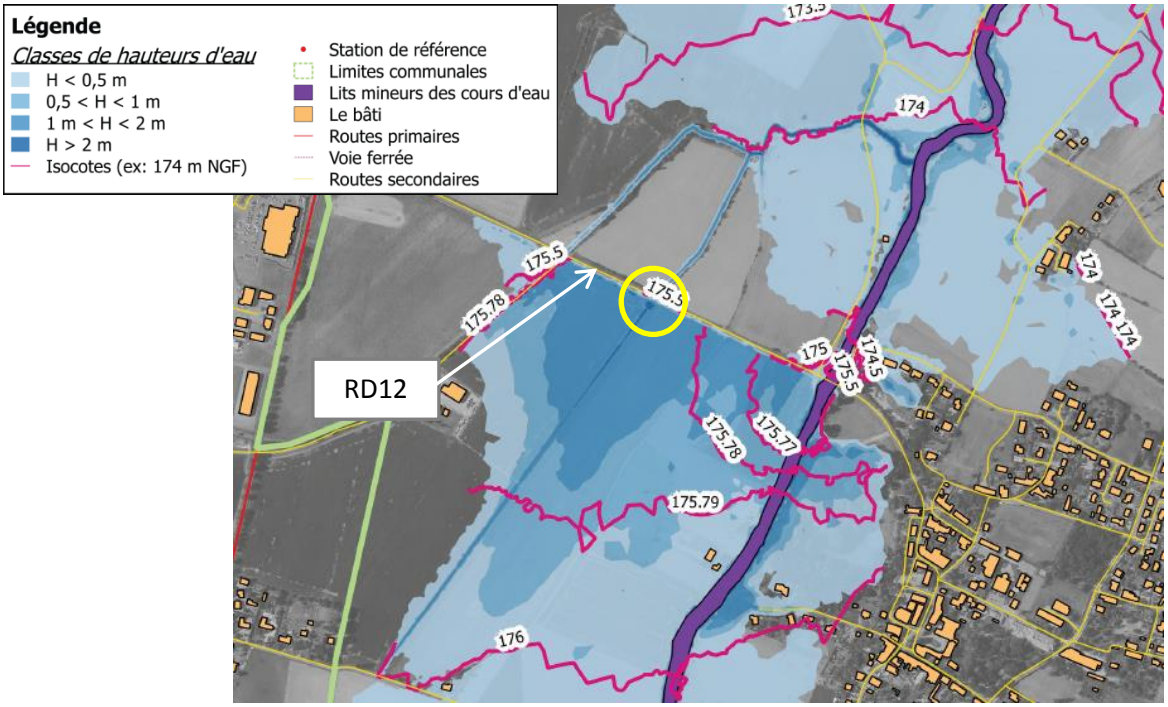


Figure 85 : Hauteurs d'eau au droit du remblai routier de la RD12 à Lagardelle-sur-Lèze pour la crue centennale

La Figure 85 met en évidence l'effet « barrage » induit par la présence du remblai routier de la RD12 à Lagardelle-sur-Lèze.

Afin de mieux évaluer l'impact de ce remblai sur les crues de la Lèze, une modélisation complémentaire a été réalisée, sur la base de la crue de juin 2000, en retirant le remblai de la RD12 du modèle (transparence hydraulique). La figure suivante présente la différence des hauteurs d'eau entre la situation avec remblai routier et la situation sans remblai routier pour la crue de type juin 2000.

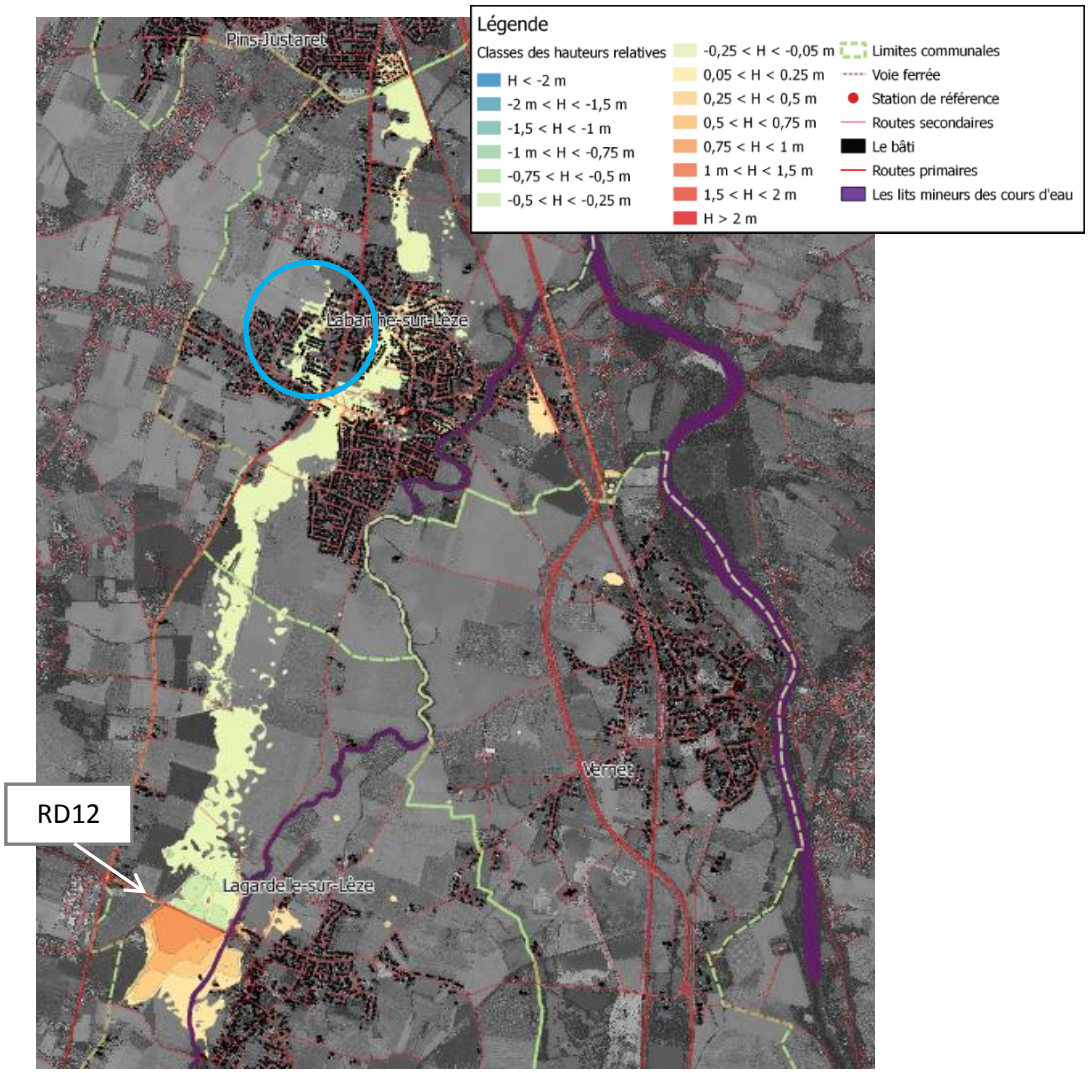


Figure 86 : Différence des hauteurs d'eau pour la crue centennale de type juin 2000 « situation avec remblai RD12 – situation sans remblai RD12 »

En l'absence du remblai de la RD12 à Lagardelle, il apparaît une augmentation des cotes d'eau modélisées en aval, qui concerne notamment le centre de Labarthe-sur-Lèze et le secteur de la Cepette à Pins-Justaret. Cette augmentation est inférieure à 25 cm.

Par ailleurs, il est également important de noter qu'en l'absence du remblai de la RD12, la zone inondable s'étend à l'Ouest de la RD4, sur les quartiers Enroux et Cailhabat (cf. cercle bleu sur la figure ci-dessus). Le remblai de la RD12 fait donc office de digue de protection pour environ une cinquantaine de bâtis, soit plus de 100 personnes (2,0 personnes par bâtis sur la commune de Labarthe-sur-Lèze en moyenne, 2,2 sur l'ensemble du territoire d'étude).

Ainsi, le remblai de la RD12, en retenant partiellement les écoulements de la Lèze sur la plaine rive gauche, permet de diminuer l'inondabilité sur des secteurs bâtis de Labarthe-sur-Lèze et Pins-Justaret.

4.6.3.2 Remblai ferroviaire sur le secteur aval de Labarthe-sur-Lèze

Le second remblai présentant une obstruction importante à l'écoulement est le remblai de la voie ferrée situé en aval du centre de Labarthe-sur-Lèze, avec une mise en charge maximale pour la crue centennale d'environ 1,60 m au niveau du lieu dit Bordeneuve (cf. Figure 87 ci-dessous).

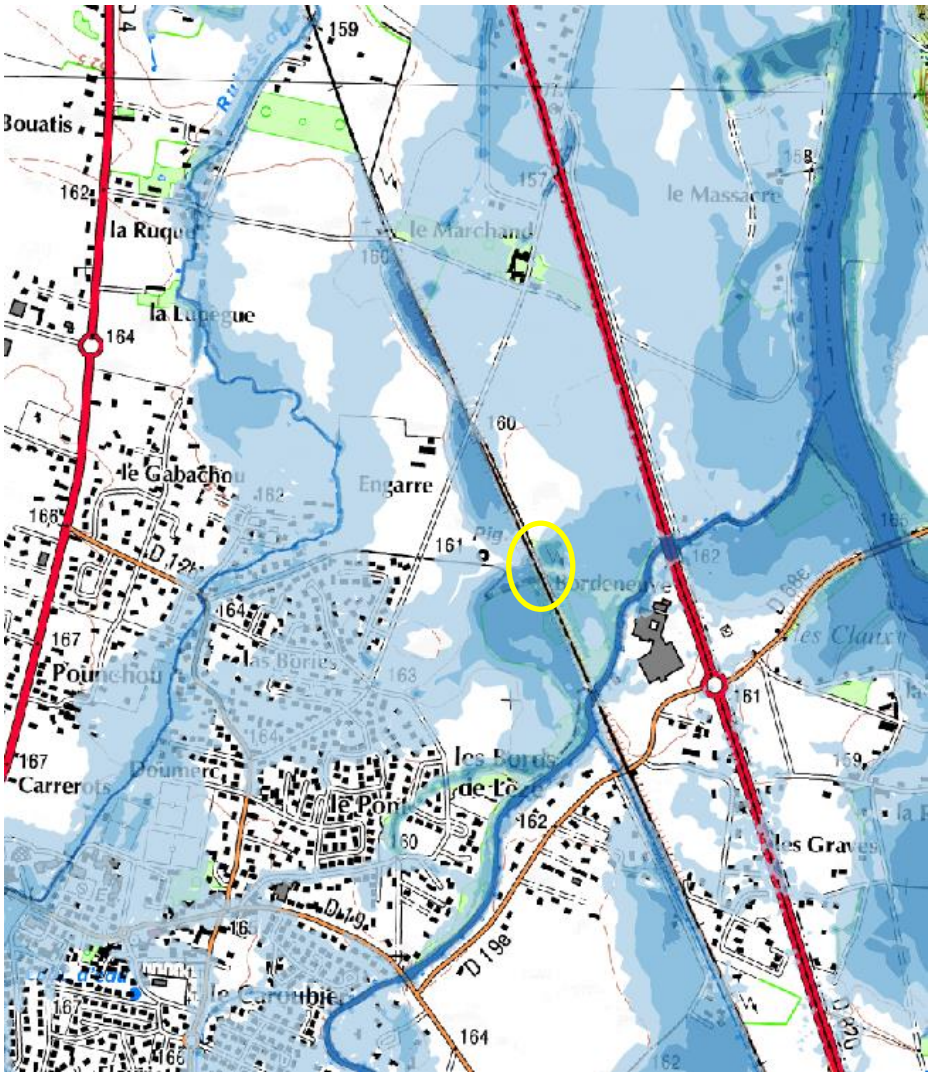


Figure 87 : Hauteurs d'eau au droit du remblai ferroviaire à Labarthe-sur-Lèze pour la crue centennale

Afin de mieux évaluer l'impact de ce remblai sur les crues de la Lèze, une modélisation complémentaire a été réalisée, sur la base de la crue de juin 2000, en retirant le remblai ferroviaire du modèle (transparence hydraulique).

La figure suivante présente la différence des hauteurs d'eau entre la situation avec remblai ferroviaire et la situation sans remblai ferroviaire pour la crue de type juin 2000.

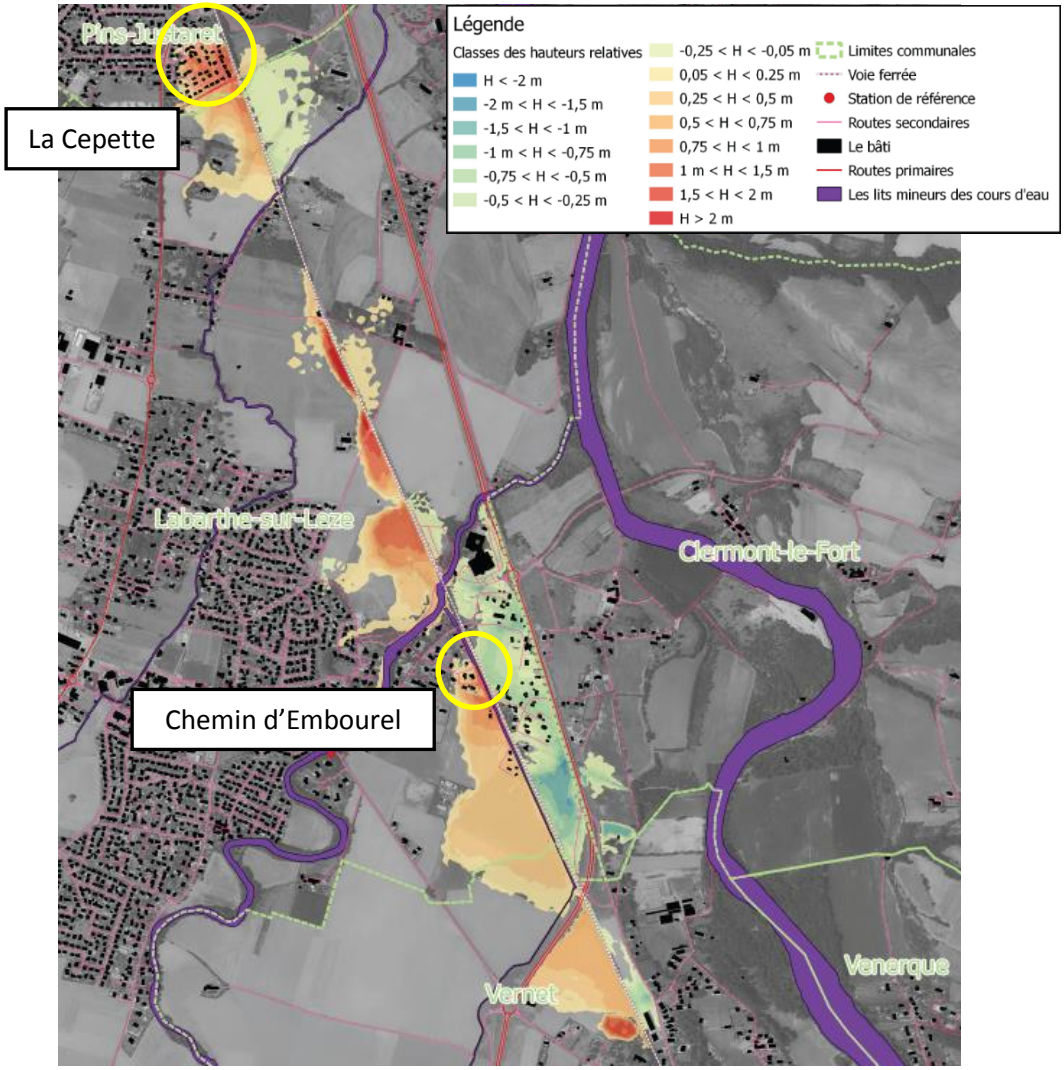


Figure 88 : Différence des hauteurs d'eau pour la crue centennale de type juin 2000 « situation avec remblai ferroviaire – situation sans remblai ferroviaire »

On constate que l'impact du remblai ferroviaire est localisé sur une zone située :

- au maximum 400 m en amont du remblai ferroviaire,
- entre le remblai ferroviaire et le remblai de la RD820 en aval, qui fait obstruction à l'écoulement provenant de la Lèze en l'absence du remblai ferroviaire.

La présence du remblai induit une augmentation de la hauteur d'eau globalement comprise entre 0,5 et 1,5 m en amont. Localement, cette augmentation peut être supérieure à 1,5 m. Inversement, le remblai provoque en aval une diminution des hauteurs d'eau généralement comprise entre 0,5 et 1,5 m.

Le remblai ferroviaire aggrave la situation en cas de crue de type juin 2000 sur deux secteurs à enjeux essentiellement (cercles jaunes) :

- au droit du chemin d'Embourel sur la commune de Labarthe-sur-Lèze (une douzaine de bâtiments),
- au droit du secteur de « la Cepette » sur la commune de Pins-Justaret (environ 45 bâtiments)

Sur ces deux secteurs, les bâtiments s'apparentent à des habitations.

Au droit du Chemin d'Embourel le remblai ferroviaire est susceptible d'entrainer une aggravation pour les crues de temps de retour 50 ans et 20 ans. Cependant, au niveau de la Cepette, seule la crue de 50 ans entrainerait, au droit du remblai ferroviaire, une augmentation des hauteurs d'eau.

En revanche, la mise en charge du remblai ferroviaire entraine une diminution de la hauteur d'eau entre les remblais ferroviaires et routiers. Ainsi au niveau du lotissement « Les Graves », la mise en charge du remblai ferroviaire entraine un abaissement de la ligne d'eau d'environ 1 mètre. Ainsi 45 bâtiments sont directement influencés par la mise en charge de ce remblai, dont l'usine de Paul Boyé Technologies.

4.6.3.3 Le remblai de la RD820

A l'aval du remblai ferroviaire se trouve le remblai de la RD820, qui est prolongé au Sud-est de la zone d'étude par la déviation du Vernet. En cas du retrait du remblai ferroviaire, le remblai de la RD820 peut également avoir un impact important sur les écoulements en crue.

Afin de mieux évaluer le rôle de ces deux remblais sur les crues de la Lèze, une modélisation complémentaire a été réalisée, sur la base de la crue centennale (type juin 2000), en retirant les remblais ferroviaire et routier – RD820 – du modèle (transparence hydraulique).

La figure suivante présente la différence des hauteurs d'eau entre la situation avec les deux remblais (ferroviaire et RD820) et la situation sans remblais pour la crue centennale.

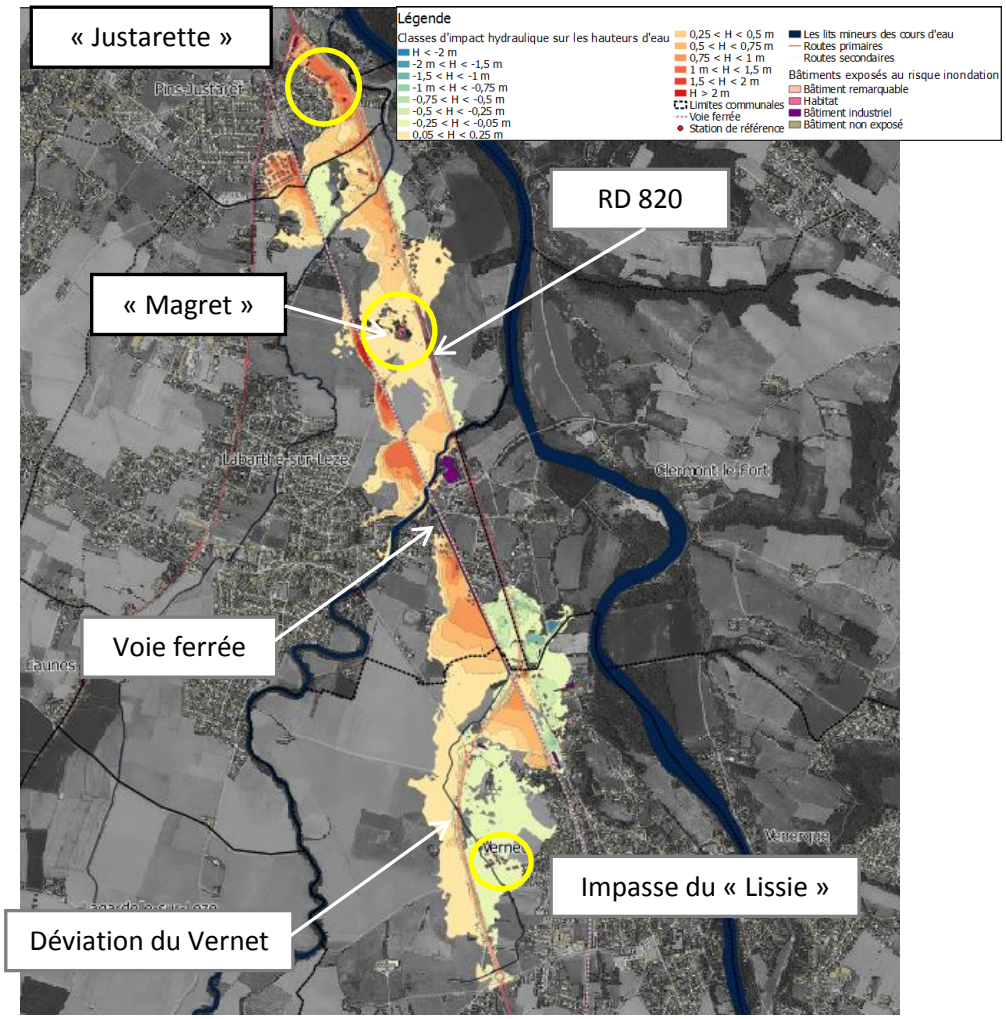


Figure 89 : Différence des hauteurs d'eau pour la crue centennale de type juin 2000 « situation avec remblais ferroviaire et routier – situation sans remblais ferroviaire et routier »

En amont du remblai ferroviaire, la situation est quasi-identique à la modélisation précédente (suppression du remblai ferroviaire uniquement).

Au droit de la déviation du Vernet, on observe une légère augmentation de la hauteur d'eau (comprise entre 0,05 et 0.25 m) liée à la présence du remblai routier. Cette mise en charge n'impacte aucun enjeu.

Entre les deux remblais (ferroviaire et routier), on observe une augmentation des hauteurs d'eau en rive gauche de la Lèze. Cette surélévation met en lumière le rôle de la RD 820 qui, en l'absence du remblai ferroviaire, jouerait également le rôle d'un « barrage » à l'écoulement. Ainsi le lieu-dit « Justarette » présente une augmentation de la hauteur d'eau comprise entre 1 et 1,5 mètre. Quelques habitations isolées ainsi que le lieu-dit « Magret » sont concernées par la mise en charge du remblai routier de la RD820.

En revanche, la mise en charge du remblai ferroviaire entraine une baisse de la hauteur au niveau de la limite communale entre Labarthe-sur-Lèze et le Vernet (entre 0,5 et 1 m). La mise en charge de la déviation du Vernet entraîne également une diminution de la hauteur d'eau au niveau des habitations situées aux alentours de l'impasse du « Lissie ».

4.6.4 Modélisations de rupture de remblai

Les charges hydrauliques observées pour la crue centennale sur le remblai de la RD12 à Lagardelle et sur le remblai ferroviaire à Labarthe sont importantes. Il a été décidé de modéliser d'éventuelles ruptures de ces remblais afin d'en évaluer les conséquences.

Trois scénarios de rupture ont été définis, pour la crue centennale de la Lèze :

- Rupture du remblai ferroviaire au niveau du lieu dit de la « Cepette »,
- Rupture du remblai ferroviaire au niveau du lieu dit « Bordeneuve »,
- Rupture du remblai routier de la RD 12 à Lagardelle, au niveau de la zone de la plus forte mise en charge.

4.6.4.1 Scénario de rupture du remblai ferroviaire au lieu dit « Cepette »

Au secteur de la Cepette, on observe une cote d'eau amont pour la crue centennale de 157,5 m NGF et une cote du terrain naturel en aval du remblai de 156 m NGF, soit une perte de charge induite par l'infrastructure de 1,5m. De plus, on retrouve en aval du remblai un quartier résidentiel (Justarelle) potentiellement exposé en cas de rupture de l'ouvrage.

La Figure 90 ci-après illustre la localisation de la brèche et les enjeux potentiellement exposés en aval du remblai ferroviaire.

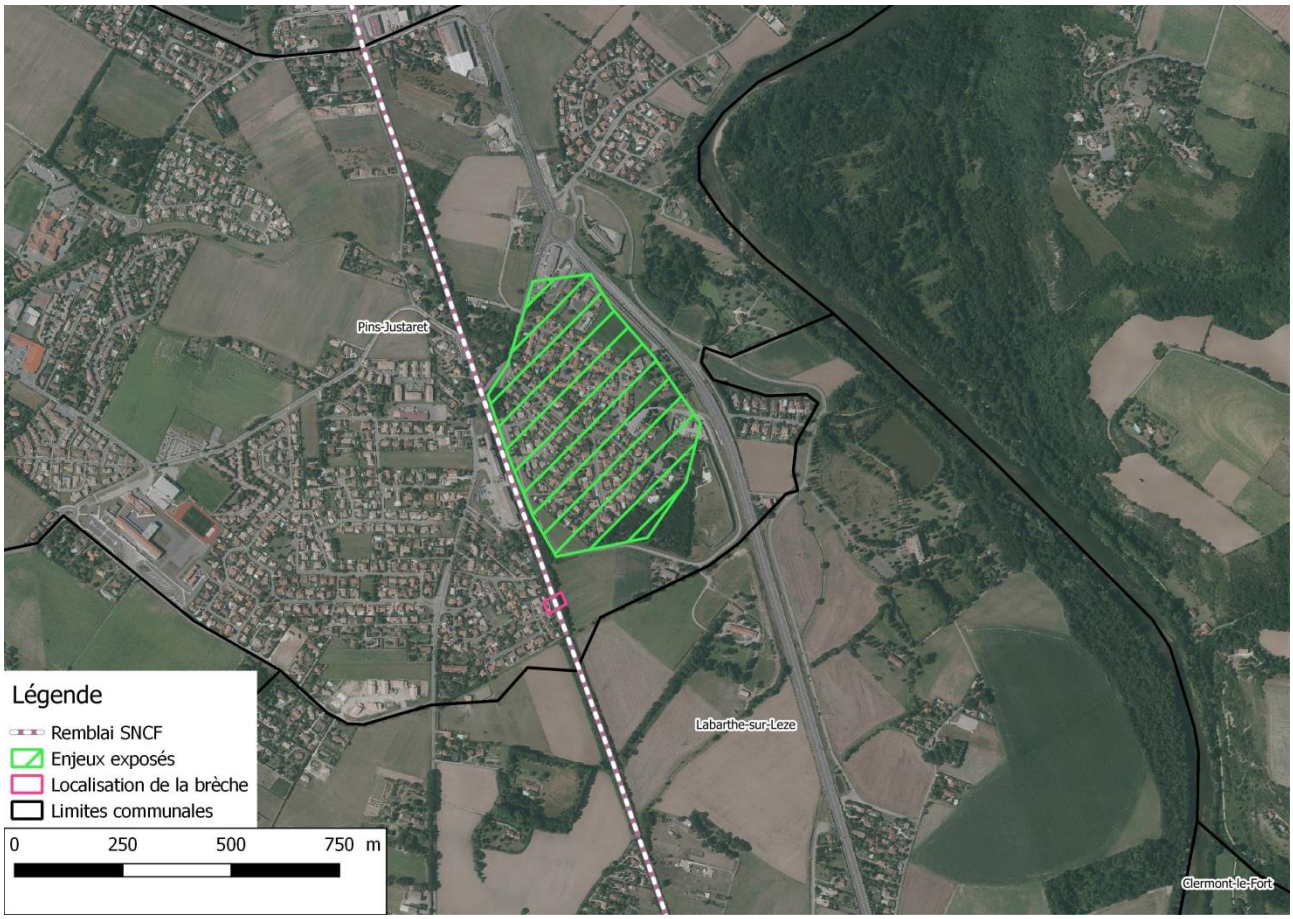


Figure 90 : Localisation de la Brèche au lit dit "Cepette" et enjeux potentiellement exposés

Les paramètres de formation de la brèche dans le remblai ferroviaire sont :

- Dimension de la brèche : 30 m,
- Temps de formation de la brèche : 15 mn.

La brèche apparaît dans le modèle hydraulique 2D au pic de la crue centennale sur le secteur.

Estimation du débit entrant par la brèche

Le débit maximal transitant par la brèche du remblai ferroviaire au lieu-dit la « Cepette » est d'environ 21,5 m^3/s (hydrogramme de rupture obtenu par modélisation hydraulique 2D). La figure suivante illustre l'hydrogramme de rupture au droit de la brèche. In fine, le volume d'eau transitant par la brèche est de l'ordre de 100 000 m^3.

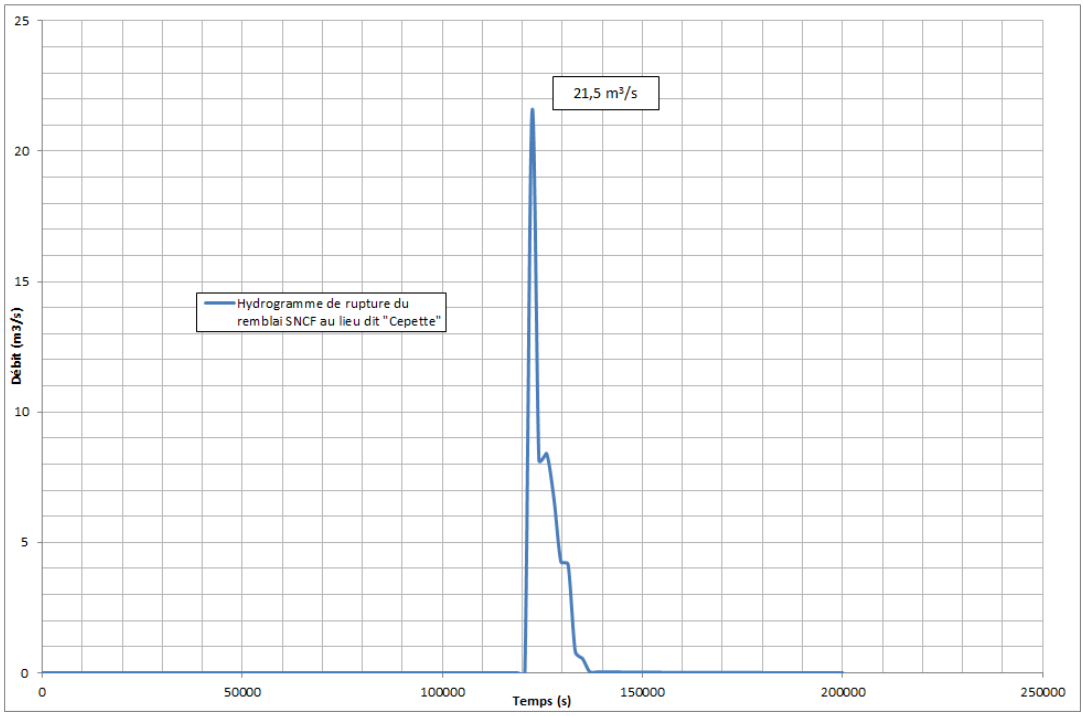


Figure 91 : Hydrogramme de rupture du remblai ferroviaire au lieu-dit "Cepette"

Hauteurs d'eau relative

La figure suivante présente la différence des hauteurs d'eau entre la situation « rupture du remblai » et la situation « sans rupture de remblai » pour la crue centennale, au lieu dit « Cepette ».

Figure 92 : Différence des hauteurs d'eau pour la crue centennale au lieu-dit « Cepette » - situation représentée « rupture » – « sans rupture »

Globalement, la rupture du remblai ferroviaire entraine une extension de la zone inondable à l'aval (surface augmentée d'environ 19 ha). Il y a une augmentation de la hauteur d'eau de moins de 25 cm.

Au droit et à l'aval immédiat du remblai, l'augmentation des hauteurs d'eau est comprise entre 0,25 m et 1 m. Pour de telles augmentations de la hauteur, aucun enjeu n'est impacté. En revanche, des bâtis sont situés dans la zone de surinondation pour des hauteurs comprises entre +0,05 et +0,25 m.

Par ailleurs, cette rupture va localement entraîner une augmentation des vitesses d'écoulement en aval.

La rupture du remblai ferroviaire entraine une augmentation de charge au droit du remblai de la RD 820. Les habitations en bordures du lieu-dit de Justarelle sont directement impactées par une rupture du remblai ferroviaire au lieu dit « Cepette ».

4.6.4.2 Scénario de rupture du remblai ferroviaire au lieu dit « Bordeneuve »

Au secteur de Bordeneuve, on observe une cote d'eau amont pour la crue centennale de 160,33 m NGF et une cote d'eau aval de 158,73 m NGF. Le remblai entraine donc une perte de charge de 1,60 m, correspondant à la perte charge maximale le long de la voie ferrée. De plus, l'usine Paul Boyé Technologies est potentiellement vulnérable à ce scénario de rupture, puisqu'elle se situe en aval immédiat du remblai ferroviaire.

La Figure 93 illustre la localisation de la brèche et les enjeux exposés en aval direct du remblai SNCF.

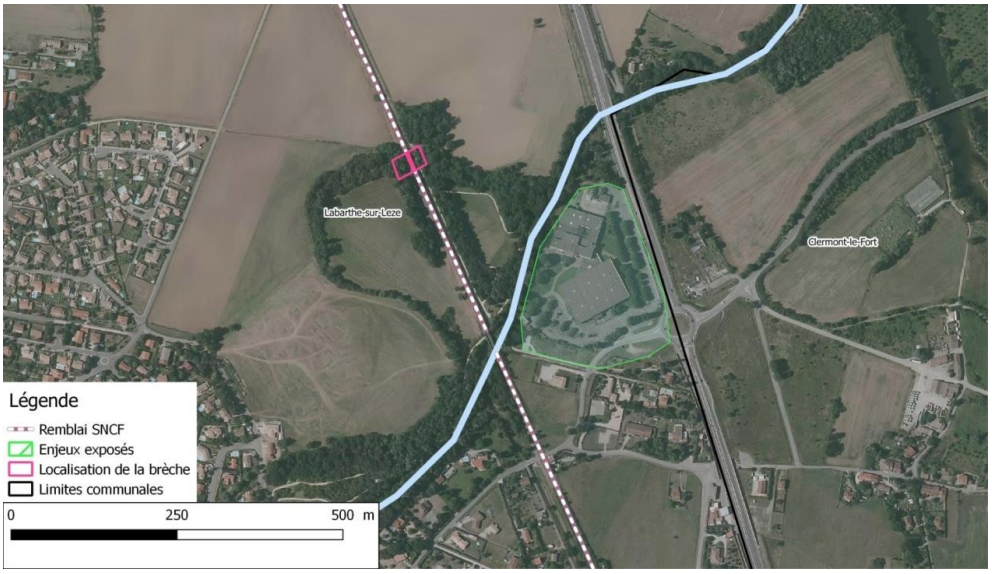


Figure 93 : Localisation de la Brèche au lit dit "Bordeneuve" et enjeux exposés

Les paramètres de formation de la brèche dans le remblai ferroviaire sont :

- Dimension de la brèche : 30 m,
- Temps de formation de la brèche : 15 mn.

La brèche apparaît dans le modèle hydraulique 2D au pic de la crue.

Estimation du débit entrant par la brèche

Le débit maximal transitant par la brèche du remblai ferroviaire au lieu-dit « Bordeneuve » est d'environ 40,5 m^3/s (hydrogramme de rupture obtenu par modélisation hydraulique 2D). La figure suivante illustre l'hydrogramme de rupture au droit de la brèche. In fine, le volume d'eau transitant par la brèche est de l'ordre de 425 000 m^3.

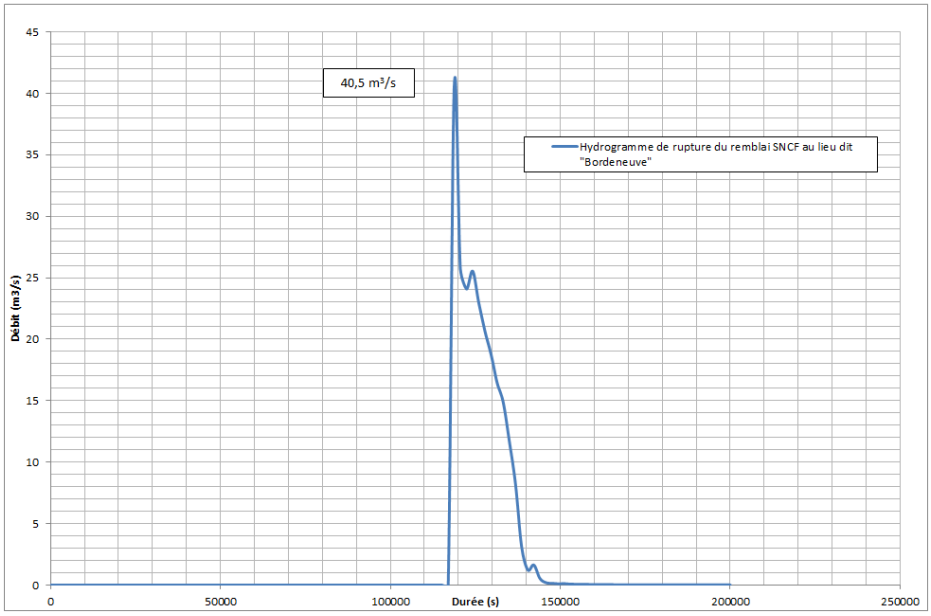


Figure 94 : Hydrogramme de rupture du remblai ferroviaire au lieu dit "Bordeneuve"

Hauteurs d'eau relative

La figure suivante présente la différence des hauteurs d'eau entre la situation « rupture du remblai » et la situation « sans rupture de remblai » pour la crue centennale, au lieu dit « Bordeneuve».

Figure 95 : Différence des hauteurs d'eau pour la crue centennale au lieu-dit « Bordeneuve » - situation représentée : « rupture » – « sans rupture »

Globalement, la rupture du remblai ferroviaire entraine une extension de la zone inondable à l'aval (surface augmentée d'environ 30 ha). Il y a une augmentation de la hauteur d'eau de moins de 25 cm.

Au droit et à l'aval immédiat du remblai, l'augmentation des hauteurs d'eau est comprise entre 0,25 m et 1 m. Pour de telles augmentations de la hauteur, aucun enjeu n'est impacté. En revanche, des bâtis sont situés dans la zone de surinondation pour des hauteurs comprises entre +0,05 et +0,25 m.

Par ailleurs, cette rupture va localement entraîner une augmentation des vitesses d'écoulement en aval.

La rupture du remblai ferroviaire entraine une augmentation de charge au droit du remblai de la RD 820. La brèche de Bordeneuve impacte faiblement l'usine de Paul Boyé Technologies, et également des bâtis sur les lieux-dits « Marchands » et « Sauvioles », puisque ces zones sont impactées avec une augmentation des hauteurs d'eau comprise entre 0,05 et 0,25 m.

4.6.4.3 Scénario de rupture du remblai routier de la RD 12 à Lagardelle-sur-Lèze

Le remblai routier de la RD12 à Lagardelle induit localement de fortes pertes de charge. Ainsi, au niveau de la zone de différence de charge la plus importante, on retrouve une perte de charge de 1,7 m. Néanmoins, aucun enjeux n'est présent en aval immédiat du remblai. L'objectif de cette modélisation est d'évaluer l'influence potentielle de l'onde de rupture du remblai de la RD12 sur les zones urbanisées de Labarthe.

La figure suivante présente la localisation de la brèche modélisée et que les enjeux pouvant être potentiellement atteints (cercle violet).

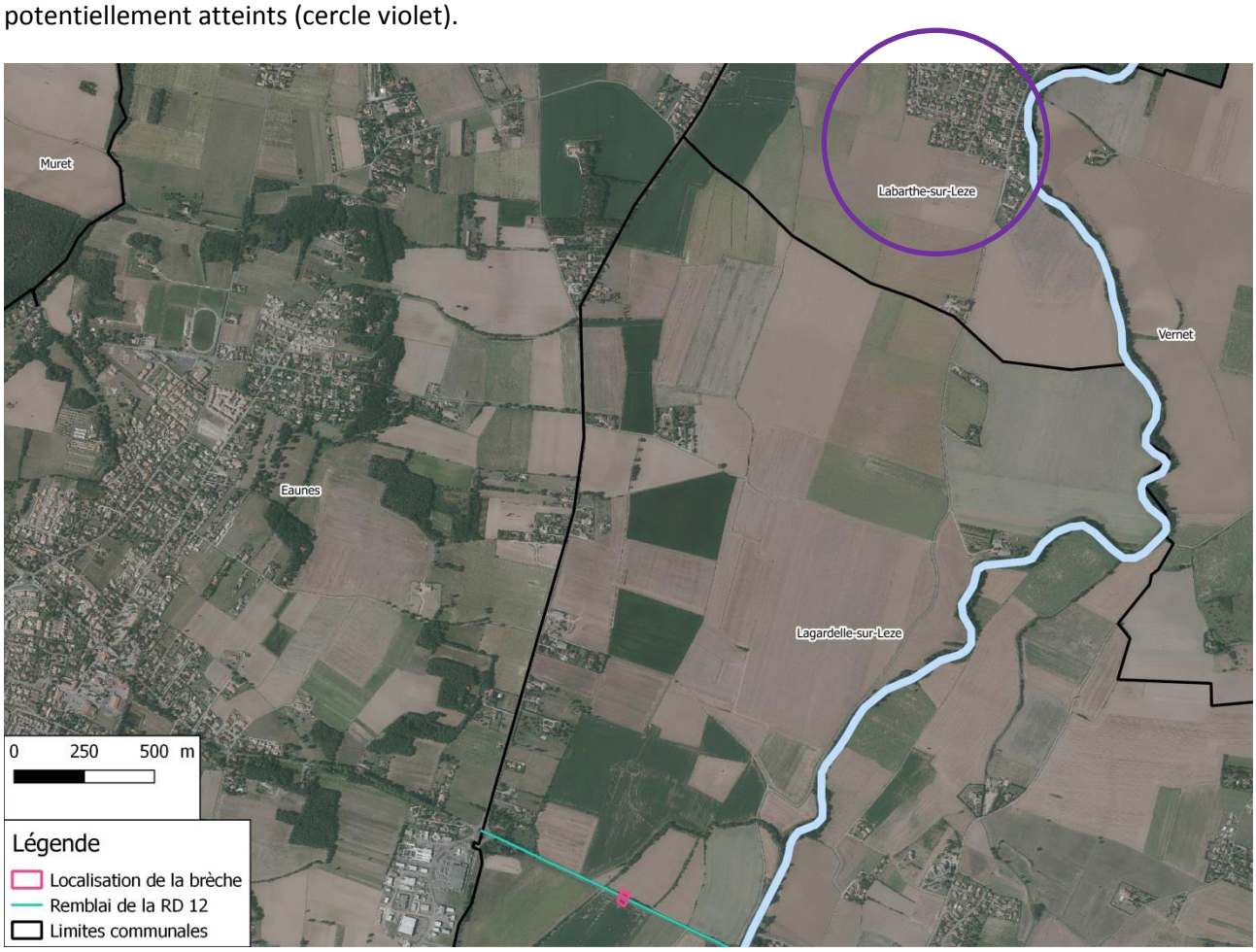


Figure 96 : Localisation de la Brèche sur le remblai de la RD12 à Lagardelle et enjeux potentiellement atteints

Les paramètres de formation de la brèche dans le remblai ferroviaire sont :

- Dimension de la brèche : 30 m,
- Temps de formation de la brèche : 15 mn.

La brèche apparaît dans le modèle hydraulique 2D au pic de la crue.

Estimation du débit entrant par la brèche

Le débit maximal transitant par la brèche du remblai de la RD12 à Lagardelle est d'environ 55 m^3/s (hydrogramme de rupture obtenu par modélisation hydraulique 2D). La figure suivante illustre l'hydrogramme de rupture au droit de la brèche. In fine, le volume d'eau transitant par la brèche est de l'ordre de 420 000 m^3.

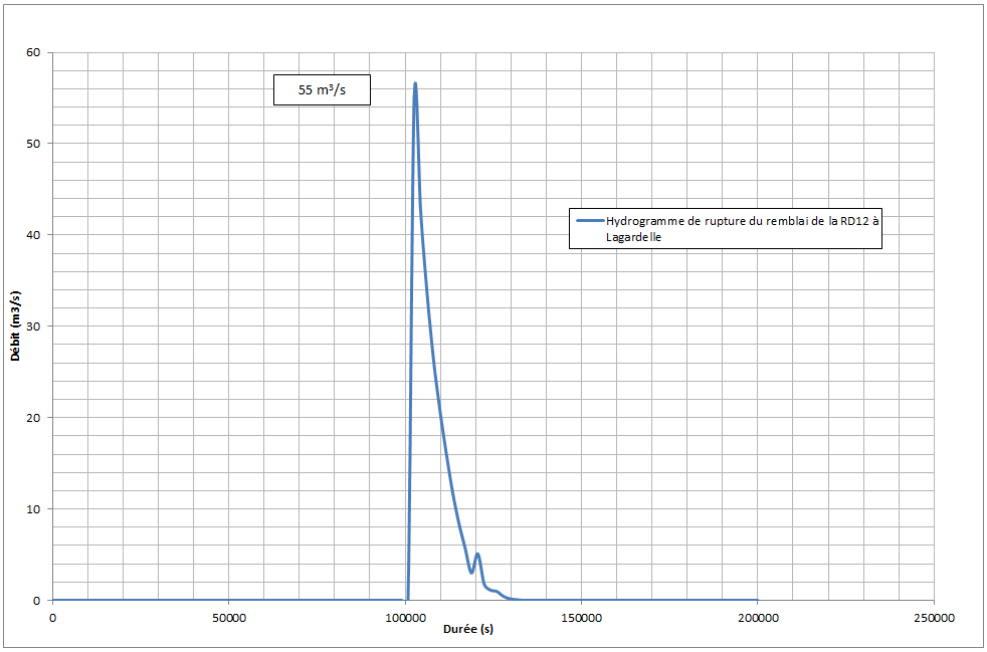


Figure 97 : Hydrogramme de rupture du remblai de la RD12 à Lagardelle

Hauteurs d'eau relative

La figure suivante présente la différence des hauteurs d'eau entre la situation « rupture du remblai RD12 » et la situation « sans rupture de remblai RD12 » pour la crue centennale.

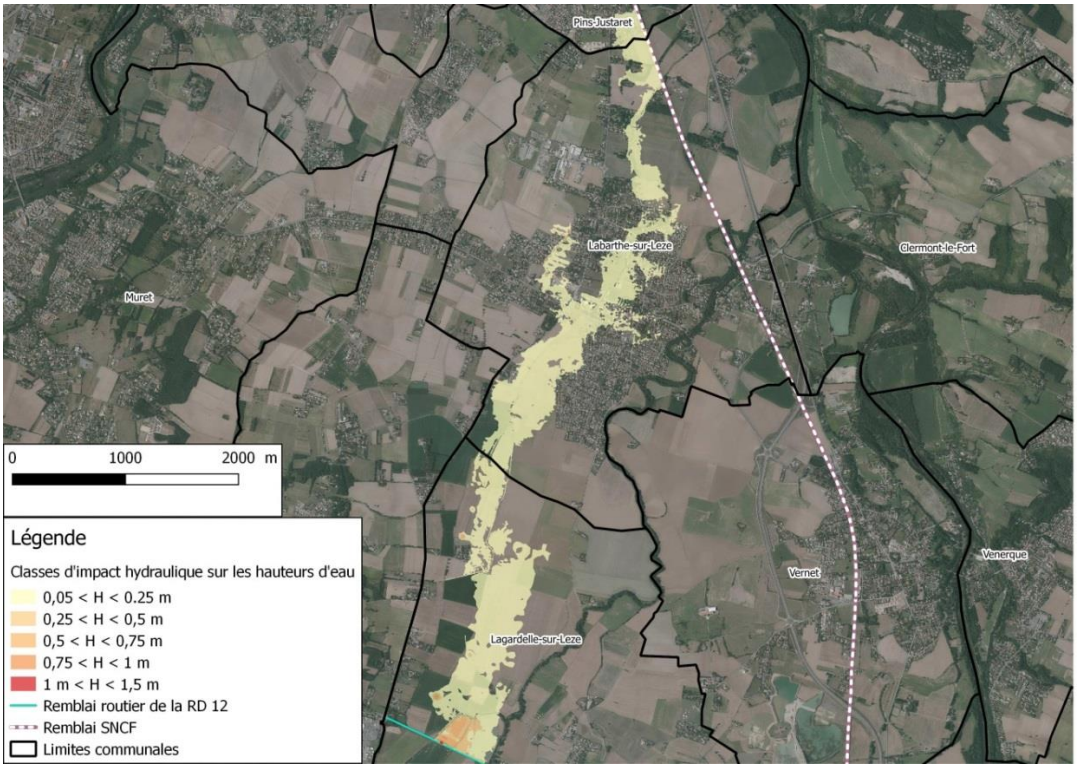


Figure 98 : Différence des hauteurs d'eau pour la crue centennale au lieu-dit « Bordeneuve » - situation représentée : « rupture » – « sans rupture »

La rupture du remblai de la RD12 à Lagardelle-sur-Lèze se fait ressentir jusqu'à l'aval de la commune de Labarthe-sur-Lèze, au droit du remblai ferroviaire. Globalement, il apparaît une augmentation des hauteurs

d'eau en lit majeur (inférieure à 25 cm). L'écoulement se dirige vers l'Ayguère, et est donc susceptible d'aggraver la situation au droit des habitations en bordure du cours d'eau au bourg de Labarthe.

On observe localement (au droit de la brèche) des hauteurs d'eau comprises entre 1 et 1,5 m.

4.6.5 Synthèse de la modélisation hydraulique de l'état actuel

La modélisation hydraulique bidimensionnelle de la Lèze sur le secteur des communes de Labarthe-sur-Lèze, Lagardelle-sur-Lèze et Vernet met en avant le fait que :

- Des débordements de la Lèze impactent des secteurs à enjeux sur le secteur du centre de Labarthe dès la crue quinquennale,
- Pour la crue décennale, un débordement généralisé de la plaine entre Lagardelle et Labarthe commence à apparaître. Des écoulements s'établissent en lit majeur, vers l'Ayguère en rive gauche et vers le ruisseau du Mondouly en rive droite,
- Pour les crues de période de retour supérieures à 20 ans, il y a débordements généralisé de la Lèze, qui impact fortement le centre de Labarthe, le quartier de la gare sur la commune du Vernet, et le quartier de la Cepette à Pins-Justaret.

En complément, des tests ont été effectués afin d'évaluer l'influence des remblais ferroviaires et routiers (RD820) sur les crues de la Lèze. Il apparaît que ces remblais ont une influence limitée à une zone de 400 m environ en amont, et sur le secteur situé entre les deux remblais.

5 PROPOSITION D'AMENAGEMENTS ET EVALUATION DE LEURS EFFETS SUR LES CRUES DE LA LEZE

La modélisation hydraulique 2D des différentes crues sur le secteur de la Lèze aval a permis de mettre en évidence la dynamique de débordement du cours d'eau. On constate que :

- des débordements localisés en rive gauche et droite sur la commune de Labarthe-sur-Lèze (quartiers la Condoumine en rive gauche et les Aouzelous en rive droite) impactent directement des bâtis, y compris pour des crues fréquentes (crue quinquennale),
- d'importants débordements se produisent sur la plaine inondable entre les communes de Lagardelle et Labarthe pour des crues d'occurrence plus faible. Les écoulements en lit majeur se dirigent, soit en rive gauche vers le cours d'eau de l'Ayguère, soit en rive droite vers le ruisseau du Mondouly et la commune du Vernet. Ces écoulements impactent la commune de Labarthe-sur-Lèze par débordement direct de la Lèze, ou bien de l'Ayguère, ainsi que les communes du Vernet et de Pins-Justaret.

5.1 Propositions d'aménagements

Afin de réduire l'exposition des biens et des personnes au risque inondation, notamment sur la commune de Labarthe-sur-Lèze dont le centre-ville est en grande partie inondé en crue (avec de faibles hauteurs d'eau), il est proposé de réaliser des aménagements en lit majeur de la Lèze. Dans le cas présent, les aménagements à tester peuvent être traités selon deux niveaux d'ambition :

- Dans un premiers temps, des aménagements pour protéger les bâtis impactés par des crues fréquentes de la Lèze, et notamment les crues de périodes de retour 5 et 10 ans, qui sont susceptibles d'impacter le secteur de la Condoumine et du Caroubier en rive gauche (le long de la RD12b par exemple),
- Dans un second temps, des aménagements pour protéger de manière globale les enjeux impactés en crue, pour un évènement de période de retour donné (50 ans dans le cadre de la présente étude). La période de retour de dimensionnement de 50 ans se justifie par l'estimation de la population résidente en zone protégée et par la faisabilité de digues de protection complémentaires au droit du quartier des Aouzelous et du chemin d'Embourel (cf. paragraphe 5.3.1.4 page 133).

Dans le cadre de la présente étude, il est également proposé de traiter un scénario alternatif de mise en place de protections individuelles aux habitations (batardeaux, clapets anti-retour…) et d'espaces refuges pour les zones impactées par des hauteurs d'eau importantes (cf. paragraphe 5.5 page 191).

5.2 Dispositifs de protection pour les crues courantes (5 ans et 10 ans, débit respectif de 89 m^3/s et 126 m^3/s)

5.2.1 Préambule

Les zones impactées pour une crue de période de retour 5 ans sont (cf. figure ci-après) :

- Le centre de Labarthe-sur-Lèze en rive gauche de la Lèze, par les débordements sur le secteur de la Condoumine qui empruntent la RD12b en direction du centre,
- Le quartier des Aouzelous en rive droite de la Lèze.

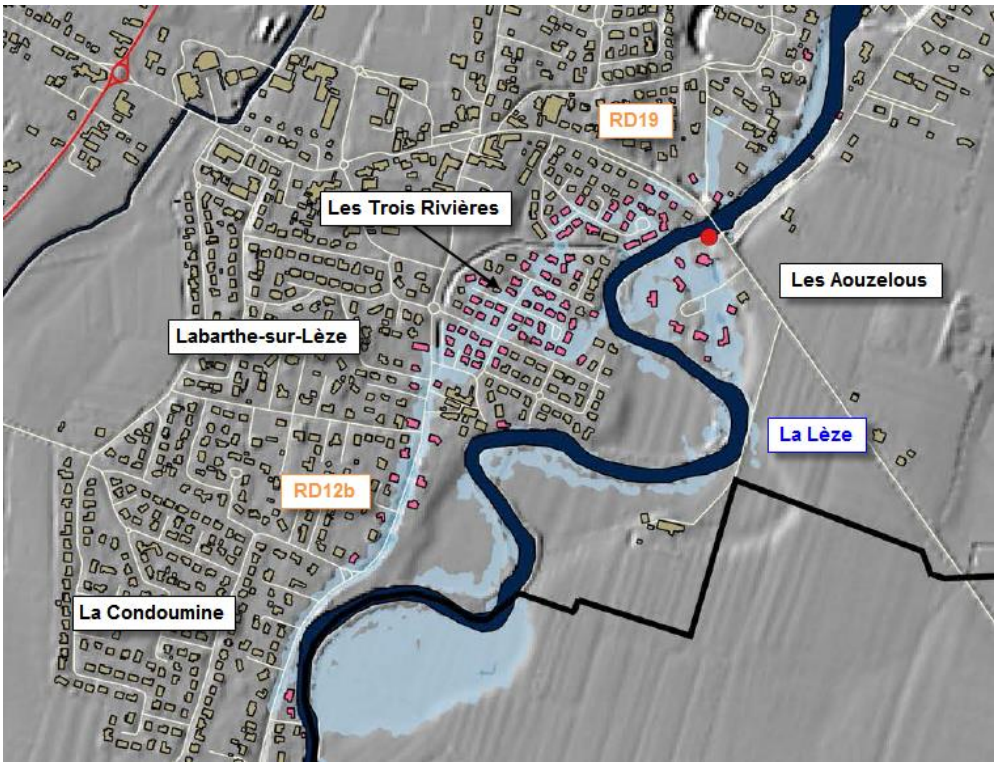


Figure 99 : Zone inondable pour la crue quinquennale

Sur le premier secteur de débordement (quartier de la Condoumine), le SMIVAL a réalisé des travaux sur le fossé du Sarrasclé et l'ouvrage hydraulique associé rue du Roussillon en septembre 2016, qui permettent d'évacuer les débordements, et éviter ainsi d'impacter le centre de Labarthe (cf. Figure 100 ci-après - Ouvrage 1). Une vérification de l'efficacité de cet ouvrage est réalisée, en fonction du débit de débordement qui s'écoule sur la rive gauche (cf. paragraphe 5.2.2 page 126). A titre d'information, pour la crue quinquennale de la Lèze, 1 m^3/s transite vers le centre via la RD12b.

Remarque : Cette vérification est effectuée hors modélisation hydraulique, le maillage sur zone n'étant pas suffisamment dense pour représenter l'écoulement dans le fossé.

En rive droite sur le quartier des Aouzelous, les hauteurs d'eau étant faibles à moyennes (de l'ordre de 50 à 60 cm au maximum pour une crue de période de retour 5 ans), une solution envisageable consisterait à mettre en place un merlon en haut de berge rive droite pour protéger la zone (cf. Figure 100 ci-après - Ouvrage 2).

La faisabilité réglementaire / juridique de réaliser un tel ouvrage de protection se pose puisque à l'heure actuelle, on dénombre **9 habitations dans la future zone protégée**. A priori, et en considérant en moyenne 2,0 personnes par bâtis sur la commune de Labarthe-sur-Lèze (d'après recensement de 2011), il y aurait moins de 30 personnes protégées.

Après discussion avec la DREAL Occitanie sur la notion de « système d'endiguement », la cohérence hydraulique du système comprendrait les impacts hydrauliques potentiels. Ainsi, la DREAL Occitanie s'est donc dite prête à recevoir des demandes d'autorisation de systèmes d'endiguement constitués de plusieurs casiers (dans le cas présent, la digue de protection du centre de Labarthe en rive gauche – voir ci-après – et la protection du quartier des Aouzelous), le critère de 30 personnes s'appliquant à l'ensemble. Ainsi, il sera proposé, dans ce cadre là en complément de la digue rive gauche de la Lèze, de dimensionner une digue susceptible de protéger le quartier des Aouzelous contre les crues (Ouvrage 2).

Toutefois, il s'agit là d'un autre scénario (cf. paragraphe 5.3.2 page 134)**, qui ne peut être mis en place pour la protection seule du quartier des Aouzelous contre la crue quinquennale.**

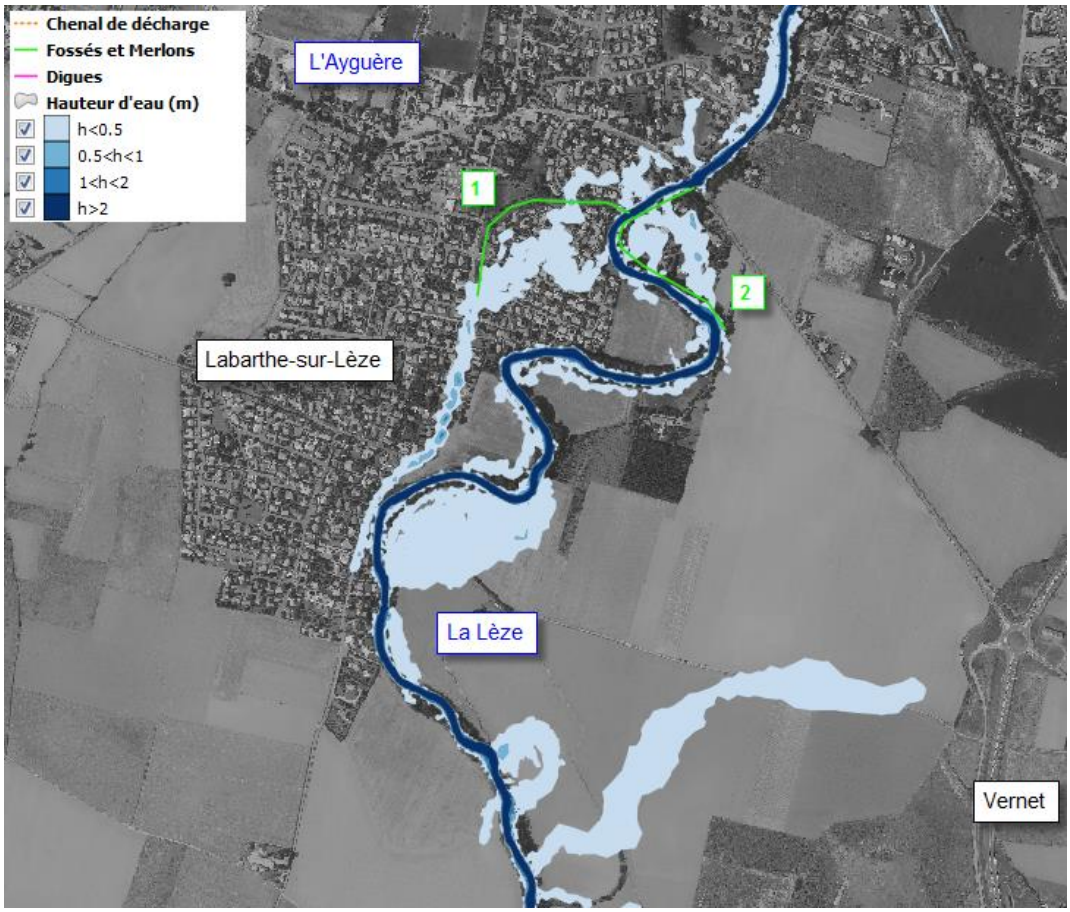


Figure 100 : Schéma des dispositifs de protection pour les crues fréquentes

5.2.2 Réduction de l'aléa sur le centre de Labarthe-sur-Lèze et le lotissement des Trois-Rivières

Le SMIVAL a réalisé en 2016 des travaux sur le fossé du Sarrasclé et l'ouvrage hydraulique de la rue du Rousillon en rive gauche de la Lèze (cf. figure ci-après), qui devrait être capable d'évacuer les débordements en lit majeur pour la crue quinquennale.

Les dimensions des ouvrages sont de :

- Pour le fossé : largeur en base de 1,6 m, largeur en crête de 7,4 m et pente moyenne de l'ordre de 0,005 m/m,
- Pour l'ouvrage hydraulique : dalot de 2,00x1,25 mxm de pente moyenne 0,005 m/m.

Figure 101 : Localisation du fossé du Sarrasclé et de l'ouvrage hydraulique rue du Roussillon

Le modèle hydraulique n'étant pas localement suffisamment fin pour intégrer ces éléments complémentaires, une estimation des débits capables des ouvrages est réalisée à l'aide de la formule de Manning-Strickler :

$$Q = KSR^{2/3}i^{1/2}$$

Avec :

Q : débit (en m^3/s),
K : coefficient de Strickler (pris égale à 10 dans le cas présent),
S : Section mouillée (en m^2),
R : rayon hydraulique (en m),
i : pente (en m/m).

Dans le cas présent, les débits maximum admissibles pour ces ouvrages sont de (pour un coefficient de Strickler de 10) :

- Pour le fossé : environ 8 m^3/s,
- Pour l'ouvrage hydraulique : environ 6 m^3/s.

Remarque 1 : Le projet réalisé par SCE en avril 2016 prévoit un débit capable du dalot de 5,1 m^3/s.

Remarque 2 : Le fossé est efficace jusqu'à la crue de période de retour 10 ans. Au-delà, les écoulements généralisés sur la plaine entre Lagardelle et Labarthe impactent le centre ville.

La modélisation hydraulique de la crue quinquennale en état actuel a permis d'estimer les débits de débordement en lit majeur rive gauche de la Lèze au niveau de la RD12b à 1 m^3/s. Ces ouvrages réaménagés sont donc en mesure d'évacuer les débits transitant en lit majeur rive gauche pour la crue quinquennale de la Lèze (sous réserve que l'écoulement se dirige bien vers le fossé). Ainsi, les bâtis situés entre le fossé du Sarrasclé et la Lèze, impactés pour la crue quinquennale en état actuel, sont épargnés grâce à ces aménagements.

5.2.3 Réduction de vulnérabilité sur le secteur de la Condoumine en rive gauche de la Lèze pour la crue décennale

La crue décennale de la Lèze est susceptible d'impacter quelques bâtis en rive gauche, sur le quartier de la Condoumine, avec une hauteur d'eau inférieures à 50 cm. La figure suivante présente les bâtis « supplémentaires » (par rapport à la crue quinquennale) exposés pour une crue décennale de la Lèze (cercle jaune).

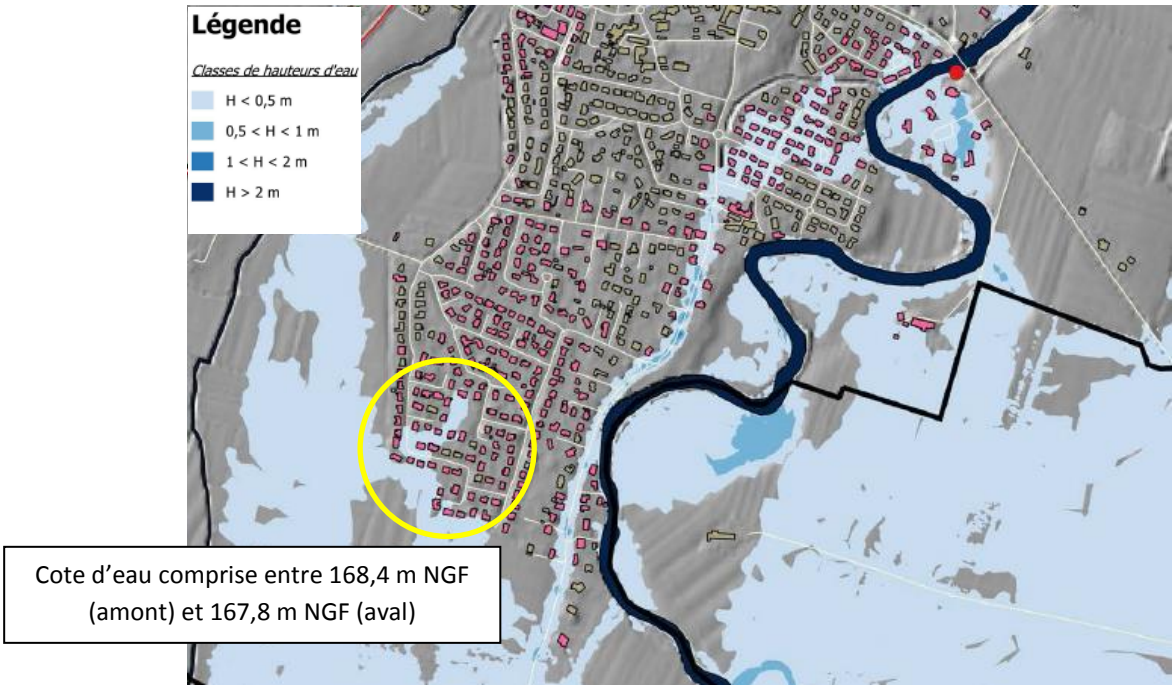


Figure 102 : Enjeux impactés (hors quartiers des Trois Rivières et des Aouzelous) pour une crue décennale de la Lèze

Ainsi, sur ce secteur, des diagnostics de vulnérabilité des habitations de ce quartier pourraient être réalisés. Puis, suite au diagnostic des bâtis, des mesures de réduction de la vulnérabilité pourront être mises en œuvre.

5.3 Modélisation hydraulique des dispositifs de protection pour les crues plus rares (période de retour supérieure à 10 ans)

Dans ce paragraphe, **il est proposé d'étudier des dispositifs de protection pour la crue cinquantennale de la Lèze (cf. paragraphe 5.3.1.4 page 133)**. Pour rappel, la crue de l'Ariège prise en compte est la crue de juin 2000, dont la période de retour est estimée à 10 ans.

De plus, il est également proposé d'examiner la mise en place de dispositifs de réduction de vulnérabilité pour les habitations, en cas de crue centennale de la Lèze (cf. paragraphe 5.5 page 191).

5.3.1 Préambule

Le principe d'aménagement proposé est le suivant :

- Limiter les débordements de la Lèze en rive gauche vers le centre de Labarthe et le cours d'eau de l'Ayguère, au débit de plein bord de l'Ayguère (mise en place d'une digue munie d'un dalot). Cet aménagement permettrait de décharger partiellement la Lèze, tout en évitant des débordements du cours d'eau de l'Ayguère (cf. Figure 103 ci-après - Ouvrage 3a et 3b),
- Evaluer l'impact hydraulique de l'endiguement en rive gauche de la Lèze (notamment sur les écoulements en rive droite) et, le cas échéant, envisager des aménagements complémentaires (canal de décharge, digue de protection du secteur du Vernet, ou des enjeux isolés…, cf. Figure 103 ci-après - Ouvrage 4a, 4b ou combinaison des deux et 5).

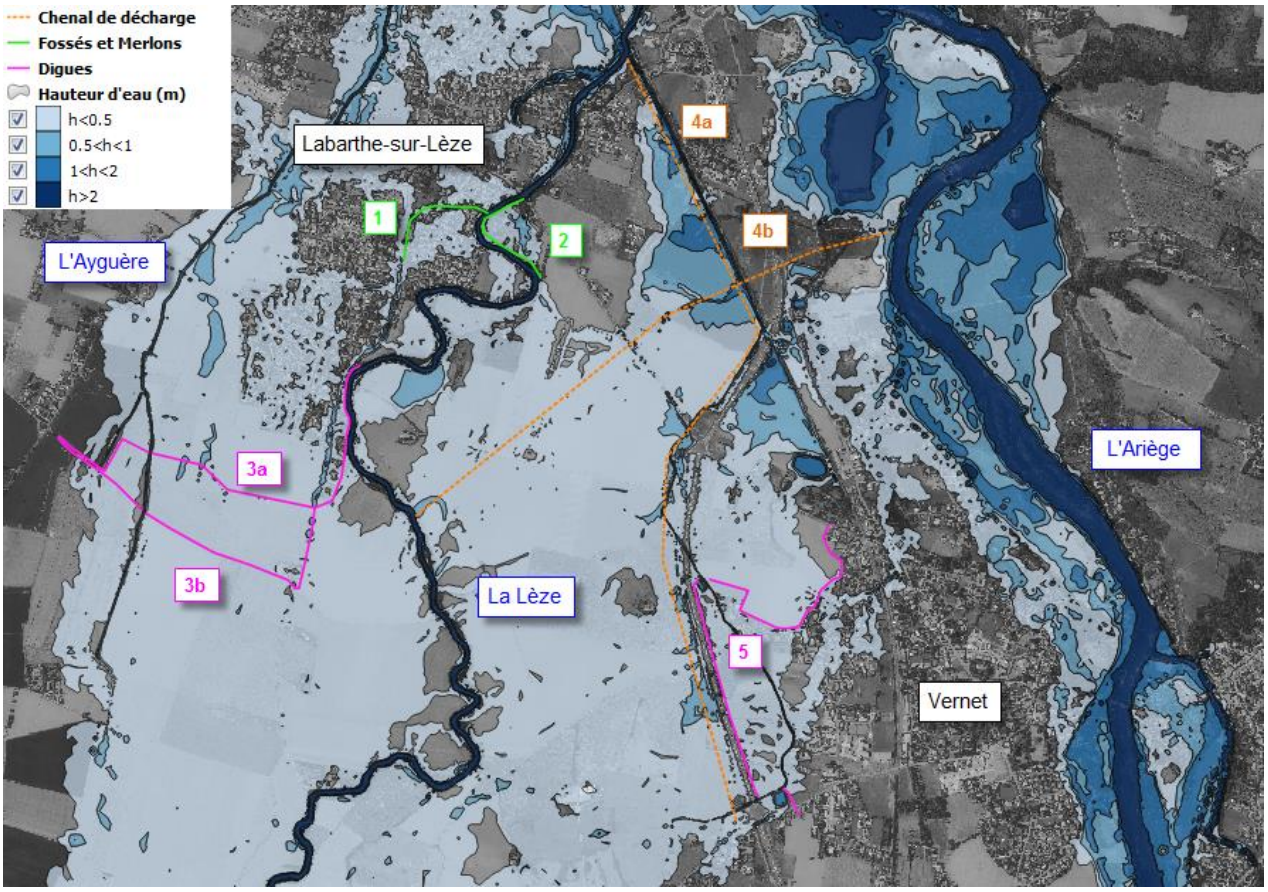


Figure 103 : Schéma des dispositifs de protection pour les crues plus rares – fond de plan : zone inondable pour la crue cinquantennale en état actuel

Remarque : il est important de noter qu'il y a un phénomène de débordement généralisé en rive droite (cf. figure suivante). Dans le cas où la mise en place d'un canal de décharge est étudiée, deux options se présentent pour le tracé :

- Reprendre le ruisseau du Mondouly, quitte à aménager ce cours d'eau (sous réserve d'une emprise foncière suffisante par rapport au débit à transiter),
- Traverser les remblais ferroviaires et routiers.

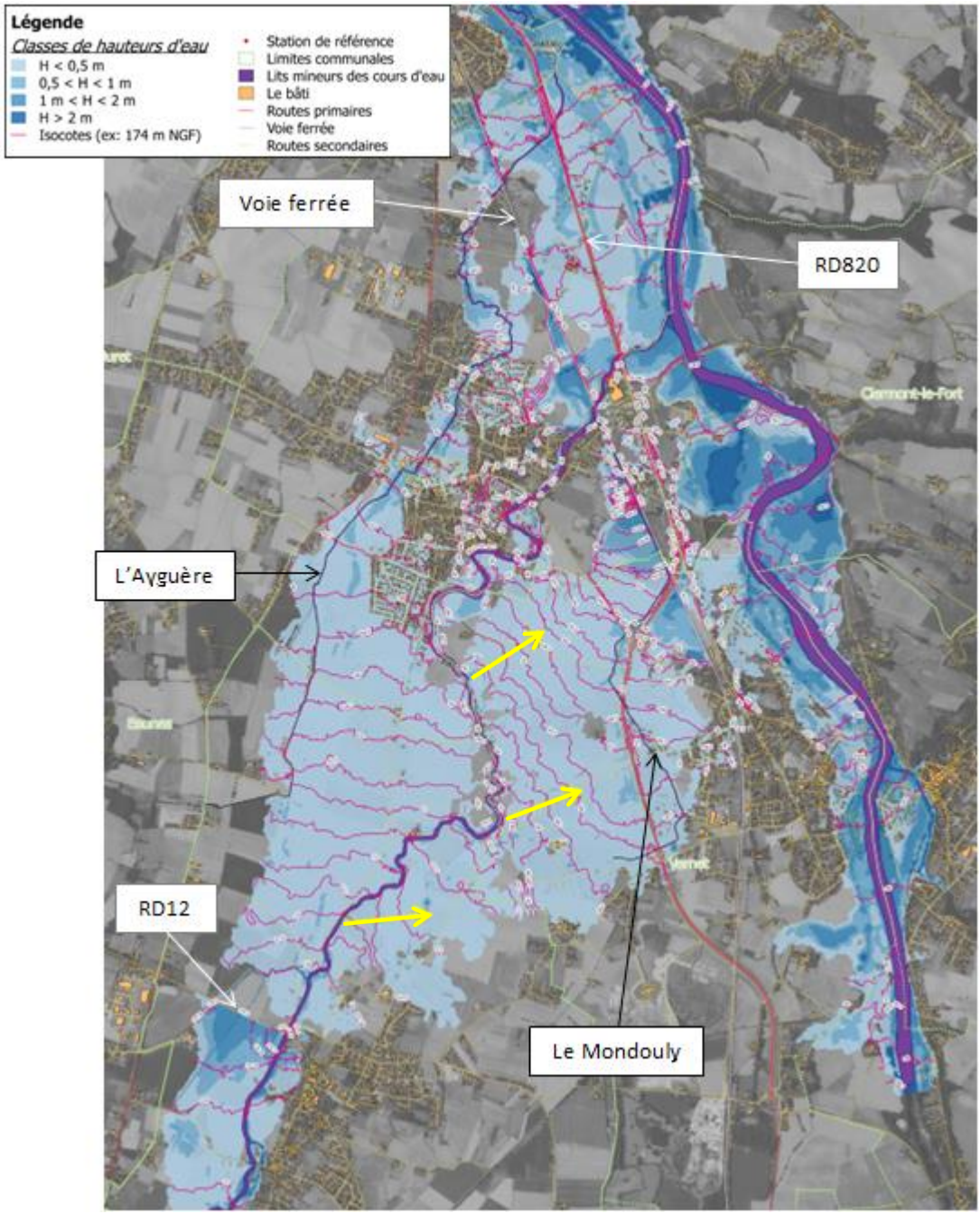


Figure 104 : Hauteur d'eau pour la crue de juin 2000 – flèche jaune, débordements en lit majeur rive droite

Toutefois, un chenal de décharge n'est pas l'unique solution sur ce lit majeur droit, puisque deux autres approches peuvent être retenues :

- La mise en place d'une digue de protection des bâtis du Vernet en aval de la RD820,
- La mise en place de solutions de réduction de la vulnérabilité au droit des bâtis isolés sur la plaine rive droite entre la Lèze et les remblais routiers et ferroviaires.

Ainsi, et pour pré-dimensionner les différents ouvrages, il est nécessaire de définir :

- Le débit de plein bord de la Lèze,
- Le débit de plein bord de l'Ayguère,
- Le débit à « décharger » en rive droite pour rejoindre directement l'Ariège.

5.3.1.1 Estimation du débit de plein bord de la Lèze

Le débit de plein bord de la Lèze a été estimé à 55-60 m^3/s dans le cadre de la présente étude. Le fait de pouvoir gérer les débordements en rive gauche sur le quartier de la Condoumine (fossé du Sarrasclé), et de mettre en place des dispositifs de réduction de la vulnérabilité en rive droite sur le quartier des Aouzelous (ou bien un dispositif de protection – cf. paragraphe 5.3.2.3 page 144) permettrait d'éviter les premiers débordements ou d'impacter les bâtis pour de faibles débits (cf. figure ci-après). Le débit de plein bord de la Lèze au droit des enjeux de Labarthe-sur-Lèze pourrait alors être rehaussé à 90-100 m^3/s environ.

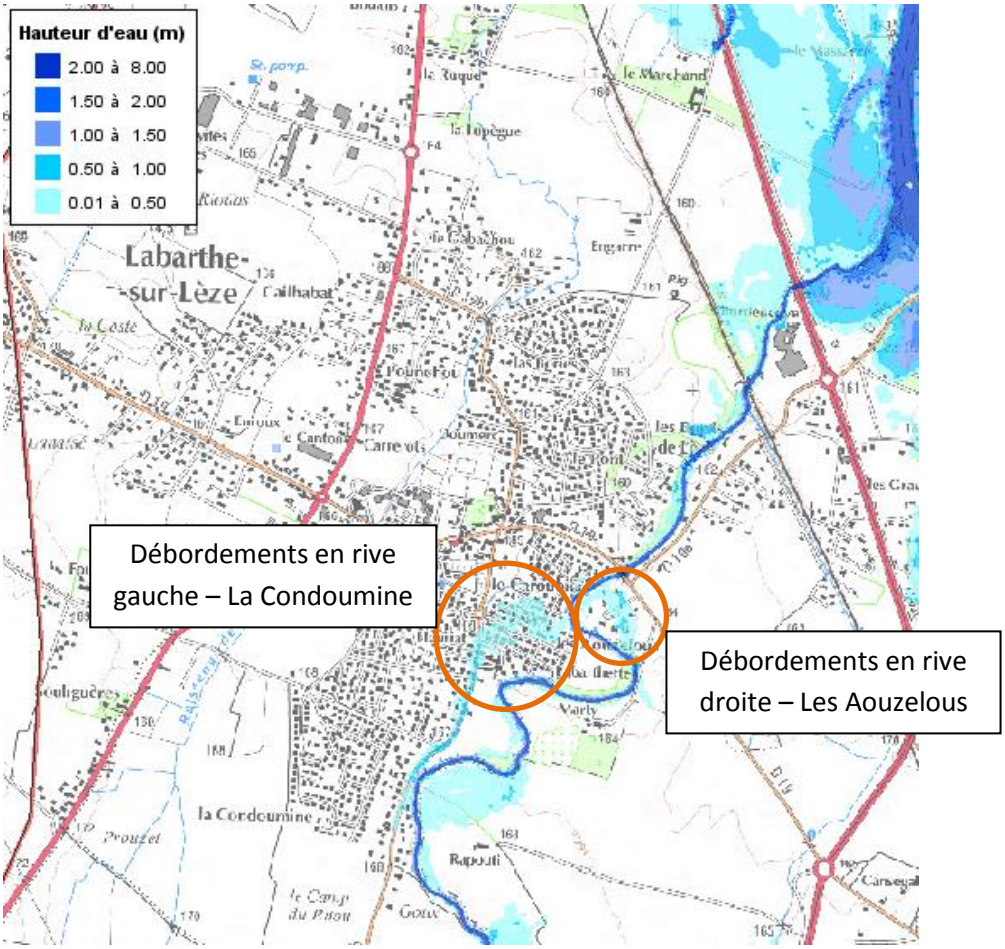


Figure 105 : Ecoulement en lit majeur de la Lèze pour un débit de pointe de 90 m^3/s

5.3.1.2 Estimation du débit de plein bord de l'Ayguère

Le débit de plein bord de l'Ayguère est estimé sur la base de la modélisation hydraulique de la crue de la Lèze de période de retour 20 ans environ (type 1993). La figure suivante présente l'écoulement au temps t=30h. On constate qu'une partie des écoulements de la Lèze se décharge dans l'Ayguère, sans pour autant impacter le centre ville. Le débit transitant par l'Ayguère est alors de 10 m^3/s environ.

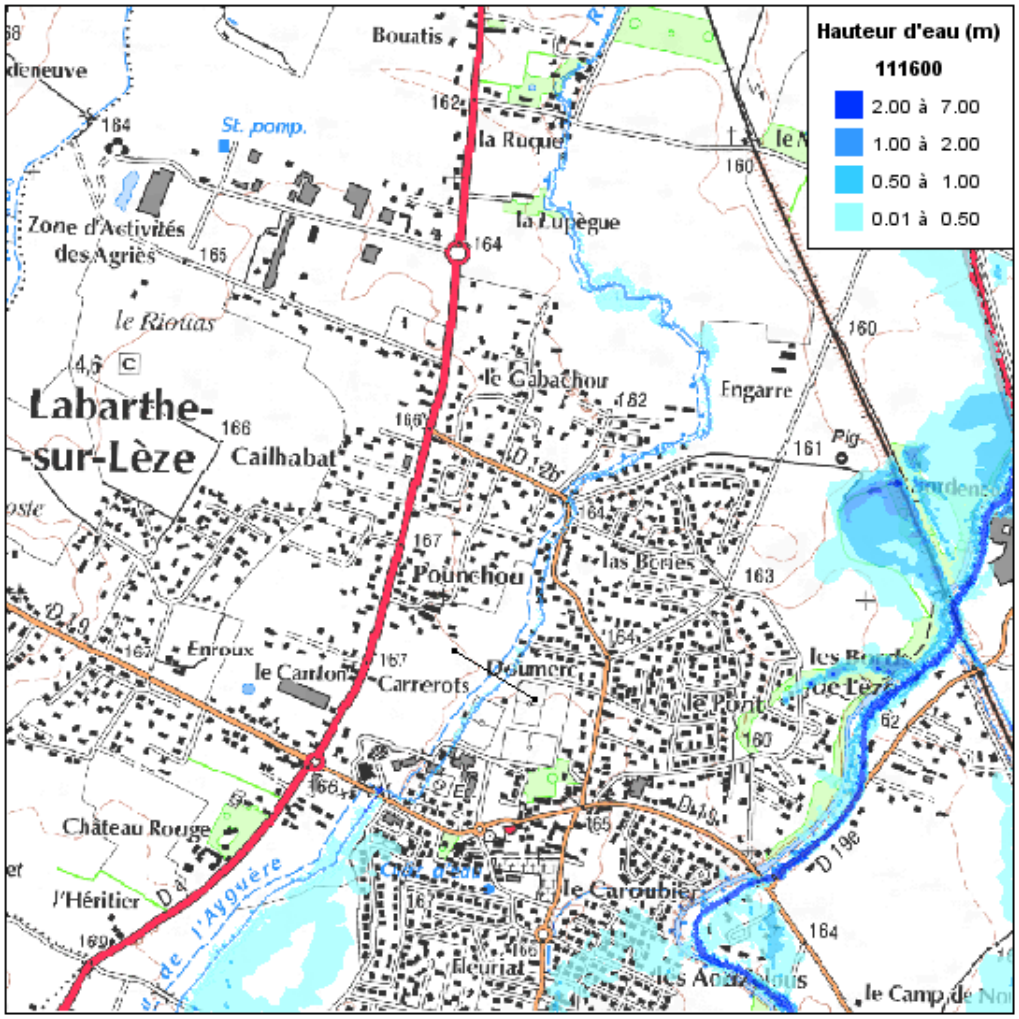


Figure 106 : Ecoulements de l'Ayguère pour un débit de 10-12 m^3/s, quelques bâtis en amont de la RD19 sont impactés

5.3.1.3 Dispositifs et aménagements envisagés

Les cours d'eau de l'Ayguère et de la Lèze (après protection des quartiers de la Condoumine en rive gauche et des Aouzelous en rive droite) seraient donc susceptibles de faire transiter un débit total d'environ 100 m^3/s sans débordement (90 m^3/s via la Lèze et 10 m^3/s via l'Ayguère).

Un premier principe d'aménagement retenu consisterait à mettre en œuvre une digue en rive gauche de la Lèze, en amont de Labarthe-sur-Lèze, avec un pertuis permettant de transiter le débit de plein bord de l'Ayguère (cf. Figure 103 – Ouvrage 3a et 3b).

Dans le cadre de la présente étude, 2 positionnements de cette digue sont testés :

- Positionnement n°1 : la digue est localisée immédiatement en amont de la dernière maison du centre de Labarthe,
- Positionnement n°2 : la digue est localisée au droit de la « Métairie d'en haut » (Scan25 de l'IGN), et suivra le chemin orienté Sud-est / Nord-ouest et une partie de la RD12b. Le linéaire de digue est plus important que pour le positionnement n°1, mais situé le long d'un chemin existant.

Après avoir testé les effets des endiguements (positionnements n°1 et n°2) sur les écoulements en crue, il pourra être envisagé un dispositif de décharge des écoulements en rive droite vers l'Ariège. Pour ce faire, la modification du ruisseau du Mondouly et/ou la mise en place d'un chenal de décharge sont examinées (cf. Figure 103 – Ouvrage 4a, 4b ou combinaison des deux).

Dans ce cas, et pour protéger les biens et les personnes pour la crue cinquantennale (débit de pointe de 204 m^3/s), il serait nécessaire de dimensionner un ouvrage de décharge en lit majeur rive droite de la Lèze pouvant transiter environ 100 m^3/s.

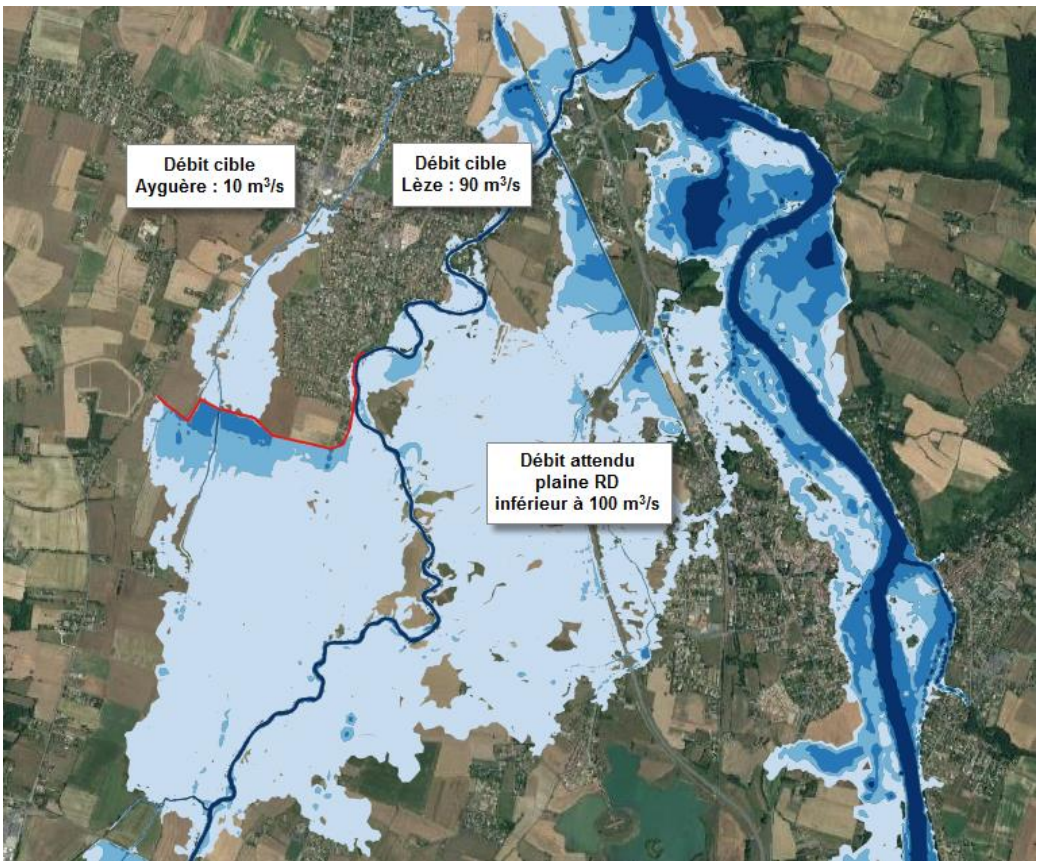


Figure 107 : Estimation sommaire de la répartition des débits après mise en place de la digue rive gauche

Remarque 1 : le calcul du débit à transiter en rive droite (100 m^3/s) est réalisé de manière sommaire, sans prendre en compte l'écrêtement éventuel par la mise en place d'une digue en rive gauche, ni les écoulements éventuellement repris par la Lèze. Cette valeur sera actualisée après modélisation hydraulique des aménagements.

Remarque 2 : Dans le cas d'un recalibrage éventuel du ruisseau du Mondouly pour évacuer les eaux (ou du moins une partie) de la plaine en rive droite, il faudrait s'assurer que la Lèze aval, à la confluence du Mondouly, peut faire transiter le débit complémentaire provenant du ruisseau modifié. Le modèle hydraulique bidimensionnel sera utilisé et permettra de vérifier si le dispositif fonctionne de manière optimale.

Dernier point, il est essentiel de dimensionner correctement l'ouvrage de décharge pour éviter d'augmenter le risque inondation sur le secteur aval du Vernet / Labarthe-sur-Lèze en cas de défaillance de l'ouvrage.

Le cas échéant, et si cela s'avère nécessaire suite aux différents tests menés sur le modèle hydraulique, un système d'endiguement sera proposé pour protéger le Vernet (cf. Figure 103 – Ouvrage 5), et/ou les bâtis situés en amont du remblai ferroviaire (chemin d'Embourel).

5.3.1.4 Période de retour de dimensionnement

D'après le décret n°2015-526 du 12 mai 2015 relatif aux règles applicables aux ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et aux règles de sûreté des ouvrages hydrauliques, et dans le cas où le système d'endiguement protège une population comprise entre 30 et 3 000 personnes (ce qui est le cas ici présent), le système d'endiguement serait de classe C. Les nouveaux systèmes d'endiguement autorisés après 2020[11] devront respecter **un niveau de sûreté minimal de 50 ans**.

Les ouvrages dimensionnés dans le cadre de la présente note sont prévus pour une crue cinquantennale.

Par ailleurs, l'ouvrage de protection permet également de limiter le débit entrant dans l'Ayguère, et protège ainsi des zones de Labarthe-sur-Lèze contre les débordements de l'Ayguère. Par conséquent, il s'agit également d'un aménagement hydraulique car protégeant plus de 30 personnes a priori, soumis à demande d'autorisation (avec étude de dangers distincte de l'étude de dangers de la digue).

Remarque : il est difficile de protéger l'ensemble du territoire modélisé contre la crue centennale de la Lèze, puisque de multiples zones de débordements sont identifiées, notamment au niveau du lit majeur rive droite de la Lèze.

[11] Avant cette date, il n'y a pas de période de retour minimale

5.3.2 Mise en place d'une digue en rive gauche de la Lèze

5.3.2.1 Description de l'ouvrage

En situation actuelle, et dès la crue vicennale, un écoulement avec de faibles hauteurs d'eau vient impacter le centre de Labarthe, par débordement de la Lèze entre Lagardelle-sur-Lèze et Labarthe-sur-Lèze et par débordement de l'Ayguère (cf. paragraphe 4.6.2.2 page 77). La mise en œuvre d'une digue en rive gauche de la Lèze a pour vocation de protéger le centre de Labarthe-sur-Lèze.

Le dimensionnement est réalisé pour la crue cinquantennale (crue de projet), et la probabilité de défaillance (rupture) de l'ouvrage pour cette période de retour est alors considérée nulle. On s'assurera que les écoulements sont évacués sans disfonctionnement de l'ouvrage jusqu'à la crue centennale (crue de sûreté). La probabilité de défaillance de l'ouvrage est alors estimée à 5%.

Par ailleurs, il est proposé de positionner la crête de l'ouvrage au niveau atteint pour la crue millénale (crue de danger), avec une revanche « réduite » de 10 cm. Dans le cas d'occurrence d'une crue millénale de la Lèze, on fera l'hypothèse que les dommages en état aménagé sont identiques à l'état actuel.

Deux ouvrages compléteront la digue :

- Un dalot au niveau du lit mineur de l'Ayguère, pour permettre de faire transiter le débit de plein bord de l'Ayguère (estimé à 10 m^3/s),
- Un déversoir de sécurité pour évacuer la crue centennale sans danger pour l'ouvrage. Ce déversoir sera positionné dans l'axe de l'Ayguère.

<u>Remarque 1 :</u> le dimensionnement qui suit est réalisé pour une digue dans la configuration « ouvrage 3a » (cf. Figure 103 page 128).

<u>Remarque 2 :</u> En bord de Lèze le long du chemin de Lagardelle, il y a peu d'emprise foncière disponible. Dans cette zone, il est proposé de réaliser un mur en « L » en béton armé pour assurer la protection.

La figure suivante présente de manière schématique la digue et le dalot, avec le niveau atteint en amont pour la crue cinquantennale (169,5 m NGF).

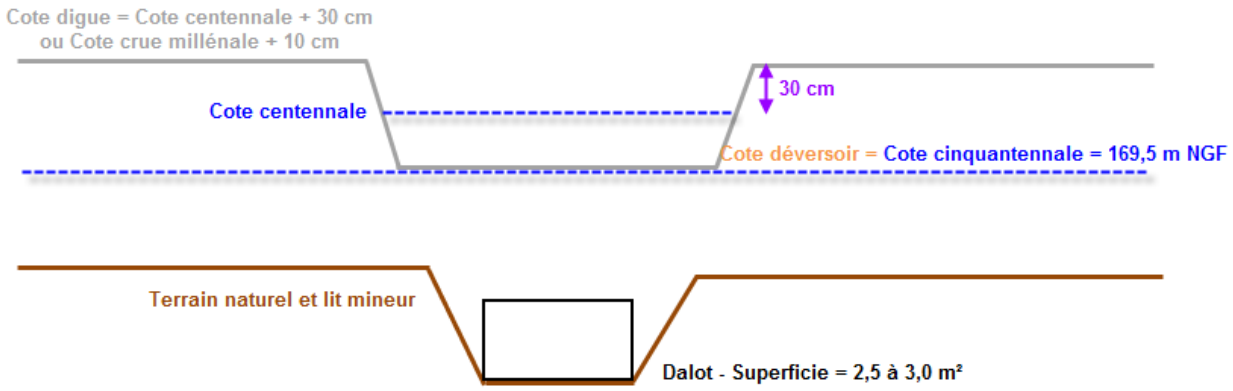


Figure 108 : Représentation schématique des ouvrages et cotes associées – Ouvrage 3a

Dimensionnement du dalot

L'ouvrage en pied de digue est dimensionné de telle sorte que, pour la crue cinquantennale, le débit transitant soit de l'ordre de 10 à 12 m^3/s. Pour ce faire, on utilise la formule du débit transitant par un orifice :

$$Q = mS\sqrt{2gH}$$

Avec :

Q : débit (en m^3/s),
m : coefficient de débit (en considérant de manière approchée *m*=0,6),
S : Section de l'orifice (en m²),
g : accélération de la pesanteur (en $m.s^{-2}$),
H : la charge hydraulique sur l'orifice (en m).

Compte tenu de la cote atteinte en amont de la digue pour la crue cinquantennale (169,5 m NGF – cote calculée par modélisation hydraulique), l'ouvrage mis en place en pied de digue devra avoir une superficie de l'ordre de 2,5 à 3,0 m². Dans le cadre de la présente étude, on considère deux dalots de 1,5x1,0 mxm.

Pré-dimensionnement du déversoir

Le dimensionnement du déversoir de sécurité est effectué pour la crue centennale de la Lèze. Ce déversoir a pour but d'évacuer la crue centennale sans danger pour la digue. La cote d'arase correspond à la cote atteinte en amont de la digue pour la crue cinquantennale de la Lèze (soit 169,5 m NGF). Le déversoir est dimensionné à l'aide de la formule suivante :

$$Q = \mu L\sqrt{2gH^3}$$

Avec :

Q : débit (en m^3/s),
μ : coefficient de débit (en considérant de manière approchée μ=0,4),
L : la longueur du déversoir (en m),
g : accélération de la pesanteur (en $m.s^{-2}$),
H : la charge hydraulique sur le déversoir (en m).

En état actuel, le débit transitant via la rive gauche de la Lèze entre les communes de Lagardelle et Labarthe (zone d'implantation de la digue) est estimé à :

- 50 m^3/s pour la crue cinquantennale,
- 80 m^3/s pour la crue centennale.

En considérant que la digue est dimensionnée pour la crue cinquantennale, et qu'elle doit être capable d'évacuer en toute sécurité la crue centennale, le déversoir de sécurité doit être dimensionné pour un débit de 30 m^3/s. Pour un tel débit, les cotes atteintes en amont pour la crue centennale sont fonction de la longueur du déversoir.

Le tableau suivant présente quelques cas de figure.

Longueur déversoir	10 m	20 m	30 m	40 m	50 m
Cote atteinte pour la crue centennale	171,0 m NGF	170,4 m NGF	170,2 m NGF	170,1 m NGF	170,0 m NGF
Cote d'arase de la digue	171,3 m NGF	170,7 m NGF	170,5 m NGF	170,4 m NGF	170,3 m NGF

Tableau 23 : Estimation de la cote atteinte pour la crue centennale et de la cote d'arase de la digue en fonction de la longueur du déversoir – Ouvrage 3a

Le déversoir de sécurité est protégé par des enrochements bétonnés, ainsi qu'au niveau du talus aval et sur une longueur d'une dizaine de mètre en pied de digue. Une poutre en béton armée permet de caler la cote de crête du déversoir.

La cote d'arase de la digue est définie par la cote atteinte pour la crue centennale, en y ajoutant une revanche de 30 cm ou bien par la cote atteinte par la crue millénale au droit de l'ouvrage (+ revanche de 10 cm).

Compte tenu de la cote du terrain naturel, qui est situé autour de 168,2 à 168,7 m NGF pour la digue la plus en aval (ouvrage 3a), la mise en place d'un déversoir de faible longueur impliquerait une grande hauteur de digue.

Remarque : Pour le calcul de la cote atteinte en amont de la digue en cas de crue centennale, l'augmentation du débit dans le dalot, du fait de l'augmentation de la charge hydraulique amont n'a pas été prise en compte. Toutefois, cette variation de débit est marginale, car une augmentation de 1 m du niveau amont entraîne une augmentation du débit de l'ordre de 2,5 m^3/s dans le dalot (soit moins de 5% du débit transitant en rive gauche pour la crue centennale).

En tout état de cause, le pré-dimensionnement du déversoir est à valider par la modélisation d'ensemble pour la crue centennale.

5.3.2.2 Résultats de la modélisation hydraulique pour la mise en place d'une digue en rive gauche - Ouvrage 3a

Identification de la zone inondable

Comme dans la situation actuelle pour la crue cinquantennale de la Lèze, les débordements apparaissent sur la plaine inondable située entre Lagardelle-sur-Lèze et Labarthe-sur-Lèze (cf. figure ci-après). En amont de Labarthe-sur-Lèze, la digue en rive gauche permet de contenir les écoulements et protège le centre-ville. Les écoulements en aval de la digue sont globalement contenus dans l'Ayguère au droit des secteurs à enjeux. Dans le cas présent, le débit transitant dans l'Ayguère dans le modèle hydraulique est de 11 m^3/s.

En rive droite de la Lèze, il y a débordement généralisé sur la plaine inondable. Les écoulements impactent le Vernet et s'étalent également le long de la déviation du Vernet (RD820) et du remblai ferroviaire.

Le débit transitant en rive droite est estimé à 65 m^3/s dans le modèle hydraulique en état aménagé, contre 52 m^3/s dans la situation actuelle. La mise en place de la digue en rive gauche entraîne donc une augmentation des débordements en rive droite de la Lèze (+12 m^3/s en pointe).

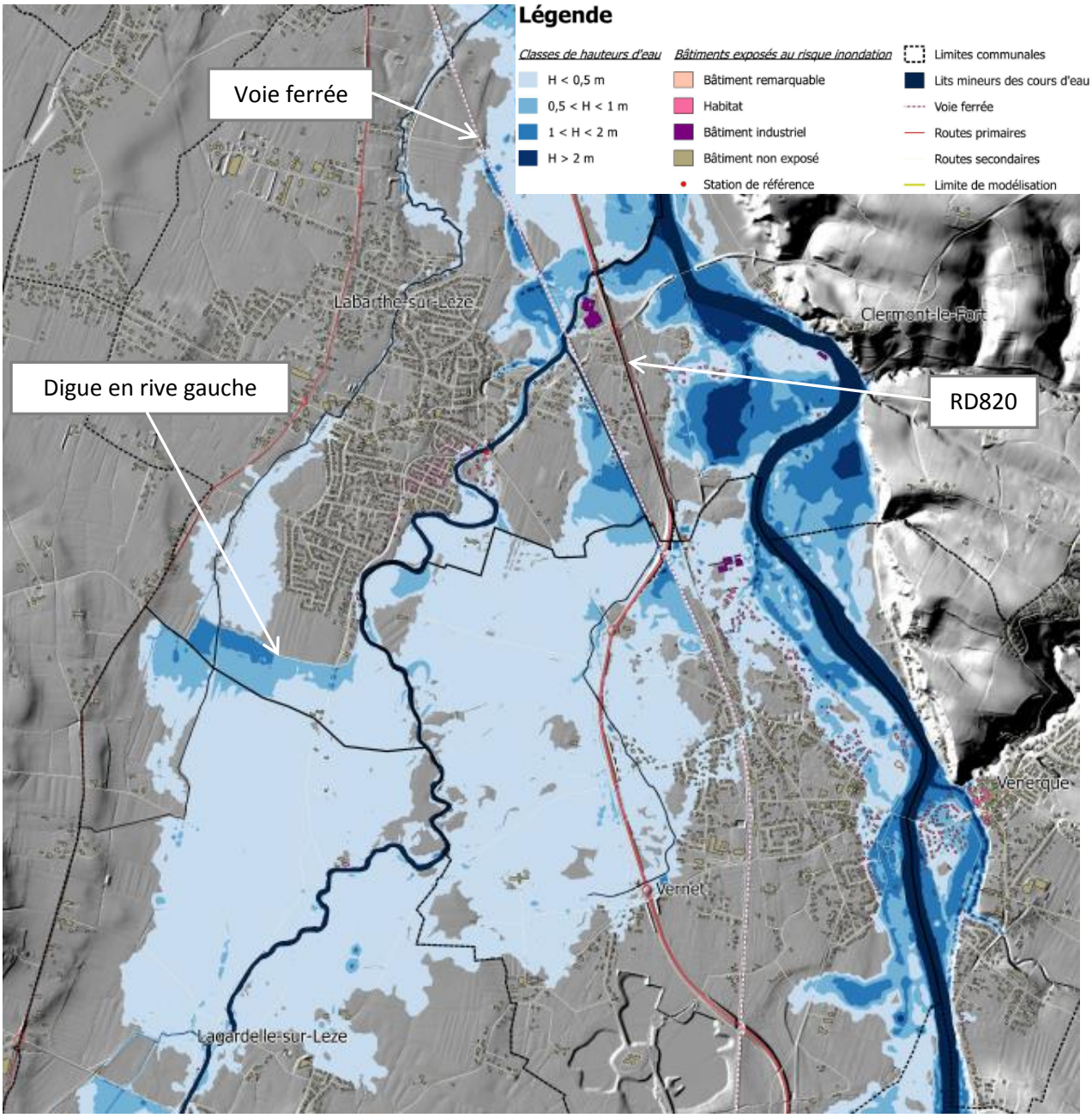


Figure 109 : Hauteurs d'eau pour la crue de période de retour 50 ans – état aménagé : digue de protection en rive gauche de la Lèze (Ouvrage 3a)

Comparaison à la situation actuelle

Une première analyse (analyse hydraulique préliminaire avant l'ACB / AMC – cf. paragraphe 6 page 194) des dommages évités et enjeux impactés est réalisée en comparant les surfaces libres de la crue cinquantennale de la Lèze dans la situation actuelle et dans la situation aménagée. La figure suivante donne les résultats en termes de différentiel de hauteur par rapport à la situation actuelle. Cette figure met en évidence le fait que la digue rive gauche entraîne une surinondation de la rive droite, puisque pour une bonne partie de la plaine, les hauteurs d'eau sont augmentées entre +0,05 et +0,25 m. Localement, au droit d'enjeux situés en amont du remblai ferroviaire (chemin d'Embourel notamment), cette augmentation peut être de +0,25 à +0,50 m.

A noter également une surinondation des parcelles agricoles situées en amont de la digue.

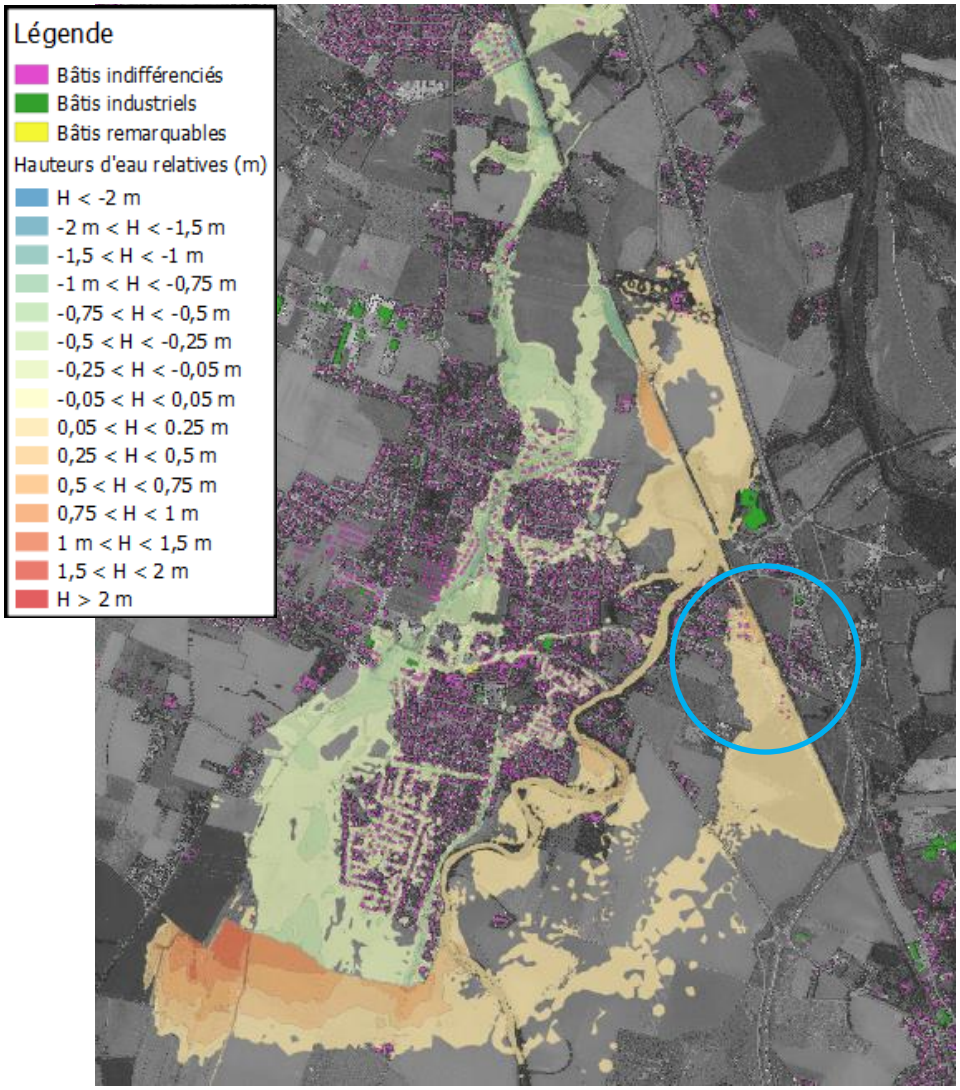


Figure 110 : Comparaison des surfaces libres pour la crue cinquantennale : Etat aménagé (Ouvrage 3a) – Etat actuel

Remarque : Cet ouvrage a également un impact négatif sur le quartier des Aouzelous (dans le cas où ce quartier ne serait pas protégé – cf. paragraphe 5.3.2.3 page 144 mise en place d'un merlon). En effet, un débit plus important est relâché dans la Lèze (de l'ordre de 130 m^3/s), ce qui donne donc lieu à des débordements plus importants que dans la situation actuelle sur ce quartier. La mise en œuvre de la digue de protection du quartier permettrait de le protéger.

La figure suivante est un zoom sur le secteur du chemin d'Embourel (cercle bleu sur la Figure 110 ci-dessus). Au total, une douzaine de bâtis sont concernés par la surinondation due à la mise en place de la digue en rive gauche. D'après le ratio moyen d'habitants par résidence (2,0 hab./résidence à Labarthe d'après recensement de 2011), cela représente entre 25 et 30 personnes concernées.

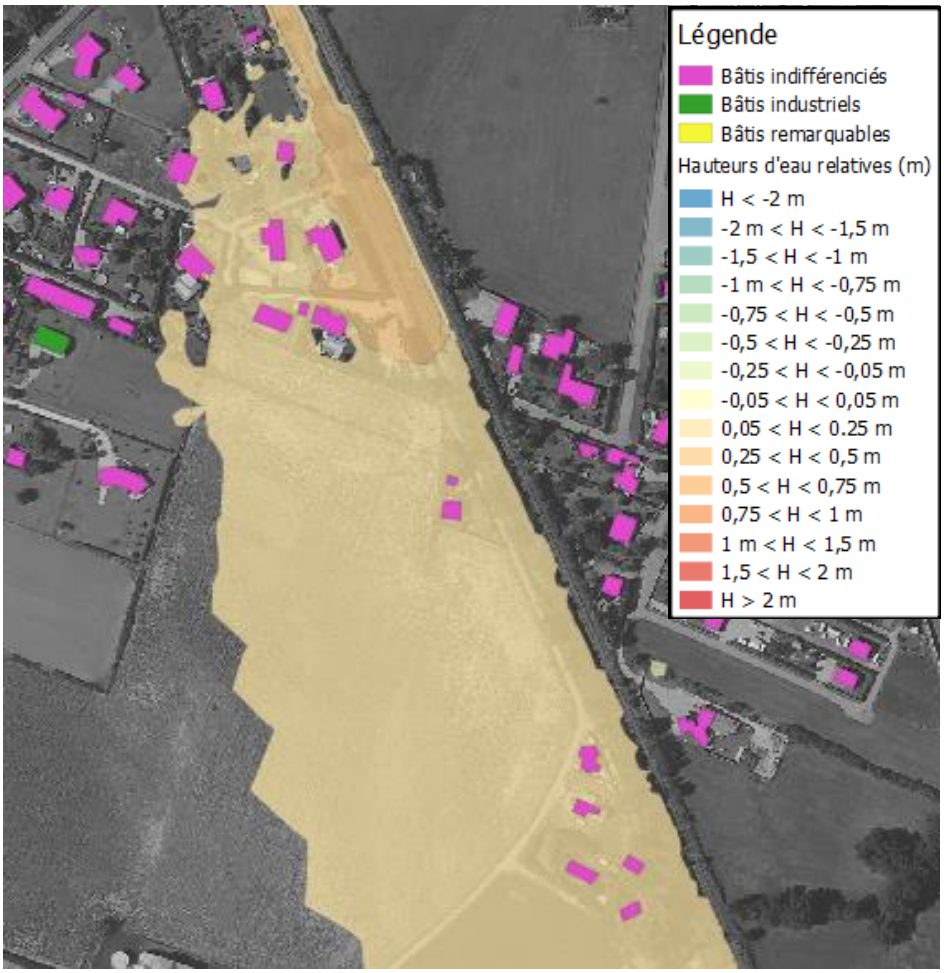


Figure 111 : Comparaison des surfaces libres pour la crue cinquantennale au droit du chemin d'Embourel : Etat aménagé (Ouvrage 3a) – Etat actuel

Comme pour le quartier des Aouzelous, et en vue de respecter la cohérence hydraulique d'ensemble, un merlon / une digue peut être mis(e) en place sur le secteur du chemin d'Embourel afin de supprimer la surinondation des bâtis. Un scénario alternatif, incluant la mise en œuvre de la digue en rive gauche de la Lèze, couplée à la protection du quartier des Aouzelous et du secteur du chemin d'Embourel, sera traité dans le cadre de l'analyse coûts bénéfices. Les ouvrages de protection « secondaires » sont dimensionnés pour une période de retour d'au moins 50 ans (on retiendra 100 ans dans le cadre de l'étude).

De plus, des aménagements complémentaires en lit majeur rive droite de la Lèze seront proposés (chenal de décharge - cf. paragraphe 5.3.3 page 154) pour supprimer ce phénomène de surinondation.

Une estimation de la population impactée par quartier a été réalisée pour la crue de période de retour 50 ans à l'aide des données INSEE (cf. Tableau 24 ci-dessous). Les données INSEE se présentent sous la

forme d'un carroyage de 200 m x 200 m, datant de 2010. Le nombre de personne impactée en crue est estimé au prorata de la surface mouillée de chaque carreau.

Un découpage des grands ensembles urbains a été réalisé pour localiser les populations impactées en crue.

Commune	Quartier	Nombre de personne – état aménagé	Nombre de personne – état actuel
Labarthe-sur-Lèze	Bordeneuve	12	12
	Doumerc – Le Pont – Las Bories	32	562
	Enroux	5	21
	La Ruque	4	14
	Le Caroubier – La Condoumine	102	905
	Le Marchand	17	17
	Les Aouzelous	12	23
	Les Bords de Lèze	29	20
	Ponchou - Gabachou	12	82
	Autre	111	143
Lagardelle-sur-Lèze	La Mouressague	14	14
	Lagardelle centre	10	10
	Magret - Clinique	33	33
Vernet	Vernet	244	244
Pins-Justaret	La Cepette	0	73
TOTAL		**638**	**2175**

Tableau 24 : Population impactée pour la crue de période de retour 50 ans – état aménagé : digue de protection en rive gauche de la Lèze (Ouvrage 3a)

Ce dispositif permet la protection d'un grand nombre de personnes et de biens pour la crue cinquantennale de la Lèze, notamment sur les communes de Labarthe-sur-Lèze et de Pins-Justaret, pour laquelle le quartier de la Cepette n'est plus impacté.

Modélisation des crues centennale et millénale

Une vérification du dimensionnement des ouvrages est réalisée pour la crue centennale et pour la crue millénale.

La figure suivante présente les hauteurs d'eau atteintes en cas de crue centennale de la Lèze, et décennale de l'Ariège, avec aménagement (Ouvrage 3a). Ce calcul fournit :

- La cote atteinte en amont de la digue pour un déversoir de 30 mètres, qui est de 169,8 m NGF,
- Ainsi, la cote d'arase de la digue à prévoir est a minima de 170,1 m NGF (si on considère une revanche de 30 cm par rapport à la crue centennale),
- Le débit transitant par l'Ayguère en cas de crue centennale de la Lèze est estimé à 16 m^3/s (environ 10-11 m^3/s transitant via le dalot et 5-6 m^3/s via le déversoir),
- Le débit transitant en lit majeur rive droite est estimé à 90 m^3/s (80 m^3/s en situation actuelle).

A noter que la charge hydraulique maximale amont / aval de l'ouvrage est d'environ 1,7 m pour la crue centennale.

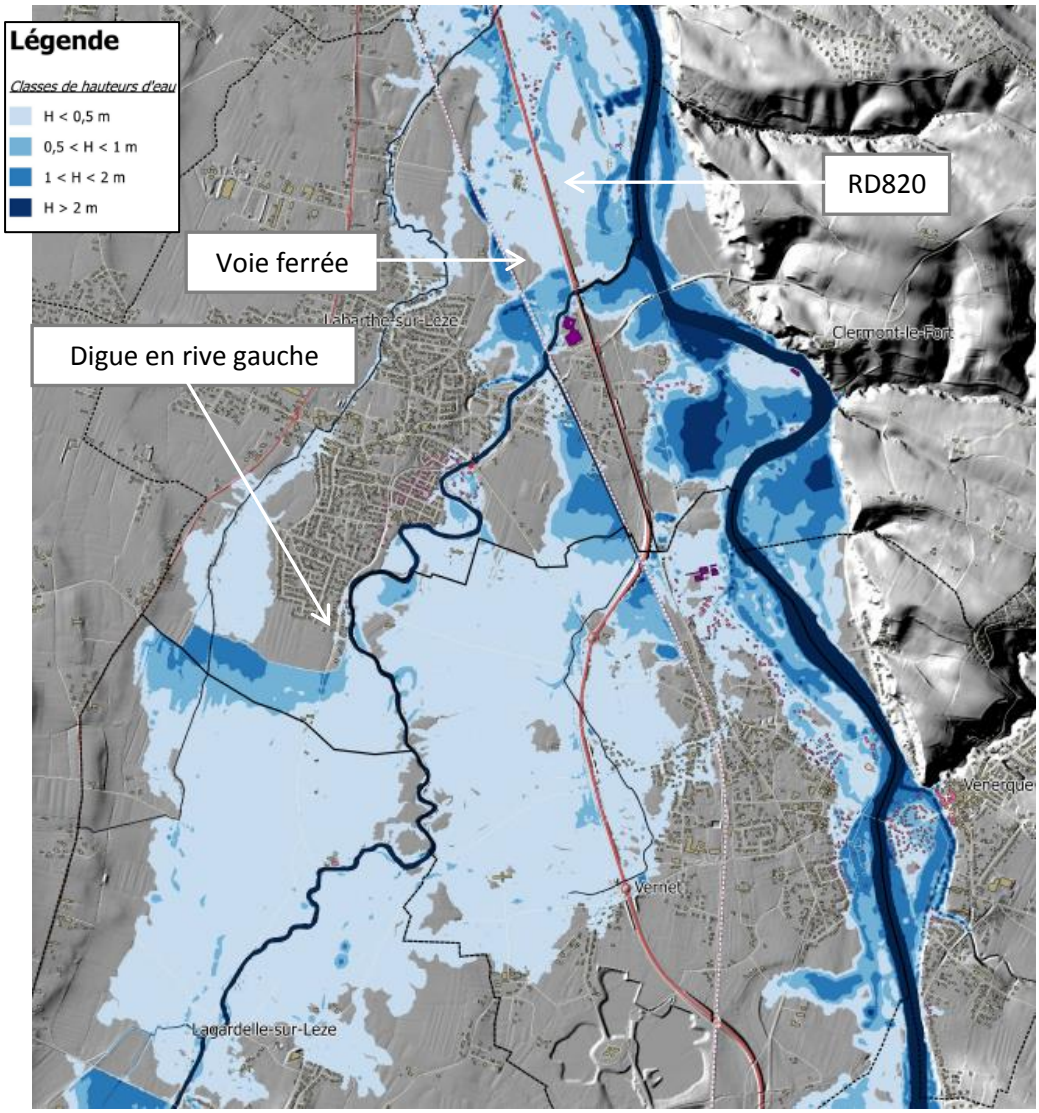


Figure 112 : Hauteurs d'eau pour la crue de période de retour 100 ans – état aménagé : digue de protection en rive gauche de la Lèze (Ouvrage 3a)

La figure suivante donne les résultats en termes de différentiel de hauteur par rapport à la situation actuelle, pour la crue centennale de la Lèze. Cette figure confirme le fait que la digue en rive gauche de la Lèze entraîne une surinondation de la rive droite, puisque pour une bonne partie de la plaine, les hauteurs d'eau sont augmentées entre +0,05 et +0,25 m. Localement, en amont du remblai ferroviaire, cette augmentation peut être de +0,25 à +0,50 m.

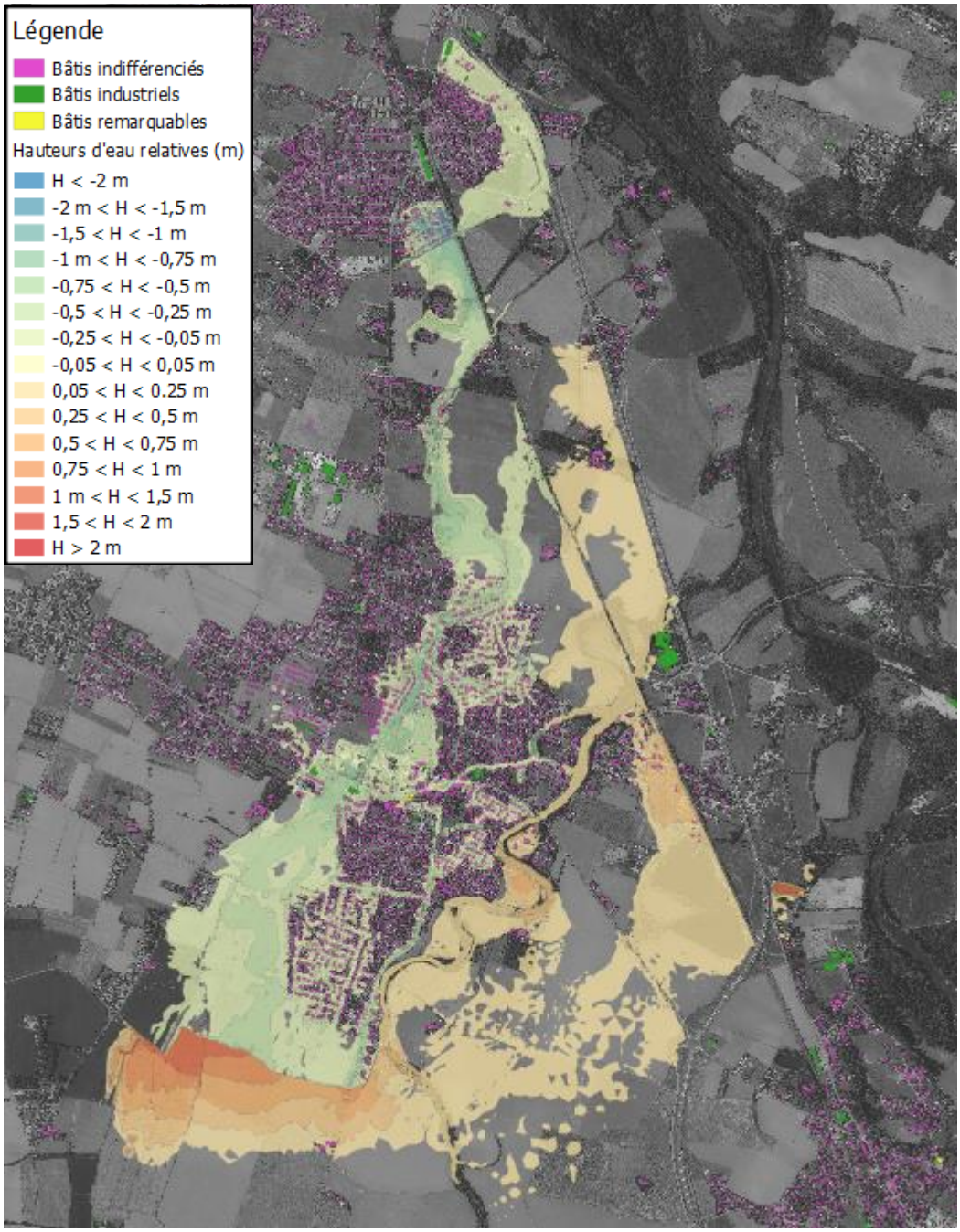


Figure 113 : Comparaison des surfaces libres pour la crue centennale : Etat aménagé (Ouvrage 3a) – Etat actuel

La figure suivante présente les hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement (sous forme de vecteurs) pour la crue millénale de la Lèze. Le niveau d'eau maximum atteint en amont de la digue est estimé à environ 170,25 m NGF, soit 15 cm au-delà de la cote minimale définie pour conserver une revanche de 30 cm par rapport à la crue centennale (170,1 m NGF). La charge hydraulique maximale est de l'ordre de 2,1 m. Dans ce cas, le débit transitant via le dalot et le déversoir de la digue est de 30 à 35 m^3/s.

D'après les modélisations hydrauliques des crues centennale et millénale de la Lèze avec la digue en rive gauche de la Lèze (ouvrage 3a), nous proposons de positionner la crête de l'ouvrage à la cote 170,35 m NGF.

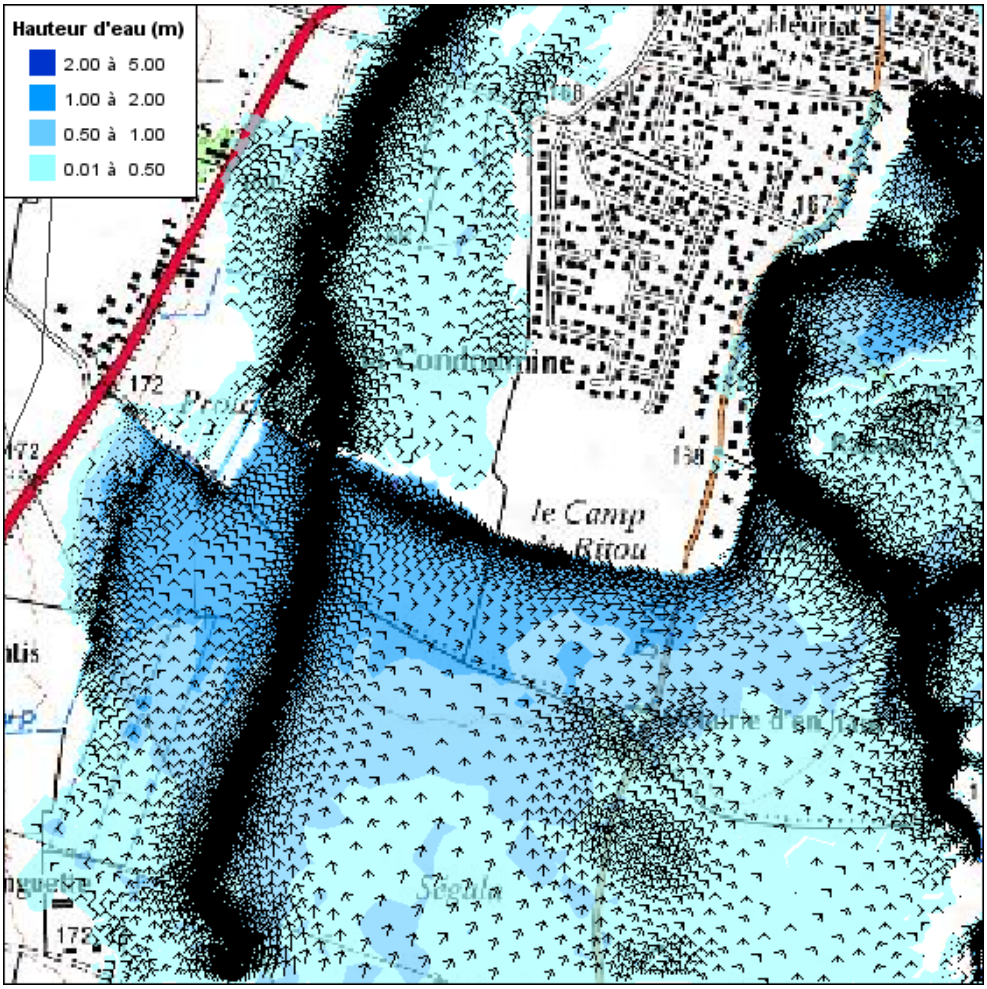


Figure 114 : Hauteurs d'eau et direction des écoulements pour la crue millénale – état aménagé : digue de protection en rive gauche de la Lèze (Ouvrage 3a)

La digue a tendance à rediriger une bonne partie des écoulements vers le lit mineur et la rive droite de la Lèze. Il n'y a pas de mise en charge excessive de l'ouvrage, qui pourrait conduire à une surverse pas dessus la crête, et donc à une rupture éventuelle de la digue. Par conséquent, ce dispositif peut être considéré comme efficace pour lutter contre les crues importantes de la Lèze, jusqu'à la période de retour 1000 ans.

5.3.2.3 Mise en œuvres d'ouvrages complémentaires pour protéger les bâtis isolés et secteurs surinondés

Protection du secteur du chemin d'Embourel contre la surinondation induite par la mise en place de la digue en rive gauche

La digue en rive gauche de la Lèze a un effet négatif sur le secteur du chemin d'Embourel en rive droite, avec la surinondation de certains bâtis situés en amont du remblai ferroviaire. Comme pour le quartier des Aouzelous, et afin de conserver la cohérence hydraulique du « système d'endiguement » (qui comprendrait les impacts hydrauliques potentiels), il est proposé de mettre en œuvre un dispositif de protection localisé au droit des bâtis impactés par la surinondation, bien qu'a priori, moins de 30 personnes sont concernées. Le dimensionnement de ce nouveau dispositif est réalisé pour la crue centennale de la Lèze.

La figure ci-dessous présente les « tronçons » de digue qu'il est nécessaire de mettre en œuvre pour protéger les bâtis. Les niveaux d'eau maximum atteints en cas de crue centennale sont également indiqués. Les digues seront arasée à la cote 163,5 m NGF (correspondant au niveau atteint pour la crue millénale) et munis de déversoirs de sécurité positionnés à la cote 162,95 / 163,05 m NGF (correspondant au niveau atteint pour la crue centennale) selon le tronçon concerné.

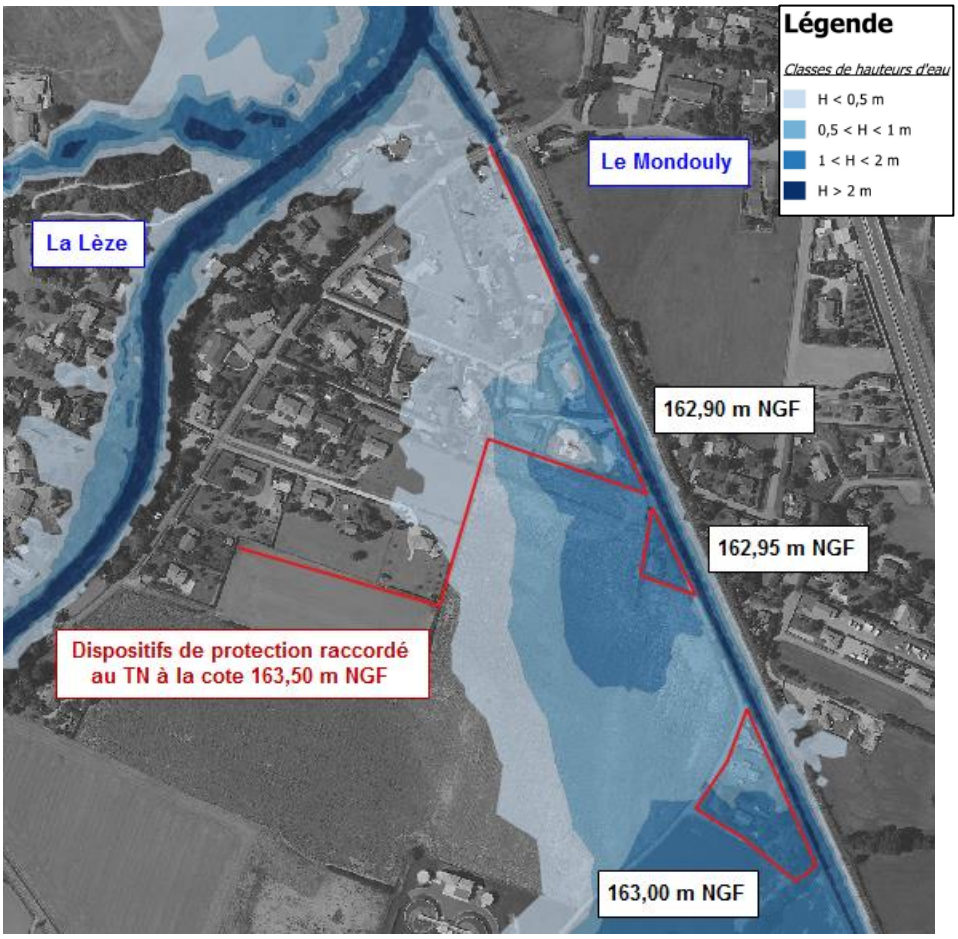


Figure 115 : Dispositifs de protection des bâtis sur le secteur du chemin d'Embourel

L'emprise disponible au droit du chemin d'Embourel est de l'ordre de 7 à 10 m. La hauteur moyenne des digues est estimée entre 1 à 2 m selon leur localisation. Ainsi, le long du chemin d'Embourel, la mise en œuvre d'un mur en « L » en béton armé est privilégiée. Sur les linéaires de digues en bordure de champ (au Sud et à l'Ouest), un remblai sera mis en place.

Le coût de l'ouvrage (études de conception, dossiers réglementaires, acquisitions foncières, travaux) est estimé à 1,1 M€ (cf. Annexe 5).

Remarque : Les trois tronçons de digues proposés ci-avant ont des hauteurs non négligeables vis-à-vis des bâtis. En effet, les ouvrages présentent des hauteurs moyennes d'environ :

- 1,6 m pour la digue Sud,
- 2,0 m pour la digue « Intermédiaire »,
- 1,5 m pour la digue Nord.

De telles hauteurs peuvent être difficilement acceptables pour les propriétaires des habitations, notamment pour la digue « intermédiaire ». Il pourrait alors être envisagé :

- Soit des tracés alternatifs des ouvrages afin « d'éloigner » les digues des enjeux (cf. exemple de tracé sur la figure suivante),
- Soit le rachat des bâtis isolés et l'expropriation des habitants.

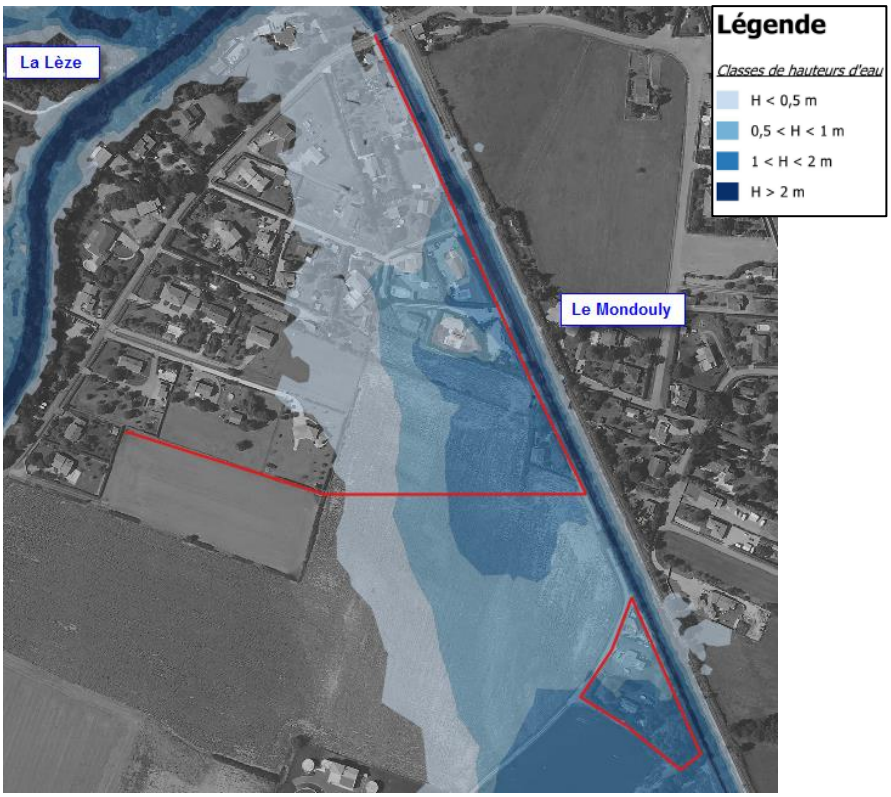


Figure 116 : Tracé alternatif des dispositifs de protection des bâtis isolés au droit du chemin d'Embourel

Ce tracé alternatif implique de traverser une importante parcelle agricole.

Protection du quartier des Aouzelous en complément de la digue en rive gauche

En rive droite de la Lèze en amont de la RD19, le quartier des Aouzelous est impacté dès la crue quinquennale, avec des hauteurs d'eau faibles à moyennes (de l'ordre de 50 à 60 cm au maximum). Il est proposé de dimensionner un ouvrage de protection (merlon ou digue), qui composera une partie d'un système d'endiguement global sur la commune de Labarthe-sur-Lèze, en complément d'une digue en rive gauche en amont du centre ville (cf. paragraphe 5.3.2 page 134).

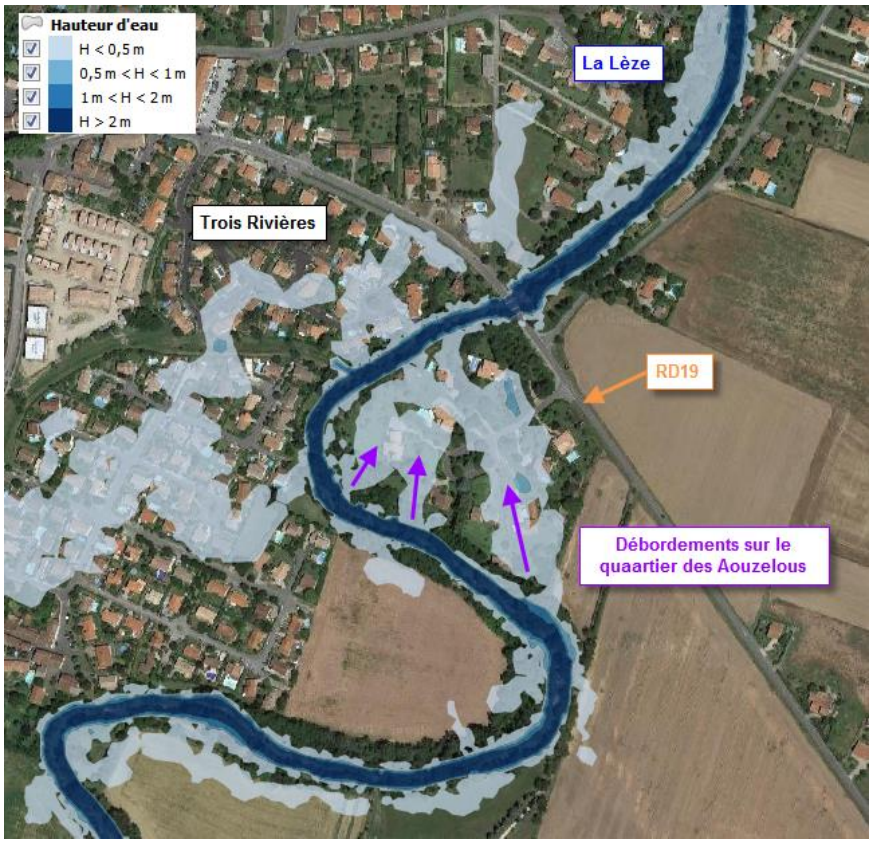


Figure 117 : Débordements sur le quartier des Aouzelous pour la crue quinquennale

D'un point de vue topographique, ce quartier est implanté dans une cuvette, comparée au terrain naturel lit majeur rive droite de la Lèze. Au Nord-est du quartier, la RD19 coupe le lit majeur, et présente un remblai d'environ 50 cm.

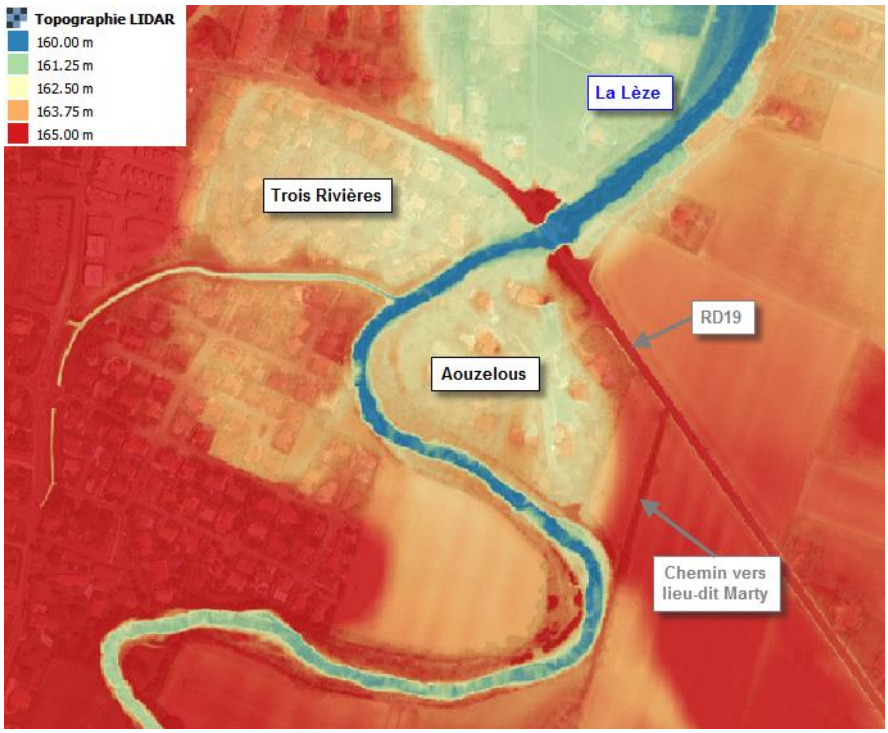


Figure 118 : Représentation de la topographie de la RD19 et du quartier des Aouzelous

Nous proposons de mettre en œuvre un ouvrage de protection qui est fermé en chaque extrémité du quartier. La figure ci-dessous présente la topographie locale, avec le schéma d'implantation du dispositif.

Figure 119 : Localisation de l'implantation de l'ouvrage (trait noir)

Remarque : il est important de noter qu'il existe des contraintes (foncières) pour la réalisation de l'ouvrage. C'est le cas notamment (cf. figure ci-après) :

- d'un bâti (garage a priori) qui se trouve à environ 12 m du lit mineur sur le secteur Sud du quartier (B1),
- d'un bâti (cabane de jardin éventuellement) qui se trouve à seulement 6 m de la berge sur la partie Ouest (B2),
- d'une piscine localisée à environ 10/12 m de la berge, également en partie Ouest (B3).

Figure 120 : Localisation de bâtis en zone proche des berges de la Lèze

Le cas échéant, des dispositions constructives spécifiques pour l'aménagement du site (adaptation des pentes des talus, mur en « L » en béton armé si nécessaire) seront mises en œuvre pour atteindre la cote de protection recherchée.

La figure suivante présente :

- Le niveau de la Lèze pour les crues décennale, cinquantennale, centennale et millénale,
- La crête de l'ouvrage proposée,
- La cote du terrain naturel au droit de la digue,
- La cote du terrain naturel de fermeture (route en direction du lieu-dit « Marty » à l'Est du quartier et de la RD19 au Nord).

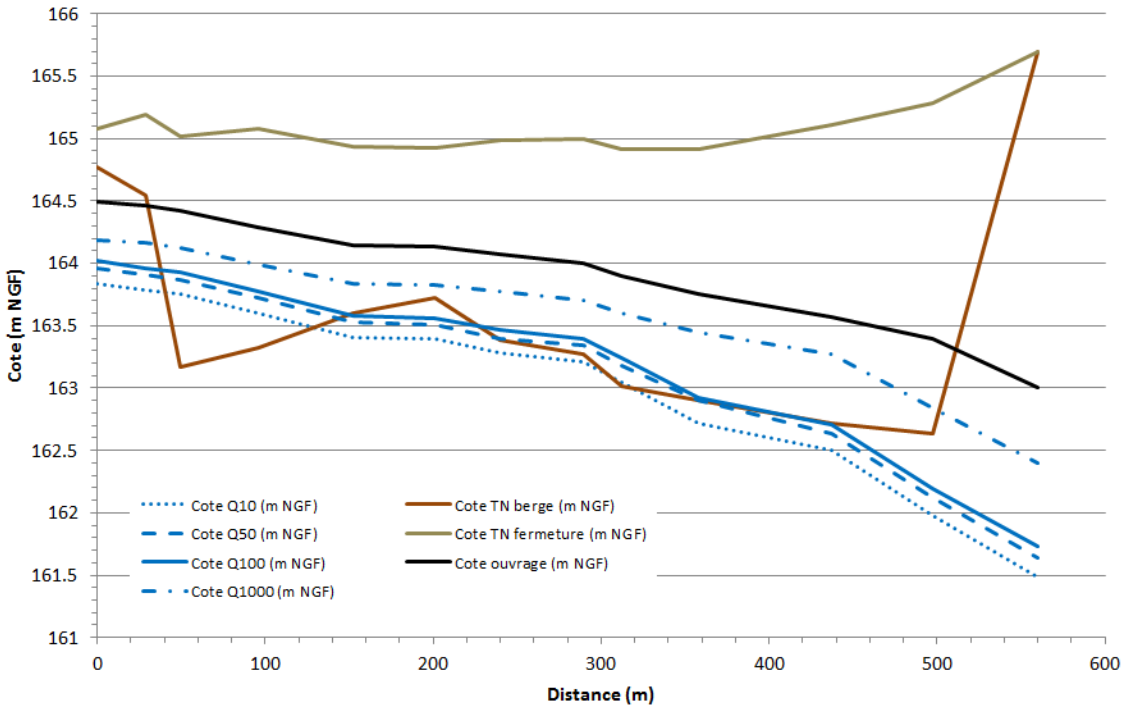


Figure 121 : Profil en long de la ligne d'eau, cote de l'ouvrage et terrain naturel

Avec une digue arasée à la cote 164,5 m NGF sur la zone amont et 163,3 m NGF sur la zone aval, le quartier pourrait être protégé jusqu'à la crue millénale de la Lèze (revanche de 30 cm entre la ligne d'eau de la crue millénale et la crête de l'ouvrage). D'après la cote du terrain naturel, l'ouvrage aurait une hauteur moyenne de l'ordre de 1 m. Le tableau suivant présente l'emprise foncière nécessaire en fonction de la pente des talus, et en tenant compte de la mise en place d'une bande de 3 m de largeur pour l'entretien de l'ouvrage.

Largeur en crête	Servitude	Pente talus	Largeur totale emprise
3 m	3 m	3H/1V	12 m
3 m	3 m	2H/1V	10 m

Tableau 25 : Estimation de l'emprise de l'ouvrage

Au regard des contraintes foncières imposés par certains enjeux proches de la berge de la Lèze, et dans le cas où ce niveau de protection est recherché, il serait nécessaire de mettre en place localement un mur en béton armé, notamment au droit de l'enjeu B2 (cf. Figure 120**Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ci-avant).

Par ailleurs, une buse munie d'un clapet devra être mis en place sur la partie Nord du quartier (point bas) afin d'assurer le ressuyage de la zone protégée en cas de surverse par-dessus la digue.

Le coût de l'ouvrage (études de conception, dossiers réglementaires, acquisitions foncières, travaux) est estimé à 350 k€ (cf. Annexe 5).

Remarque : Les possibilités de modifier la section du pont de la RD19, ou bien de mettre en place un ouvrage de décharge complémentaire traversant la chaussée en lit majeur, ont été évoquées au cours d'échanges avec le SMIVAL. Toutefois, il apparaît que ces dispositifs ne permettraient pas nécessairement de protéger le quartier des Aouzelous :

- Les débordements au droit du quartier des Aouzelous proviennent essentiellement du méandre amont, comme le montre la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**Figure 117 page 146. Une augmentation de la section hydraulique de la Lèze au droit de la RD19 ne garantie pas d'éviter ce phénomène,
- Compte tenu de la topographie locale (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**Figure 118 page 146), il est difficile de mettre en place un ouvrage de décharge des écoulements au travers de la route puisque le remblai routier (de l'ordre de 50 cm de hauteur) repose sur une zone topographiquement plus élevée que la cote du terrain naturel du quartier.

5.3.2.4 Résultats de la modélisation hydraulique pour la mise en place d'une digue en rive gauche - Ouvrage 3b

Identification de la zone inondable

Les résultats dans le cas de la seconde implantation de la digue de protection en rive gauche (configuration 3b, le long de la RD12b et d'un chemin existant) sont sensiblement identiques aux résultats pour le calcul dans la configuration de base (ouvrage 3a - cf. figure ci-après). Il est important de noter toutefois que la mise en charge de la digue est plus importante, avec une hauteur d'eau à l'amont de l'ouvrage qui est de l'ordre 1,8 à 1,9 m contre 1,4 m dans la configuration de base (tracé 3a – crue cinquantennale). Ceci est probablement lié au fait que la zone de « stockage » en amont de l'ouvrage est réduite par rapport à la situation précédente (ouvrage 3a).

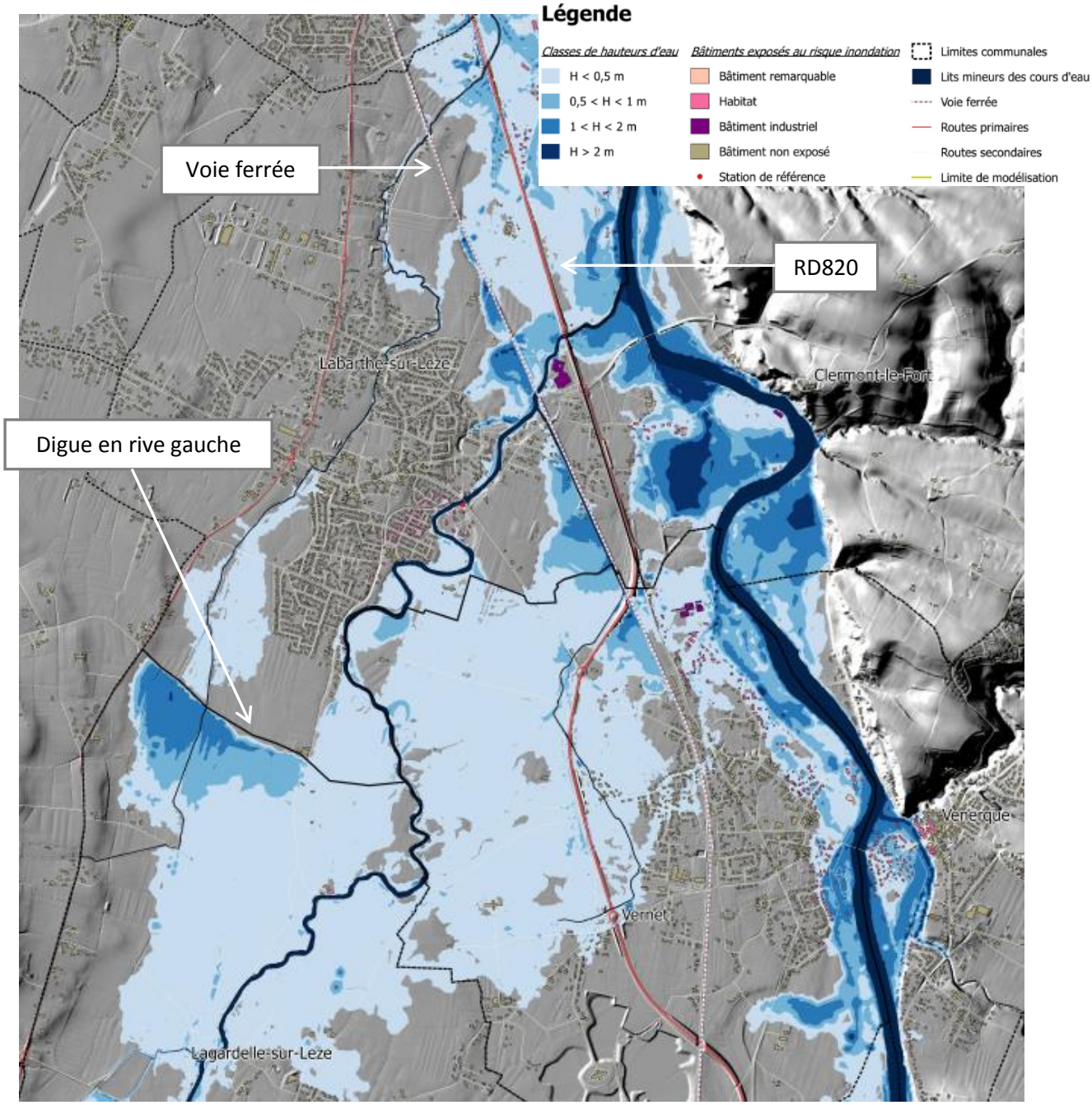


Figure 122 : Hauteurs d'eau pour la crue de période de retour 50 ans – état aménagé : digue de protection en rive gauche de la Lèze (Ouvrage 3b)

Comparaison à la situation actuelle

Comme pour la situation précédente (Ouvrage 3a), la Figure 123 ci-dessous met en évidence le fait que la digue rive gauche entraîne une surinondation de la rive droite, puisque pour une bonne partie de la plaine, les hauteurs d'eau sont augmentées entre +0,05 et +0,25 m. Localement, au droit d'enjeux situés en amont du remblai ferroviaire (chemin d'Embourel – cercle bleu), cette augmentation peut être de +0,25 à +0,50 m.

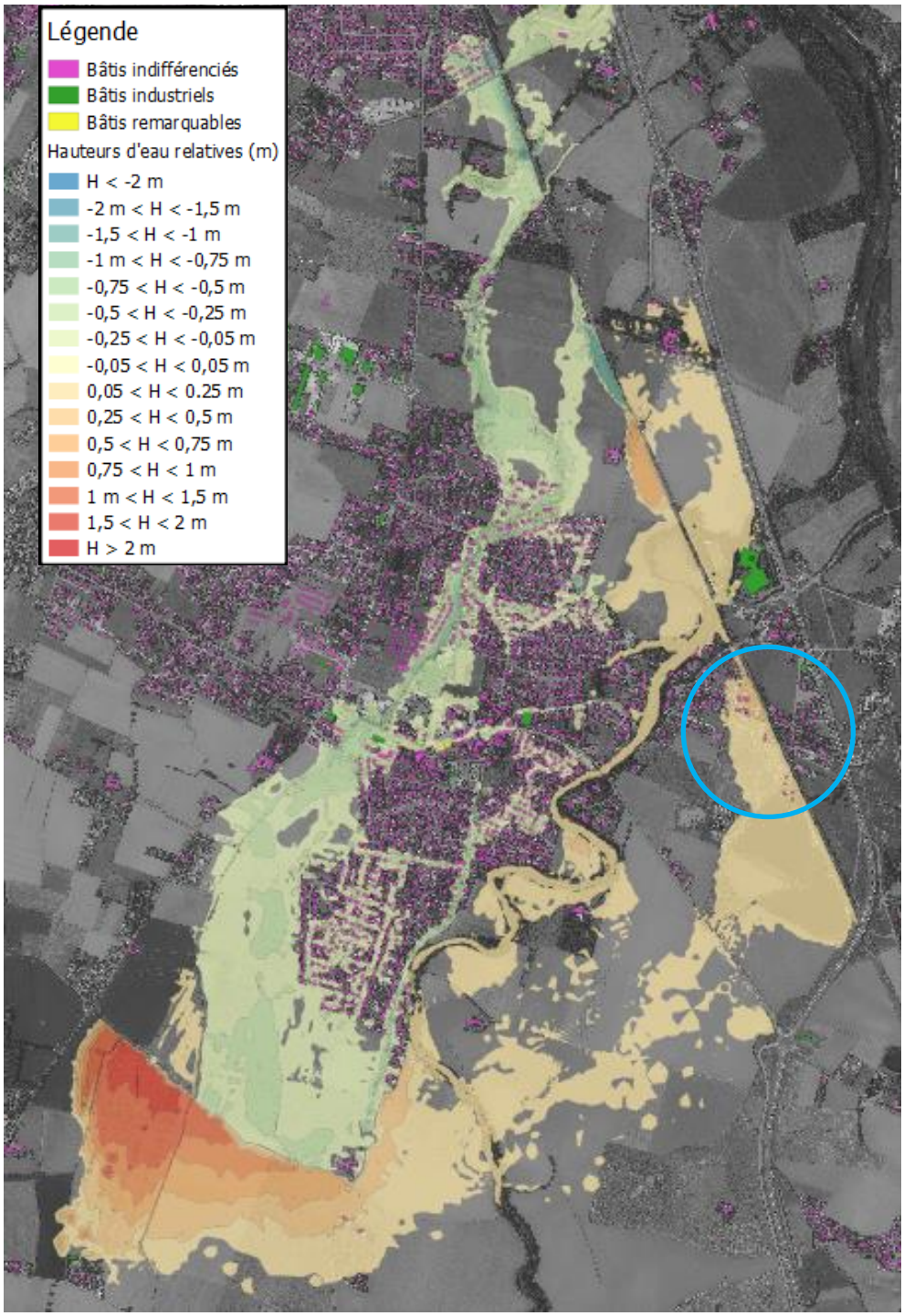


Figure 123 : Comparaison des surfaces libres pour la crue cinquantennale : Etat aménagé (Ouvrage 3b) – Etat actuel

Une estimation de la population impactée par quartier a été réalisée pour la crue de période de retour 50 ans à l'aide des données INSEE (cf. Tableau 26 ci-dessous).

Commune	Quartier	Nombre de personne – état aménagé	Nombre de personne – état actuel
Labarthe-sur-Lèze	Bordeneuve	12	12
	Doumerc – Le Pont – Las Bories	32	562
	Enroux	5	21
	La Ruque	4	14
	Le Caroubier – La Condoumine	102	905
	Le Marchand	17	17
	Les Aouzelous	12	23
	Les Bords de Lèze	29	20
	Ponchou - Gabachou	12	82
	Autre	108	143
Lagardelle-sur-Lèze	La Mouressague	14	14
	Lagardelle centre	10	10
	Magret - Clinique	33	33
Vernet	Vernet	244	244
Pins-Justaret	La Cepette	0	73
TOTAL		**635**	**2175**

Tableau 26 : Population impactée pour la crue de période de retour 50 ans – état aménagé : digue de protection en rive gauche de la Lèze (Ouvrage 3b)

Ce dispositif de protection est efficace pour réduire la vulnérabilité des personnes et des biens, notamment sur les communes de Labarthe-sur-Lèze et de Pins-Justaret, pour laquelle le quartier de la Cepette n'est plus impacté.

Les résultats sont sensiblement identiques au cas où la digue est dans sa configuration de base (Ouvrage 3a – population impactée 638). La différence provient d'un ensemble de bâtis situé en aval immédiat de la digue dans le cas de l'ouvrage 3b, et qui est donc soustrait à la zone inondable.

Modélisation de la crue centennale

Une vérification du dimensionnement des ouvrages est réalisée pour la crue centennale. La figure suivante présente les hauteurs d'eau atteintes en cas de crue centennale de la Lèze, et décennale de l'Ariège, avec aménagement (Ouvrage 3b). Ce calcul fourni :

- La cote atteinte en amont de la digue pour un déversoir de 30 mètres est de 170,6 m NGF,
- Ainsi, la cote d'arase de la digue à prévoir est a minima de 170,9 m NGF (si on considère une revanche de 30 cm par rapport à la crue centennale),
- Le débit transitant pas l'Ayguère en cas de crue centennale est estimé à 16 m^3/s (environ 10-11 m^3/s transitant via le dalot et 5-6 m^3/s via le déversoir),
- Le débit transitant en lit majeur rive droite est estimé à 95 m^3/s (80 m^3/s en situation actuelle).

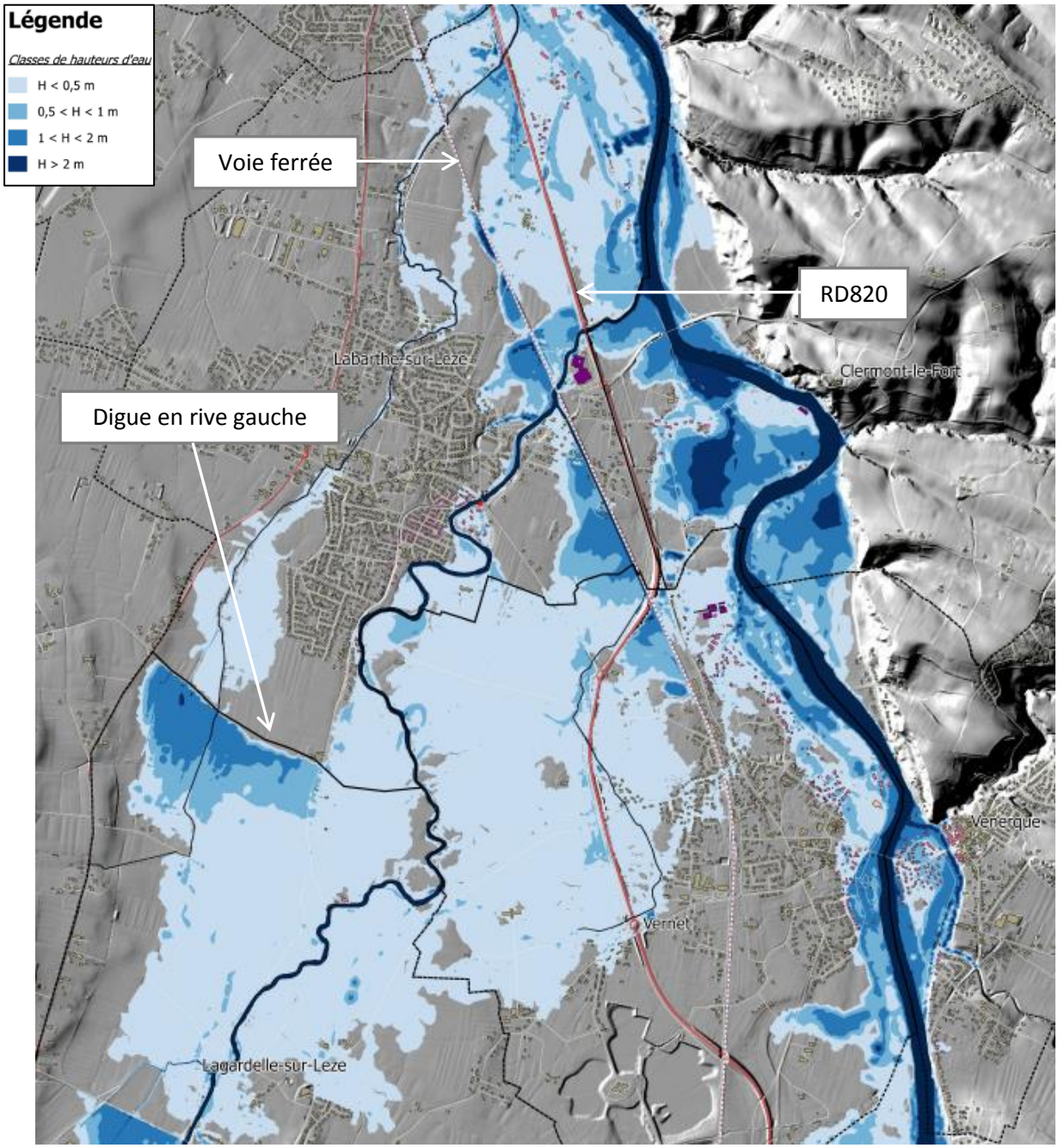


Figure 124 : Hauteurs d'eau pour la crue de période de retour 100 ans – état aménagé : digue de protection en rive gauche de la Lèze (Ouvrage 3b)

La figure suivante donne les résultats en termes de différentiel de hauteur par rapport à la situation actuelle, pour la crue centennale de la Lèze. Cette figure confirme le fait que la digue en rive gauche de la Lèze entraîne une surinondation de la rive droite, puisque pour une bonne partie de la plaine, les hauteurs d'eau sont augmentées entre +0,05 et +0,25 m, voire même de +0,25 à +0,50 m.

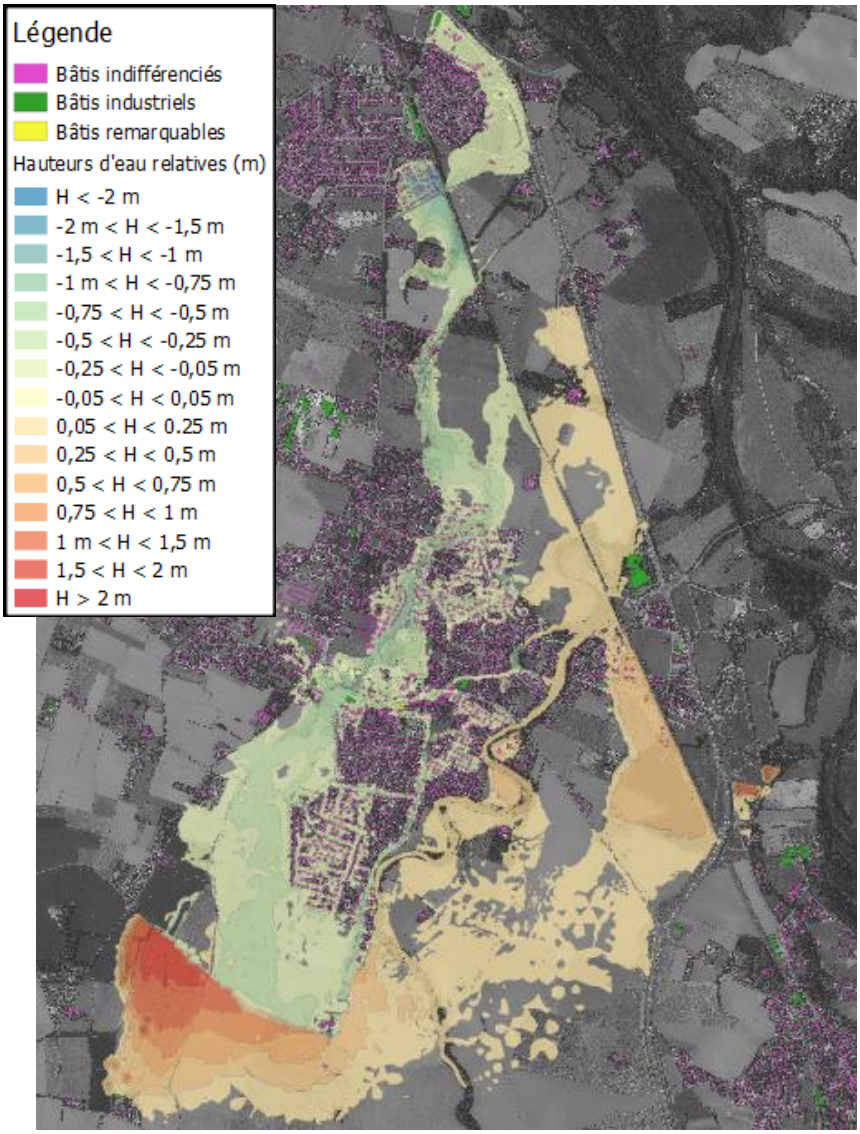


Figure 125 : Comparaison des surfaces libres pour la crue centennale : Etat aménagé (Ouvrage 3b) – Etat actuel

A noter que pour la modélisation hydraulique de la crue millénale, la cote d'eau maximale atteinte en amont de l'ouvrage est de 170,94 m NGF. Par conséquent, dans le cadre de la mise en œuvre de cette digue (ouvrage 3b), il est proposé une cote d'arase de 171,05 m NGF.

5.3.3 Mise en place d'ouvrage de décharge en rive droite de la Lèze

La section précédente présente des propositions de protections du bourg de Labarthe-sur-Lèze par la mise en place d'une digue en lit majeur rive gauche de la Lèze. Or ces protections modifient la répartition des écoulements en lit majeur de la Lèze, et entraînent une « surinondation » de la plaine en rive droite, puisque le débit s'y écoulant est augmenté de +12 à +15 m^3/s par rapport à la situation actuelle (pour la crue cinquantennale et centennale), et que les hauteurs d'eau, en amont du remblai ferroviaire notamment, sont plus importantes (cf. Figure 111 page 139).

Ainsi, pour éviter la surinondation de la plaine en rive droite, et pour proposer une alternative à la mise en œuvre de digues de protection sur le secteur du chemin d'Embourel, il est proposé de mettre en place un chenal de décharge en rive droite de la Lèze.

5.3.3.1 Description des ouvrages étudiés

La figure suivante présente la répartition des débits en présence de la digue, ainsi que l'évolution du débit de pointe de la Lèze le long du linéaire entre la RD12 à Lagardelle et le remblai ferroviaire.

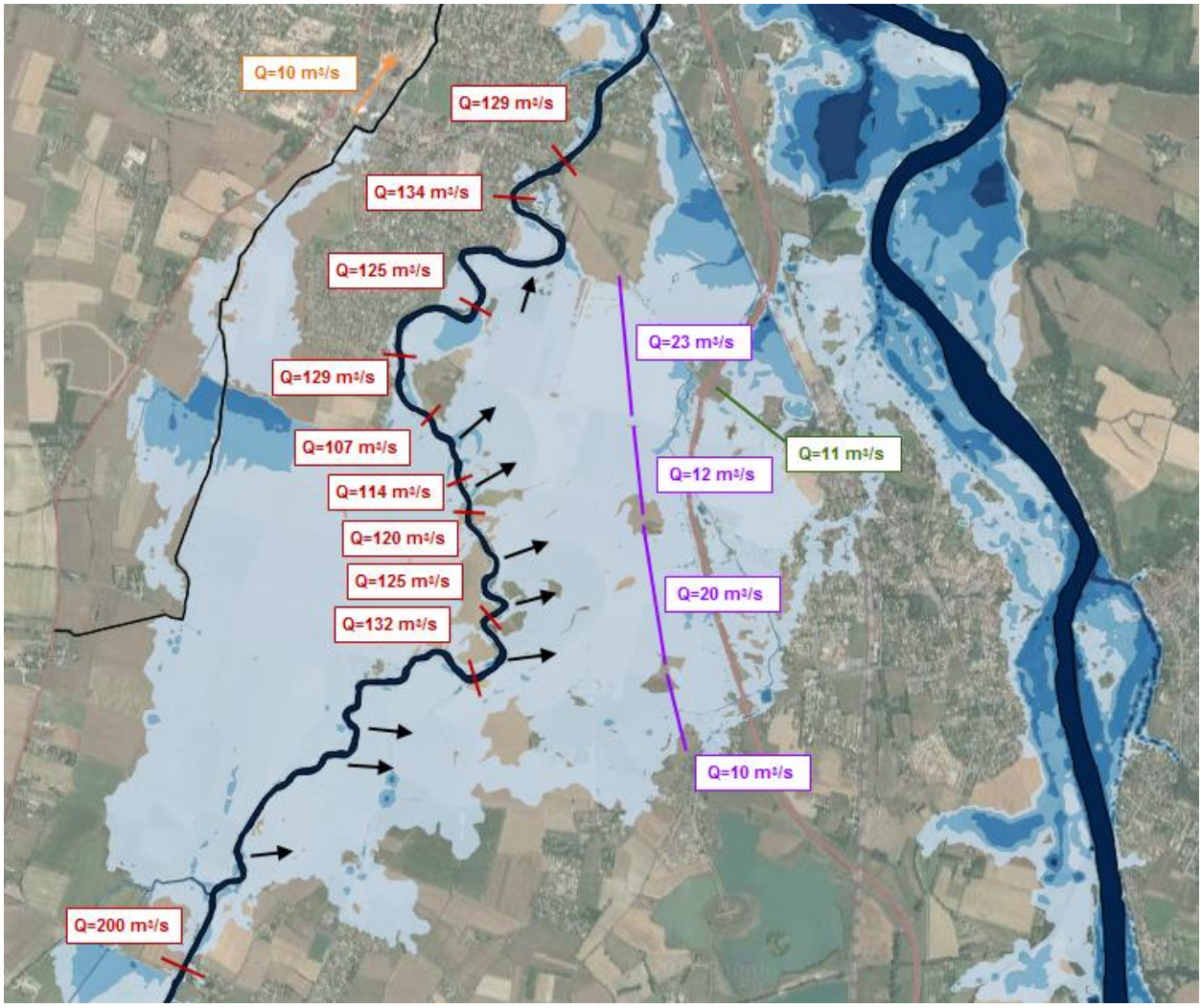


Figure 126 : Répartition des débits pour la crue cinquantennale avec digue en rive gauche de la Lèze (Ouvrage 3a) – les profils colorés représentent les sections de mesures de débits

Pour la crue cinquantennale, on a donc :

- Un débit d'environ 130 m^3/s dans la Lèze à Labarthe,
- Un débit de l'ordre de 10 m^3/s dans l'Ayguère,
- Un débit d'environ 65 m^3/s en rive droite.

Soit un total d'environ 205 m^3/s (pour rappel, le débit de pointe de la crue cinquantennale est de 204 m^3/s).

Solutions envisagées pour évacuer les eaux en rive droite

Plusieurs implantations sont possibles pour la mise en place d'un chenal de décharge en rive droite :

- Utiliser le ruisseau du Mondouly, en le recalibrant, et en le « prolongeant » sur la zone amont par un chenal qui longe la RD820 (Ouvrage 4a) ;
- Mettre en place un nouveau chenal de décharge en lit majeur rive droite. Le rejet serait fait directement dans l'Ariège en traversant les remblais ferroviaire et routier (Ouvrage 4b). Ce chenal est positionné volontairement sur la partie aval de la plaine pour pouvoir récupérer le surplus d'écoulement en rive droite du fait de la mise en place de la digue (cf. flèches violettes sur la figure suivante) ;
- Utiliser le ruisseau du Mondouly, en créant un chenal qui longe la RD820 à l'Ouest et en recalibrant le cours d'eau (même principe que l'ouvrage 4a), et en complétant le dispositif par un chenal de décharge qui traverse les remblais routiers et ferroviaires (même principe que l'ouvrage 4b). Il s'agit donc d'une combinaison des deux dispositifs précédents. De plus, sur la partie amont, un chenal supplémentaire qui part de la rive droite de la Lèze le long du chemin du Pradalot (source : Géoportail) sera également examiné (Ouvrage 4c).

La figure suivante présente un schéma de l'implantation des différents ouvrages.

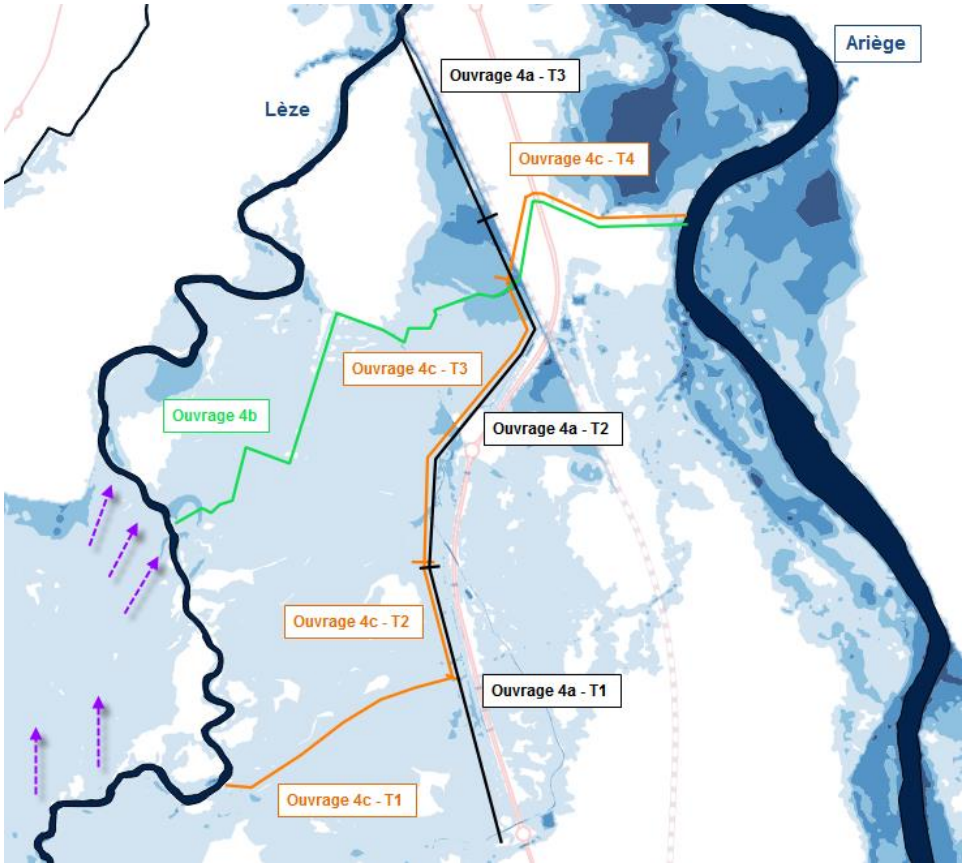


Figure 127 : Implantation des différents dispositifs de décharge en rive droite – TX correspondant au tronçon n°X de l'ouvrage considéré

Ces dispositifs permettent de reprendre localement les débits de débordements rive droite de la Lèze, et ainsi de soulager des zones à enjeux impactées, et notamment la commune du Vernet et les bâtis au droit du chemin d'Embourel (commune de Labarthe-sur-Lèze), en amont du remblai ferroviaire.

Pré-dimensionnement des dispositifs

Ce paragraphe propose un pré-dimensionnement des dispositifs dans la situation « optimale », c'est-à-dire que les ouvrages évacuent le débit cible pour la crue de période de retour 50 ans sur la zone, qui sont représentés sur la Figure 126 page 155.

Le pré-dimensionnement des débits capables des ouvrages de décharge est réalisé à l'aide de la formule de Manning-Strickler :

$$Q = KSR^{2/3}i^{1/2}$$

Avec :

Q : débit (en m^3/s),
K : coefficient de Strickler (coefficient pris égale à 15-20),
S : Section mouillée (en m²),
R : rayon hydraulique (en m),
i : pente (en m/m).

Le tableau suivant donne, pour chaque ouvrage (ou plutôt chaque tronçon d'ouvrage), le débit cible qui doit être évacué et les dimensions correspondantes du chenal. Il est important de noter que le terrain naturel sur le secteur a une pente faible (pente moyenne comprise entre 0,001 et 0,005 m/m selon le tronçon de chenal considéré), ce qui, compte tenu des débits transités, implique de mettre en œuvre des ouvrages de grandes dimensions. Ces ouvrages sont difficilement envisageables au regard des terrains agricoles (enjeux économiques) constituant le lit majeur.

Ouvrage	Tronçon	Débit cible	Dimensions
Ouvrage 4a	Le long de la RD820 – T1	Débit limité à 25 m^3/s (*)	Longueur = 1100 m Largeur en base = 24 m Pente = 0,001 m/m
	Mondouly – T2	Débit limité à 25 m^3/s (*)	Longueur = 1530 m Largeur en base = 17 m Pente = 0,003 m/m
	Mondouly aval – T3	Débit limité à 25 m^3/s (*)	Longueur = 760 m Largeur en base = 6 m Pente = 0,004 m/m
Ouvrage 4b		50 m^3/s	Longueur = 3000 m Largeur en base = 15 m Pente = 0.003 m/m
Ouvrage 4c	Chemin du Pradalot – T1	25 m^3/s	Longueur = 1000 m Largeur en base = 20 m Pente = 0,004 m/m
	Le long de la RD820 – T2	25/30 m^3/s	Longueur = 430 m Largeur en base = 25 m Pente = 0,001 m/m
	Mondouly – T3	50 m^3/s	Longueur = 1260 m Largeur en base = 30 m Pente = 0,003 m/m
	Décharge sous remblai – T4	65 m^3/s	Longueur = 900 m Largeur en base = 30 m Pente = 0,003 m/m

Tableau 27 : Dimensions des ouvrages de décharge

Remarque (*) : Sur le secteur aval, l'emprise du Mondouly ne peut être modifiée puisque le cours d'eau est situé entre le remblai ferroviaire et des bâtis. Par conséquent, le débit qu'il est susceptible d'évacuer sur le secteur aval est limité (débit évalué à environ 25 m^3/s en reprofilant le cours d'eau et en envisageant un entretien régulier des berges). Par conséquent, pour l'ouvrage 4a, le débit évacué est limité à 25 m^3/s.

Dans le cadre de la présente étude, il est proposé de modéliser le scénario 4a, avec un chenal longeant la RD820, susceptible de faire transiter un débit de 20 m^3/s sur le secteur amont, puis 25 m^3/s sur le secteur aval. La figure suivante présente le tracé du ruisseau du Mondouly, et d'un fossé de substitution sur la zone amont, permettant l'évacuation d'un débit de l'ordre de 25-30 m^3/s en rive droite. Les dimensions et pentes pour chaque section sont fournies.

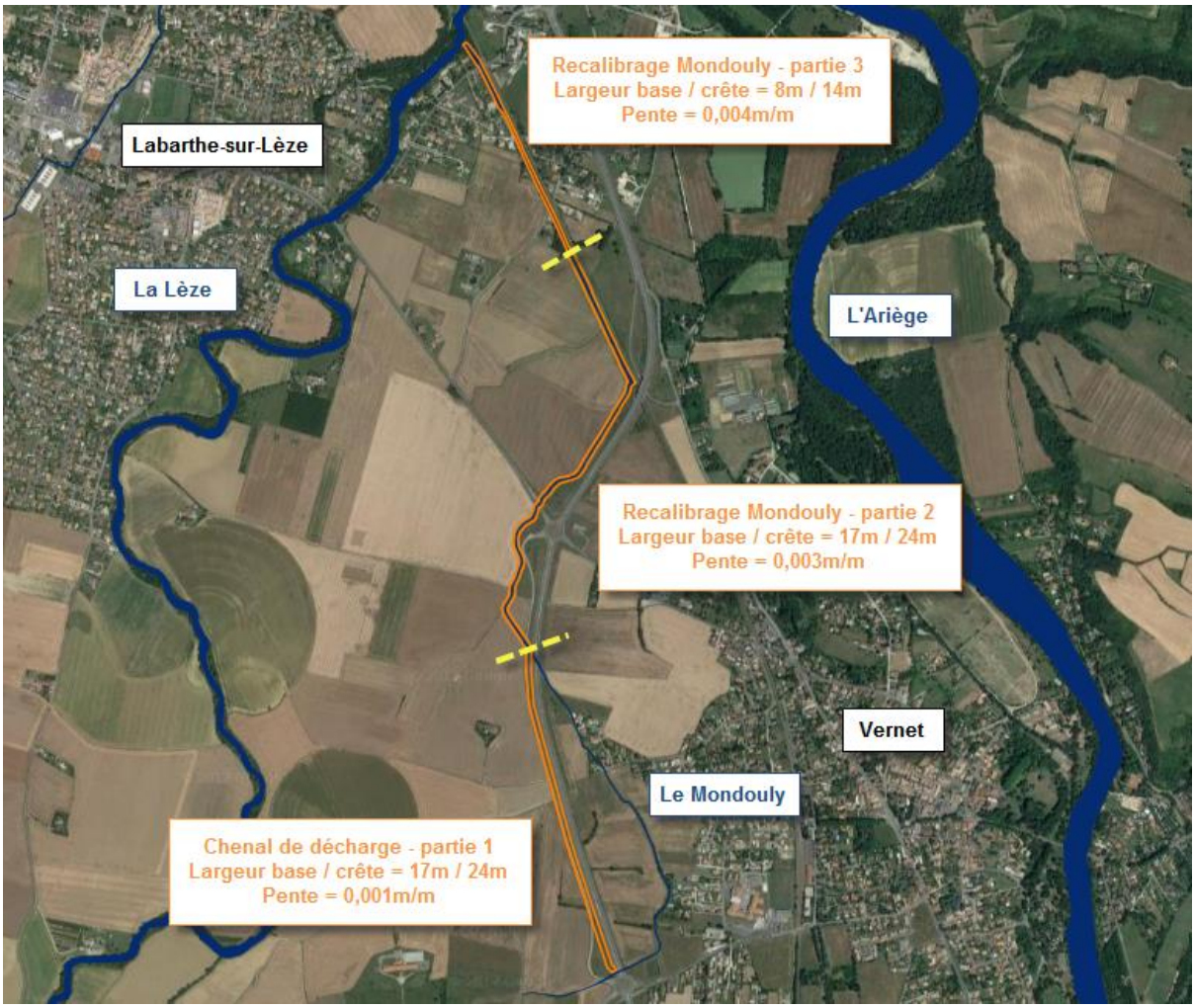


Figure 128 : Mise en place d'un chenal de décharge et recalibrage du Mondouly – Ouvrage 4a

Par ailleurs, un scénario de modélisation incluant la traversée des remblais ferroviaires et routiers est également étudié (Ouvrage 4b). La figure suivante présente le tracé du chenal de décharge ainsi retenu en rive droite, qui est susceptible d'évacuer un débit de 50 m^3/s. Les dimensions et pentes pour chaque section sont fournies.

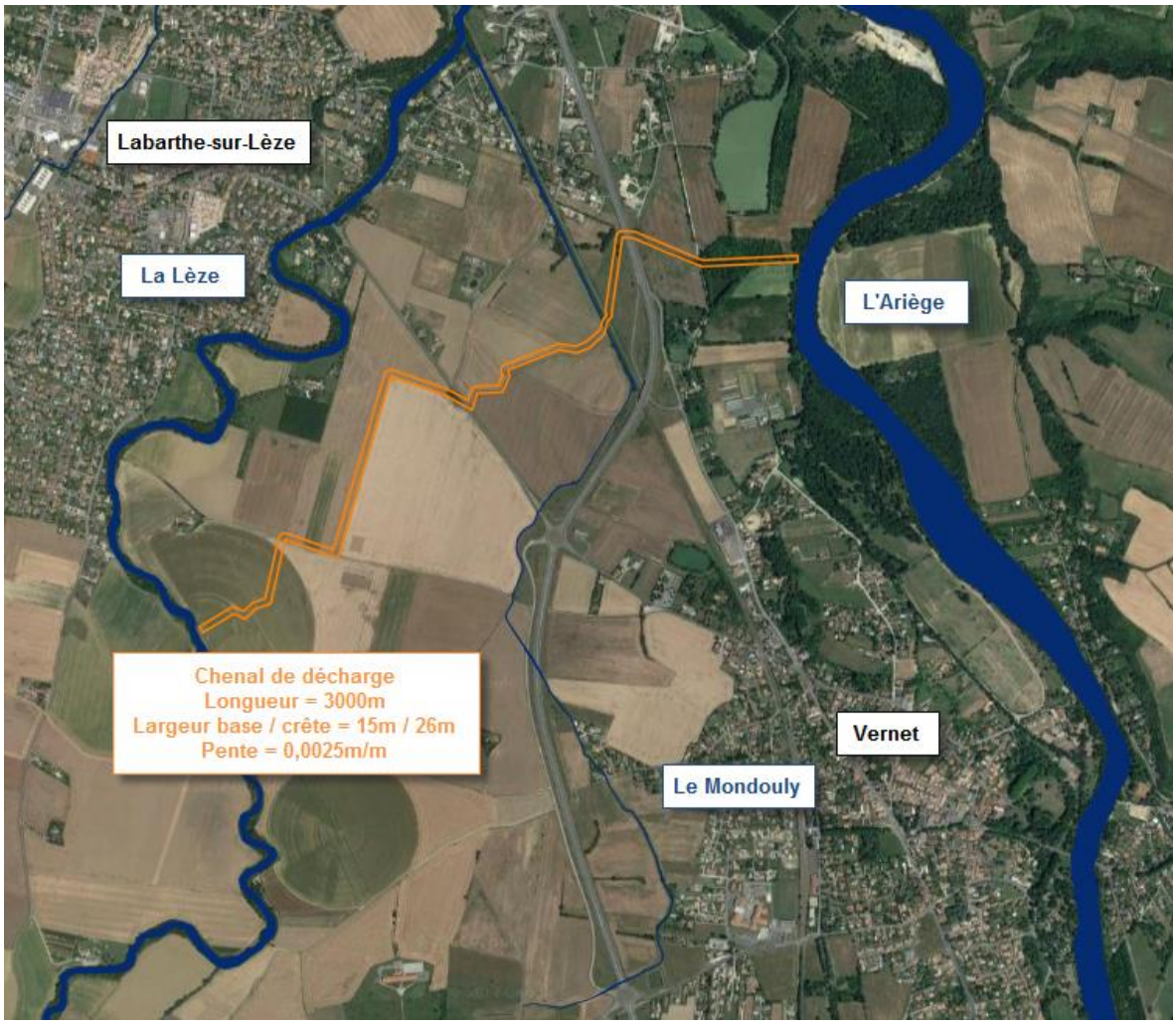


Figure 129 : Mise en place d'un chenal de décharge en rive droite – Ouvrage 4b

Remarque : les deux ouvrages présentés ci-avant ont des dimensions et de fait des contraintes foncières très importantes. En particulier, les parcelles agricoles sont fortement impactées.

Proposition de modélisation d'un scénario « optimisé »

Le scénario 4c (cf. Figure 127 page 156) n'a pas été modélisé. Il présente des ouvrages de grandes dimensions, et le prolongement du chenal en amont, le long du chemin du Pradalot présente peu d'intérêt au regard des débordements qui ont lieus par ailleurs sur la plaine.

En revanche, la combinaison des ouvrages (4a et 4b) peut être intéressante pour évacuer les eaux en rive droite. Nous proposons de modéliser un scénario « optimisé » pour l'évacuation des eaux en rive droite de la Lèze qui consiste en (Ouvrage 4d) :

- La mise en ouvre d'un chenal le long de la RD820 à l'Ouest,
- Le recalibrage du Mondouly sur son parcours du chemin Rapouti jusqu'au remblai ferroviaire,
- La mise en œuvre d'un chenal de décharge qui traverse les remblais ferroviaire et routier pour rejoindre l'Ariège.

L'implantation des ouvrages est présentée sur la figure suivante.

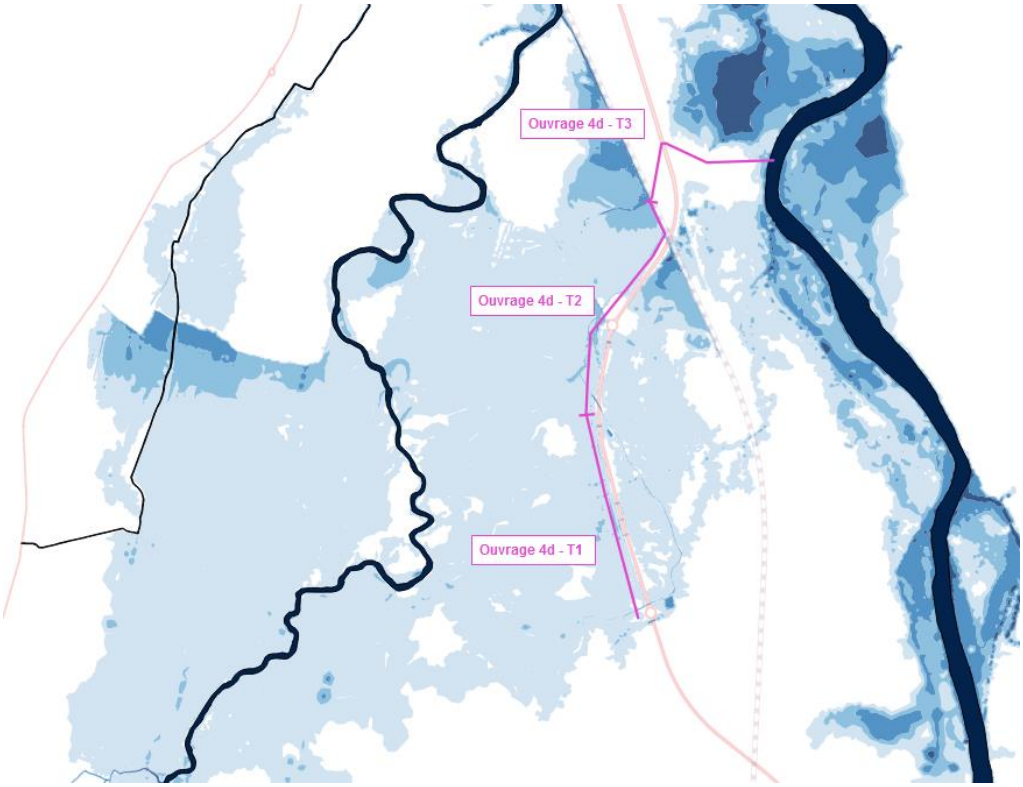


Figure 130 : Proposition d'aménagement d'un chenal en rive gauche – Ouvrage 4d

Par ailleurs, nous proposons de réduire les dimensions du chenal amont et de la zone du Mondouly recalibré afin d'obtenir des dimensions plus « acceptables » au regard des enjeux agricoles. Ainsi il s'agit d'un scénario « optimisé » au regard des enjeux locaux sur le territoire, et non au sens des écoulements hydrauliques sur la zone.

Ainsi l'ouvrage proposé est le suivant.

Ouvrage	Tronçon	Débit cible	Dimensions
Ouvrage 4e	Le long de la RD820	12 m^3/s (pour décharger le Vernet)	Longueur = 1100 m Largeur en base = 10 m Pente = 0,001 m/m
	Mondouly	20 m^3/s	Longueur = 1260 m Largeur en base = 11 m Pente = 0,003 m/m
	Décharge sous remblais	25 m^3/s	Longueur = 800 m Largeur en base = 15 m Pente = 0,003 m/m

Tableau 28 : Dimensions d'un ouvrage de décharge optimisé – 4d

En incluant le ruisseau du Mondouly, le débit évacué serait d'un peu plus de 30 m^3/s, soit environ la moitié du débit transitant par le lit majeur rive droite de la Lèze pour la crue cinquantennale en présence de la digue de protection en rive gauche de la Lèze (Ouvrage 3a). Ces ouvrages ne permettront donc probablement pas d'éviter les débordements sur certaines zones à enjeux, mais devraient supprimer le phénomène de surinondation induit par la mise en place de la digue.

Les dimensions et pentes pour chaque section sont fournies sur la figure suivante.

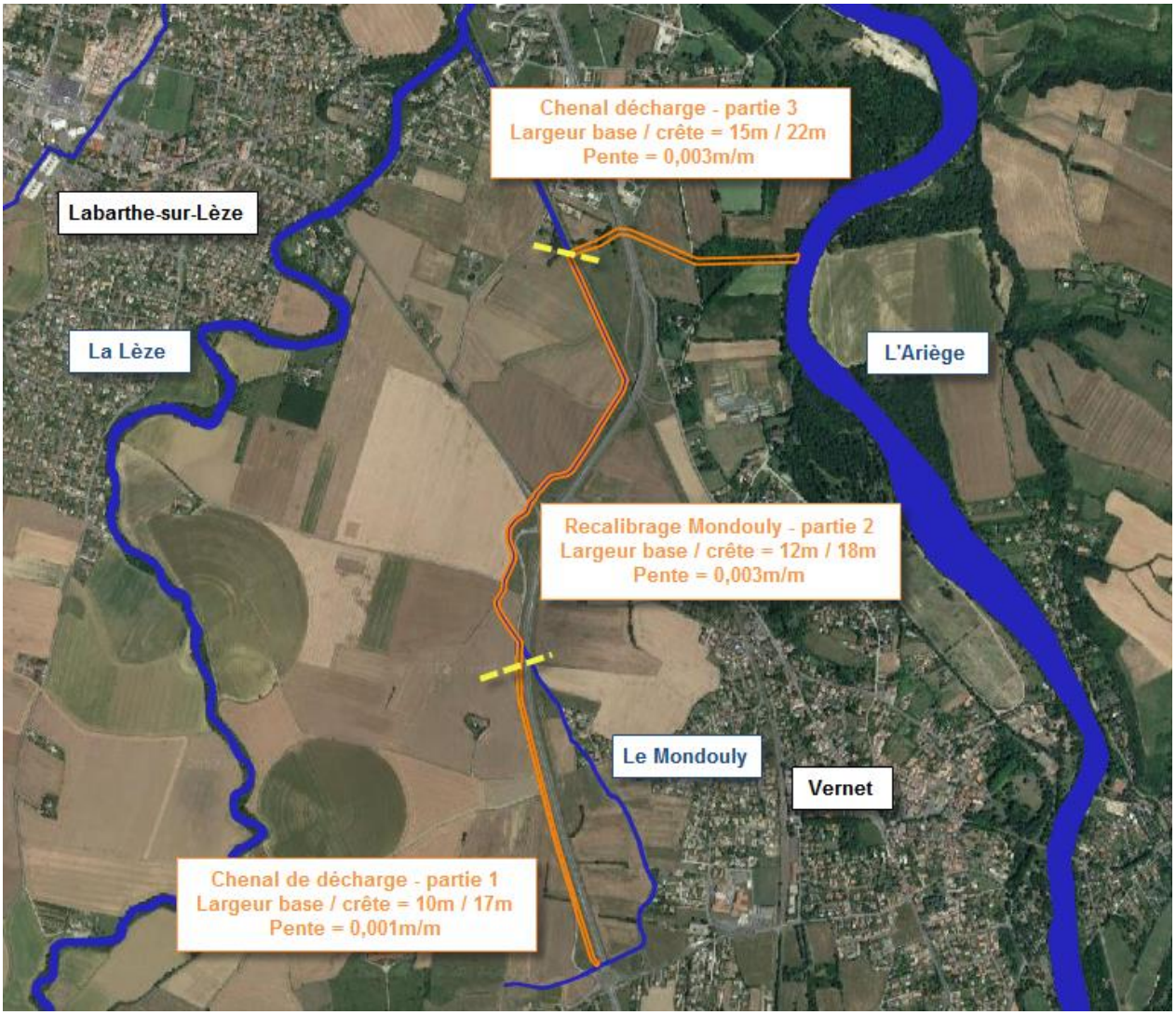


Figure 131 : Mise en place d'un chenal de décharge en rive droite – Ouvrage 4d

5.3.3.2 Résultats de la modélisation hydraulique pour la mise en place d'une digue en rive gauche et le « recalibrage » du Mondouly – Ouvrage 3a et 4a

Identification de la zone inondable

Comme dans la situation actuelle pour la crue cinquantennale de la Lèze, les débordements apparaissent sur la plaine inondable située entre Lagardelle-sur-Lèze et Labarthe-sur-Lèze (cf. figure ci-après). En amont de Labarthe-sur-Lèze, la digue en rive gauche permet de contenir les écoulements et protège le centre-ville. Les écoulements en aval de la digue sont globalement contenus dans l'Ayguère au droit des secteurs à enjeux. Dans le cas présent, le débit transitant dans l'Ayguère dans le modèle hydraulique est de 11 m^3/s.

En rive droite de la Lèze, il y a débordement généralisé sur la plaine inondable. Malgré la mise en place d'un fossé de décharge parallèle à la déviation du Vernet (RD820) et du recalibrage local du Mondouly, des écoulements franchissent la RD820 et impactent le Vernet. Par ailleurs, ces écoulements s'étalent également le long de la déviation du Vernet (RD820) et du remblai ferroviaire. Toutefois, ce dispositif de décharge est relativement efficace car sur le secteur du Vernet, la zone inondable est réduite par rapport à la situation où la digue en rive gauche est modélisée seule (cf. Figure 109 page 137).

Au droit de la confluence du Mondouly et de la Lèze, le débit transitant dans le ruisseau est estimé à 40 m^3/s, contre 30 m^3/s dans la situation actuelle. Ce recalibrage permet donc une meilleure évacuation des écoulements de la plaine.

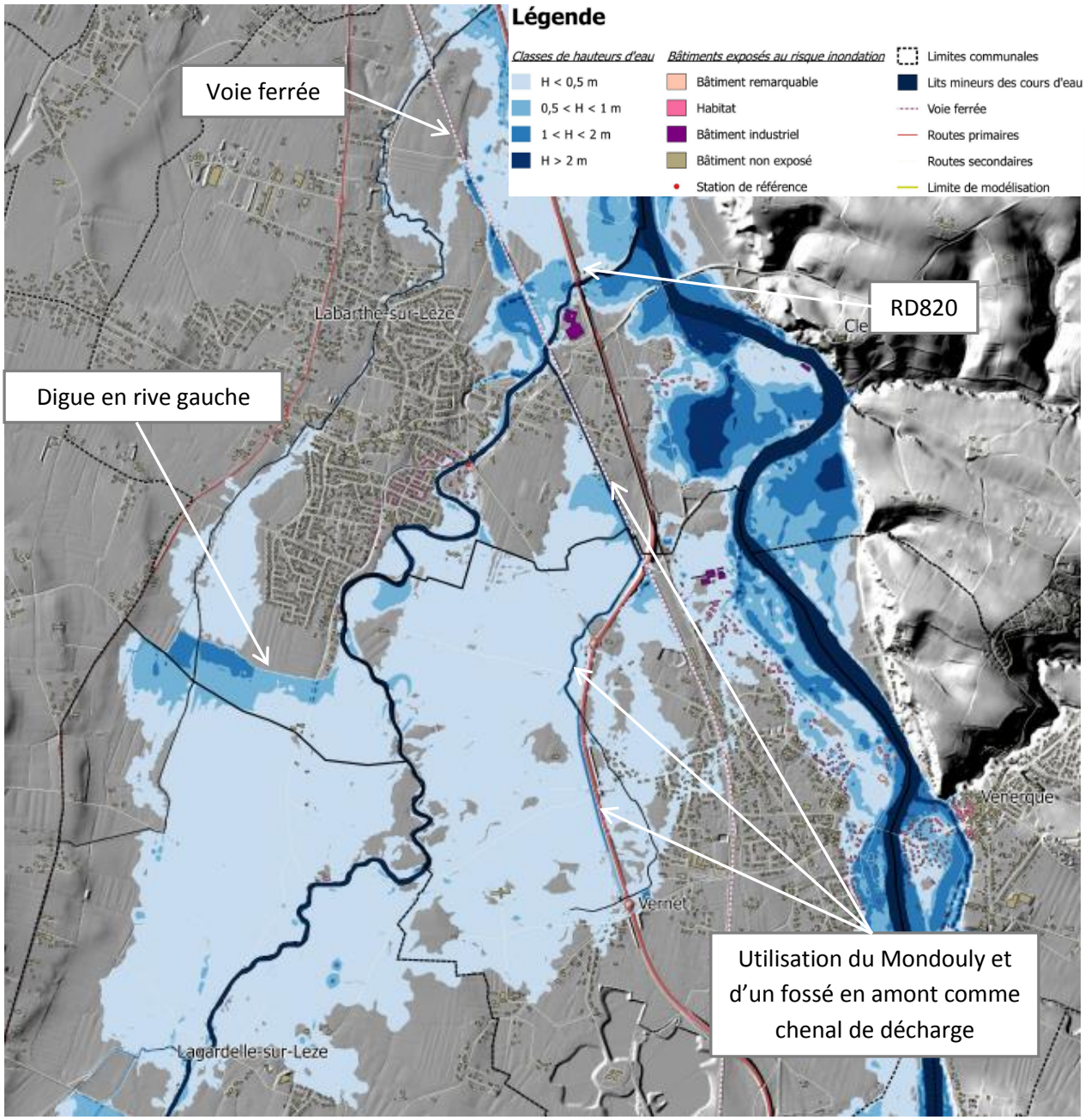


Figure 132 : Hauteurs d'eau pour la crue de période de retour 50 ans – état aménagé : digue de protection en rive gauche de la Lèze et recalibrage du Mondouly en rive droite (Ouvrages 3a et 4a)

Comparaison à la situation actuelle

La figure suivante donne les résultats en termes de différentiel de hauteur d'eau par rapport à la situation actuelle. La modification du ruisseau du Mondouly permet d'améliorer la situation dans la zone des remblais ferroviaire et routier, avec des hauteurs d'eau qui sont réduites de -0,05 à -0,25 m par rapport à la situation actuelle. Localement, cette diminution dépasse -0,50 m.

En particulier, ce nouvel aménagement permet de supprimer l'impact négatif au droit du chemin d'Embourel (cercle bleu), constaté dans le cadre de la mise en œuvre de la digue en rive gauche seule (cf. paragraphe 5.3.2.2 page 136). Même mieux, le gain sur les hauteurs d'eau par rapport à la situation actuelle est globalement compris entre -0,25 et -0,50 m dans ce secteur.

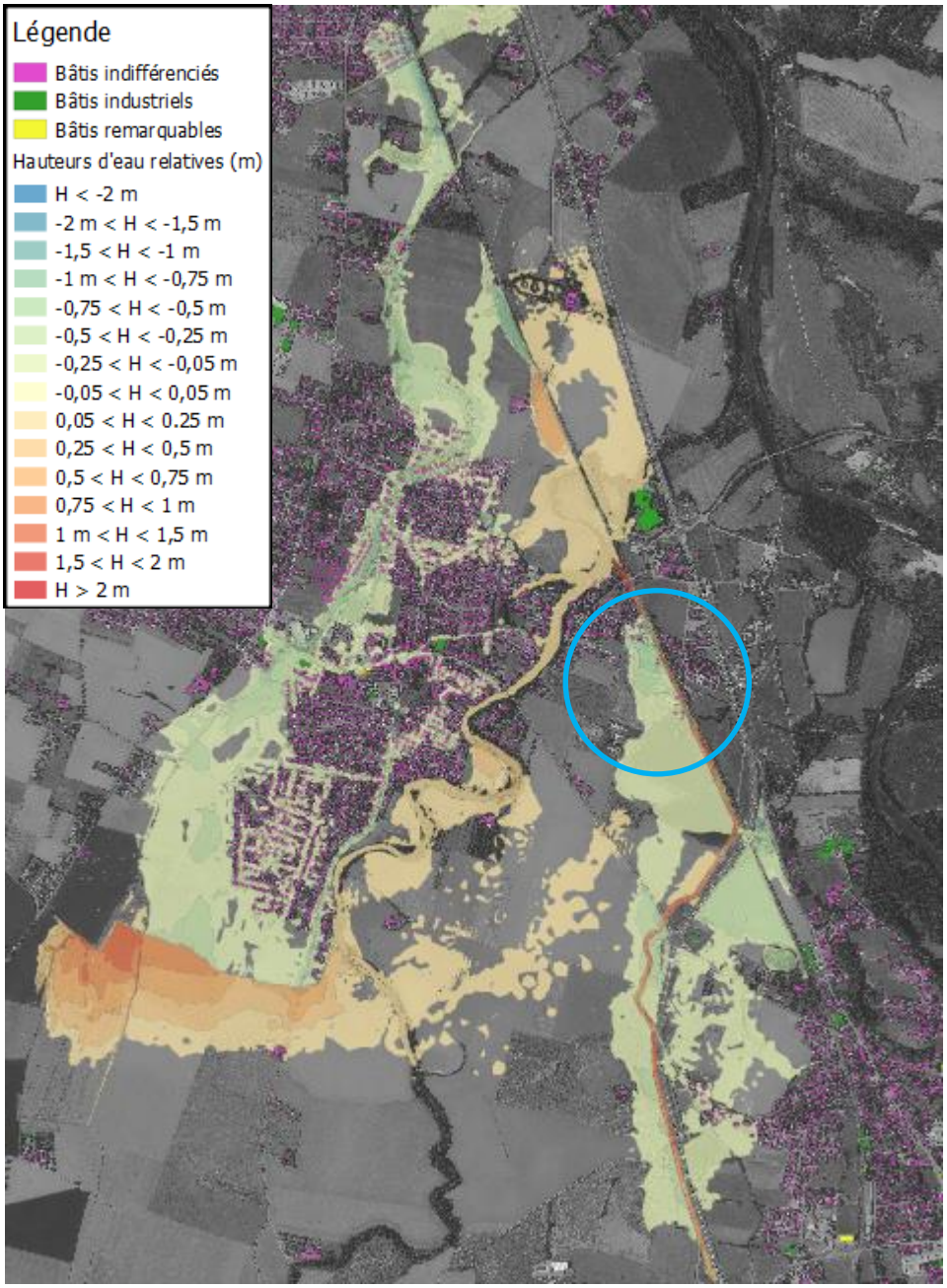


Figure 133 : Comparaison des surfaces libres pour la crue cinquantennale : Etat aménagé (Ouvrage 3a et 4a) – Etat actuel

Une estimation de la population impactée par quartier a été réalisée pour la crue de période de retour 50 ans à l'aide des données INSEE (cf. Tableau 29 ci-dessous).

Commune	Quartier	Nombre de personne – état aménagé	Nombre de personne – état actuel
Labarthe-sur-Lèze	Bordeneuve	10	12
	Doumerc – Le Pont – Las Bories	32	562
	Enroux	5	21
	La Ruque	4	14
	Le Caroubier – La Condoumine	100	905
	Le Marchand	17	17
	Les Aouzelous	12	23
	Les Bords de Lèze	12	20
	Ponchou - Gabachou	12	82
	Autre	112	143
Lagardelle-sur-Lèze	La Mouressague	14	14
	Lagardelle centre	10	10
	Magret - Clinique	33	33
Vernet	Vernet	221	244
Pins-Justaret	La Cepette	0	73
TOTAL		**594**	**2175**

Tableau 29 : Population impactée pour la crue de période de retour 50 ans – état aménagé : digue de protection en rive gauche de la Lèze et recalibrage du Mondouly en rive droite (Ouvrages 3a et 4a)

La combinaison des deux dispositifs de protection (digue + chenal de décharge) est donc efficace pour réduire la vulnérabilité des personnes et des biens, notamment sur les communes de Labarthe-sur-Lèze, de Pins-Justaret et du Vernet. La modification du Mondouly permet d'éviter d'impacter une quarantaine de personnes par rapport à la situation avec digue seule (population impactée estimé à 638 personnes – cf. paragraphe 5.3.2.2 page 136).

Modélisation de la crue centennale

Les figures suivantes présentent les hauteurs d'eau pour la modélisation hydraulique de la crue centennale ainsi que le différentiel de hauteur par rapport à la situation actuelle. Comme pour la crue cinquantennale, la mise en place du chenal de décharge en rive droite de la Lèze, en complément de la digue en rive gauche, permet de réduire les hauteurs d'eau dans la zone des remblais ferroviaire et routier, avec des hauteurs d'eau qui sont diminuées de -0,05 à -0,25 m par rapport à la situation actuelle. Localement, cette diminution dépasse -0,50 m.

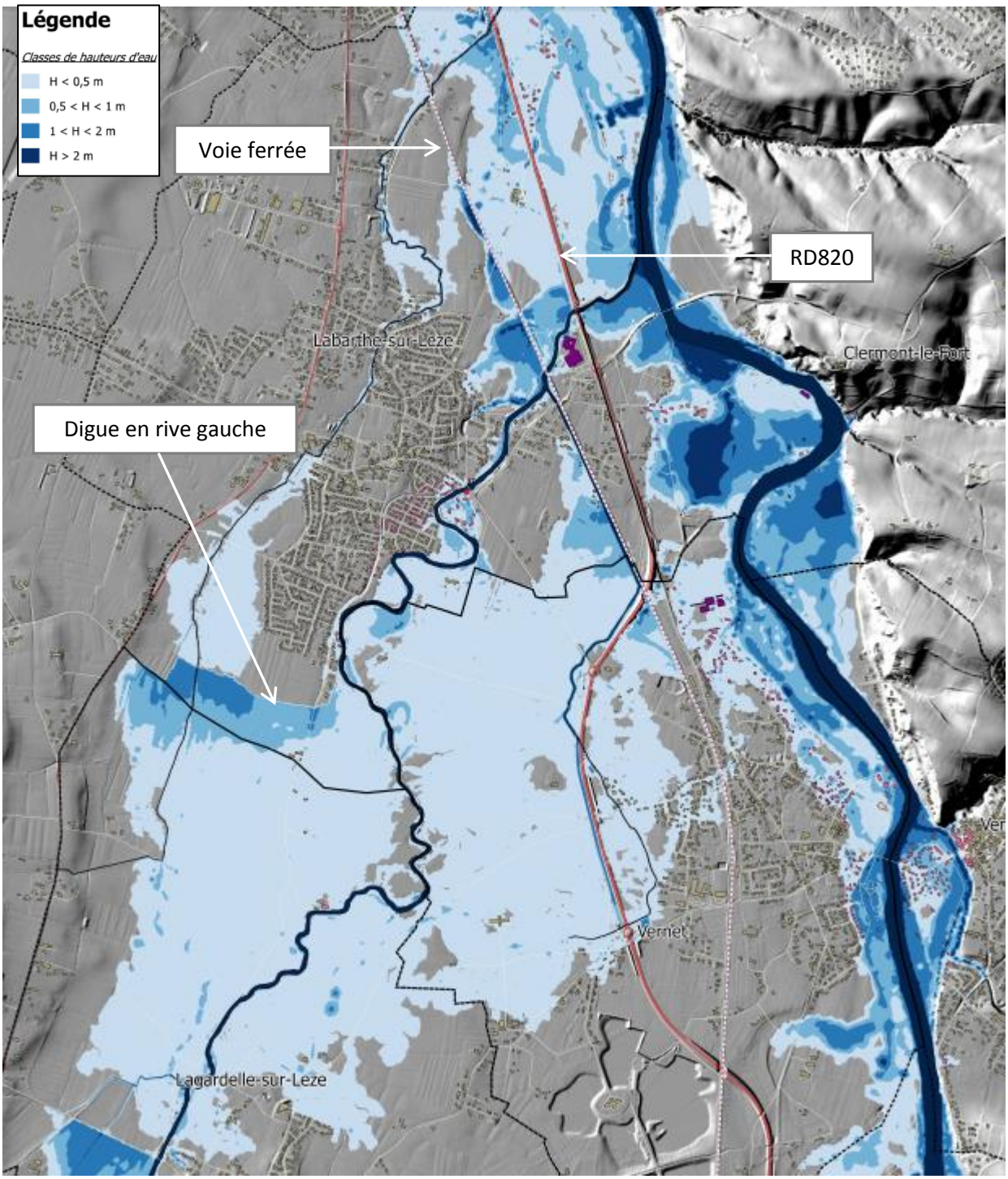


Figure 134 : Hauteurs d'eau pour la crue de période de retour 100 ans – état aménagé : digue de protection en rive gauche de la Lèze et recalibrage du ruisseau du Mondouly (Ouvrage 3a et 4a)

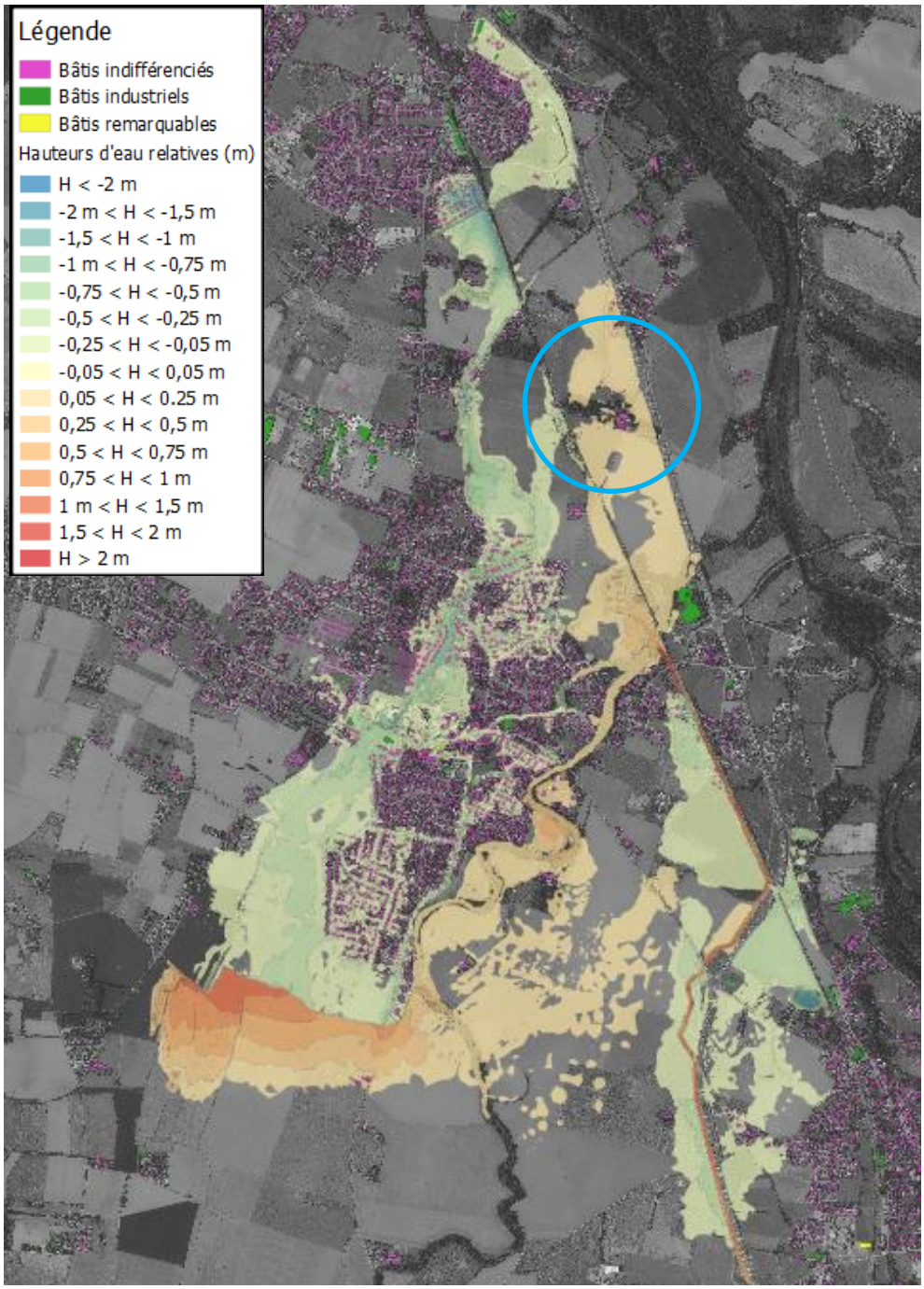


Figure 135 : Comparaison des surfaces libres pour la crue centennale : Etat aménagé (Ouvrage 3a et 4a) – Etat actuel

A noter cependant qu'au droit de la confluence de la Lèze et du Mondouly, en rive gauche de la Lèze, aussi bien en amont qu'en aval du remblai ferroviaire, les hauteurs d'eau sont augmentées de +0,05 à +0,25 m, voire localement à plus de +0,25 m. Il s'agit là d'un effet négatif de ces aménagements, qui ont un impact sur le quartier Le Marchand notamment (Scan25 de l'IGN, entre les deux remblais – cercle bleu sur la Figure 135 ci-dessus). Sur ce secteur, environ 7/8 bâtis, et la société Paul Boyé technologie, sont concernés par des hauteurs d'eau plus importantes (comprises entre +0,05 et +0,25 m) que dans la situation actuelle.

5.3.3.3 Résultats de la modélisation hydraulique pour la mise en place d'une digue en rive gauche et d'un chenal de décharge en rive droite – Ouvrage 3a et 4b

Identification de la zone inondable

Comme dans la situation actuelle pour la crue cinquantennale de la Lèze, les débordements apparaissent sur la plaine inondable située entre Lagardelle-sur-Lèze et Labarthe-sur-Lèze (cf. figure ci-après). En amont de Labarthe-sur-Lèze, la digue en rive gauche permet de contenir les écoulements et protège le centre-ville. Dans le cas présent, le débit transitant dans l'Ayguère dans le modèle hydraulique est de 11 m^3/s.

En rive droite de la Lèze, il y a débordement généralisé sur la plaine inondable. Les écoulements impactent le Vernet, de manière quasi identique à la situation où la digue est modélisée seule (cf. Figure 109 page 137). En effet, les écoulements qui impactent le Vernet proviennent de la zone amont (Plaine de Rayne sur le Scan25 de l'IGN), et ne sont pas repris par le chenal de décharge.

En revanche, on note que ce chenal permet de supprimer/limiter en partie le risque inondation du chemin d'Embourel lié à l'écoulement le long du remblai ferroviaire et du ruisseau du Mondouly (cf. cercle jaune). En particulier, des bâtis en amont du remblai ferroviaire sont soustraits à la zone inondable pour la crue cinquantennale. De la même manière, les hauteurs d'eau au droit des bâtis sur le secteur du Camp de Nougarot (Scan25 de l'IGN) sont réduites. En effet, les hauteurs d'eau calculées dans le cas de la configuration avec la digue seule (Ouvrage 3a - cf. Figure 109 page 137) sont localement supérieures à 1m. Dans le cas de la configuration avec chenal (Ouvrage 3a + 4b), ces hauteurs sont inférieures à 1 m, voire même par endroit inférieures à 0,5 m.

Le débit évacué par le chenal de décharge pour la crue cinquantennale est estimé à 50 m^3/s (valeur recherchée dans le cadre du dimensionnement de l'ouvrage).

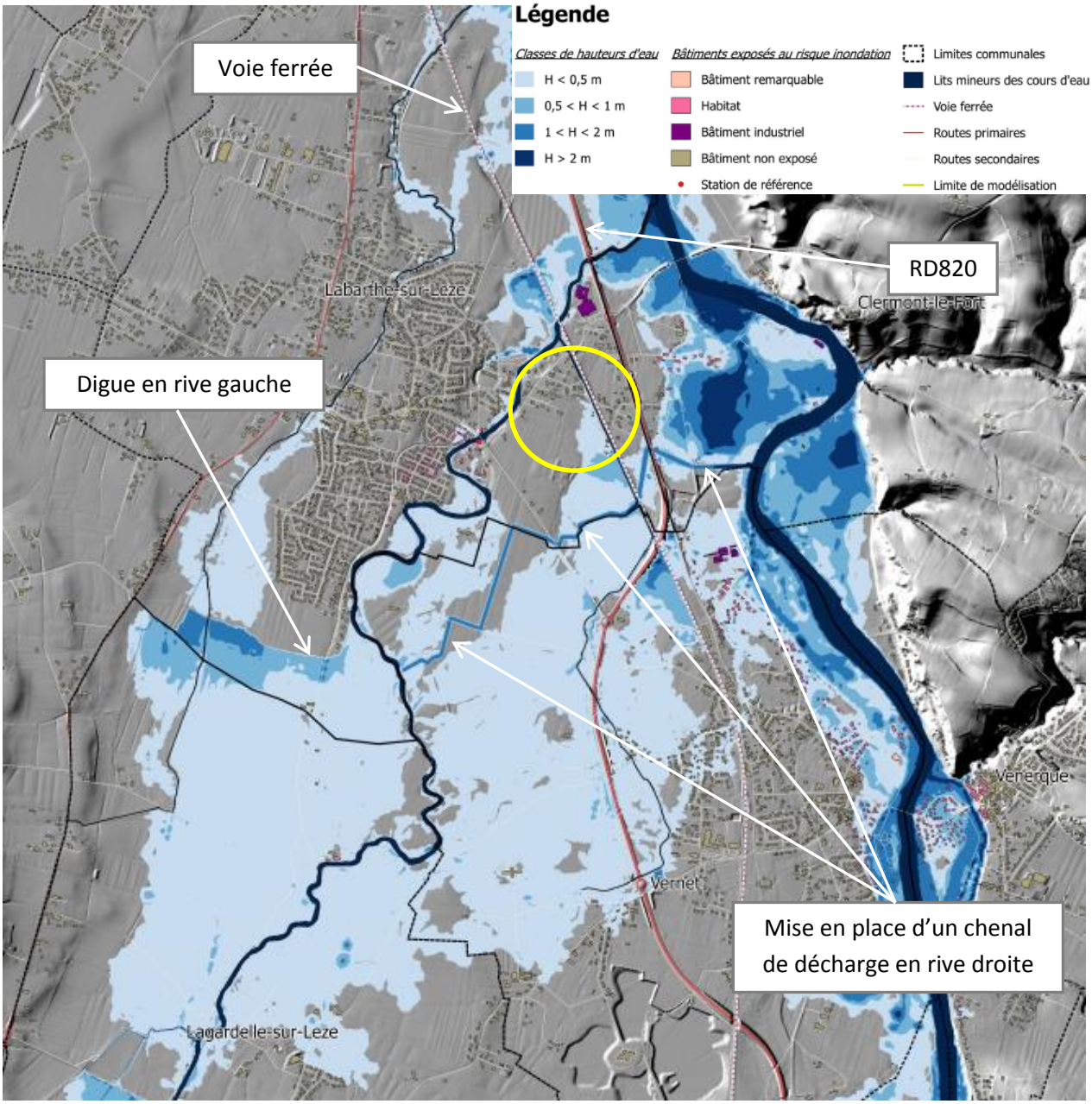


Figure 136 : Hauteurs d'eau pour la crue de période de retour 50 ans – état aménagé : digue de protection en rive gauche de la Lèze et chenal de décharge en rive droite (Ouvrages 3a et 4b)

Comparaison à la situation actuelle

La figure suivante donne les résultats en termes de différentiel de hauteur d'eau par rapport à la situation actuelle. La mise en œuvre d'un chenal de décharge en rive droite de la Lèze, en complément de la digue en rive gauche, permet de réduire les hauteurs sur une grande partie du lit majeur rive droite par rapport à la situation actuelle, y compris en amont du remblai ferroviaire (Chemin d'Embourel – cercle bleu), avec des hauteurs d'eau qui sont réduites de -0,25 à -0,50 sur ce secteur. Localement, cette diminution dépasse -0,75 m.

Cependant, sur le secteur du Vernet, aucune modification n'apparaît par rapport à la situation actuelle.

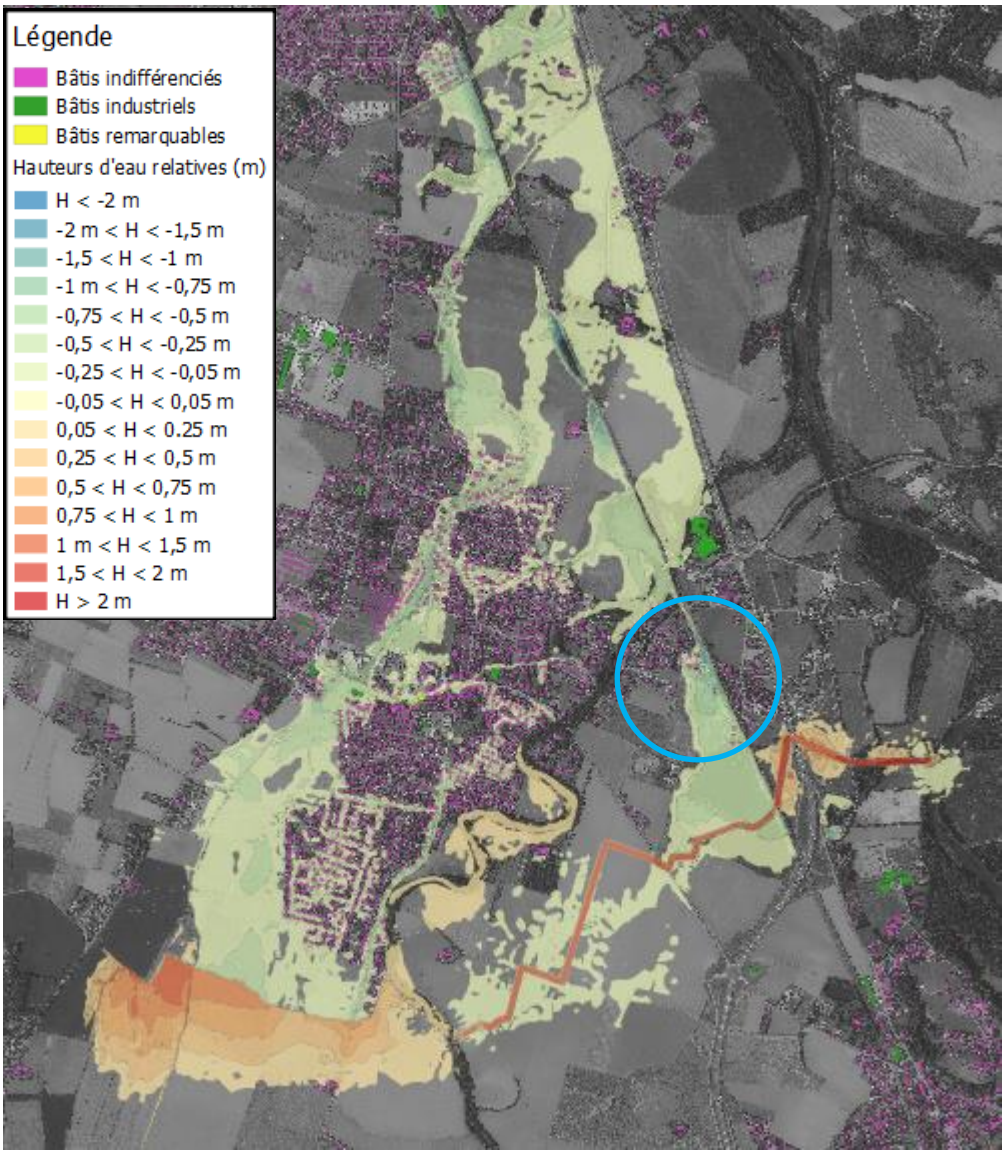


Figure 137 : Comparaison des surfaces libres pour la crue cinquantennale : Etat aménagé (Ouvrage 3a et 4b) – Etat actuel

Une estimation de la population impactée par quartier a été réalisée pour la crue de période de retour 50 ans à l'aide des données INSEE (cf. Tableau 30 ci-dessous).

Commune	Quartier	Nombre de personne – état aménagé	Nombre de personne – état actuel
Labarthe-sur-Lèze	Bordeneuve	10	12
	Doumerc – Le Pont – Las Bories	34	562
	Enroux	5	21
	La Ruque	4	14
	Le Caroubier – La Condoumine	88	905
	Le Marchand	11	17
	Les Aouzelous	9	23
	Les Bords de Lèze	8	20
	Ponchou - Gabachou	12	82
	Autre	95	143
Lagardelle-sur-Lèze	La Mouressague	14	14
	Lagardelle centre	10	10
	Magret - Clinique	33	33
Vernet	Vernet	244	244
Pins-Justaret	La Cepette	0	73
TOTAL		**578**	**2175**

Tableau 30 : Population impactée pour la crue de période de retour 50 ans – état aménagé : digue de protection en rive gauche de la Lèze et chenal de décharge en rive droite (Ouvrages 3a et 4b)

Ce dispositif de protection est efficace pour réduire la vulnérabilité des personnes et des biens, notamment sur les communes de Labarthe-sur-Lèze et de Pins-Justaret. La mise en place d'un chenal de décharge en rive droite permet d'épargner une soixantaine de personnes par rapport à la situation avec digue (population impactée estimé à 638 personnes – cf. paragraphe 5.3.2.2 page 136).

Modélisation de la crue centennale

Les figures suivantes présentent les hauteurs d'eau pour la modélisation hydraulique de la crue centennale et, ainsi que le différentiel de hauteur par rapport à la situation actuelle. Comme pour la crue cinquantennale, la mise en place du chenal de décharge en rive droite de la Lèze, en complément de la digue en rive gauche, permet de réduire les hauteurs d'eau sur une grande partie du lit majeur rive droite, y compris en amont du remblai ferroviaire, avec des hauteurs d'eau qui sont réduites de -0,25 à -0,50 sur ce secteur. Localement, cette diminution dépasse -0,75 m.

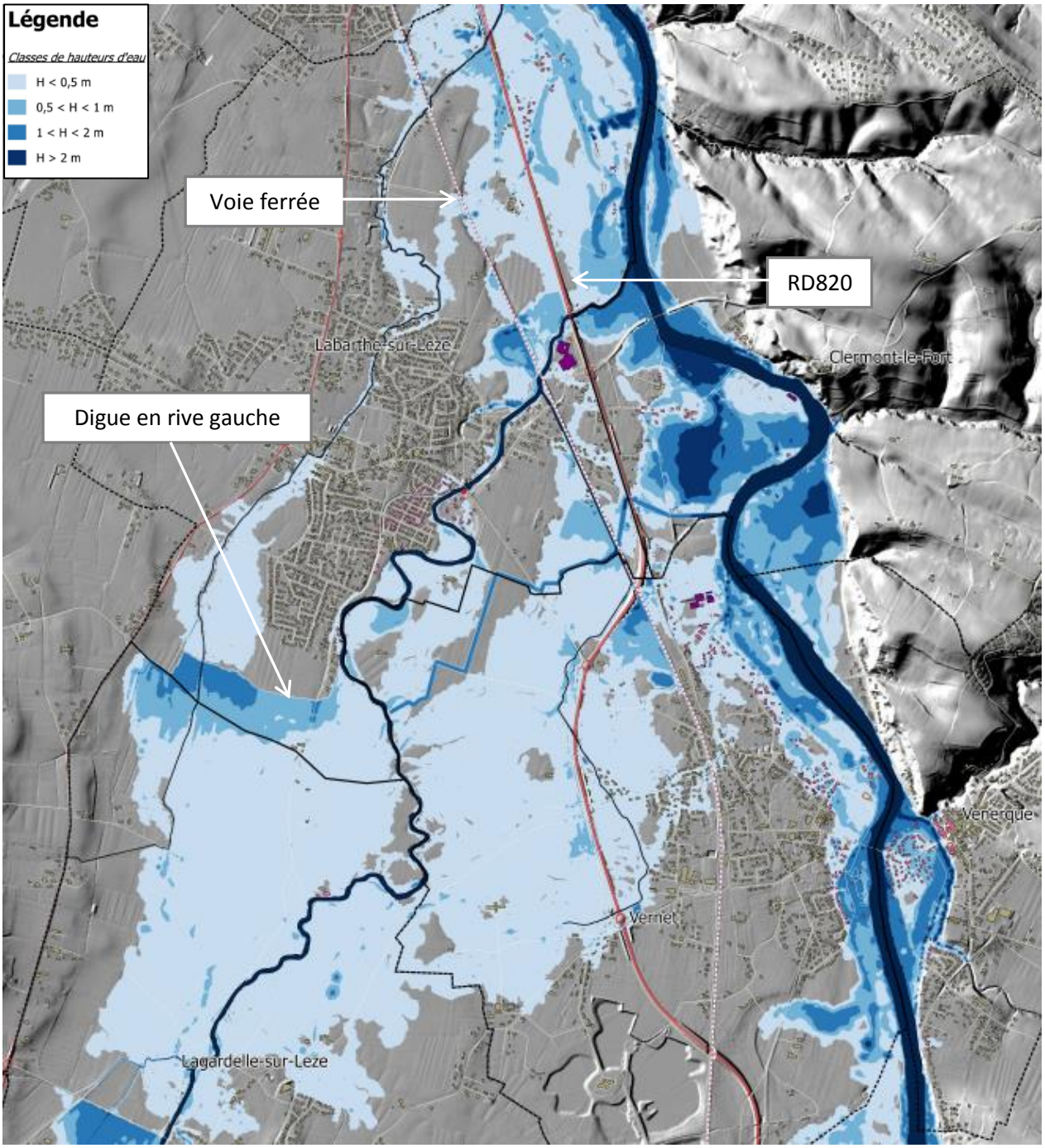


Figure 138 : Hauteurs d'eau pour la crue de période de retour 100 ans – état aménagé : digue de protection en rive gauche de la Lèze et chenal de décharge en rive droite (Ouvrage 3a et 4b)

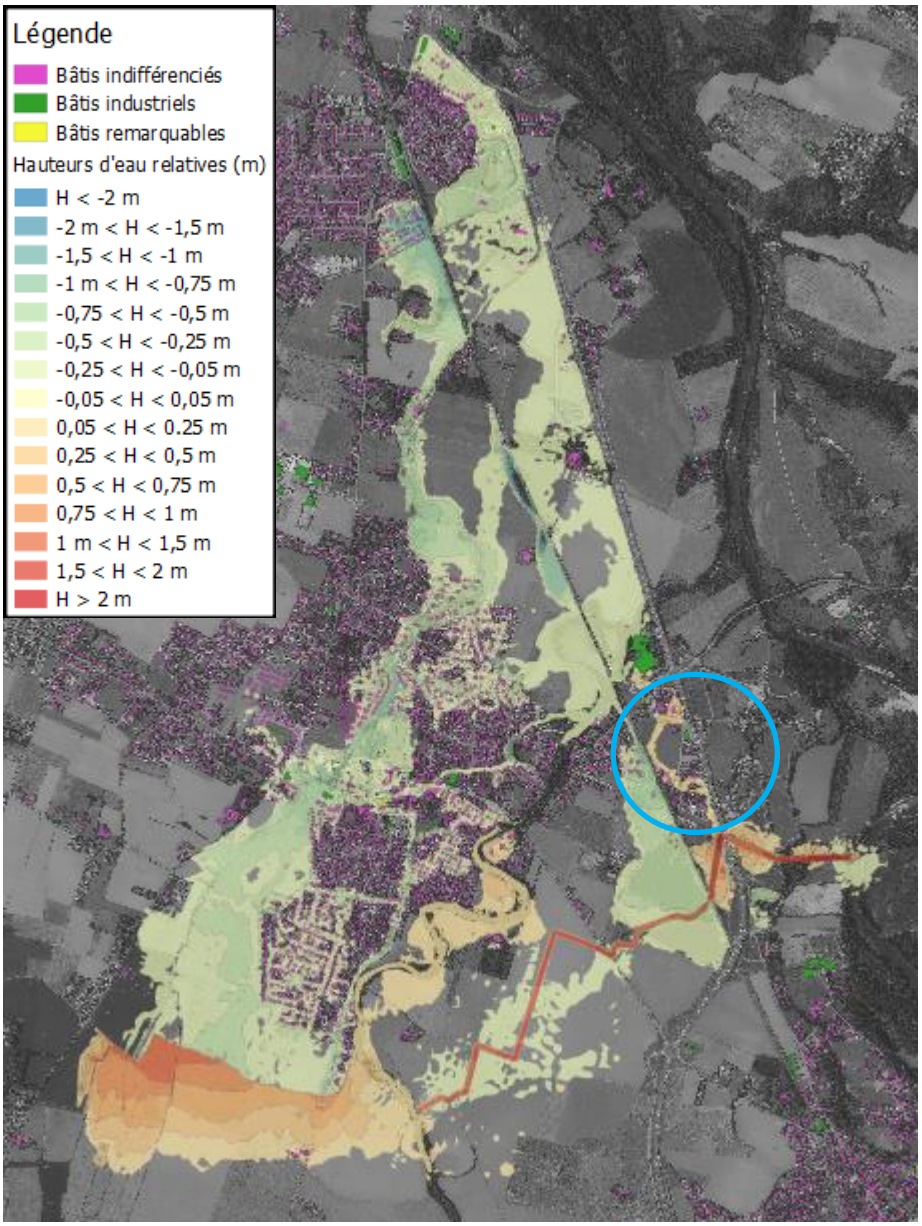


Figure 139 : Comparaison des surfaces libres pour la crue centennale : Etat aménagé (Ouvrage 3a et 4b) – Etat actuel

Toutefois, il est important de noter sur la Figure 139 ci-avant que le chenal de décharge « déborde » entre les deux remblais, et est susceptible d'entraîner une surinondation des bâtis du secteur des Graves (Scan25 de l'IGN – cercle bleu). Au total, environ une dizaine de bâtis seraient touchés par une augmentation de la hauteur d'eau allant de +0,05 à +0,25 m.

5.3.3.4 Résultats de la modélisation hydraulique pour la mise en place d'une digue en rive gauche et d'un chenal de décharge en rive droite – Ouvrage 3a et 4d

Identification de la zone inondable

Comme dans la situation actuelle pour la crue cinquantennale de la Lèze, les débordements apparaissent sur la plaine inondable située entre Lagardelle-sur-Lèze et Labarthe-sur-Lèze (cf. figure ci-après). En amont de Labarthe-sur-Lèze, la digue en rive gauche permet de contenir les écoulements et protège le centre-ville. Dans le cas présent, le débit transitant dans l'Ayguère dans le modèle hydraulique est de 11 m^3/s.

En rive droite de la Lèze, il y a débordement généralisé sur la plaine inondable. Toutefois, le chenal de décharge et le recalibrage partiel du Mondouly permettent de reprendre une partie des écoulements. Ainsi, les hauteurs d'eau au droit des secteurs situés en amont des remblais routiers et ferroviaires sont moins importantes que dans la situation actuelle. De la même manière, sur le secteur bâti du Vernet, un gain de hauteur d'eau apparaît.

Le débit évacué par le chenal de décharge pour la crue cinquantennale est estimé à 40 m^3/s (l'ouvrage étant initialement dimensionné pour évacuer 30 m^3/s).

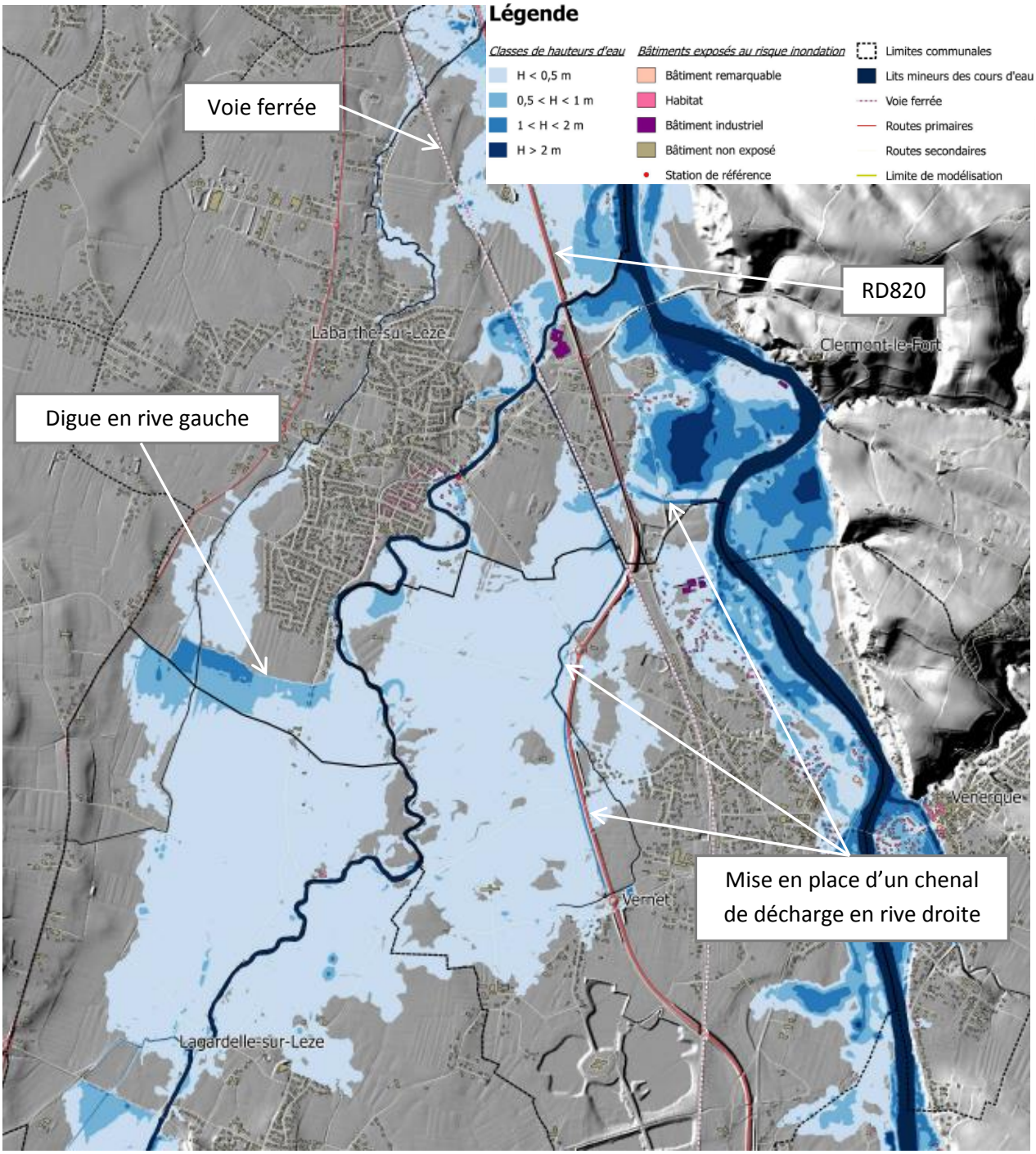


Figure 140 : Hauteurs d'eau pour la crue de période de retour 50 ans – état aménagé : digue de protection en rive gauche de la Lèze et chenal de décharge en rive droite (Ouvrages 3a et 4d)

Comparaison à la situation actuelle

La figure suivante donne les résultats en termes de différentiel de hauteur d'eau par rapport à la situation actuelle. La mise en œuvre d'un chenal de décharge en rive droite de la Lèze, en complément de la digue en rive gauche, permet de réduire les hauteurs sur une grande partie du lit majeur rive droite par rapport à la situation actuelle, y compris en amont du remblai ferroviaire (Chemin d'Embourel – cercle bleu), avec des hauteurs d'eau qui sont réduites de -0,25 à -0,50 sur ce secteur. Localement, cette diminution dépasse 1 m.

Sur le secteur du Vernet, une diminution des niveaux d'eau apparaît également par rapport à la situation actuelle, avec des hauteurs réduites de -0,05 à -0,25 m.

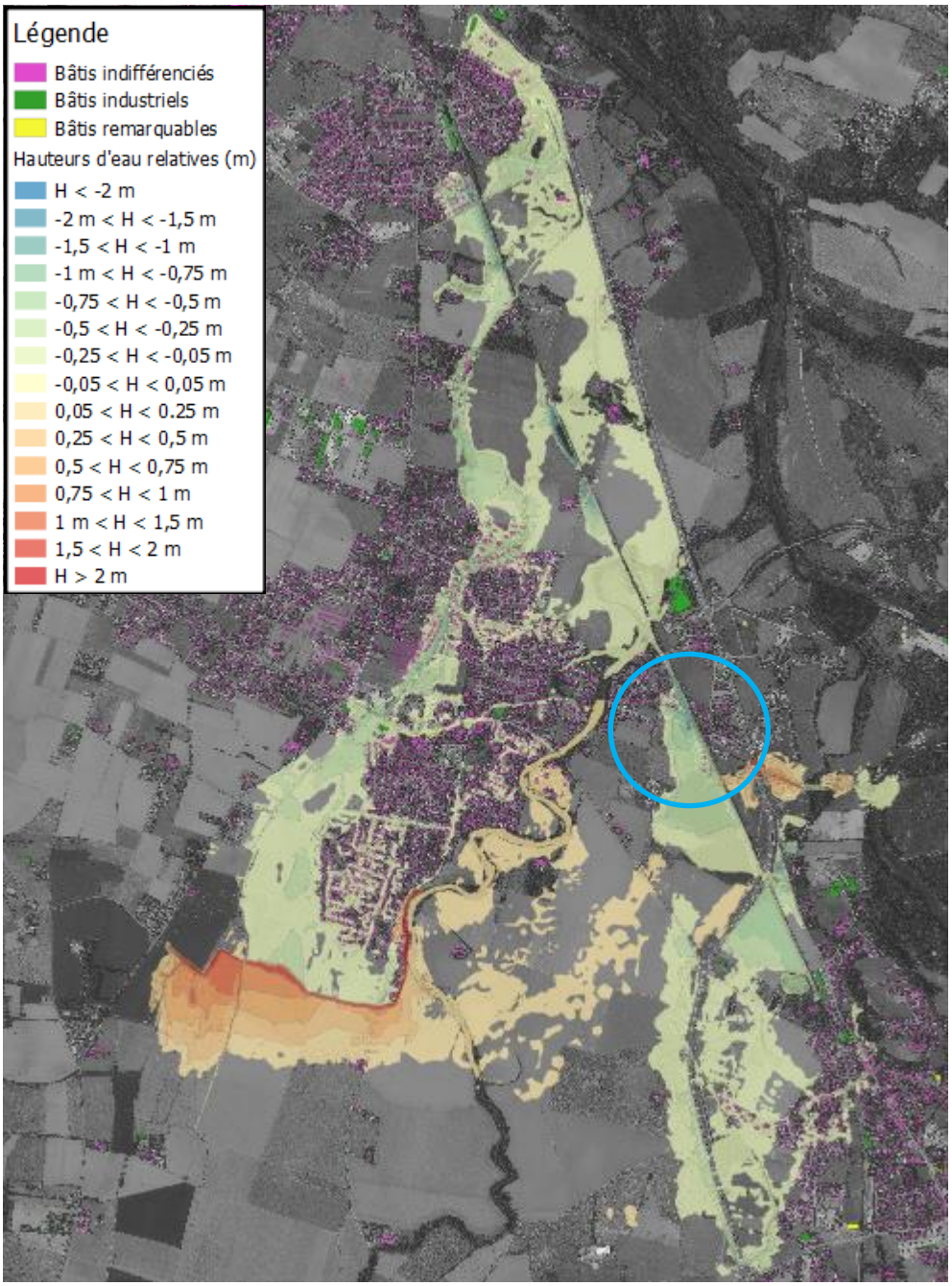


Figure 141 : Comparaison des surfaces libres pour la crue cinquantennale : Etat aménagé (Ouvrage 3a et 4d) – Etat actuel

Une estimation de la population impactée par quartier a été réalisée pour la crue de période de retour 50 ans à l'aide des données INSEE (cf. Tableau 31 ci-dessous).

Commune	Quartier	Nombre de personne – état aménagé	Nombre de personne – état actuel
Labarthe-sur-Lèze	Bordeneuve	9	12
	Doumerc – Le Pont – Las Bories	29	562
	Enroux	5	21
	La Ruque	4	14
	Le Caroubier – La Condoumine	102	905
	Le Marchand	12	17
	Les Aouzelous	24	23
	Les Bords de Lèze	6	20
	Ponchou - Gabachou	12	82
	Autre	97	143
Lagardelle-sur-Lèze	La Mouressague	14	14
	Lagardelle centre	10	10
	Magret - Clinique	33	33
Vernet	Vernet	95	244
Pins-Justaret	La Cepette	0	73
TOTAL		**452**	**2175**

Tableau 31 : Population impactée pour la crue de période de retour 50 ans – état aménagé : digue de protection en rive gauche de la Lèze et chenal de décharge en rive droite (Ouvrages 3a et 4d)

Ce dispositif de protection est efficace pour réduire la vulnérabilité des personnes et des biens, notamment sur les communes de Labarthe-sur-Lèze, Pins-Justaret et Vernet. En particulier, cet aménagement est certainement l'ouvrage de décharge le plus efficace pour protéger de manière globale la population, en prenant en compte les différents secteurs impactés (chemin d'Embourel à Labarthe, quartier de la gare au Vernet). La mise en place d'un chenal de décharge en rive droite permet d'épargner plus de 180 personnes par rapport à la situation avec digue (population impactée estimé à 638 personnes – cf. paragraphe 5.3.2.2 page 136).

Modélisation de la crue centennale

Les figures suivantes présentent les hauteurs d'eau pour la modélisation hydraulique de la crue centennale et, ainsi que le différentiel de hauteur par rapport à la situation actuelle. Comme pour la crue cinquantennale, la mise en place du chenal de décharge en rive droite de la Lèze, en complément de la digue en rive gauche, permet de réduire les hauteurs d'eau sur une grande partie du lit majeur rive droite, et notamment :

- en amont du remblai ferroviaire (chemin d'Embourel), avec des hauteurs d'eau qui sont réduites de -0,25 à -0,50 sur ce secteur. Localement, cette diminution dépasse -1 m,
- au droit des enjeux bâtis du Vernet, où le gain sur les hauteurs d'eau est réduit de -0,05 à -0,25 m.

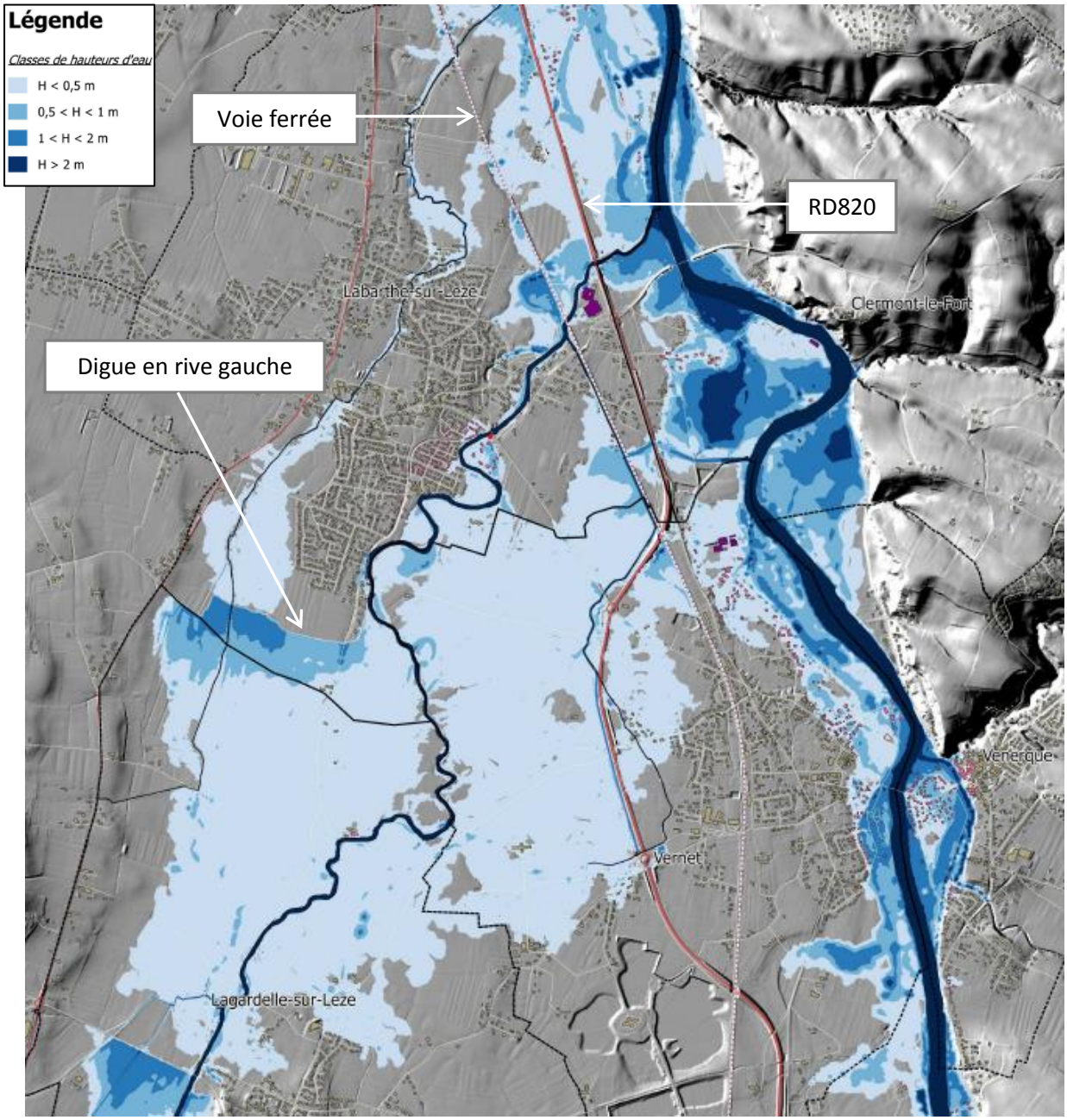


Figure 142 : Hauteurs d'eau pour la crue de période de retour 100 ans – état aménagé : digue de protection en rive gauche de la Lèze et chenal de décharge en rive droite (Ouvrage 3a et 4d)

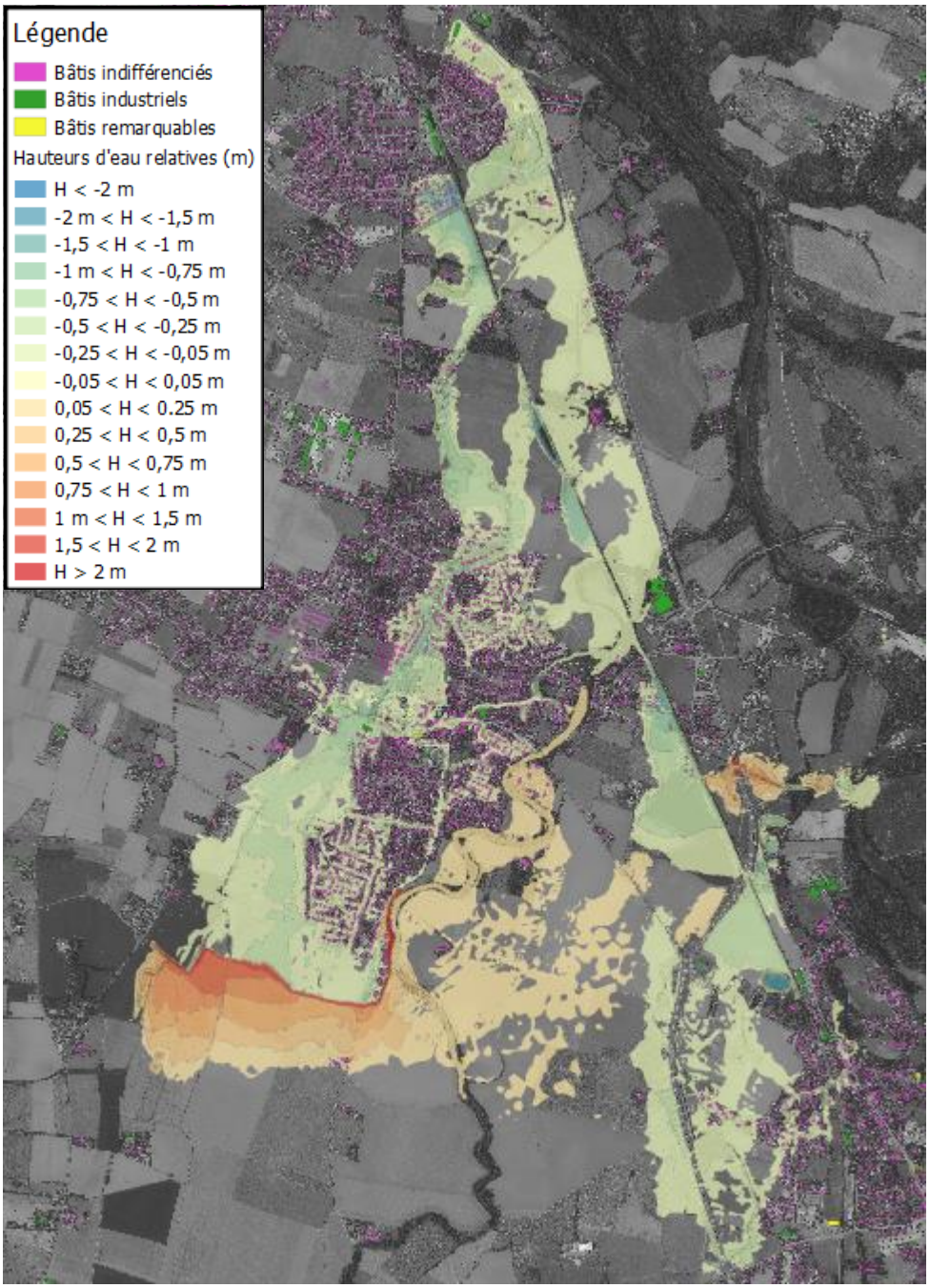


Figure 143 : Comparaison des surfaces libres pour la crue centennale : Etat aménagé (Ouvrage 3a et 4d) – Etat actuel

Analyse de l'influence potentielle des crue de l'Ariège sur le lit majeur de la Lèze

Les remblais routier (RD820) et ferroviaire permettent de « démarquer » les crues de la Lèze et les crues de l'Ariège d'après les différents tests effectués dans le cadre du diagnostic de l'état actuel (cf. paragraphe 4.6.2.10 page 106), et notamment :

- La modélisation d'une crue majeure de la Lèze (type centennale) et la crue décennale de l'Ariège,
- La modélisation de la crue quinquennale de la Lèze avec la crue centennale de l'Ariège.

Ainsi, les crues de l'Ariège n'ont pas d'influence sur le lit majeur de la Lèze en état actuel.

Le fait de mettre en place un chenal de décharge avec des ouvertures dans les deux remblais pourrait donner lieu à une reconnexion des lits majeurs de l'Ariège et de la Lèze. Alors, en cas de crue majeure de l'Ariège, il pourrait y avoir un impact sur le lit majeur de la Lèze dans le secteur de Labarthe-sur-Lèze.

Afin d'évaluer cet impact, le modèle hydraulique a été repris en introduisant :

- La crue quinquennale de la Lèze à Lagardelle (débit de 89 m^3/s),
- La crue de référence de l'Ariège (débit de 2900 m^3/s).

La figure suivante présente les résultats de la modélisation hydraulique. On constate que :

- Les écoulements franchissent les remblais routiers et ferroviaires via les ouvrages de décharges sous remblais, impactant ainsi le secteur des Graves (Scan25 de l'IGN – cf. cercle jaune sur la figure suivante) avec une lame d'eau inférieure à 0,5 m. Environ 10 à 12 bâtis sont touchés,
- Aucun enjeu n'est impacté en amont du remblai ferroviaire.

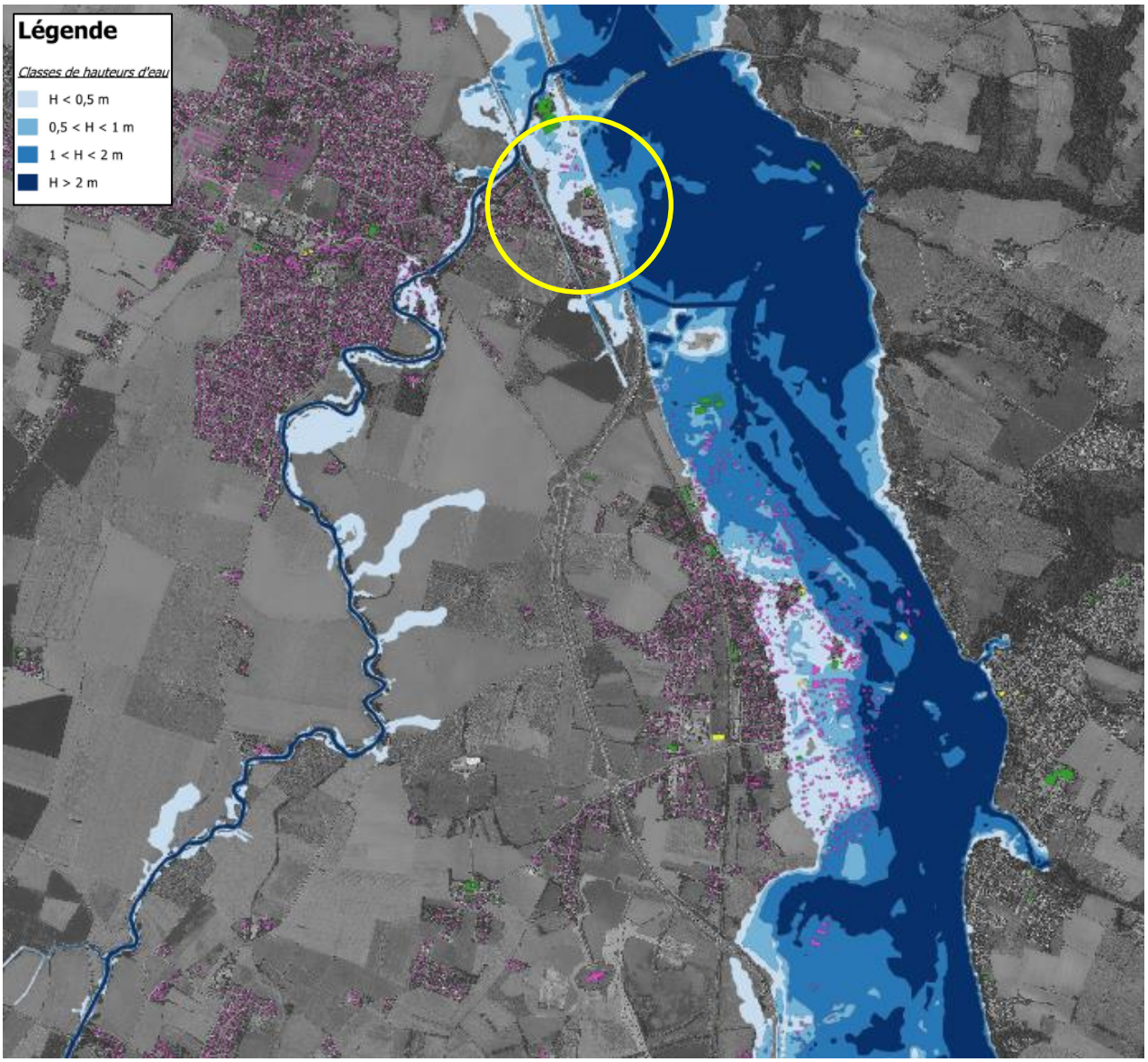
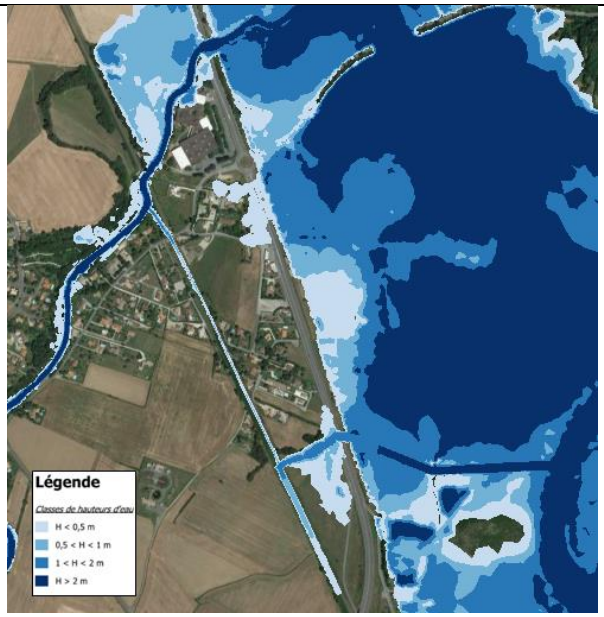


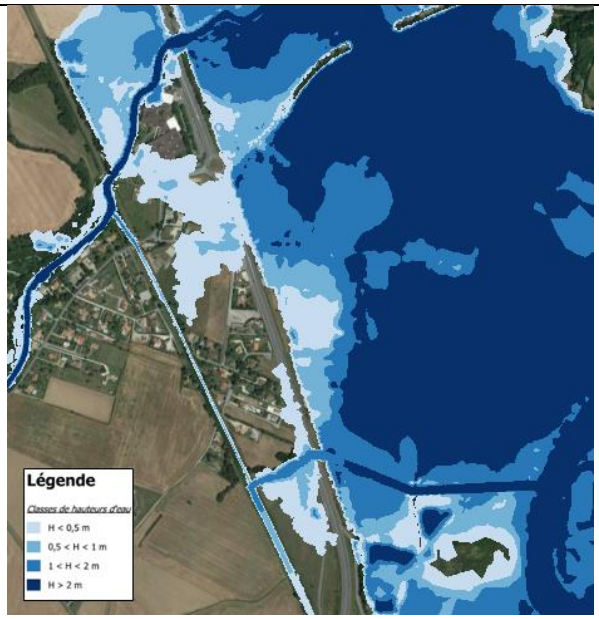
Figure 144 : Evaluation de l'impact éventuel d'une crue centennale de l'Ariège sur le lit majeur de la Lèze dans le cas où le chenal de décharge est construit

Les figure suivantes présentent le déroulé de l'inondation sur le secteur des Graves. Il est important de noter que les débordements sur ce secteur sont dus à une remontée des écoulements de l'Ariège via :

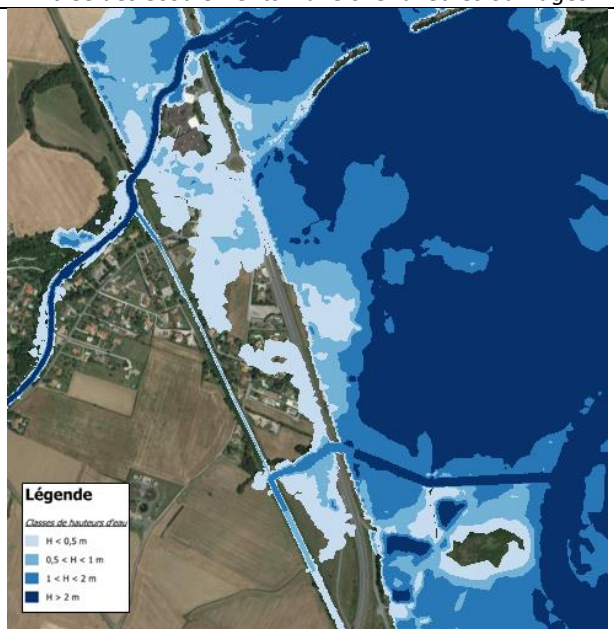
- La Lèze,
- Des ouvrages hydrauliques sous remblais routiers,
- L'ouvrage de décharge mis en place dans le cadre de l'ouvrage 4d.



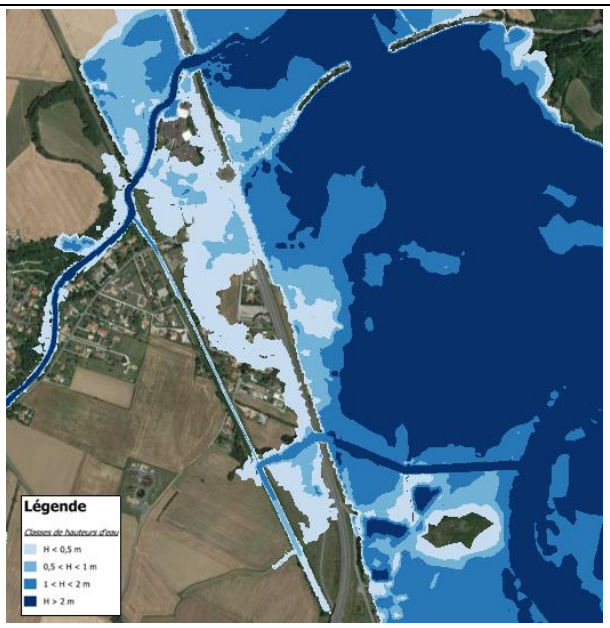
Entrée des écoulements via le chenal et les ouvrages



Débordements sur le secteur des Graves



Jonction des écoulements sur le secteur des Graves



Débordements global sur le secteur des Graves

Figure 145 : Déroulé de la crue au droit du secteur des Graves, impacté par la crue de référence de l'Ariège en cas d'aménagement de l'ouvrage 4d

5.3.4 Mise en place d'une digue de protection du Vernet – Ouvrage 5

Les ouvrages dimensionnés précédemment – digue de protection + chenal de décharge en rive droite – visent à protéger le centre-ville de Labarthe-sur-Lèze, et par la même occasion le quartier de la Cepette à Pins-Justaret, ainsi que les secteurs habités en amont du remblai ferroviaire en rive droite. Toutefois, pour ces différents aménagements, le quartier de la gare sur la commune du Vernet reste impacté par la crue cinquantennale de la Lèze (environ 63 bâtis concernés, soit près de 130 personnes d'après le ratio moyen de 2,0 habitants par bâtis sur la commune du Vernet et 2,2 sur l'ensemble des 4 communes – cf. paragraphe 6.2.2.1 page 198).

5.3.4.1 Description de l'ouvrage

Afin de protéger le Vernet, il est donc proposé de mettre en œuvre une digue de protection telle que définie sur la figure ci-dessous.

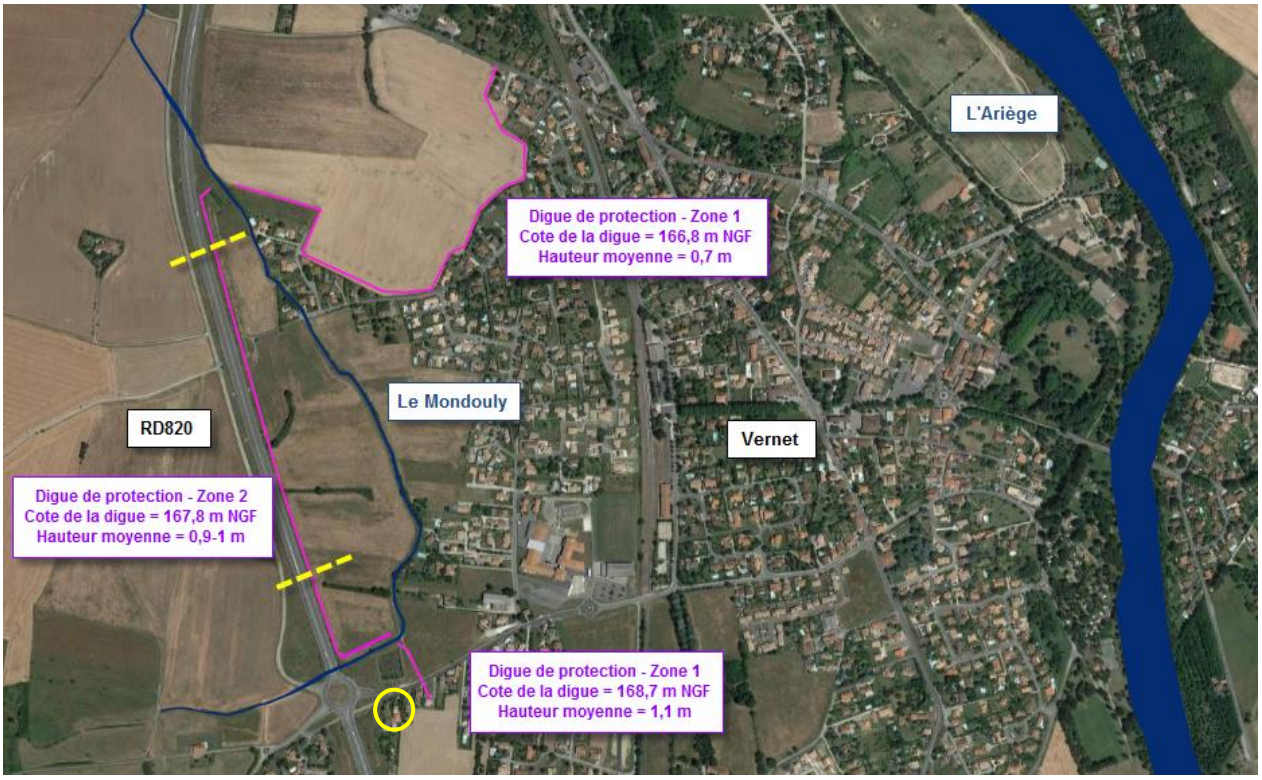


Figure 146 : Localisation de la digue de protection du Vernet – Ouvrage 5

En situation actuelle, et dès la crue vicennale, un écoulement avec de faibles hauteurs d'eau vient impacter les bâtis du Vernet, situés entre la RD820 et la voie ferrée. (cf. paragraphe 4.6.2.2 page 77). La mise en œuvre d'une digue a pour vocation de protéger les quartiers de la gare et des « Mimosas » (Scan25 de l'IGN) pour une crue de période de retour 50 ans de la Lèze.

Des ouvrages complémentaires seront intégrés au dispositif :

- Des buses en fond de lit du ruisseau du Mondouly, pour maintenir les écoulements « courants » du cours d'eau, et en cas de crue, limiter le débit au débit de plein bord du Mondouly (estimé à 1,5 – 2 m^3/s),
- Un déversoir de sécurité pour évacuer la crue centennale sans danger pour l'ouvrage. Ce déversoir sera positionné dans l'axe du Mondouly (cf. cercle jaune sur la Figure 146 ci-avant).

La figure suivante présente de manière schématique la digue et le dalot, avec le niveau atteint en amont pour la crue cinquantennale (168 m NGF).

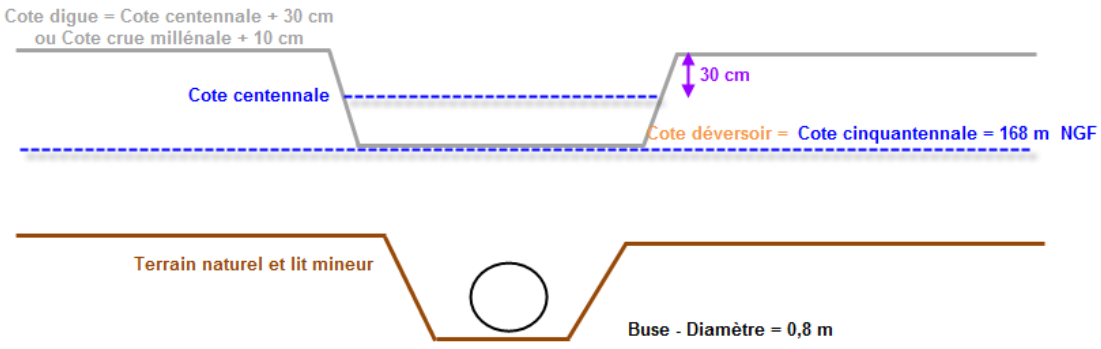


Figure 147 : Représentation schématique des ouvrages et cotes associées – Ouvrage 5

Dimensionnement du busage

L'ouvrage en pied de digue est dimensionné de telle sorte que, pour la crue cinquantennale, le débit transitant soit de l'ordre de 1,5 à 2 m^3/s. Pour ce faire, on utilise la formule du débit transitant par un orifice :

$$Q = mS\sqrt{2gH}$$

Avec :

- Q : débit (en m^3/s),
- m : coefficient de débit (en considérant de manière approchée m=0,6),
- S : Section de l'orifice (en m²),
- g : accélération de la pesanteur (en $m.s^{-2}$),
- H : la charge hydraulique sur l'orifice (en m).

Compte tenu de la cote atteinte en amont de la digue pour la crue cinquantennale (168 m NGF – cote calculée par modélisation hydraulique), l'ouvrage mis en place en pied de digue devra avoir une superficie de l'ordre de 0,4 à 0,5 m². Dans le cadre de la présente étude, on considère une buse de diamètre Φ=800 mm.

Dimensionnement du déversoir

Le dimensionnement du déversoir de sécurité est effectué pour la crue centennale de la Lèze. Ce déversoir à pour but d'évacuer la crue centennale sans danger pour la digue. La cote d'arase correspond à la cote atteinte en amont de la digue pour la crue cinquantennale de la Lèze (soit 168 m NGF). Le déversoir est dimensionné à l'aide de la formule suivante :

$$Q = \mu L\sqrt{2gH^3}$$

Avec :

- Q : débit (en m^3/s),
- μ : coefficient de débit (en considérant de manière approchée μ=0,4),
- L : la longueur du déversoir (en m),
- g : accélération de la pesanteur (en $m.s^{-2}$),
- H : la charge hydraulique sur le déversoir (en m).

En état actuel, le débit transitant via le ruisseau de Mondouly vers le Vernet (zone d'implantation du déversoir de la digue) est estimé à :

- 10 m^3/s pour la crue cinquantennale,
- 15 m^3/s pour la crue centennale.

En considérant que la digue est dimensionnée pour la crue cinquantennale, et qu'elle doit être capable d'évacuer en toute sécurité la crue centennale, le déversoir de sécurité doit être dimensionné pour un débit de 5 m^3/s. Pour un tel débit, les cotes atteintes en amont pour la crue centennale sont fonction de la longueur du déversoir. Le tableau suivant présente quelques cas de figure.

Longueur déversoir	5 m	10 m	15 m
Cote atteinte pour la crue centennale	168,7 m NGF	168,4 m NGF	168,3 m NGF
Cote d'arase de la digue	169,0 m NGF	168,7 m NGF	168,6 m NGF

Tableau 32 : Estimation de la cote atteinte pour la crue centennale et de la cote d'arase de la digue en fonction de la longueur du déversoir – Ouvrage 5

Le déversoir de sécurité est protégé par des enrochements bétonnés, ainsi qu'au niveau du talus aval et sur une longueur d'une dizaine de mètres en pied de digue. Une poutre en béton armée permet de caler la cote de crête du déversoir.

La cote d'arase de la digue est définie par la cote atteinte pour la crue centennale, en y ajoutant une revanche de 30 cm.

Remarque : Pour le calcul de la cote atteinte en amont de la digue en cas de crue centennale, l'augmentation du débit dans le busage, du fait de l'augmentation de la charge hydraulique amont n'a pas été prise en compte. Toutefois, cette variation de débit est marginale, car une augmentation de 0,5 m du niveau amont entraîne une augmentation du débit de l'ordre de 0,3 m^3/s dans le dalot (soit moins de 5% du débit transitant sur le secteur pour la crue centennale).

5.3.4.1 Résultats de la modélisation hydraulique pour la mise en place d'une digue en rive gauche, d'un chenal de décharge en rive droite et d'une digue de protection des bâtis du Vernet – Ouvrage 3a, 4b et 5

Dans le cadre des modélisations hydrauliques à venir, l'ouvrage de décharge en rive droite de la Lèze retenu est l'ouvrage 4b (chenal de décharge traversant la plaine en zone aval des débordements).

Identification de la zone inondable

La principale modification par rapport à la situation précédente (digue en rive gauche + chenal en rive droite – cf. paragraphe 5.3.3.3 page 167) concerne la commune du Vernet, pour laquelle les bâtis qui sont situés en aval de la RD820, proche du ruisseau du Mondouly, sont protégés par la digue (Ouvrage 5).

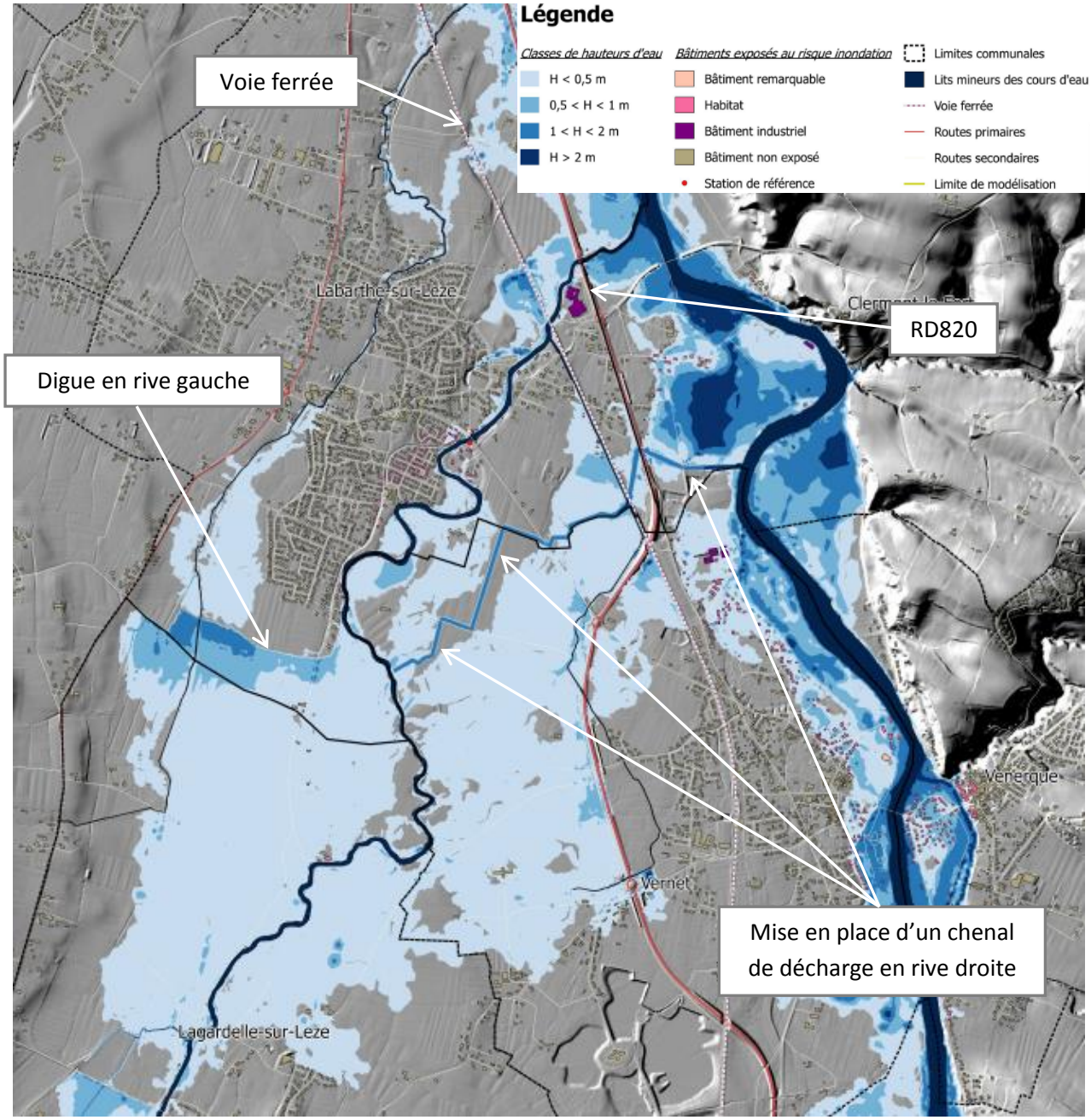


Figure 148 : Hauteurs d'eau pour la crue de période de retour 50 ans – état aménagé : digue de protection en rive gauche de la Lèze et recalibrage du Mondouly en rive droite (Ouvrages 3a, 4b et 5)

Comparaison à la situation actuelle

La figure suivante donne les résultats en termes de différentiel de hauteur d'eau par rapport à la situation actuelle. De manière générale, sur une grande partie du lit majeur de la Lèze les hauteurs d'eau sont réduites de -0,05 à -0,25 m, voire de -0,25 à -0,50 m. On constate que l'ajout de la digue sur le secteur du Vernet (en plus de la digue en rive gauche et du chenal de décharge en rive droite) permet de protéger le quartier de la Gare. Ce nouvel ouvrage donne lieu à une surinondation sur une bande d'environ 200 m en amont de la RD820, avec des hauteurs d'eau qui sont augmentées de +0,05 à +0,25 m par rapport à la situation actuelle.

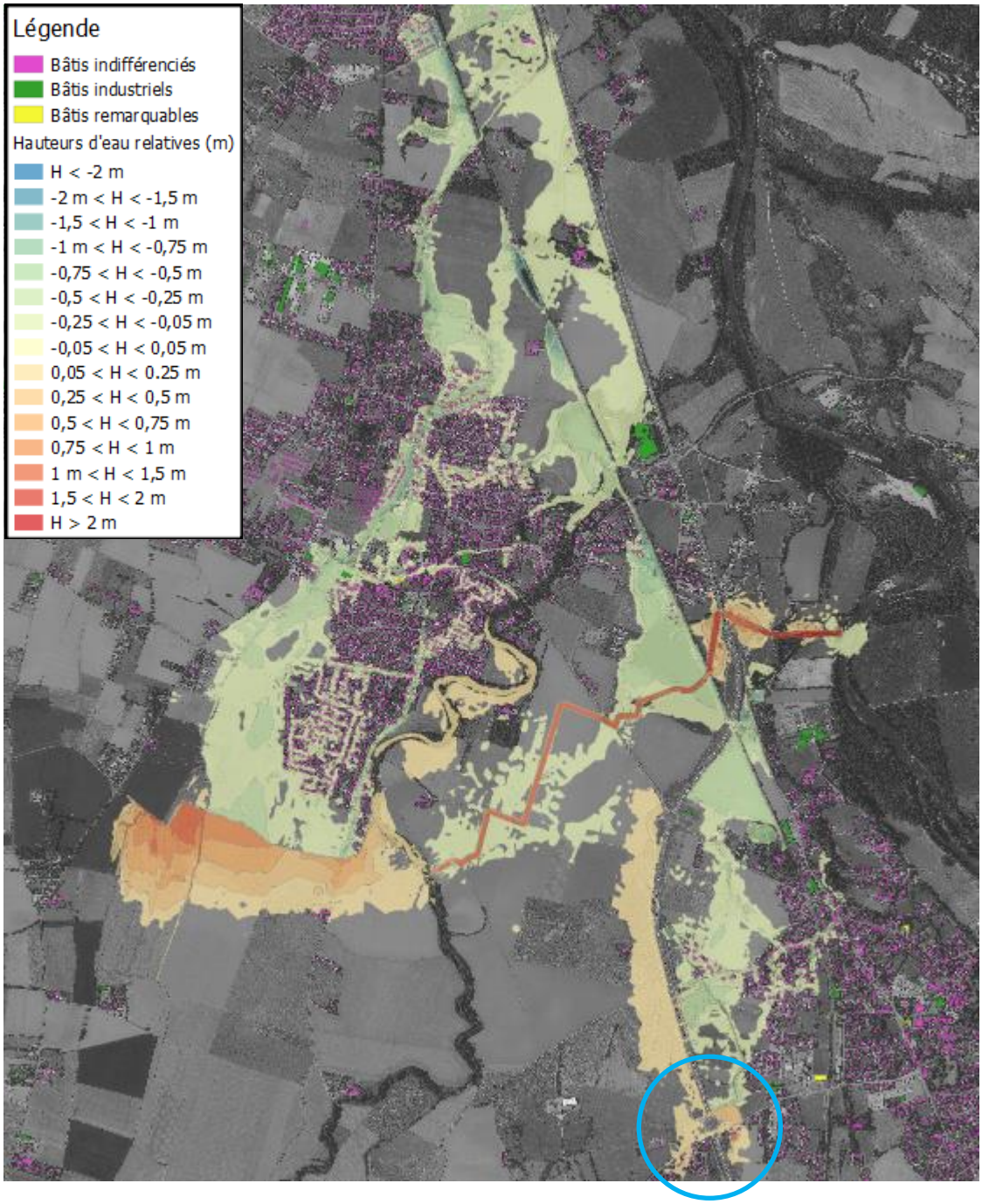


Figure 149 : Comparaison des surfaces libres pour la crue cinquantennale : Etat aménagé (Ouvrage 3a, 4a et 5) – Etat actuel

Sur la partie Sud de la RD820, à l'intersection avec la RD74, une dizaine de bâtis sont concernés par cette surinondation. D'après le ratio moyen d'habitants par résidence (2,0 hab./résidence au Vernet et 2,2 hab./résidence en moyenne sur le territoire des communes de Lagardelle, Labarthe, Vernet et Pins-Justaret – cf. paragraphe 6.2.2.1 page 198), cela représente entre 20 et 25 personnes concernées. Eventuellement, dans le cadre d'un système d'endiguement global, la digue pourrait être « allongée » sur la zone amont pour protéger ce quartier.

Dans tous les cas, des mesures d'accompagnement ou de réduction des impacts sont à prévoir.

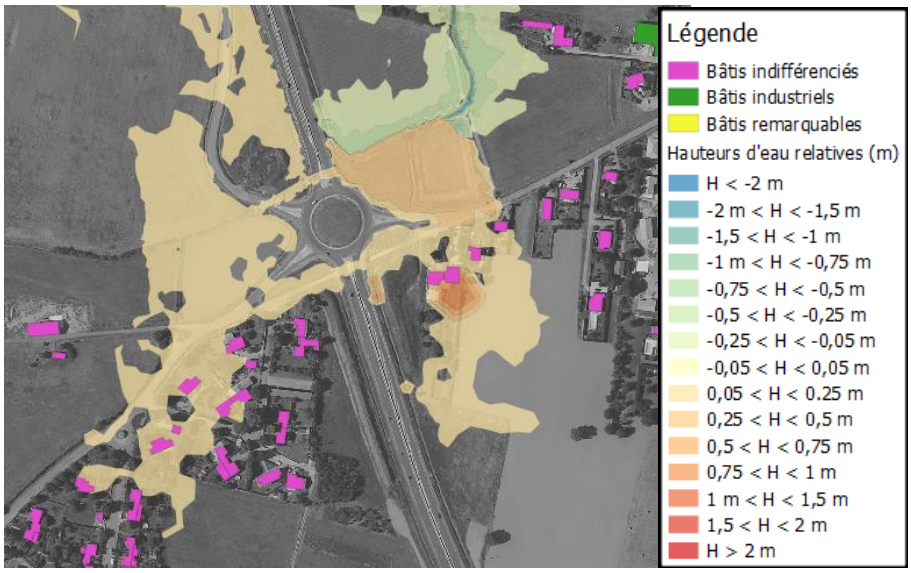


Figure 150 : Comparaison des surfaces libres pour la crue cinquantennale au droit de l'intersection de la RD820 et de la RD74 : Etat aménagé (Ouvrage 3a, 4a et 5) – Etat actuel

Une estimation de la population impactée par quartier a été réalisée pour la crue de période de retour 50 ans à l'aide des données INSEE (cf. Tableau 33 ci-dessous).

Commune	Quartier	Nombre de personne – état aménage	Nombre de personne – état actuel
Labarthe-sur-Lèze	Bordeneuve	13	12
	Doumerc – Le Pont – Las Bories	34	562
	Enroux	5	21
	La Ruque	4	14
	Le Caroubier – La Condoumine	88	905
	Le Marchand	11	17
	Les Aouzelous	9	23
	Les Bords de Lèze	8	20
	Ponchou - Gabachou	12	82
	Autre	95	143
Lagardelle-sur-Lèze	La Mouressague	14	14
	Lagardelle centre	10	10
	Magret - Clinique	33	33
Vernet	Vernet	62	244
Pins-Justaret	La Cepette	0	73
TOTAL		**400**	**2175**

Tableau 33 : Population impactée pour la crue de période de retour 50 ans – état aménagé : digue de protection en rive gauche de la Lèze, chenal de décharge en rive droite et protection du Vernet (Ouvrages 3a, 4b et 5)

Ce dispositif de protection est efficace pour réduire la vulnérabilité des personnes et des biens, notamment sur les communes de Labarthe-sur-Lèze, de Pins-Justaret et du Vernet. La mise en place d'une digue complémentaire sur le secteur du Vernet, en rive droite de la Lèze, permet d'éviter d'impacter près de 180 personnes par rapport à la situation digue rive gauche + chenal rive droite (population impactée estimé à 578 personnes – cf. paragraphe 5.3.3.3 page 167).

Modélisation de la crue centennale

Une vérification du dimensionnement des ouvrages est réalisée pour la crue centennale. La figure suivante présente les hauteurs d'eau atteinte en cas de crue centennale de la Lèze, et décennale de l'Ariège, avec aménagements (Ouvrage 3a, 4a et 5). Ce calcul fourni :

- La cote atteinte en amont de la digue du Vernet pour un déversoir de 10 mètres, qui est de 167,9 m NGF,
- Ainsi, la cote d'arase de la digue à prévoir est a minima de 168,2 m NGF (si on considère une revanche de 30 cm par rapport à la crue centennale),
- Le débit transitant à l'aval de la digue du Vernet en cas de crue centennale est estimé à 5 m^3/s.

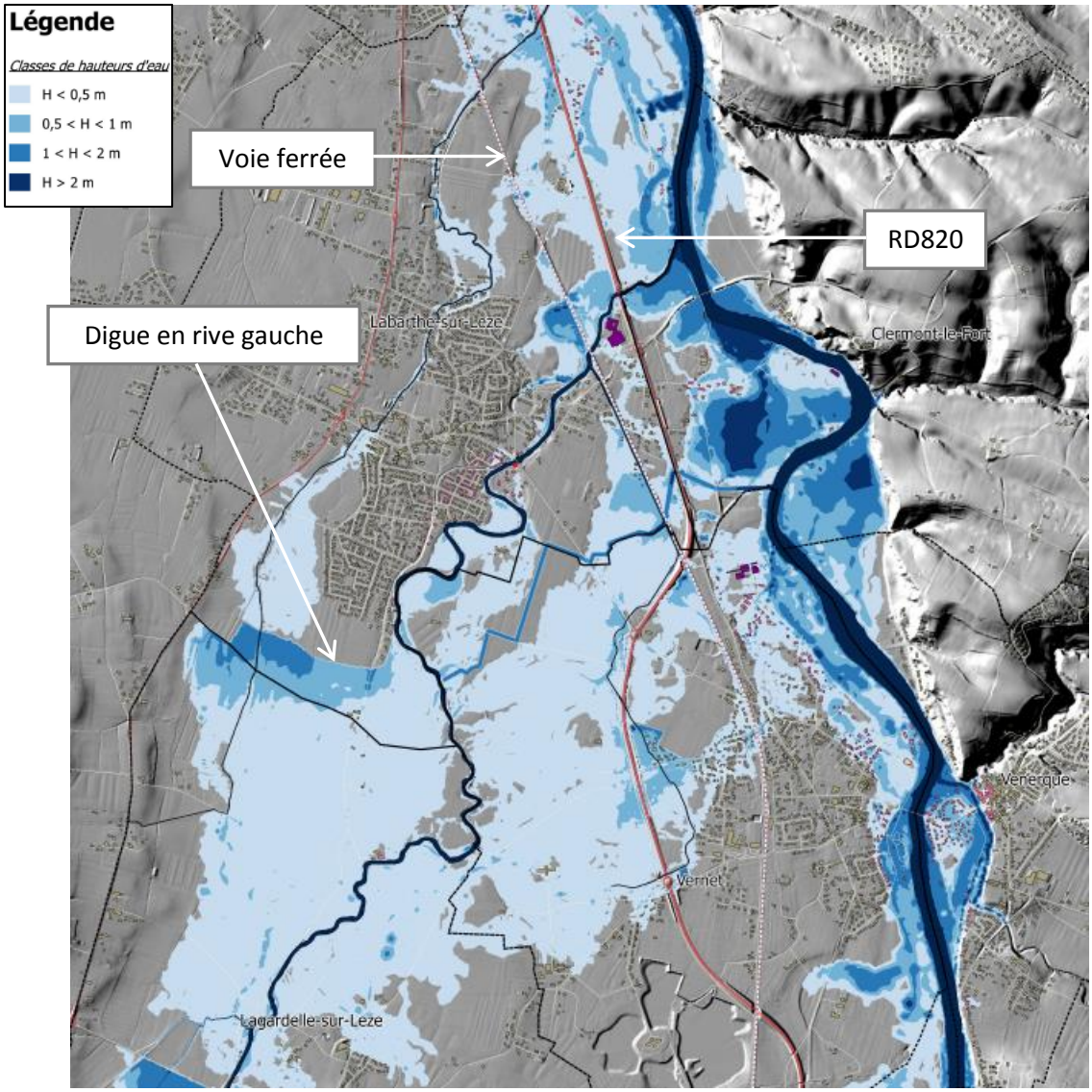


Figure 151 : Hauteurs d'eau pour la crue de période de retour 100 ans – état aménagé : digue de protection en rive gauche de la Lèze, chenal de décharge en rive droite et digue du Vernet (Ouvrage 3a, 4a et 5)

La figure suivante donne les résultats en termes de différentiel de hauteur par rapport à la situation actuelle, pour la crue centennale de la Lèze. Il apparaît un phénomène de surinondation sur le quartier de la gare du Vernet, avec des hauteurs d'eau qui sont augmentées de +0,05 à +0,50 m par rapport à la situation actuelle, avec même localement des augmentation supérieures à +0,75 m. Ce phénomène s'explique par le fait que les écoulements qui franchissent le déversoir pour la crue centennale (environ 5 m^3/s) se propagent côté zone protégée en suivant le ruisseau du Mondouly. Or, des écoulements arrivent de part et d'autre de la digue au droit du lieu-dit « Le Lissier » (Scan25 de l'IGN – cercle bleu), ce qui ne permet pas une bonne évacuation des eaux. La digue retient l'écoulement franchissant le déversoir, qui impacte alors les bâtis de la zone protégée pour la crue centennale.

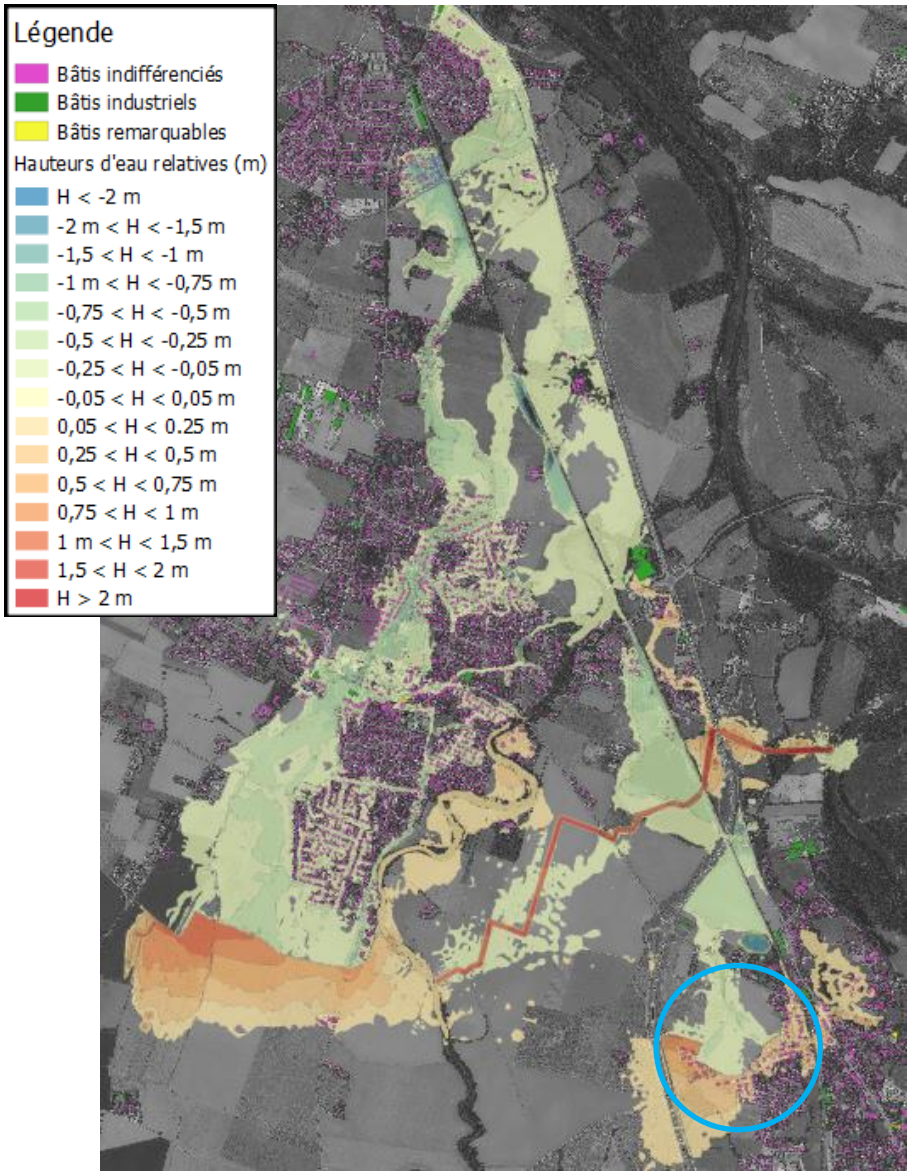


Figure 152 : Comparaison des surfaces libres pour la crue centennale : Etat aménagé (Ouvrage 3a, 4a et 5) – Etat actuel

Ainsi, en cas d'évènement supérieur à la crue de dimensionnement de l'ouvrage (crue cinquantennale), **l'ouvrage aggraverait les conséquences d'une crue par rapport à la situation actuelle**.

A noter que pour la modélisation hydraulique de la crue millénale, la cote d'eau maximale atteinte en amont de l'ouvrage est de 168,0 m NGF. Par conséquent, dans le cadre de la mise en œuvre de cette digue, il est proposé une cote d'arase de 168,2 m NGF (revanche de 30 cm par rapport au niveau centennal).

5.4 Remarque relative à la période de retour de dimensionnement des ouvrages

Dans le cadre de la présente étude, la digue de protection de Labarthe-sur-Lèze en rive gauche en amont du centre ville a été dimensionnée pour protéger la zone aval contre les crues de période de retour inférieures ou égales à 50 ans. Il s'agit du niveau de calage du déversoir de crue. La digue doit être en mesure de faire transiter les écoulements sans disfonctionnement (probabilité de disfonctionnement de 5%) pour la crue centennale (crue de sûreté).

La cote de crête est calée sur le niveau pour la crue millénale (crue de danger) + revanche de 10 cm.

Ce choix a été motivé par deux aspects :

- Dès la crue cinquantennale, en présence de la digue, des débordements au droit du centre de Labarthe (secteur des Trois-Rivières) apparaissent. Moins de 10 bâtis sont concernés. L'ouvrage ne permet donc pas de protéger l'ensemble du territoire sur le centre-ville de Labarthe. Dans le cas d'un ouvrage dimensionné pour la crue centennale, les débordements sont plus importants, et une vingtaine de bâtis sont concernés ;
- La gestion des écoulements en rive droite est difficile (comme le montre ce le présent chapitre), d'autant plus que la digue entraîne une surinondation sur certains secteurs (Aouzelous, amont du remblai ferroviaire). Dans le cas du dimensionnement d'un ouvrage de protection pour la crue centennale, les écoulements en lit majeur sont plus importants (de l'ordre de 95 m^3/s, contre 60-65 m^3/s pour la crue cinquantennale). Des ouvrages susceptibles de reprendre ces débits sont difficilement envisageable sur le territoire de la rive droite de la Lèze, au regard des enjeux agricoles.

Débordements en rive gauche – cas de la digue dimensionnée pour Q50

Débordements en rive gauche – cas de la digue dimensionnée pour Q100

Figure 153 : Visualisation des débordements en rive gauche selon la période de retour de dimensionnement de la digue

La figure suivante donne les résultats en termes de différentiel de hauteur de la situation avec digue en rive gauche dimensionnée pour la crue centennale, par rapport à la situation actuelle, pour la crue centennale de la Lèze. Au droit des secteurs à enjeux en amont du chemin ferroviaire (chemin d'Embourel), les hauteurs d'eau sont augmentées de 0,25 à 0,50 m par rapport à la situation actuelle (soit plus de 0,75 à 1 m d'eau localement).

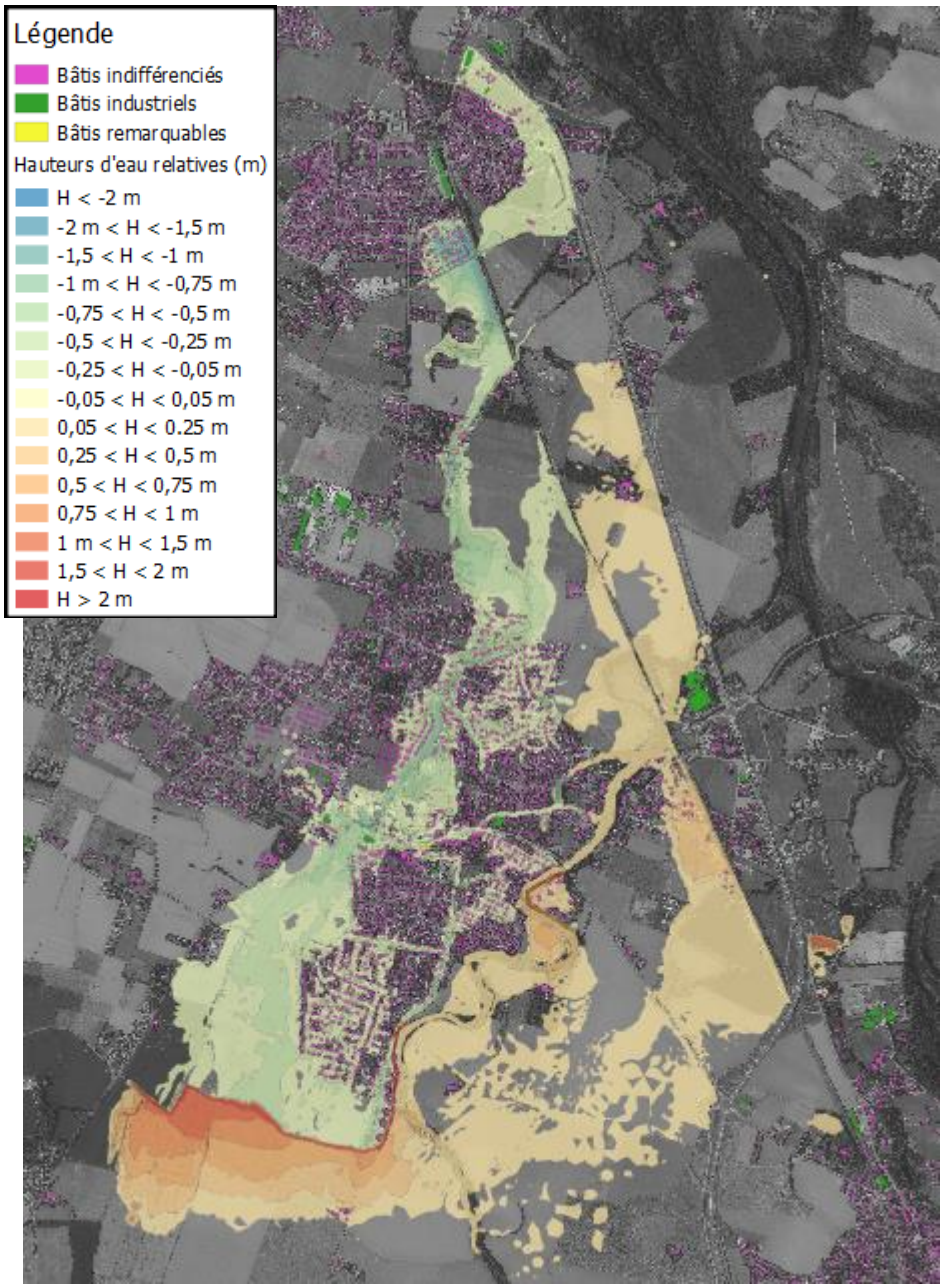


Figure 154 : Comparaison des surfaces libres pour la crue centennale : Etat aménagé (Ouvrage 3a dimensionné pour la crue centennale) – Etat actuel

5.5 Etude de mesures de réduction de la vulnérabilité

Les paragraphes précédents présentent des aménagements hydrauliques pour lutter contre les crues de la Lèze au droit des communes de Labarthe, Vernet et Pins-Justaret. Dans le cadre de la présente étude, un cas de figure alternatif est proposé en étudiant la mise en œuvre de dispositifs individuels de réduction de la vulnérabilité : batardeaux, clapets antiretour…

Pour estimer le nombre, le type et le coût des dispositifs nécessaires, on se place dans le cas de **la crue centennale en état actuel**. Pour évaluer les bâtis équipés, et estimer le coût global du dispositif, plusieurs hypothèses sont faites :

- L'ensemble des habitations en zone inondable pour la crue centennale fait l'objet d'un diagnostic de vulnérabilité

Etape 1 : estimer le nombre d'habitations en zone inondable pour la crue centennale en état actuel (A)

- 40% des habitations en zone inondable pour la crue centennale réalisent l'acquisition de dispositifs de protection, y compris les bâtis situés en zone où les hauteurs d'eau sont supérieures à 1 m pour pouvoir réduire leur vulnérabilité. A priori, pour une hauteur d'eau supérieure à 1 m, il y a un risque de rupture des murs qui font que ces dispositifs sont estimés inefficaces dans l'ACB/AMC au-delà de cette hauteur d'eau.

Etape 2 : dénombrer, pour la crue centennale, le nombre d'habitations concernées par une hauteur d'eau inférieure à 1 m (B), et les habitations pour lesquelles la hauteur d'eau atteinte est supérieure à 1 m (C). On fait l'hypothèse que le nombre d'habitations qui seront équipées de dispositifs de réduction de la vulnérabilité est de 40% pour chaque catégorie (D = 0.4xB + 0.4xC)

- 20% des habitations situées en zone de hauteur d'eau supérieure à 1 m pour la crue centennale s'équipent d'un espace refuge

*Etape 3 : parmi les habitations impactées par une hauteur d'eau supérieure à 1 m, on estime que 20% s'équipe d'espaces refuges (E = 0.2*C)*

Remarque : le niveau de premier plancher est pris comme étant 5 cm au-dessus du terrain naturel.

5.6 Synthèse des aménagements proposés

Des aménagements ont été étudiés / proposés sur le secteur de la Lèze aval, et notamment les communes de Labarthe-sur-Lèze et Vernet, pour luter contre les inondations de la Lèze.

Dans un premier temps, les crues fréquentes (période de retour 5 et 10 ans), qui sont susceptibles d'impacter le centre de Labarthe-sur-Lèze, et notamment les quartiers de la Condoumine et du Caroubier, sont considérées. Le nouvel aménagement du fossé du Sarrasclé, datant de 2016, est en mesure de reprendre les écoulements qui se propagent via la RD12b (chemin de Lagardelle), et inonde le quartier du Caroubier pour la crue quinquennale.

Dans un second temps, des protections pour des crues plus rares de la Lèze ont été examinées, avec :

- La mise en place d'une digue en rive gauche en amont du bourg de Labarthe, qui permet de protéger les bâtis directement en aval contre une crue de période de retour 50 ans (et même au-delà jusqu'à la crue centennale pour la plupart des bâtis), tout en relâchant uniquement le débit de plein bord de l'Ayguère, et ainsi limiter les débordements du cours d'eau. Cet ouvrage est efficace pour protéger le bourg de Labarthe, mais entraîne une surinondation de la rive droite de la Lèze, et notamment des bâtis situés en amont du remblai ferroviaire (chemin d'Embourel). Par conséquent, des digues visant à protéger les enjeux surinondés ont été définies pour palier à l'influence de la digue rive gauche de la Lèze. En complément, et pour traiter l'ensemble des enjeux impactés sur la commune, une digue de protection au droit du quartier des Aouzelous (en rive droite de la Lèze) est également définie. Ces digues seraient alors intégrées à un système d'endiguement global (cohérence hydraulique d'ensemble) ;
- Pour palier à cet effet négatif de la digue en rive gauche de la Lèze (hors digues sur enjeux habités : quartier Aouzelous et chemin d'Embourel), des dispositifs de décharge sur la plaine rive droite sont étudiés. Ces dispositifs (recalibrage du Mondouly et/ou chenal de décharge) permettent d'enrayer la surinondation de la plaine rive droite du fait de la mise en place de la digue, et même, de diminuer les hauteurs d'eau par rapport à la situation actuelle. En particulier, un chenal de décharge qui longe la RD820 par l'Ouest et franchit les remblais ferroviaires et routiers, présente un bon moyen pour réduire les hauteurs d'eau sur le chemin d'Embourel et le secteur du Vernet ;
- La mise en place d'une digue sur le secteur du Vernet pour protéger le quartier de la gare contre une crue de période de retour 50 ans. Cet ouvrage permet de supprimer tout écoulement sur ce quartier, mais entraîne une surinondation des bâtis situés à l'intersection de la RD820 et de la RD74. Pour les crues de période de retour supérieure à la crue de dimensionnement, l'ouvrage est susceptible d'aggraver l'inondation par rapport à la situation actuelle.

Sur ce point, une alternative simple qui permettrait de protéger plus efficacement le Vernet consisterait à augmenter la capacité des ouvrages de décharge en rive droite de la Lèze (ouvrage 4d). Toutefois, ces chenaux ont déjà des dimensions très importantes (largeur de plus de 10 m) et doivent être dimensionnés au regard des enjeux économiques liés aux activités agricoles.

Enfin, un dernier point a été traité en prenant en compte des mesures de réduction de la vulnérabilité permettant de luter jusqu'à la crue centennale (voire au-delà selon les hauteurs d'eau atteintes au droit des bâtis). Il s'agit là d'un dispositif à plus faible coût (cf. paragraphe 6.4.1.1 page 210) qui peut s'avérer avantageux compte tenu des faibles lames d'eau écoulées sur certains secteurs à fort enjeux (centre de Labarthe par exemple).

Le chapitre qui va suivre va permettre de quantifier l'efficacité des ouvrages proposés pour protéger les personnes, les biens et les activités économiques.

A titre de préambule, le tableau suivant présente la population épargnée par rapport à la situation de référence, pour chaque scénario retenu dans le cadre de l'ACB/AMC simplifiée.

Période de retour	**Population impactée** en situation actuelle	**Population épargnée** - Scénario 1 : digue en rive gauche	**Population épargnée** - Scénario 1bis : digue en rive gauche + protection Aouzelous et Embourel	**Population épargnée** - Scénario 2 : digue en rive gauche + chenal en rive droite	**Population épargnée** - Scénario 3 : digue en rive gauche + chenal en rive droite (tracé optimisé)	**Population épargnée** - Scénario 4 : digue en rive gauche + chenal en rive droite + digue Vernet	**Population épargnée** - Scénario 5 : mesures de réduction de la vulnérabilité
Q10	*394*	**220**	**232**	**244**	**278**	**310**	**394**
Q50	*2175*	**1537**	**1571**	**1597**	**1722**	**1775**	**1246**
Q100	*2607*	**1745**	**1787**	**1808**	**1960**	**1818**	**968**
Q1000	*4491*	**2323**	**2323**	**2477**	**2670**	**2409**	**695**

Tableau 34 : Estimation de la population épargnée

Remarque : ces scénarios correspondent à ceux qui sont étudiés dans le cadre de l'ACB/AMC au chapitre suivant.

6 ANALYSE COUT BENEFICE ET ANALYSE MULTICRITERE

Ce paragraphe présente l'Analyse Coût Bénéfice (ACB) et l'analyse MultiCritère (AMC) simplifiées qui sont réalisées sur la base des propositions d'aménagements retenues dans le cadre de la présente étude.

6.1 Périmètre de l'ACB/AMC et horizon

6.1.1 Définition des situations de référence et de projet

6.1.1.1 Situation de référence

L'état de référence retenu ici est donc un état **« actuel »** (c'est-à-dire « sans les ouvrages projetés ») sur la totalité du territoire d'étude.

6.1.1.2 Situation projetée

Différents aménagements sont proposés dans le cadre de la présente étude pour protéger les personnes, les biens et les activités économiques contre les crues de la Lèze (cf. paragraphe 5 page 123). Les propositions retenues sont rappelées ici, et font l'objet de six scénarios :

Aménagements proposés	Scénario 1	Scénario 1 bis	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5
Digue en rive gauche de la Lèze en amont de Labarthe – ouvrage 3a	X	X	X	X	X	
Digue Aouzelous + Digue chemin d'Embourel		X				
Chenal de décharge en rive droite de la Lèze - ouvrage 4b			X		X	
Chenal de décharge en rive droite de la Lèze - ouvrage 4d				X		
Digue de protection du Vernet – ouvrage 5					X	
Dispositif individuel de réduction de la vulnérabilité						X

Tableau 35 : Scénarios pris en compte dans le cadre de l'ACB/AMC

Les digues de protection de Labarthe-sur-Lèze et du Vernet sont dimensionnées de telle sorte que les enjeux aval sont protégés pour un évènement de période de retour 50 ans (et même au-delà pour la digue de Labarthe). Les digues des quartiers d'Embourel et des Aouzelous sont dimensionnées pour des périodes de retour respectives de 100 et 1000 ans.

Le schéma des dispositifs de protection est rappelé ci-après :

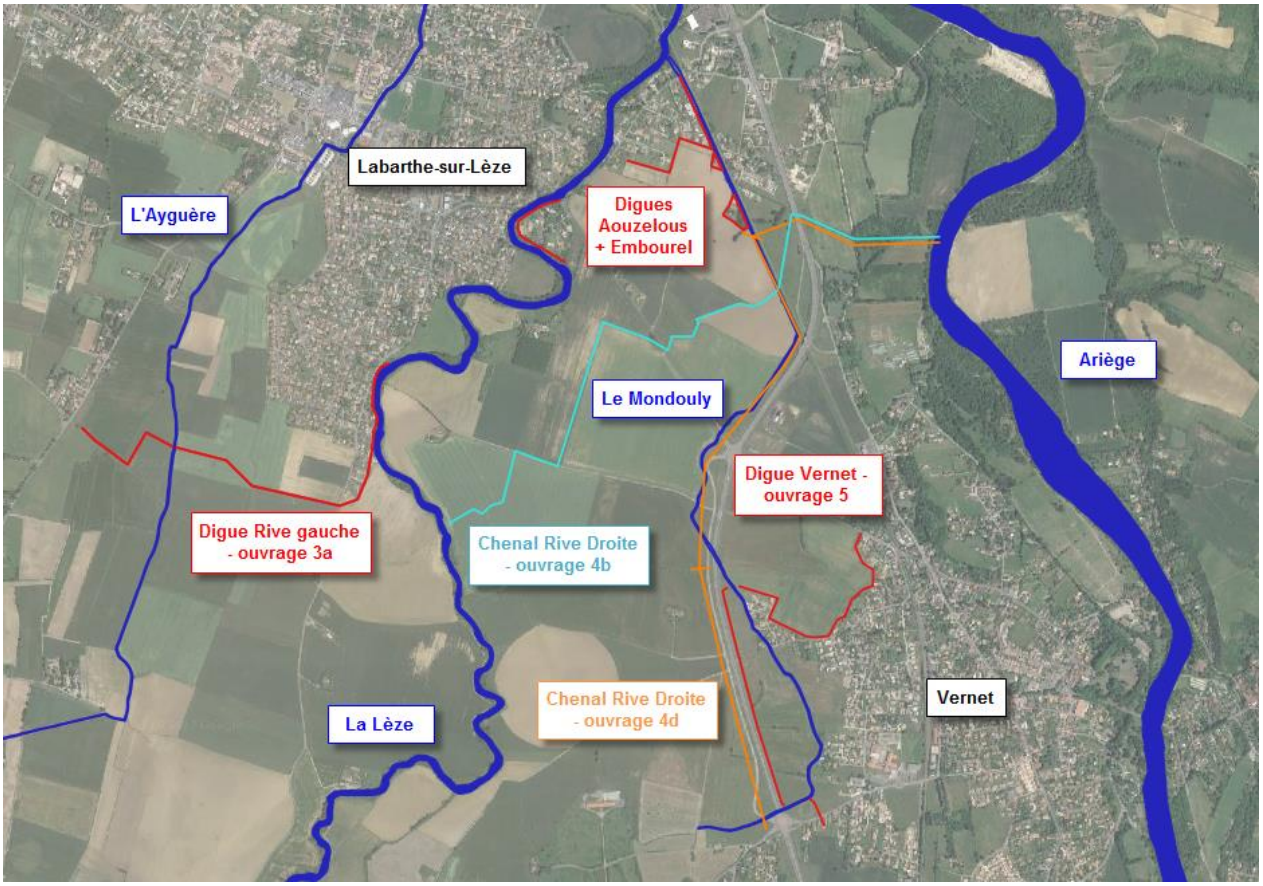


Figure 155 : Schéma des dispositifs de protections sur le territoire de la Lèze aval

6.1.2 Périmètre de l'étude

Le périmètre de l'étude ACB/AMC est le même que **l'emprise du modèle hydraulique bidimensionnel**. Ce périmètre intègre l'ensemble des impacts hydrauliques pour chaque scénario d'aménagement considéré.

L'étude est menée **essentiellement sur 4 communes**, pour lesquelles le programme de réaménagements prévu est susceptible d'engendrer une modification de l'aléa inondation :

- Lagardelle-sur-Lèze,
- Labarthe-sur-Lèze,
- Vernet,
- Pins-Justaret.

Les autres communes figurant dans l'emprise du modèle hydraulique (Venerque, Clermont-le-Fort, Goyrans, Villate, Pinsaguel et Lacroix-Falgarde) sont concernées par les débordements de l'Ariège, et les aménagements prévus sur le lit majeur de la Lèze ne présentent pas d'impact sur ces communes.

La figure ci-dessous présente le périmètre de l'étude.

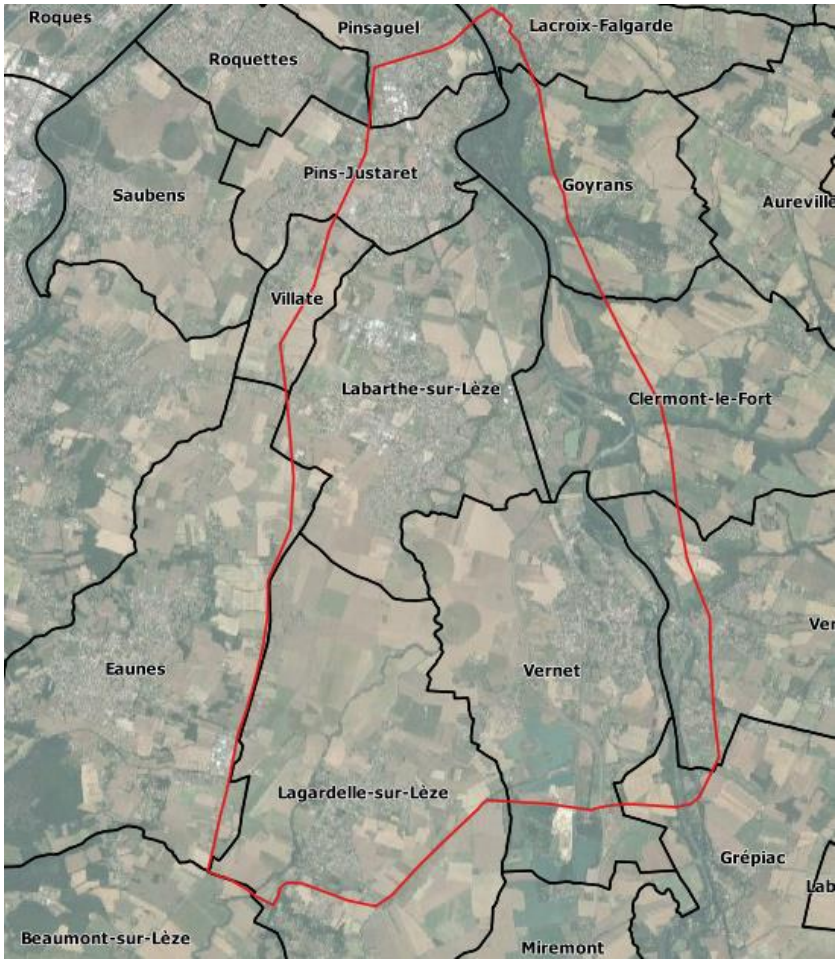


Figure 156 : Périmètre de l'étude ACB/AMC

6.1.3 Les crues à l'étude

Pour alimenter l'ACB/AMC, les crues modélisées sont les suivantes[12] :

- la **crue décennale Q10** avec pour débit 126 m^3/s,
- la **crue cinquantennale Q50** avec pour débit 204 m^3/s,
- la **crue centennale Q100** avec pour débit 250 m^3/s,
- la **crue de période de retour 1 000 ans Q1000** avec pour débit 456 m^3/s.

De plus, une **crue dite de premier dommage** est également intégrée à l'analyse. Compte tenu du diagnostic effectué sur le territoire, la crue de premier dommage correspond à la **crue quinquennale de la Lèze**, qui est à l'heure actuelle susceptible d'impacter le quartier des Aouzelous. L'hypothèse retenue pour cette crue est donc que les dommages évités par le programme de travaux sont nuls. **Cette crue est évaluée à 90 m^3/s**.

6.1.4 L'horizon

Dans le cadre du projet de protection contre les inondations, il est demandé de réaliser l'analyse sur un horizon temporel maximal de **50 ans**.

[12] Les périodes de retour des crues analysées ont été évaluées dans le cadre d'études antérieures.

6.2 Étude des enjeux

Cette étape vise à recenser les enjeux actuellement implantés dans la plaine inondable de la Lèze. Il s'agit principalement des logements et de la population, des entreprises et des emplois, des établissements recevant du public (ERP), des monuments patrimoniaux et de l'agriculture.

La plaine inondable maximale est ici définie par l'enveloppe de la crue millénale en état actuel :

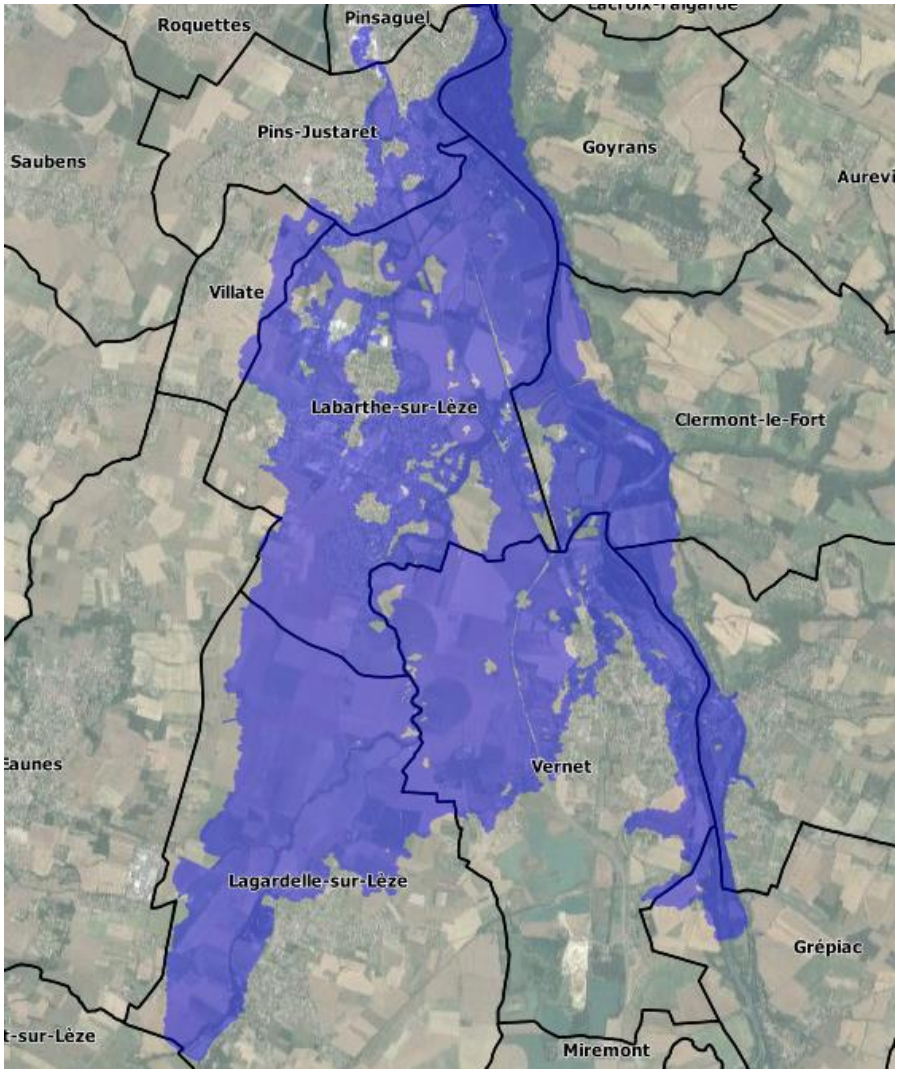


Figure 157 : Zone inondable pour la crue millénale en état actuel (Q1000=456 m^3/s)

6.2.1 Principales sources de données des enjeux

Les données suivantes ont été récoltées et exploitées :

- les **données de population selon l'INSEE** recensé en 2011 (carreaux 200x200 m - données communales ou infracommunales),
- les **données de la BDTopo** concernant les propriétés bâties pouvant être des habitations, des entreprises ou des ERP,
- les **données de la base SIRENE** concernant les entreprises,
- le **Registre Parcellaire Graphique** (RPG) datant de 2012 pour les enjeux agricoles.

6.2.2 Méthodologies

6.2.2.1 La population et les habitations

Population

Les données de la **population selon l'INSEE** englobent les communes de Lagardelle-sur-Lèze, Labarthe-sur-Lèze, Vernet et Pins-Justaret. Les 4 communes de la zone d'étude comptent **13 590 habitants** (recensement de 2011) **pour 6198 résidences**, soit une moyenne de 2,2 habitants par résidence.

Habitations

La BDTopo fournit, de manière généralisé, les bâtis sur le territoire à l'étude. Moyennant un traitement des informations afin d'identifier les entreprises (base SIRENE) et les ERP (web), il est possible de conserver simplement les polygones des habitations.

Pour chaque polygone, on connaît la surface et la hauteur, ce qui donne une information sur la présence d'un étage ou non. Par ailleurs, l'information sur la hauteur a également été utilisée pour différencier les logements individuels et collectifs en faisant l'hypothèse que :

- Les bâtis ne dépassant pas 1 étage sont des logements individuels,
- Les bâtis possédant 2 étages et plus sont des logements collectifs.

La distinction entre les bâtis individuels et collectifs est faite car l'estimation des dommages dans les deux cas fait appel à des courbes d'endommagement différentes.

En revanche, l'ensemble des informations disponibles ne permet pas de dire s'il existe un sous-sol au droit des bâtis.

Ainsi, les paramètres utilisés par la suite de l'étude, et notamment pour les calculs des dommages des différentes crues, sont :

- **les surfaces habitables,**
- **le type de logement, que ce soit individuel ou collectif,**
- **la présence d'un étage,**
- **le niveau d'eau atteint au droit du bâti (au niveau du centroïde).**

Niveaux de premier plancher

En première approche et après les analyses de terrain, les **niveaux de premier plancher** sont estimés **en moyenne à 5 cm au-dessus du terrain naturel (TN)**, soit un seuil de porte. Ceci est conforme aux constats faits par échantillonnage sur l'habitat des communes étudiées.

Un test de sensibilité sera effectué en prenant en compte une élévation d'une à deux marches. Le niveau de premier plancher sera ainsi positionné 20 cm au-dessus du terrain naturel (cf. paragraphe 6.5.3 page 233).

Figure 158 : Exemple de logement et de son niveau de premier plancher (Chemin des Crouzettes et Avenue Marcel Doret)

Cette hypothèse peut conduire à surestimer les dommages si le premier niveau est surélevé.

6.2.2.2 Les entreprises

La base de données SIRENE fournit une liste des entreprises, avec leur **code NAF**, leur **effectif**, et également leur adresse. Une vérification de la localisation des entreprises, en particulier pour celles qui comptent des effectifs supérieurs à 10 salariés, a été faite lorsque cela a été possible.

Pour compléter la base des entreprises, **au moins un salarié est attribué** pour les entreprises dont le nombre de salarié est renseigné à zéro ou à une valeur vide.

Les calculs des dommages se fait sur le nombre de salarié par entreprises. De plus, **aucun seuil de porte n'a été pris en compte** dans les calculs des dommages, la cote des entreprises est donc au terrain naturel (TN).

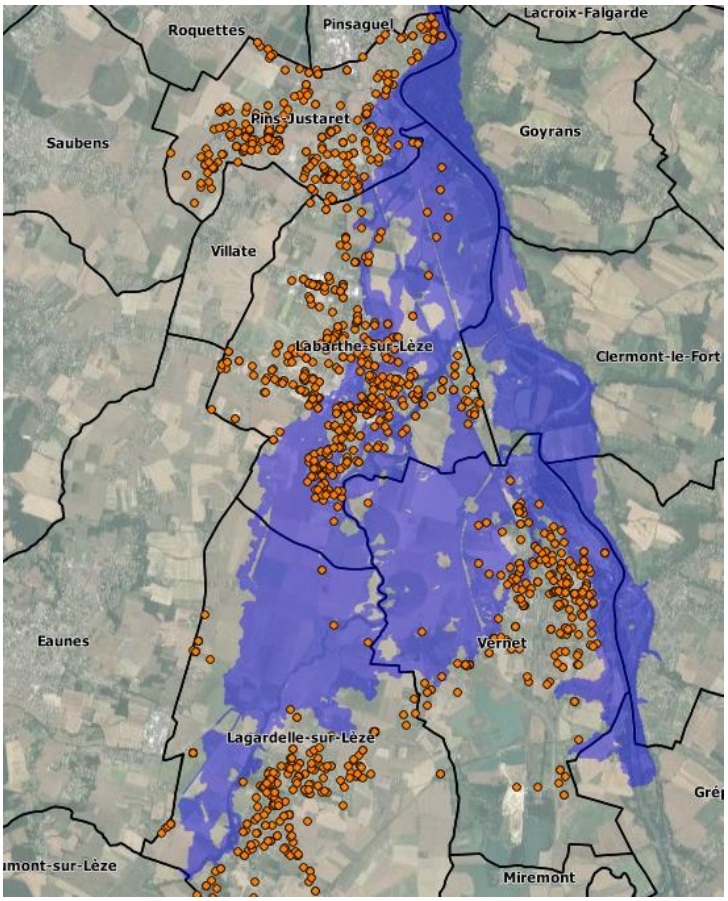


Figure 159 : Cartographie de la zone inondable lors de la crue Q50 et des entreprises répertoriées (points orange)

Parmi les entreprises identifiées, celles disposant des effectifs les plus importants (au moins 50 personnes) sont au nombre de 4 :

- 1 entreprise de fabrication d'uniformes, de tenues de combat et d'équipements de sécurité (EPI), qui comporte plus de 100 salariés ;
- 1 polyclinique qui comporte également plus de 100 salariés ;
- 1 entreprise conseil en systèmes et logiciels informatiques ;
- 1 entreprise qui développe des solutions et produits innovants dans les domaines de l'électronique, l'outillage de test aérospatial ;
- 1 association qui héberge une soixantaine de compagnons pour réaliser le tri, la réparation et la vente d'objets.

6.2.2.3 L'agriculture

Le **registre parcellaire graphique (RPG) de 2012** a servi à cartographier les surfaces cultivées sur les communes de la zone d'étude. La surface totale des cultures sur le territoire des quatre communes s'élève à 2 400 hectares environ, avec différents types de cultures (blé tendre, maïs, tournesol).

D'après les grilles d'endommagement fournies dans le guide méthodologique de 2014, les dommages pour les activités agricoles sont calculés sur des dommages directs liés aux inondations sur les parcelles cultivées.

Les vitesses atteintes par les crues, en dehors d'effets très locaux, restent modestes d'après les modélisations 2D (globalement inférieures à 0,5 m/s). L'avarie sur les diverses cultures a été donc attribué à **une vitesse d'écoulement faible** ainsi qu'**une durée de submersion faible** (inférieure à 24h).

La saison prise en compte pour les calculs est le printemps par cohérence avec l'hydrologie du territoire (crue majeure de la Lèze survenu les 10/11 juin 2000).

En complément, l'exploitant peut percevoir une indemnité pour la surinondation des cultures induites par des dispositifs de protection. Le SMIVAL a déjà évalué un montant d'indemnité dans le cadre de la mise en place de haies brise-crue[13]. Dans le cadre de ces mesures, il est prévu d'indemnisé l'exploitant pour le préjudice lié aux troubles d'exploitation. Cette indemnité est calculée sur la base de la marge brute (multipliée par une durée forfaitaire de 4 ans pour les plantations de haies).

Ainsi, pour un évènement donné, il est proposé de retenir une indemnité correspondant à la marge brute annuelle moyenne sur la vallée de la Lèze, qui a été évaluée à 1250 €/ha. Cette indemnité est appliquée aux parcelles inondées suite à l'implantation des ouvrages, et qui ne le sont pas en état actuel.

<u>Remarque :</u> Le cas échéant, un protocole pourra être mis en place par le SMIVAL, en partenariat avec la chambre d'agriculture.

[13] Politique foncière pour l'implantation de haies brise-crue, Novembre 2010, Safège

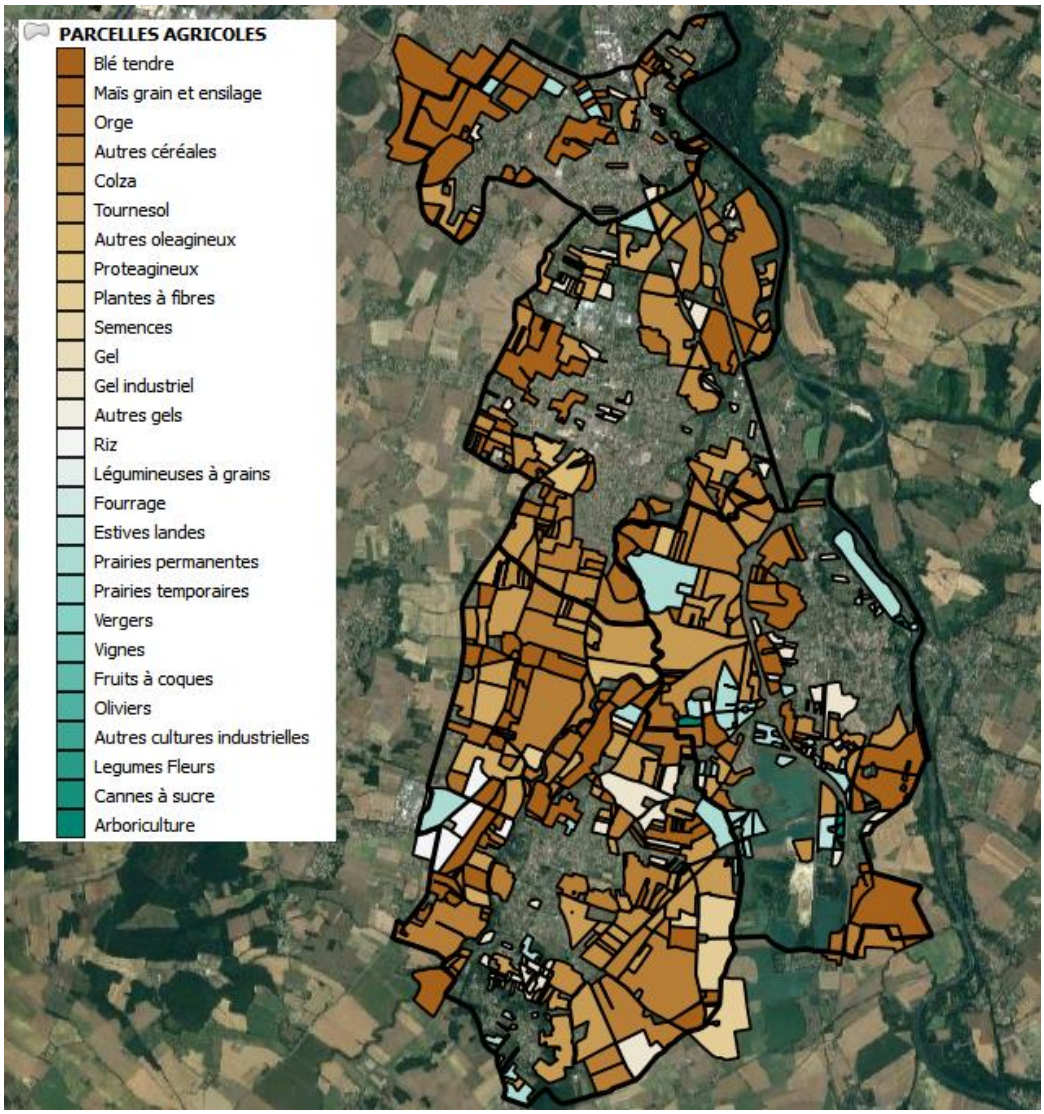


Figure 160 : Cartographie des surfaces cultivées pour les différents types de cultures

6.2.2.4 Etablissements recevant du public (ERP) et bâtiments remarquables

Les principaux ERP et bâtiments remarquables sur les communes de Lagardelle-sur-Lèze, Labarthe-sur-Lèze, Vernet et Pins-Justaret ont été identifiés pour l'emprise maximale des zones inondables figurant dans les différents scénarios. Les ERP regroupent :

- **les établissements de l'administration (mairies, postes, …),**
- **les établissements scolaires,**
- **les équipements sportifs (salles polyvalentes, salles de sport, vestiaires, …),**
- **les centres de soins (hôpitaux).**

Les ERP ont été identifiés à l'aide de la BDTopo, d'éléments disponibles dans la base SIRENE, et par analyse complémentaire du territoire (web).

Dans le cadre de la présente étude, une liste des principaux ERP impactés en crue est fournie pour les différents scénarios.

6.3 Diagnostic de vulnérabilité du territoire

6.3.1 Les indicateurs de dommages monétaires

6.3.1.1 Les habitations (M1)

Les habitations touchées par les crues

En situation de référence (état actuel), les crues de la Lèze touchent jusqu'à 1714 logements pour la crue millénale, comme détaillée dans les figures et tableaux ci-après. Pour la crue de période de retour 50 ans, 463 logements sont touchés en situation de référence.

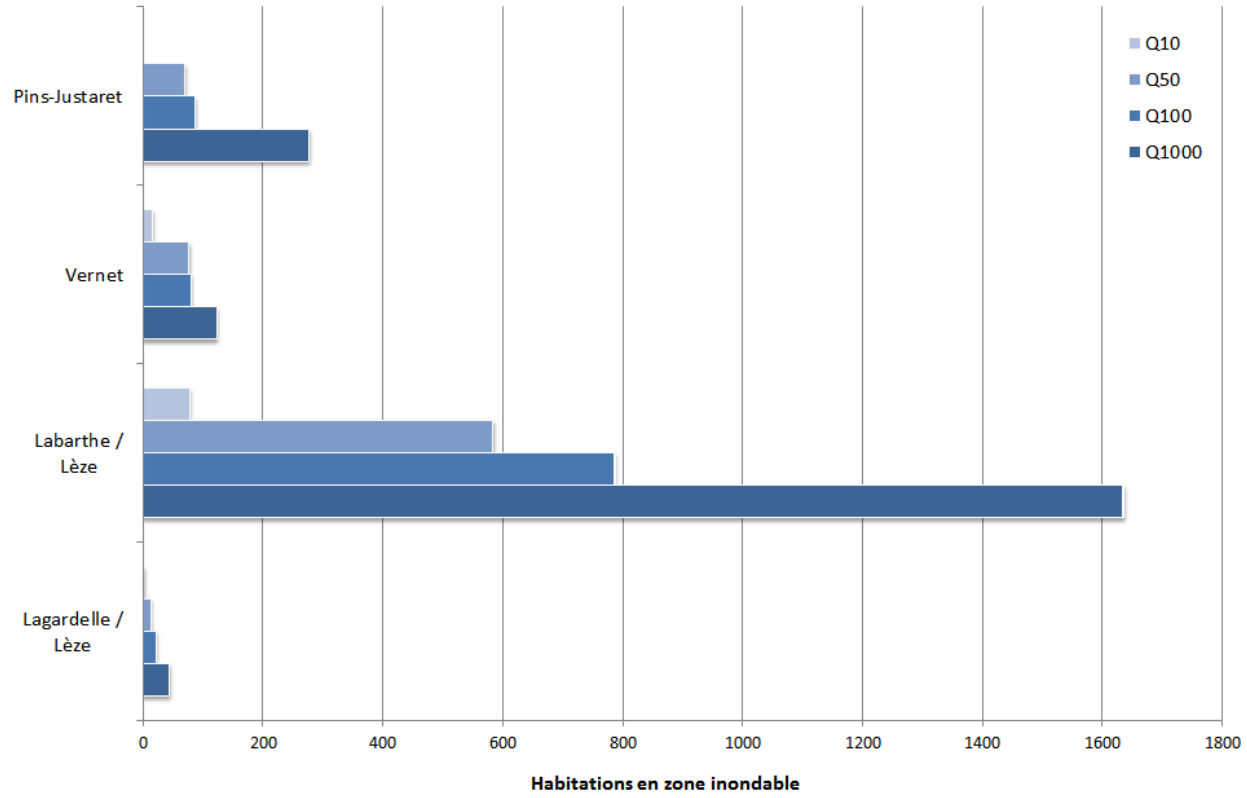


Figure 161 : Habitations en zone inondable en situation de référence par commune et par crue

La Figure 14 ci-dessus met en évidence le fait que la commune de Labarthe-sur-Lèze est particulièrement impactée, puisqu'elle comprend à elle seule environ 80% des habitations concernées par les crues de la Lèze sur le territoire des 4 communes.

Les dommages

Les courbes d'endommagement utilisées sont les courbes de dommage unitaire fournies par le guide méthodologique[14].

Les dommages aux habitations **s'élèvent ainsi à 4,3 M€** pour une crue de période de retour 50 ans en état de référence. Ces dommages, répartis sur 463 logements, reviennent à un dommage moyen de 9,3 k€ par logement.

[14] La méthode de calcul est présenté en annexe 7 du présent document.

Commune	Q10 (126m³/s)		Q50 (204m³/s)		Q100 (250m³/s)		Q1000 (456m³/s)	
	Habitations inondées	Dommages	Habitations inondées	Dommages	Habitations inondées	Dommages	Habitations inondées	Dommages
Lagardelle	0	0 k€	5	29 k€	10	71 k€	36	334 k€
Labarthe	34	237 k€	344	3 092 k€	519	4 886 k€	1369	16 060 k€
Vernet	7	59 k€	49	359 k€	54	399 k€	80	622 k€
Pins-Justaret	0	0 k€	65	829 k€	80	1 134 k€	229	2 889 k€
TOTAL	**41**	**296 k€**	**463**	**4 309 k€**	**663**	**6 490 k€**	**1714**	**19 909 k€**

Tableau 36 : Dommages aux habitations par commune et par crue (M1) en situation de référence

La commune de **Labarthe-sur-Lèze** (plus de 3 M€ et 344 logements pour la crue de période de retour 50 ans) est de loin **la plus touchée**. Elle représente entre 70 et 80% des dommages sur les habitations pour les 4 crues considérées.

Les dommages atteignent 19,9 M€ sur les quatre communes pour la crue de 1 000 ans.

Remarque : un test de sensibilité a été réalisé sur les niveaux de premier plancher des logements, en faisant l'hypothèse d'une élévation d'une à deux marches (environ 20 cm au-dessus du terrain naturel - cf. paragraphe 6.5.3 page 233).

Sur la base de cette nouvelle hypothèse, les dommages aux habitations **s'élèvent ainsi à 1,7 M€** pour une crue de période de retour 50 ans en état de référence. Ces dommages, répartis sur 161 logements, reviennent à un dommage moyen de 10,4 k€ par logement.

Commune	Q10 (126m³/s)		Q50 (204m³/s)		Q100 (250m³/s)		Q1000 (456m³/s)	
	Habitations inondées	Dommages	Habitations inondées	Dommages	Habitations inondées	Dommages	Habitations inondées	Dommages
Lagardelle	0	0 k€	1	0 k€	4	21 k€	21	201 k€
Labarthe	5	55 k€	98	981 k€	182	1 852 k€	828	9 519 k€
Vernet	0	0 k€	8	45 k€	11	60 k€	24	169 k€
Pins-Justaret	0	0 k€	54	645 k€	71	916 k€	137	1 962 k€
TOTAL	**5**	**55 k€**	**161**	**1 672 k€**	**268**	**2 849 k€**	**1 010**	**11 851 k€**

Tableau 37 : Dommages aux habitations par commune et par crue (M1) en situation de référence

La commune de **Labarthe-sur-Lèze** (près de 1 M€ et 98 logements pour la crue de période de retour 50 ans) est de loin **la plus touchée**. Elle représente entre 60 et 80% des dommages sur les habitations pour les 4 crues considérées.

Les dommages atteignent 11,9 M€ sur les quatre communes pour la crue de 1 000 ans.

6.3.1.2 Les entreprises (M2)

Les entreprises touchées par les crues

Dans la situation de référence (situation actuelle), le nombre d'entreprises touchées suivant les crues est :

- 35 entreprises en zone inondable pour la crue de période de retour 10 ans,
- 136 pour la crue de période de retour 50 ans,
- 173 pour la crue de période de retour 100 ans,
- 361 pour la crue de période de retour 1 000 ans.

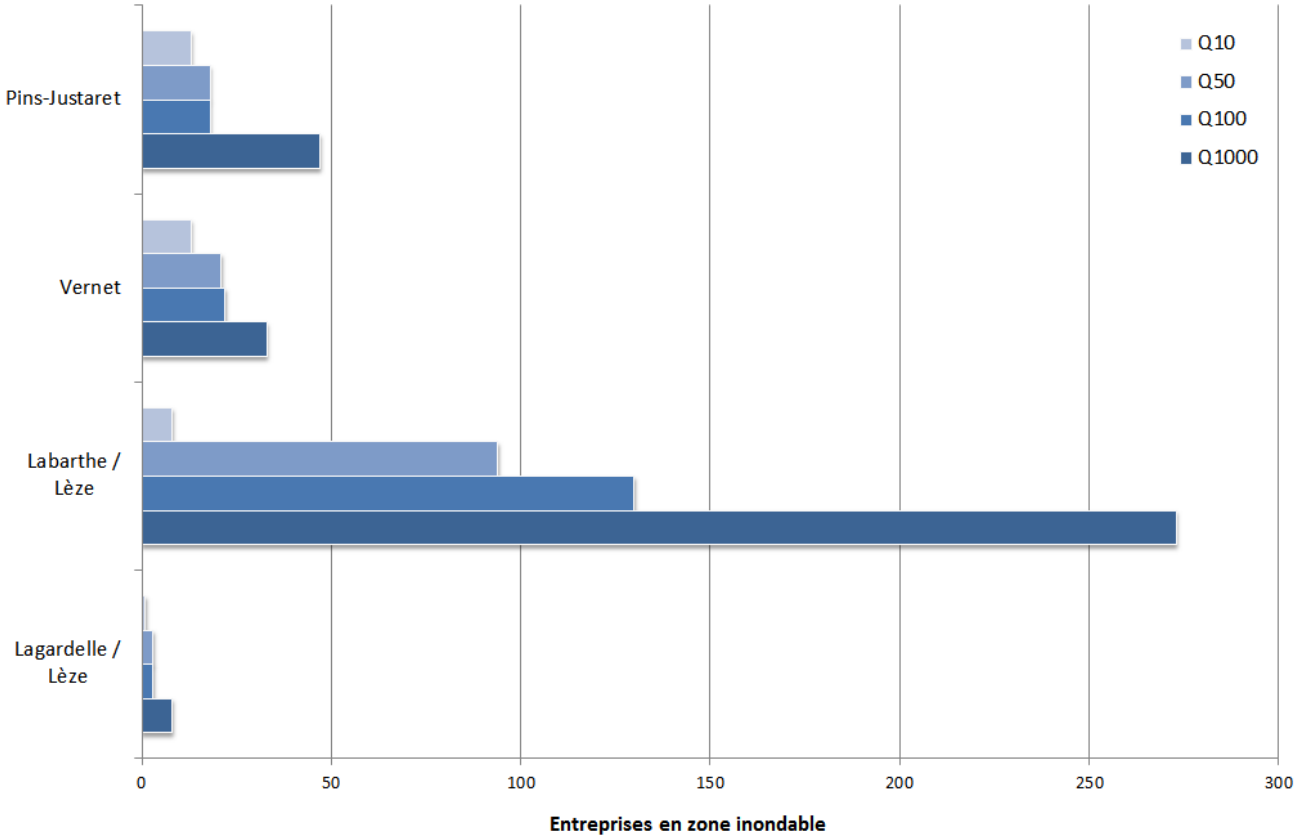


Figure 162 : Entreprises en zone inondable en situation de référence par commune et par crue

Comme pour les logements, près de 70 à 75% des entreprises impactées se trouvent sur la commune de Labarthe-sur-Lèze, pour les crues de période de retour 50, 100 et 1 000 ans.

Les dommages

Les coûts des dommages aux entreprises sont calculés par rapport au nombre de salarié dans chaque entreprise et la hauteur d'eau atteinte. Ainsi, les **dommages s'élèvent à 2,1 M€ pour la crue de période de retour 50 ans**. Cette crue impacte 136 entreprises.

Remarque : le calcul des dommages aux entreprises comprend les dommages directs, les dommages aux bâtis, et les pertes d'exploitation.

Commune	Q10 (126m³/s)		Q50 (204m³/s)		Q100 (250m³/s)		Q1000 (456m³/s)	
	Entreprises inondées	Dommages	Entreprises inondées	Dommages	Entreprises inondées	Dommages	Entreprises inondées	Dommages
Lagardelle	1	20 k€	3	61 k€	3	61 k€	8	79 k€
Labarthe	8	157 k€	94	1 479 k€	130	1 833 k€	273	9 430 k€
Vernet	13	155 k€	21	192 k€	22	211 k€	33	490 k€
Pins-Justaret	13	256 k€	18	322 k€	18	322 k€	47	3 864 k€
TOTAL	**35**	**568 k€**	**136**	**2 054 k€**	**173**	**2 427 k€**	**361**	**13 863 k€**

Tableau 38 : Dommages par salarié aux entreprises par commune (M2) en état de référence

La commune de Labarthe-sur-Lèze est de loin la plus touchée avec 94 entreprises impactées pour 1,5 M€ de dommage (pour la crue cinquantennale). Elles représentent 72% des dommages sur les entreprises du territoire des quatre communes pour la crue de 50 ans.

6.3.1.3 Les activités agricoles (M3)

Les fonctions de dommages utilisées sont celles fournies par le guide méthodologique. Elles correspondent aux pertes directes aux cultures. Les parcelles agricoles sont submergées à hauteur de 800 ha pour une crue de 50 ans en situation de référence (état actuel). Cela représente 311 k€ de dommages estimés.

Commune	Q10 (126m³/s)		Q50 (204m³/s)		Q100 (250m³/s)		Q1000 (456m³/s)	
	Surface inondée	Dommages	Surface inondée	Dommages	Surface inondée	Dommages	Surface inondée	Dommages
Lagardelle	206 ha	29 k€	392 ha	163 k€	450 ha	237 k€	539 ha	362 k€
Labarthe	157 ha	34 k€	258 ha	112 k€	278 ha	146 k€	394 ha	267 k€
Vernet	101 ha	26 k€	145 ha	34 k€	149 ha	37 k€	159 ha	46 k€
Pins-Justaret	0 ha	0 k€	10 ha	2 k€	12 ha	3 k€	23 ha	7 k€
TOTAL	**464 ha**	**90 k€**	**804 ha**	**311 k€**	**890 ha**	**424 k€**	**1115 ha**	**682 k€**

Tableau 39 : Dommages aux activités agricoles (M3) en état de référence

La commune de Lagardelle-sur-Lèze est la plus touchée avec près de 400 ha impactées pour 163 k€ de dommages (pour la crue cinquantennale). Elles représentent 52% des dommages sur les activités agricoles du territoire des quatre communes pour la crue de 50 ans.

A noter que les communes de Labarthe-sur-Lèze et Lagardelle-sur-Lèze regroupent à elles seules 650 ha de surfaces inondées pour la crue cinquantennale, et près de 90% des dommages aux activités agricoles (275 k€).

6.3.1.4 Les établissements recevant le public

Le tableau suivant présente la période de retour à partir de laquelle un ERP est impacté pour les différents scénarios :

Commune	ERP sensibles	Etat de référence	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4
Lagardelle	Polyclinique de la Lèze	Q1000	Q1000	Q1000	Q1000	Q1000
Labarthe	Mairie	Q50	Q1000	Q1000	Q1000	Q1000
Labarthe	Bureau de poste	Q50	Q1000	Q1000	Q1000	Q1000
Labarthe	Médiathèque François Giroud	Q50	Q1000	Q1000	Q1000	Q1000
Labarthe	Ecole primaire des trois moulins	Q50	Q1000	Q1000	Q1000	Q1000
Labarthe	Espace François Mitterrand	Q50	Q1000	Q1000	Q1000	Q1000
Labarthe	Stade – Chemin de l'Ayguère	Q50	Q100	Q100	Q100	Q100
Labarthe	Collège Pierre Mendès France	Q1000	-	-	-	-
Vernet	Communauté des communes Lèze Ariège	Q1000	Q1000	Q1000	Q1000	Q1000

Tableau 40 : Etablissements sensibles en zone inondable pour les différentes crues en état de référence – En rouge : le premier évènement susceptible d'impacter les ERP identifiés

Ce tableau indique la période de retour de l'évènement impactant les bâtiments. On constate que, dans l'état de référence, des ERP du centre bourg de Labarthe-sur-Lèze sont impactés dès la crue cinquantennale. Au total, en état de référence, 10 ERP sont susceptibles d'être impacté par la crue millénale (débit de 456 m^3/s).

Les aménagements proposés permettent de réduire le nombre d'ERP impacté en crue. En particulier, pour la période de retour de dimensionnement des ouvrages (Q50), il n'y a plus d'ERP impactés sur le territoire des 4 communes.

A noter que les différents scénarios d'aménagements proposés fournissent le même niveau de protection pour les principaux ERP identifiés en zone inondable.

6.3.1.5 Synthèse des indicateurs de dommages monétaires

Le tableau suivant fait la synthèse des coûts des dommages pour les habitations et les entreprises pour l'état de référence (état actuel) :

	Crue Q10	Crue Q50	Crue Q100	Crue Q1000
Habitations (M1)	296 k€	4 309 k€	6 490 k€	19 909 k€
Entreprises (M2)	568 k€	2 054 k€	2 427 k€	13 863 k€
Agriculture (M3)	90 k€	311 k€	424 k€	682 k€
TOTAL	**954 k€**	**6 674 k€**	**9 341 k€**	**34 453 k€**

Tableau 41 : Synthèse des dommages en situation de référence

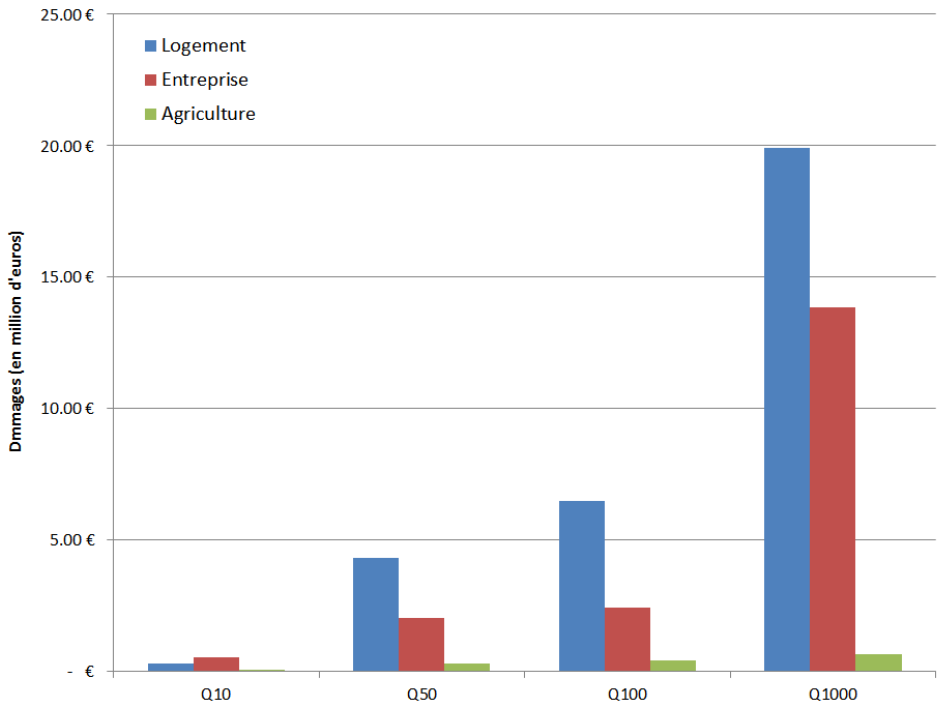


Figure 163 : Synthèse des dommages en situation de référence

Les **dommages aux habitations** sont les plus importants sur l'ensemble des dommages de la situation de référence (état actuel), excepté pour la crue décennale. En effet, ces dommages représentent **près de 60 à 70%** des dommages calculés**.**

La figure suivante représente les dommages liés à l'état de référence en fonction de la fréquence de la crue. A noter que les dommages sont supposés apparaitre à partir d'une période de retour estimée à 5 ans.

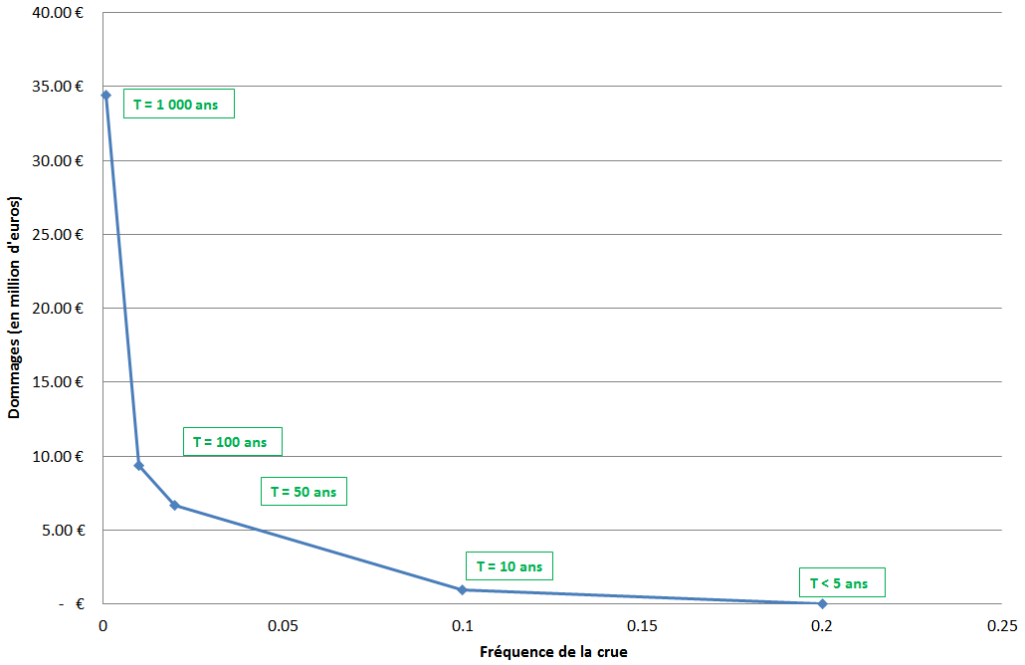


Figure 164 : Dommages en fonction de la fréquence de la crue en état de référence

Par intégration de cette courbe sur l'espace fréquentiel, les dommages moyens annuels en situation de référence (DMA_0) représentent le coût annuel monétarisé qui est **DMA_0 = 630 k€/an.**

6.3.2 Les indicateurs d'enjeux

6.3.2.1 La population (P1)

Dans la situation de référence (état actuel), d'après le tableau ci-après, la **population résidente totale dans la zone inondable** pour les différentes crues est de :

- **394 habitants pour la crue Q10**, soit moins de 3% de la population totale sur les 4 communes,
- **2 175 habitants pour la crue Q50**, soit 16% de la population totale,
- **2 607 habitants pour la crue Q100**, soit 19% de la population totale,
- **4 491 habitants pour la crue Q1000**, soit 33% de la population totale.

Remarque : La population en zone inondable est estimée à l'aide des carreaux INSEE de 2010 (cf. paragraphe 6.2.2.1 page 198).

Commune	Q10 (126m^3/s)		Q50 (204m^3/s)		Q100 (250m^3/s)		Q1000 (456m^3/s)	
	Population	% population communale	Population	% population communale	Population	% population communale	Population	% population communale
Lagardelle (2 449 hab.)	15	0,6 %	57	2,3 %	103	4,2 %	161	6,6 %
Labarthe (4 740 hab.)	299	6,3 %	1 800	38 %	2 145	45,2 %	3 571	75,3 %
Vernet (2 059 hab.)	80	3,9 %	244	11,9 %	264	12,8 %	344	16,7 %
Pins-Justaret (4 342 hab.)	0	0 %	73	1,7 %	95	2,2 %	416	9,6 %
TOTAL (13 590 hab.)	**394**	**2,9 %**	**2 175**	**16,0 %**	**2 607**	**19,2 %**	**4 491**	**33,0 %**

Tableau 42 : Population en zone inondable en situation de référence par commune et par crue

En résumé, et d'après le graphique ci-après, **la commune la plus touchée est Labarthe-sur-Lèze, avec plus de 1 800 personnes en zone inondable,** pour une crue supérieure ou égale à la crue cinquantennale.

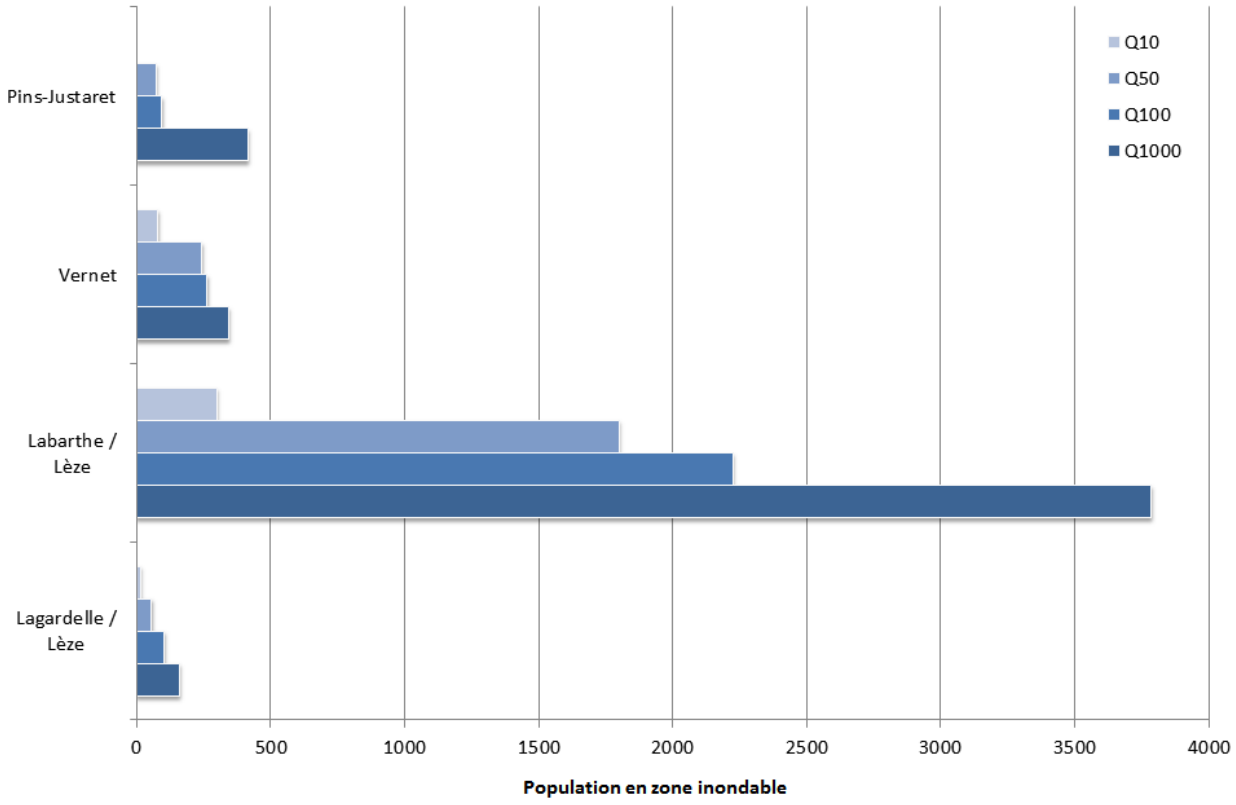


Figure 165 : Population en zone inondable en situation de référence par commune et par crue

6.3.3 Les emplois (P7)

Le nombre d'emplois impactés est estimé sur la base du croisement des couches de hauteur d'eau (selon le scénario considéré) et SIRENE. La base de données SIRENE fournie une fourchette du nombre d'employé par entreprise (par exemple entre 10 et 19, ou 50 et 99). Dans le cas présent, nous avons retenu la moyenne pour estimer le nombre d'emplois.

En situation de référence (état actuel), le nombre d'emplois touchés en fonction de la période de retour de l'évènement sont (valeur moyenne, minimale et maximale) :

- 41 emplois en moyenne en zone inondable pour la crue de période de retour 10 ans (min=37, max=43),
- 165 en moyenne pour la crue de période de retour 50 ans (min=144, max=169),
- 216 en moyenne pour la crue de période de retour 100 ans (min=188, max=225),
- 732 emplois en moyenne en zone inondable pour la crue de période de retour 1 000 ans (min=583, max=847).

Commune	Crue Q10 (126m^3/s)	Crue Q50 (204m^3/s)	Crue Q100 (250m^3/s)	Crue Q1000 (456m^3/s)
Lagardelle	1	3	3	17
Labarthe	10	119	169	551
Vernet	14	23	24	38
Pins-Justaret	16	20	20	126
Total général	**41**	**165**	**216**	**732**

Tableau 43 : Emplois en zone inondable pour chaque crue et par commune

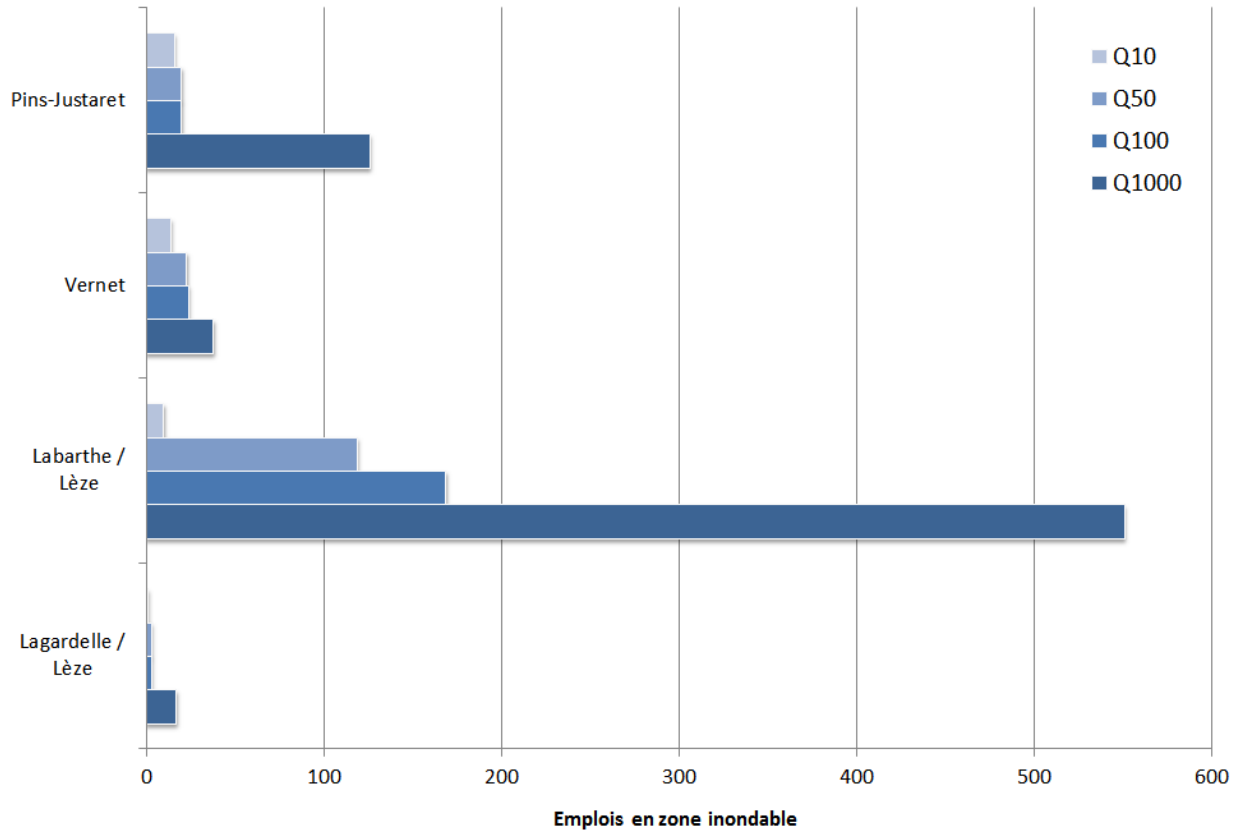


Figure 166 : Emplois en zone inondable en situation de référence par commune et par crue

6.4 Evaluation des couts et des bénéfices du programme d'aménagements

6.4.1 Les coûts du programmes d'aménagements

6.4.1.1 Les coûts d'investissement (M5)

Le coût des aménagements définis dans le cadre de la présente étude est estimé pour chaque scénario. (cf. Annexe 5 du présent document). Le coût de chaque aménagement inclue :

- Les études préalables : reconnaissances géotechniques, topographiques, les études de dimensionnement des ouvrages (AVP / PRO) et la constitution des dossiers réglementaires,
- Les acquisitions foncières éventuelles d'après les coûts unitaires au m² fournis par le SMIVAL,
- La réalisation des travaux.

Pour la réalisation des travaux, les scénarios comprenant plusieurs aménagements (scénarios, 2, 3 et 4) peuvent être découpés en tranche.

Le tableau suivant présente le coût total de chaque scénario.

Scénario 1		Scénario 2		Scénario 3		Scénario 4	
Ouvrage	Coût	Ouvrage	Coût	Ouvrage	Coût	Ouvrage	Coût
Digue RG	2,5 M€	Digue RG	2,5 M€	Digue RG	2,5 M€	Digue RG	2,5 M€
		Chenal RD (4b)	5,5 M€	Chenal RD (4d)	4,8 M€	Chenal RD (4b)	5,5 M€
						Digue Vernet	1,1 M€
TOTAL	**2,5 M€**	**TOTAL**	**8,0 M€**	**TOTAL**	**7,3 M€**	**TOTAL**	**9,1 M€**

Tableau 44 : Programmation des travaux en fonction des scénarios d'aménagement du lit majeur de la Lèze

En complément, le tableau ci-dessous présente le coût d'aménagements des scénarios :

- 1bis : mise en œuvre d'ouvrages de protection des bâtis surinondés par l'implantation de la digue rive gauche de la Lèze (ouvrage 3a) sur le quartier des Aouzelous et le secteur du chemin d'Embourel,
- 3bis : équivalent au scénario 3, en considérant que le chenal de décharge et la digue sont réalisés dans le même temps, et que par conséquent les coûts des déblais / remblais sont optimisés. Ainsi, le coût global des travaux est estimé à 6,0 M€. (cf. Annexe 5).

Scénario 1bis		Scénario 3bis	
Ouvrage	Coût	Ouvrage	Coût
Digue RG	2,5 M€	Digue RG	6,0 M€
Digue Aouzelous + Embourel	1,4 M€	Chenal RD (4d)	
TOTAL	**3,9 M€**	**TOTAL**	**6,0 M€**

Tableau 45 : Programmation des travaux en fonction des scénarios d'aménagement du lit majeur de la Lèze

Le coût des études et mesures de réduction de la vulnérabilité est estimé sur la base des coûts moyens appliqués dans la pratique, avec :

- Diagnostic : 500 € H.T./habitation (500xA € H.T.),
- Dispositif de réduction de la vulnérabilité : 3 500 € H.T./habitation (3 500xD € H.T.),
- Espace refuge : 13 000 €H.T./habitation (13 000xE € H.T.).

Commune	Diagnostic	Protections individuelles	Espaces refuges	TOTAL
	500 €HT / bâtis	3 500 €HT / bâtis	13 000 €HT / bâtis	
Lagardelle	5 k€	14 k€	0 k€	19 k€
Labarthe	260 k€	727 k€	5 k€	991 k€
Vernet	27 k€	76 k€	0 k€	103 k€
Pins-Justaret	40 k€	112 k€	44 k€	196 k€
TOTAL	**332 k€**	**928 k€**	**49 k€**	**1 309 k€**

Tableau 46 : Estimation des coûts des dispositifs de réduction de la vulnérabilité – sur la base de la crue centennale en état actuel

Le coût total des mesures de réduction de la vulnérabilité (scénario 5) est donc estimé à **1,3 M€ H.T.**

6.4.1.2 Les couts annuels différés (M6)

Les coûts d'entretien et de maintenance

Le **coût annuel d'entretien et de maintenance** est pris égal à 3% du montant investi, soit :

- Pour le scénario1 : **75 k€HT/an**
- Pour le scénario 1bis : **117 k€HT/an**
- Pour le scénario 2 : **240 k€HT/an**
- Pour le scénario 3 : **218 k€HT/an**
- Pour le scénario 3bis : **180 k€HT/an**
- Pour le scénario 4 : **272 k€HT/an**
- Pour le scénario 5 : **39 k€HT/an.**

Ces 3% correspondent à la valeur médiane de la plage mentionnée par le guide « AMC 2014 » : [1%-5%].

Les coûts de réparation

Conformément au guide « AMC 2014 », un coût de réparation est à prendre en compte :

« La possibilité de survenue d'un évènement entrainant des dommages sur l'ouvrage est également à prendre en compte dans l'analyse. Ces dommages à l'ouvrage nécessitent ***des réparations qui ne sont pas considérées dans l'entretien courant de l'ouvrage****.*

Dans une première approche, la modélisation suivante des couts de réparation peut être effectuée :

- *Tout évènement supérieur à l'évènement de dimensionnement de l'ouvrage génère des entrées d'eau (défaillance fonctionnelle) puis une détérioration (défaillance structurelle) de l'ouvrage. La détérioration survient pour un évènement correspondant au niveau de sureté de l'ouvrage. Le comportement de l'ouvrage est donc binaire : en dessous du niveau de sureté, l'ouvrage remplit son rôle et seul un entretien courant est nécessaire.*
- *Tout évènement d'intensité supérieure cause des détériorations à l'ouvrage et implique des réparations, voire une reconstruction.*
- *Pour tenir compte de la probabilité d'occurrence des évènements générant la détérioration de l'ouvrage, un cout moyen annuel de réparation (CMA) peut être calculé. Celui-ci correspond a la somme des couts de réparation et de reconstruction associés a chaque évènement de période de retour supérieure ou égale a l'évènement correspondant au niveau de protection, pondères par leur probabilité d'occurrence.*

Dans la mesure où il reste complexe d'évaluer les coûts de réparation associés aux différents scenarios d'aléa, plusieurs hypothèses simplificatrices peuvent être prises (voir figure suivante) :

- *Il est possible de s'intéresser uniquement aux détériorations substantielles sur l'ouvrage, c'est-a-dire celles qui nécessitent une réparation conséquente qui se rapproche d'une reconstruction.*
- *Le coût des réparations substantielles pourra alors être approxime par un cout de construction de l'ouvrage (a défaut de données plus précises tirées par exemple de retours d'expériences).*
- *L'évènement impliquant des réparations substantielles sera identifié au cas par cas en fonction du type d'ouvrage étudié : il pourra s'agir de l'évènement correspondant au niveau de sureté de l'ouvrage si on dispose de cette information, au niveau de protection de l'ouvrage dans le cas de digues en terre, ou encore a l'évènement pour lequel l'ouvrage a un impact hydraulique limite. »*

Les aménagements concernant des digues et un chenal de décharge, les réparations dues aux dommages occasionnés sont supposées nulles jusqu'à la crue de dimensionnement, soit 50 ans. Les aménagements sont considérés comme dimensionnés structurellement pour résister à une crue de période de retour 100 ans (crue de sûreté); seul un taux de 5% des investissements est retenu pour cet évènement, correspondant aux travaux de remise en état et d'autres opérations ponctuelles. Au-delà de la crue de période de retour 100 ans, des coûts de réparation à hauteur de 25% des investissements sont envisagés.

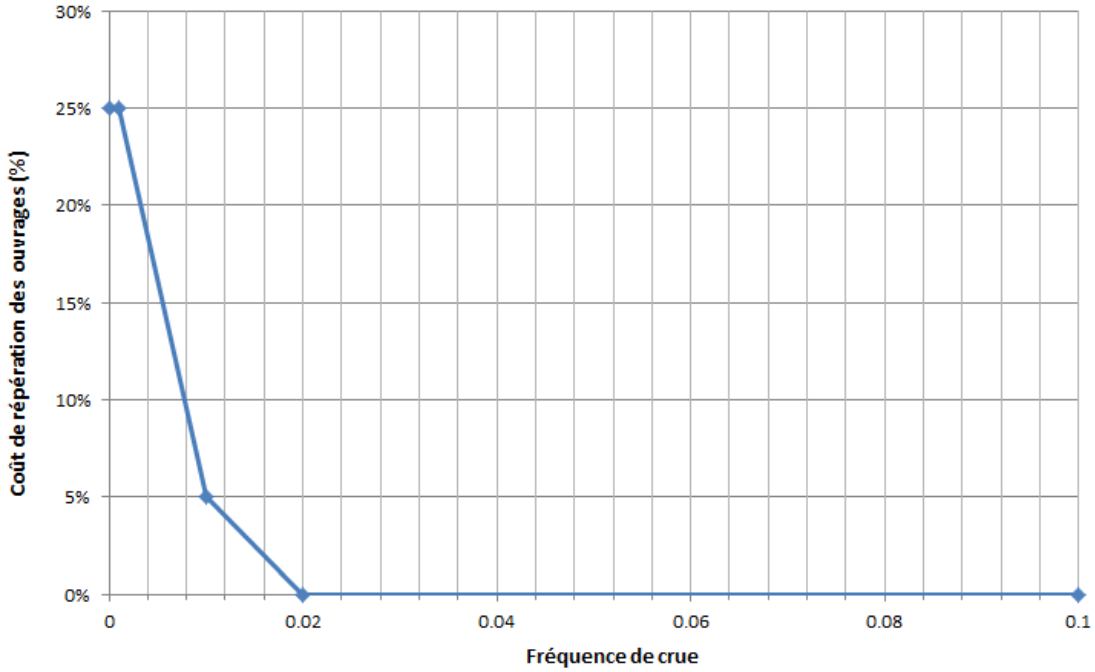


Figure 167 : Calcul du coût moyen annuel des réparations des ouvrages dimensionnés pour une période de retour de 50 ans

En intégrant ce coût sur la fréquence des crues, les **coûts de réparation** des ouvrages sont estimés à :

- Pour le scénario 1 : **5 k€HT/an**
- Pour le scénario 1bis : **6 k€HT/an**
- Pour le scénario 2 : **16 k€HT/an**
- Pour le scénario 3 : **14 k€HT/an**
- Pour le scénario 3bis : **12 k€HT/an**
- Pour le scénario 4 : **18 k€HT/an**
- Pour le scénario 5 : **3 k€HT/an.**

6.4.2 Les bénéfices du programme d'aménagements

6.4.2.1 Préambule

Les bénéfices du programme d'actions sont constitués **des enjeux protégés** suite à sa mise en œuvre. Ils sont déterminés par comparaison des indicateurs définis précédemment entre l'état de référence (état actuel) et l'état projeté.

Sont distingués :

- les bénéfices monétarisés, permettant la réalisation de l'analyse coûts/bénéfices,
- les bénéfices non monétarisés, permettant de compléter l'analyse multicritère.

Les paragraphes suivants ont pour objectif de fournir les résultats de ces analyses, de façon synthétique.

La méthodologie employée pour caractériser la vulnérabilité du territoire en état projeté est similaire à celle employée pour l'état de référence (cf. paragraphe 6.3 page 202).

Indicateurs synthétiques et paramètres de calcul

L'ensemble des résultats est traité pour obtenir *in fine* les indicateurs synthétiques suivants :

- DMA_0. : dommages moyens annuels en situation de référence
- DEMA : dommages évités moyens annuels par le projet par rapport à la situation de référence
- NEMA habitants : nombre évités moyens annuels d'habitants en zone inondable
- NEMA emplois : nombre évités moyens annuels d'emplois en zone inondable
- VAN : somme sur 50 ans des flux annuels actualisés entre les bénéfices (DEMA) et les coûts (investissement initial et coûts annuels de maintenance et d'entretien)
- B/C : rapport entre la somme des bénéfices actualisés et la somme des coûts actualisés sur 50 ans

Ils sont calculés par intégration sur l'ensemble des périodes de retour

Le **taux d'actualisation appliqué est de 2,5%** jusqu'en 2070. En effet, *« selon les recommandations du Commissariat Général à la Stratégie et à la Prospective33, le taux d'actualisation de base s'élève à 2,5 % jusqu'en 2070, puis il diminue à 1,5 %. Le taux est choisi sans prise en compte du risque, dans la mesure où le projet est considéré comme n'ayant aucun impact sur l'activité économique au niveau national (PIB). »*

Par convention, un projet est jugé pertinent si la VAN à 50 ans est positive (ou le rapport B/C supérieur à 1). Les autres indicateurs permettent de fournir un éclairage plus fin des effets du projet sur les personnes (NEMA habitants et emplois), sur la réduction relative des pertes économiques dans le bassin de risque (DEMA/DMAréf.) et sur le niveau de dépenses engagées par enjeu humain ou économique (C/NEMA).

6.4.2.2 Les bénéfices monétarisés

SCENARIO 1

L'état projeté - Scénario 1

Ces bénéfices correspondent à l'évaluation des gains (dommages évités) liés au programme d'action vis-à-vis des 3 indicateurs de dommages monétaires traités dans le cadre de la présente étude :

- M1 : dommages à l'habitat,
- M2 : dommages aux entreprises,
- M3 : dommages aux activités agricoles.

Dans le cadre du scénario 1 (mise en œuvre d'une digue en rive gauche de la Lèze, en amont de Labarthe), les **dommages aux habitations** s'élèvent à 1,1 M€ pour une crue de période de retour 50 ans, répartis sur 115 logements, soit un dommage moyen de 9,7 k€ par logement.

Les **dommages aux entreprises** s'élèvent à 647 k€ pour la crue de 50 ans. Cette crue impacte 47 entreprises.

Enfin, les **dommages aux activités agricoles** sont estimés à 317 k€ pour la crue de 50 ans, pour une superficie totale impactée de 784 ha.

En suivant la même méthode de calcul que pour les dommages en état de référence, le tableau suivant fait la synthèse des coûts des dommages pour les habitations, les entreprises et les activités agricoles pour l'état projeté du scénario 1 :

	Crue Q10	Crue Q50	Crue Q100	Crue Q1000
Habitations (M1)	134 k€	1 118 k€	1 433 k€	19 909 k€
Entreprises (M2)	472 k€	647 k€	695 k€	13 863 k€
Agriculture (M3)	84 k€	317 k€	423 k€	682 k€
TOTAL	**691 k€**	**2 083 k€**	**2 552 k€**	**34 453 k€**

Tableau 47 : Synthèse des dommages en état projeté – Scénario 1

La comparaison des résultats (Etat de référence – Etat projeté) permet d'en déduire la courbe des dommages évités par le programme d'actions :

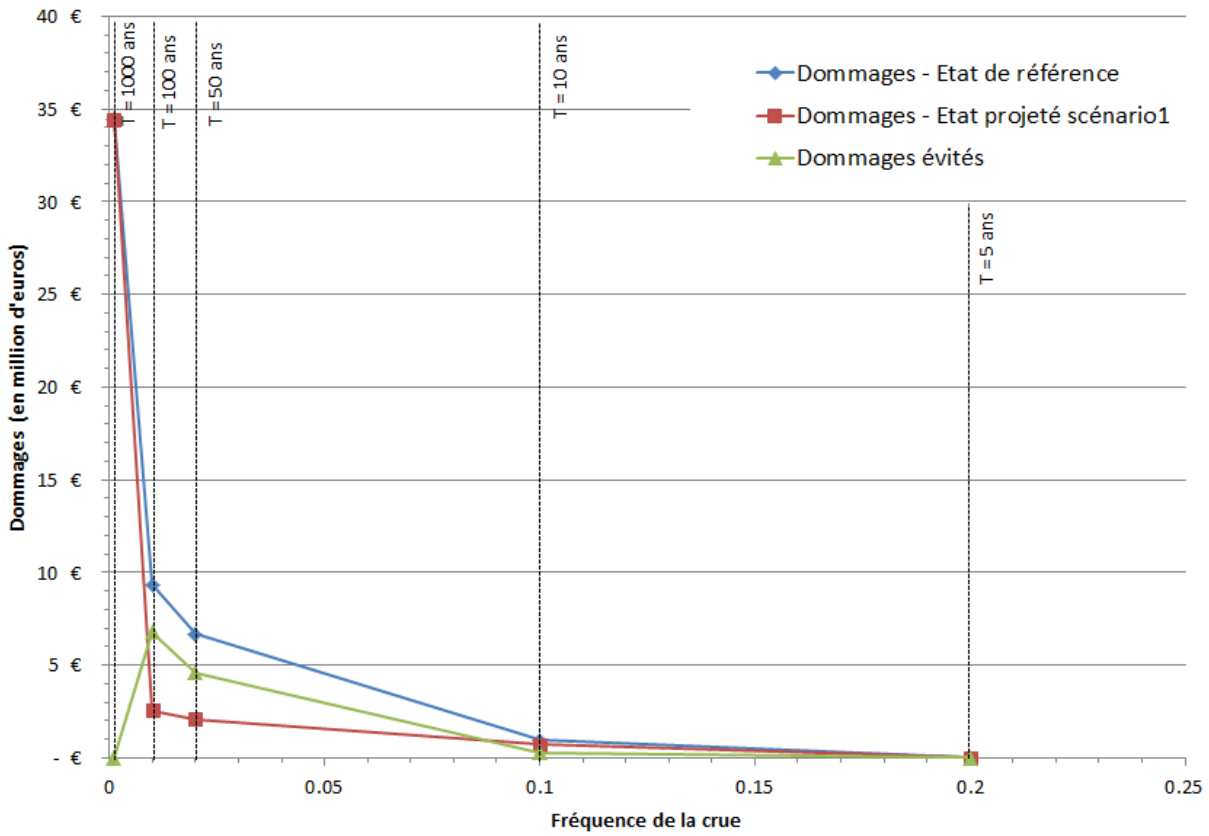


Figure 168 : Evaluation de la courbe des dommages évités – Scénario 1

Les premiers dommages sont supposés apparaitre à partir d'une période de retour de 5 ans (fréquence de dépassement 0,2) et les dommages évités sont considérés comme nuls pour une crue de période de retour de 1 000 ans (fréquence de dépassement = 0,001).

Calcul du DEMA – Scénario 1

De la même manière que pour le calcul du DMA_0, l'intégration de la courbe de dommages évités sur l'espace fréquentiel permet d'évaluer le « Dommage Evité Moyen Annuel » (DEMA), qui correspond, statistiquement, au gain annuel monétarisé. Dans le cas présent, **DEMA = 295 k€/an.**

SCENARIO 1BIS

L'état projeté - Scénario 1bis

Dans le cadre du scénario 1bis (mise en œuvre d'une digue en rive gauche de la Lèze, en amont de Labarthe + protection des zones surinondées du quartier des Aouzelous et du chemin d'Embourel), les **dommages aux habitations** s'élèvent à 945 k€ pour une crue de période de retour 50 ans, répartis sur 102 logements, soit un dommage moyen de 9,2 k€ par logement.

Les **dommages aux entreprises** s'élèvent à 630 k€ pour la crue de 50 ans. Cette crue impacte 45 entreprises.

Enfin, les **dommages aux activités agricoles** sont estimés à 317 k€ pour la crue de 50 ans, pour une superficie totale impactée de 784 ha.

En suivant la même méthode de calcul que pour les dommages en état de référence, le tableau suivant fait la synthèse des coûts des dommages pour les habitations, les entreprises et les activités agricoles pour l'état projeté du scénario 1bis :

	Crue Q10	Crue Q50	Crue Q100	Crue Q1000
Habitations (M1)	70 k€	945 k€	1 191 k€	19 909 k€
Entreprises (M2)	456 k€	630 k€	678 k€	13 863 k€
Agriculture (M3)	84 k€	317 k€	423 k€	682 k€
TOTAL	**610 k€**	**1 893 k€**	**2 292 k€**	**34 453 k€**

Tableau 48 : Synthèse des dommages en état projeté – Scénario 1bis

La comparaison des résultats (Etat de référence – Etat projeté) permet d'en déduire la courbe des dommages évités par le programme d'actions :

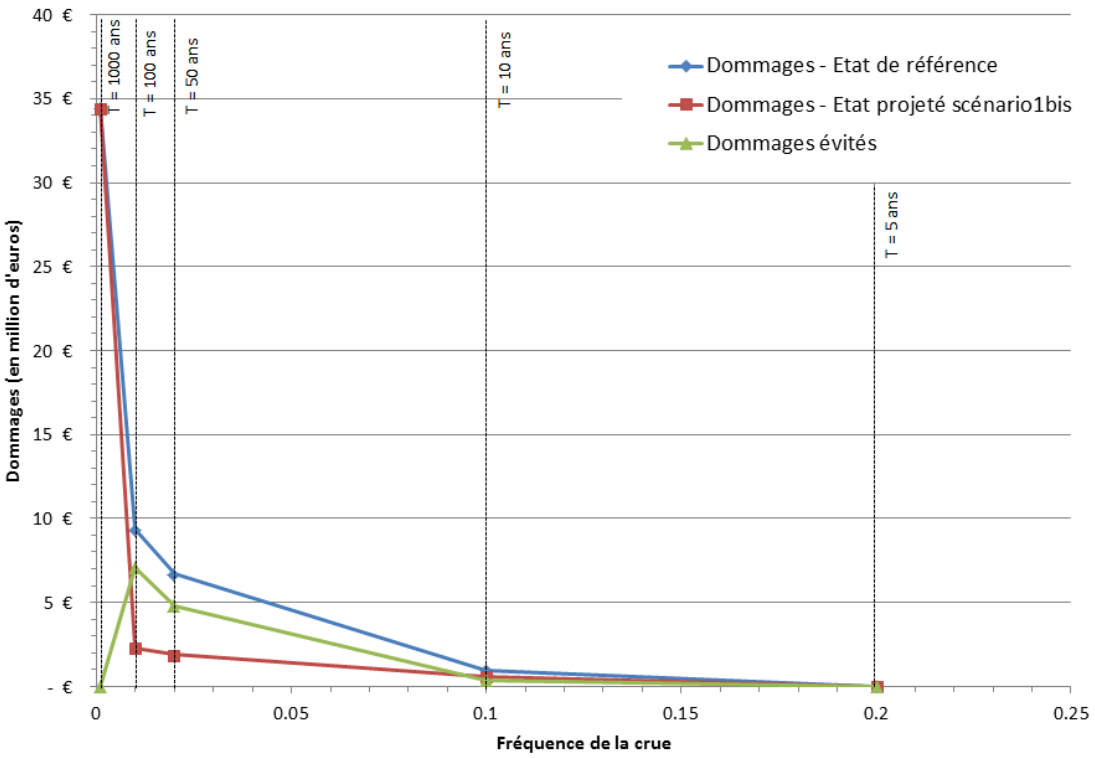


Figure 169 : Evaluation de la courbe des dommages évités – Scénario 1bis

Calcul du DEMA – Scénario 1bis

De la même manière que pour le calcul du DMA_0, l'intégration de la courbe de dommages évités sur l'espace fréquentiel permet d'évaluer le « Dommage Evité Moyen Annuel » (DEMA), qui correspond, statistiquement, au gain annuel monétarisé. Dans le cas présent, **DEMA = 313 k€/an.**

SCENARIO 2

L'état projeté – Scénario 2

Dans le cadre du scénario 2 (mise en œuvre d'une digue en rive gauche de la Lèze, en amont de Labarthe + création d'un chenal de décharge en rive droite – Ouvrage 4b), les **dommages aux habitations** s'élèvent à 915 k€ pour une crue de période de retour 50 ans, répartis sur 100 logements, soit un dommage moyen de 9,2 k€ par logement.

Les **dommages aux entreprises** s'élèvent à 622 k€ pour la crue de 50 ans. Cette crue impacte 43 entreprises.

Enfin, les **dommages aux activités agricoles** sont estimés à 256 k€ pour la crue de 50 ans, pour une superficie totale impactée de 749 ha.

En suivant la même méthode de calcul que pour les dommages en état de référence, le tableau suivant fait la synthèse des coûts des dommages pour les habitations, les entreprises et les activités agricoles pour l'état projeté du scénario 2 :

	Crue Q10	Crue Q50	Crue Q100	Crue Q1000
Habitations (M1)	55 k€	915 k€	1 184 k€	19 909 k€
Entreprises (M2)	456 k€	622 k€	816 k€	13 863 k€
Agriculture (M3)	59 k€	256 k€	362 k€	682 k€
TOTAL	**570 k€**	**1 794 k€**	**2 362 k€**	**34 453 k€**

Tableau 49 : Synthèse des dommages en état projeté – Scénario 2

La comparaison des résultats (Etat de référence – Etat projeté) permet d'en déduire la courbe des dommages évités par le programme d'actions :

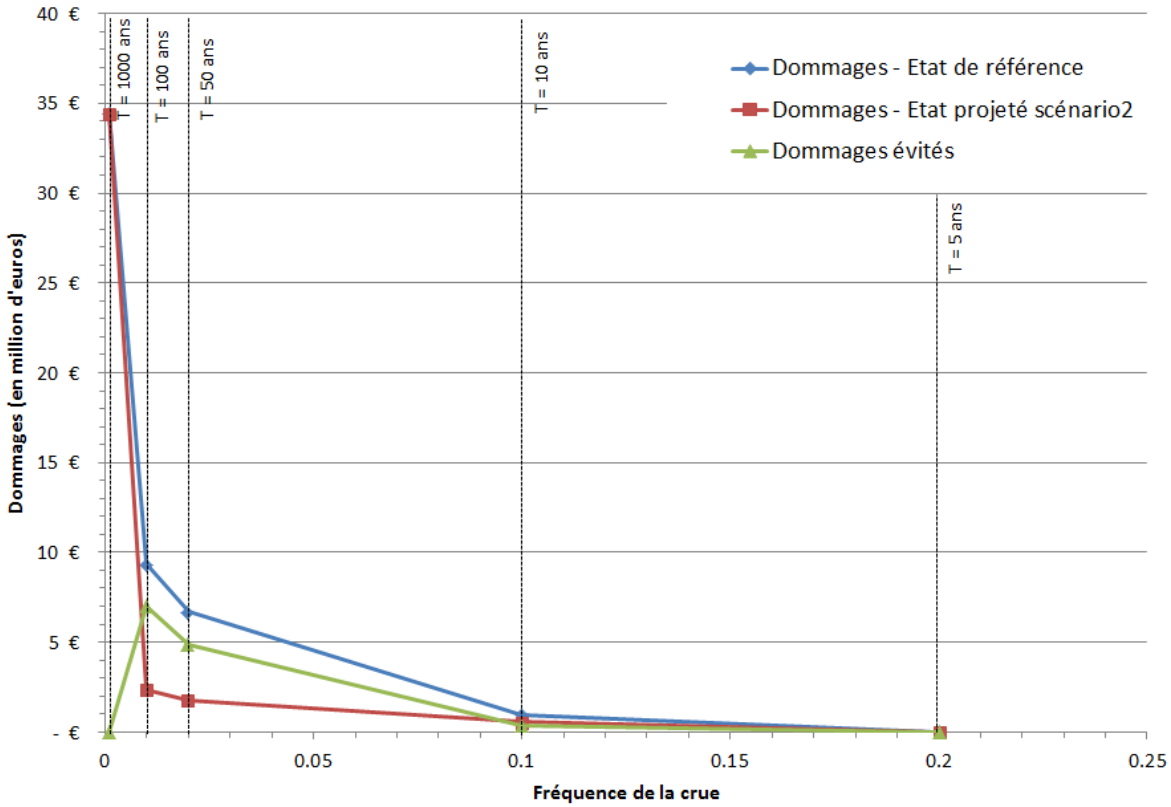


Figure 170 : Evaluation de la courbe des dommages évités – Scénario 2

Calcul du DEMA – Scénario 2

De la même manière que pour le calcul du DMA_0, l'intégration de la courbe de dommages évités sur l'espace fréquentiel permet d'évaluer le « Dommage Evité Moyen Annuel » (DEMA), qui correspond, statistiquement, au gain annuel monétarisé. Dans le cas présent, **DEMA = 320 k€/an.**

SCENARIO 3

L'état projeté – Scénario 3

Dans le cadre du scénario 3 (mise en œuvre d'une digue en rive gauche de la Lèze, en amont de Labarthe + création d'un chenal de décharge en rive droite – Ouvrage 4d), les **dommages aux habitations** s'élèvent à 640 k€ pour une crue de période de retour 50 ans, répartis sur 64 logements, soit un dommage moyen de 10 k€ par logement.

Les **dommages aux entreprises** s'élèvent à 637 k€ pour la crue de 50 ans. Cette crue impacte 42 entreprises.

Enfin, les **dommages aux activités agricoles** sont estimés à 299 k€ pour la crue de 50 ans, pour une superficie totale impactée de 748 ha.

En suivant la même méthode de calcul que pour les dommages en état de référence, le tableau suivant fait la synthèse des coûts des dommages pour les habitations, les entreprises et les activités agricoles pour l'état projeté du scénario 3 :

	Crue Q10	Crue Q50	Crue Q100	Crue Q1000
Habitations (M1)	26 k€	640 k€	859 k€	19 909 k€
Entreprises (M2)	395 k€	637 k€	666 k€	13 863 k€
Agriculture (M3)	64 k€	299 k€	406 k€	682 k€
TOTAL	**485 k€**	**1 577 k€**	**1 931 k€**	**34 453 k€**

Tableau 50 : Synthèse des dommages en état projeté – Scénario 3

La comparaison des résultats (Etat de référence – Etat projeté) permet d'en déduire la courbe des dommages évités par le programme d'actions :

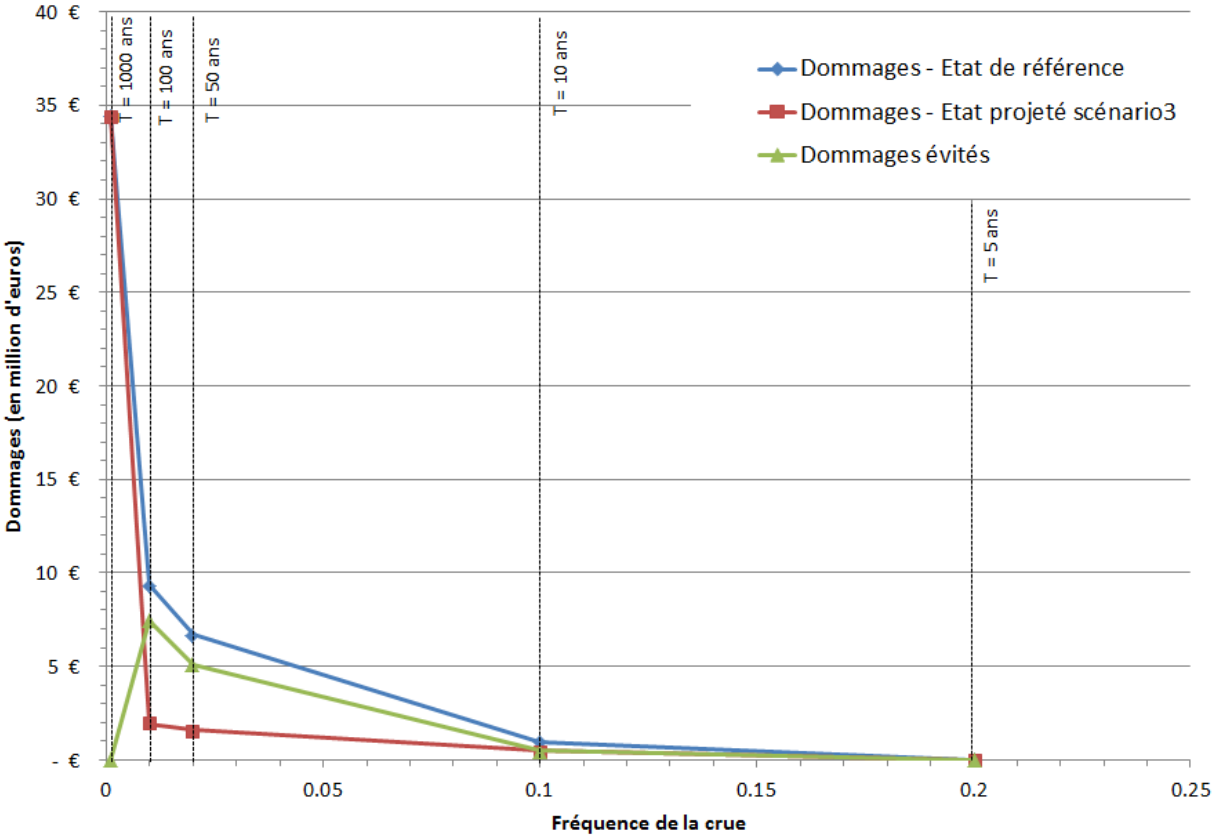


Figure 171 : Evaluation de la courbe des dommages évités – Scénario 3

Calcul du DEMA – Scénario 3

De la même manière que pour le calcul du DMA_0, l'intégration de la courbe de dommages évités sur l'espace fréquentiel permet d'évaluer le « Dommage Evité Moyen Annuel » (DEMA), qui correspond, statistiquement, au gain annuel monétarisé. Dans le cas présent, **DEMA = 342 k€/an.**

<u>Remarque :</u> Pour le scénario 3bis, cas où la digue rive gauche de la Lèze (ouvrage 3a) et le chenal de décharge en rive droite (ouvrage 4d) sont construits en même temps afin d'optimiser les coûts, les résultats sur les bénéfices monétarisés sont identiques.

SCENARIO 4

L'état projeté – Scénario 4

Dans le cadre du scénario 4 (mise en œuvre d'une digue en rive gauche de la Lèze, en amont de Labarthe + création d'un chenal de décharge en rive droite – ouvrage 4b - + mise en œuvre d'une digue de protection sur la commune du Vernet), les **dommages aux habitations** s'élèvent à 675 k€ pour une crue de période de retour 50 ans, répartis sur 85 logements, soit un dommage moyen de 7,9 k€ par logement.

Les **dommages aux entreprises** s'élèvent à 656 k€ pour la crue de 50 ans. Cette crue impacte 42 entreprises.

Enfin, les **dommages aux activités agricoles** sont estimés à 250 k€ pour la crue de 50 ans, pour une superficie totale impactée de 724 ha.

En suivant la même méthode de calcul que pour les dommages en état de référence, le tableau suivant fait la synthèse des coûts des dommages pour les habitations, les entreprises et les activités agricoles pour l'état projeté du scénario 4 :

	Crue Q10	Crue Q50	Crue Q100	Crue Q1000
Habitations (M1)	11 k€	675 k€	1 804 k€	19 909 k€
Entreprises (M2)	431 k€	656 k€	1 254 k€	13 863 k€
Agriculture (M3)	55 k€	250 k€	372 k€	682 k€
TOTAL	**496 k€**	**1 581 k€**	**3 431 k€**	**34 453 k€**

Tableau 51 : Synthèse des dommages en état projeté – Scénario 4

La comparaison des résultats (Etat de référence – Etat projeté) permet d'en déduire la courbe des dommages évités par le programme d'actions :

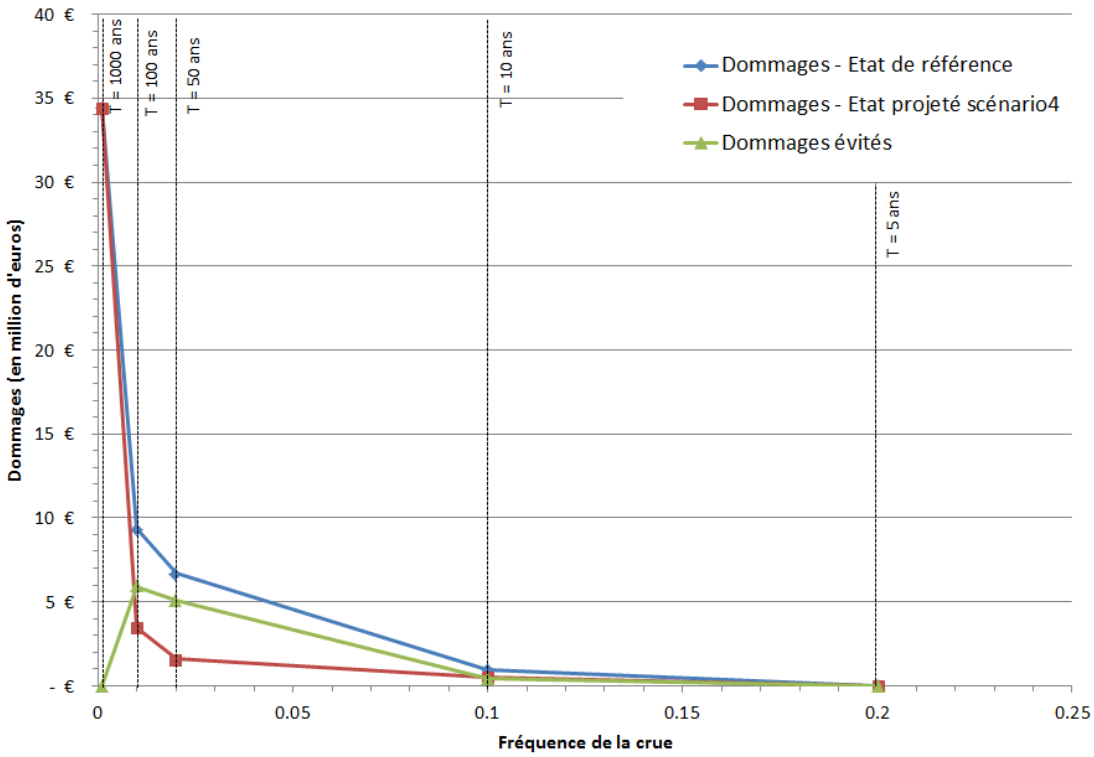


Figure 172 : Evaluation de la courbe des dommages évités – Scénario 4

Calcul du DEMA – Scénario 4

De la même manière que pour le calcul du DMA_0, l'intégration de la courbe de dommages évités sur l'espace fréquentiel permet d'évaluer le « Dommage Evité Moyen Annuel » (DEMA), qui correspond, statistiquement, au gain annuel monétarisé. Dans le cas présent, **DEMA = 326 k€/an.**

SCENARIO 5

L'état projeté – Scénario 5

Le tableau ci-dessous rappelle le nombre de bâtis et l'estimation du coût des dommages en cas de crues de la Lèze en état actuel. Par ailleurs, le nombre de bâtis pour lesquels la hauteur d'eau est supérieure à 1 m est également indiqué.

Commune	Réduction vulnérabilité – Q10			Réduction vulnérabilité – Q50		
	Hab. inondées	Hab. inondées avec H>1m	Dommages	Hab. inondées	Hab. inondées avec H>1m	Dommages
Lagardelle	0	0	0 k€	6	0	29 k€
Labarthe	34	0	237 k€	343	1	3 092 k€
Vernet	7	0	59 k€	49	0	359 k€
Pins-Justaret	0	0	0 k€	60	5	829 k€
TOTAL	**41**	**0**	**296 k€**	**457**	**6**	**4 309 k€**
Commune	Réduction vulnérabilité – Q100			Réduction vulnérabilité – Q1000		
	Hab. inondées	Hab. inondées avec H>1m	Dommages	Hab. inondées	Hab. inondées avec H>1m	Dommages
Lagardelle	10	0	71 k€	36	0	334 k€
Labarthe	517	2	4 886 k€	1343	26	16 063 k€
Vernet	54	0	399 k€	80	0	622 k€
Pins-Justaret	63	17	1 134 k€	185	44	2 889 k€
TOTAL	**644**	**19**	**6 490 k€**	**1644**	**70**	**19 909 k€**

Tableau 52 : Dommages aux habitations par commune et pour les différentes crues en état de référence

La mise en place des mesures de réduction de la vulnérabilité permet de réduire le nombre d'habitations inondées, et ainsi le coût des dommages associés. Le tableau suivant présente une estimation du coût des dommages dans la situation actuelle, et dans la situation où les dispositifs de réduction de la vulnérabilité sont actifs. L'hypothèse est faite que les bâtis qui sont impactés par les crues courantes de la Lèze s'équipent en priorité, afin d'assurer une protection optimale dès les faibles périodes de retour d'évènement.

Comme pour les autres scénarios d'aménagement, on fait l'hypothèse que les dommages évités sont considérés comme nuls pour une crue de période de retour de 1 000 ans (fréquence de dépassement = 0,001).

Commune	Réduction vulnérabilité – Q10			Réduction vulnérabilité – Q50		
	Hab. inondées	Hab. inondées avec H>1m	Dommages	Hab. inondées	Hab. inondées avec H>1m	Dommages
Lagardelle	0	0	0 k€	1	0	6 k€
Labarthe	0	0	0 k€	135	1	1 235 k€
Vernet	0	0	0 k€	27	0	200 k€
Pins-Justaret	0	0	0 k€	28	5	485 k€
TOTAL	**0**	**0**	**0 k€**	**192**	**6**	**1 926 k€**
Commune	Réduction vulnérabilité – Q100			Réduction vulnérabilité – Q1000		
	Hab. inondées	Hab. inondées avec H>1m	Dommages	Hab. inondées	Hab. inondées avec H>1m	Dommages
Lagardelle	6	0	42 k€	36	0	334 k€
Labarthe	311	2	2 939 k€	1343	26	16 063 k€
Vernet	32	0	239 k€	80	0	622 k€
Pins-Justaret	48	17	777 k€	185	44	2 889 k€
TOTAL	**398**	**19**	**3 998 k€**	**1644**	**70**	**19 909 k€**

Tableau 53 : Dommages aux habitations par commune et pour les différentes crues en état aménagé – dispositif de réduction de la vulnérabilité

Dans le cadre de ce scénario de réduction de la vulnérabilité, les dommages aux habitations s'élèvent à environ 4 M€ pour la crue centennale (type juin 2000) contre 6,5 M€ dans l'état de référence. Près de 250 habitations sont ainsi protégées, soit 37% du nombre total de logements inondés.

La comparaison des résultats (état de référence – état projeté) permet d'en déduire la courbe des dommages évités par le programme d'actions :

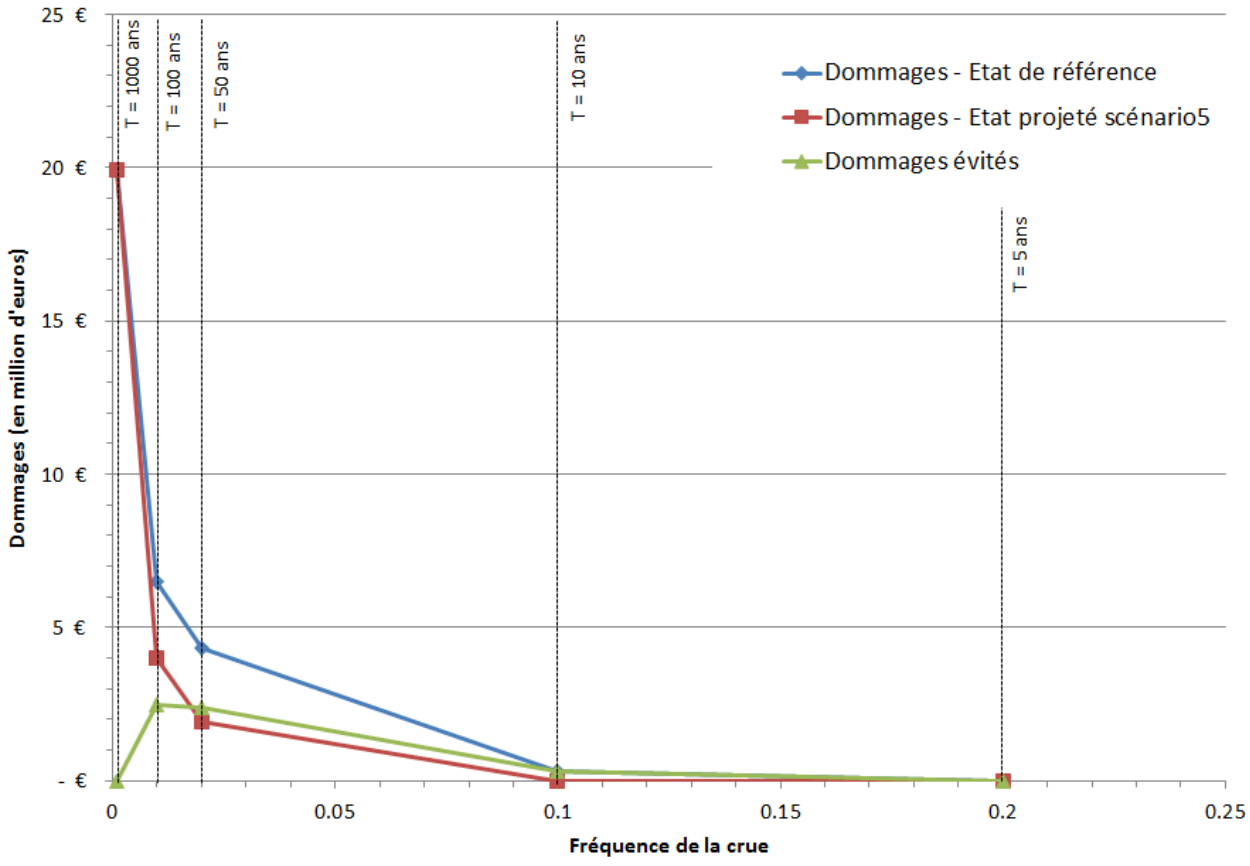


Figure 173 : Evaluation de la courbe de dommages évités – scénario réduction vulnérabilité

Calcul du DEMA – Scénario 5

De la même manière que pour le calcul du DMA_0, l'intégration de la courbe de dommages évités sur l'espace fréquentiel permet d'évaluer le « Dommage Evité Moyen Annuel » (DEMA), qui correspond, statistiquement, au gain annuel monétarisé. Dans le cas présent, **DEMA = 158 k€/an**.

Synthèse des bénéfices monétarisés

Le tableau suivant présente les DMA_0 (dommages moyens annuels) en situation de référence, et les DEMA (dommages évités moyens annuels) pour les différents scénarios projetés.

	Etat de référence	Etat projeté – Scénario 1	Etat projeté – Scénario 1bis	Etat projeté – Scénario 2	Etat projeté – Scénario 3 et scénario 3bis	Etat projeté – Scénario 4	Etat projeté – Scénario 5
DMA_0	630 k€/an						
DEMA		295 k€/an	313 k€/an	320 k€/an	342 k€/an	326 k€/an	158 k€/an

Tableau 54 : Synthèse des DEMA en fonction des scénarios projetés

En comparaison aux dommages moyens annuels en état de référence, les scénarios projetés permettent un gain important en termes de dommages évités.

6.4.2.3 Les bénéfices non monétarisés

SCENARIO 1

Calcul du NEMA habitant – Scénario 1

D'après le tableau ci-dessous, l'état projeté permet de mettre hors d'eau plus de 1 500 habitants (P1) pour les crues de période de retour 50 et 100 ans.

Population en ZI		Etat de référence	Etat projeté	Δ
Crue Q5	0.2	0	0	0
Crue Q10	0.1	394	175	220
Crue Q50	0.02	2 175	638	1 537
Crue Q100	0.01	2 607	862	1 745
Crue Q1000	0.001	4 491	4 491	0
NMA habitant		180	75	
NEMA habitant		**106**		

Tableau 55 : Population protégée par le projet et le NEMA habitant – Scénario 1

De ce tableau, avec la même méthodologie que pour le calcul du DEMA, l'intégration de la population protégée sur l'espace fréquentiel permet d'évaluer le « **Nombre évité moyen annuel » des habitants (NEMA habitant) en zone inondable. Dans le cas présent, NEMA habitant = 106 habitants/an**.

Calcul du NEMA emploi – Scénario 1

D'après le tableau ci-dessous, l'état projeté permet de mettre hors d'eau plus de 100 emplois (P7) pour les crues de période de retour 50 et 100 ans.

Emploi en ZI		Etat de référence	Etat projeté	Δ
Crue Q5	0.2	0	0	0
Crue Q10	0.1	41	37	4
Crue Q50	0.02	165	55	110
Crue Q100	0.01	216	57	159
Crue Q1000	0.002	732	732	0
NMA emploi		17	10	
NEMA emploi		**7**		

Tableau 56 : NEMA emploi – Scénario 1

De ce tableau, avec la même méthodologie que pour le calcul du DEMA, l'intégration des emplois protégés sur l'espace fréquentiel permet d'évaluer le « **Nombre évité moyen annuel » des emplois (NEMA emploi) en zone inondable. Dans le cas présent, NEMA emploi = 7 emplois/an**.

SCENARIO 1BIS

Calcul du NEMA habitant – Scénario 1bis

D'après le tableau ci-dessous, l'état projeté permet de mettre hors d'eau plus de 1 500 habitants (P1) pour les crues de période de retour 50 et 100 ans.

Population en ZI		Etat de référence	Etat projeté	Δ
Crue Q5	0.2	0	0	0
Crue Q10	0.1	394	163	232
Crue Q50	0.02	2 175	604	1 571
Crue Q100	0.01	2 607	820	1 787
Crue Q1000	0.001	4 491	4 491	0
NMA habitant		180	72	
NEMA habitant		**109**		

Tableau 57 : Population protégée par le projet et le NEMA habitant – Scénario 1bis

De ce tableau, avec la même méthodologie que pour le calcul du DEMA, l'intégration de la population protégée sur l'espace fréquentiel permet d'évaluer le « **Nombre évité moyen annuel » des habitants (NEMA habitant) en zone inondable. Dans le cas présent, NEMA habitant = 109 habitants/an**.

Calcul du NEMA emploi – Scénario 1bis

D'après le tableau ci-dessous, l'état projeté permet de mettre hors d'eau plus de 100 emplois (P7) pour les crues de période de retour 50 et 100 ans.

Emploi en ZI		Etat de référence	Etat projeté	Δ
Crue Q5	0.2	0	0	0
Crue Q10	0.1	41	36	5
Crue Q50	0.02	165	53	112
Crue Q100	0.01	216	55	161
Crue Q1000	0.002	732	732	0
NMA emploi		17	10	
NEMA emploi		**7**		

Tableau 58 : NEMA emploi – Scénario 1bis

De ce tableau, avec la même méthodologie que pour le calcul du DEMA, l'intégration des emplois protégés sur l'espace fréquentiel permet d'évaluer le « **Nombre évité moyen annuel » des emplois (NEMA emploi) en zone inondable. Dans le cas présent, NEMA emploi = 7 emplois/an**.

SCENARIO 2

Calcul du NEMA habitant – Scénario 2

D'après le tableau ci-dessous, l'état projeté permet de mettre hors d'eau plus de 1 500 habitants (P1) pour les crues de période de retour 50 et 100 ans.

Population en ZI		Etat de référence	Etat projeté	Δ
Crue Q5	0.2	0	0	0
Crue Q10	0.1	394	150	244
Crue Q50	0.02	2 175	578	1 597
Crue Q100	0.01	2 607	799	1 808
Crue Q1000	0.001	4 491	4 491	0
NMA habitant		180	69	
NEMA habitant		**111**		

Tableau 59 : Population protégée par le projet et le NEMA habitant – Scénario 2

De ce tableau, avec la même méthodologie que pour le calcul du DEMA, l'intégration de la population protégée sur l'espace fréquentiel permet d'évaluer le « **Nombre évité moyen annuel » des habitants (NEMA habitant) en zone inondable. Dans le cas présent, NEMA habitant = 111 habitants/an**.

Calcul du NEMA emploi – Scénario 2

D'après le tableau ci-dessous, l'état projeté permet de mettre hors d'eau plus de 100 emplois (P7) pour les crues de période de retour 50 et 100 ans.

Emploi en ZI		Etat de référence	Etat projeté	Δ
Crue Q5	0.2	0	0	0
Crue Q10	0.1	41	36	5
Crue Q50	0.02	165	51	114
Crue Q100	0.01	216	58	158
Crue Q1000	0.002	732	732	0
NMA emploi		17	10	
NEMA emploi		**7**		

Tableau 60 : NEMA emploi – Scénario 2

De ce tableau, avec la même méthodologie que pour le calcul du DEMA, l'intégration des emplois protégés sur l'espace fréquentiel permet d'évaluer le « **Nombre évité moyen annuel » des emplois (NEMA emploi) en zone inondable. Dans le cas présent, NEMA emploi = 7 emplois/an**.

SCENARIO 3

Calcul du NEMA habitant – Scénario 3

D'après le tableau ci-dessous, l'état projeté permet de mettre hors d'eau plus de 1 700 habitants (P1) pour les crues de période de retour 50 et 100 ans.

Population en ZI		Etat de référence	Etat projeté	Δ
Crue Q5	0.2	0	0	0
Crue Q10	0.1	394	117	278
Crue Q50	0.02	2 175	453	1 722
Crue Q100	0.01	2 607	647	1 960
Crue Q1000	0.001	4 491	4 491	0
NMA habitant		180	59	
NEMA habitant		**121**		

Tableau 61 : Population protégée par le projet et le NEMA habitant – Scénario 3

De ce tableau, avec la même méthodologie que pour le calcul du DEMA, l'intégration de la population protégée sur l'espace fréquentiel permet d'évaluer le « **Nombre évité moyen annuel » des habitants (NEMA habitant) en zone inondable. Dans le cas présent, NEMA habitant = 121 habitants/an**.

Calcul du NEMA emploi – Scénario 3

D'après le tableau ci-dessous, l'état projeté permet de mettre hors d'eau plus de 100 emplois (P7) pour les crues de période de retour 50 et 100 ans.

Emploi en ZI		Etat de référence	Etat projeté	Δ
Crue Q5	0.2	0	0	0
Crue Q10	0.1	41	38	3
Crue Q50	0.02	165	49	116
Crue Q100	0.01	216	51	165
Crue Q1000	0.002	732	732	0
NMA emploi		17	10	
NEMA emploi		**7**		

Tableau 62 : NEMA emploi – Scénario 3

De ce tableau, avec la même méthodologie que pour le calcul du DEMA, l'intégration des emplois protégés sur l'espace fréquentiel permet d'évaluer le « **Nombre évité moyen annuel » des emplois (NEMA emploi) en zone inondable. Dans le cas présent, NEMA emploi = 7 emplois/an**.

Remarque : Pour le scénario 3bis, cas où la digue rive gauche de la Lèze (ouvrage 3a) et le chenal de décharge en rive droite (ouvrage 4d) sont construits en même temps afin d'optimiser les coûts, les résultats sur les bénéfices non monétarisés sont identiques.

SCENARIO 4

Calcul du NEMA habitant – Scénario 4

D'après le tableau ci-dessous, l'état projeté permet de mettre hors d'eau plus de 1 700 habitants (P1) pour les crues de période de retour 50 et 100 ans.

Population en ZI		Etat de référence	Etat projeté	Δ
Crue Q5	0.2	0	0	0
Crue Q10	0.1	394	84	310
Crue Q50	0.02	2 175	399	1 775
Crue Q100	0.01	2 607	789	1 818
Crue Q1000	0.001	4 491	4 491	0
NMA habitant		180	55	
NEMA habitant		**125**		

Tableau 63 : Population protégée par le projet et le NEMA habitant – Scénario 4

De ce tableau, avec la même méthodologie que pour le calcul du DEMA, l'intégration de la population protégée sur l'espace fréquentiel permet d'évaluer le « **Nombre évité moyen annuel » des habitants (NEMA habitant) en zone inondable. Dans le cas présent, NEMA habitant = 125 habitants/an**.

Calcul du NEMA emploi – Scénario 4

D'après le tableau ci-dessous, l'état projeté permet de mettre hors d'eau plus de 100 emplois (P7) pour les crues de période de retour 50 et 100 ans.

Emploi en ZI		Etat de référence	Etat projeté	Δ
Crue Q5	0.2	0	0	0
Crue Q10	0.1	41	40	5
Crue Q50	0.02	165	50	120
Crue Q100	0.01	216	79	167
Crue Q1000	0.002	732	732	0
NMA emploi		17	10	
NEMA emploi		**7**		

Tableau 64 : NEMA emploi – Scénario 4

De ce tableau, avec la même méthodologie que pour le calcul du DEMA, l'intégration des emplois protégés sur l'espace fréquentiel permet d'évaluer le « **Nombre évité moyen annuel » des emplois (NEMA emploi) en zone inondable. Dans le cas présent, NEMA emploi = 7 emplois/an**.

SCENARIO 5

Calcul du NEMA habitant – Scénario 5

Le NEMA habitant a été calculé au prorata des habitations protégées par rapport à la situation de référence (situation actuelle) pour chaque évènement.

D'après le tableau ci-dessous, l'état projeté permet de mettre hors d'eau plus de 1 200 habitants (P1) pour la crue de période de retour 50 ans, et un peu moins de 1 000 personnes pour la crue centennale.

Population en ZI		Etat de référence	Etat projeté	Δ
Crue Q5	0.2	0	0	0
Crue Q10	0.1	394	0	394
Crue Q50	0.02	2 175	929	1 246
Crue Q100	0.01	2 607	1 639	968
Crue Q1000	0.001	4 491	3 796	695
NMA habitant		180	79	
NEMA habitant		**101**		

Tableau 65 : Population protégée par le projet et le NEMA habitant – Scénario 4

De ce tableau, avec la même méthodologie que pour le calcul du DEMA, l'intégration de la population protégée sur l'espace fréquentiel permet d'évaluer le « **Nombre évité moyen annuel » des habitants (NEMA habitant) en zone inondable. Dans le cas présent, NEMA habitant = 101 habitants/an**.

Calcul du NEMA emploi – Scénario 5

Pour le scénario 5, qui propose des dispositifs de protection individuelle, les entreprises n'ont pas été prises en compte pour équipement. Par conséquent, le « **Nombre évité moyen annuel » des emplois (NEMA emploi) en zone inondable** est nul par rapport à l'état de référence. **Dans le cas présent, NEMA emploi = 0 emplois/an**.

Synthèse des bénéfices non monétarisés

Le tableau suivant présente les NMA (nombre moyens annuels) d'habitants et d'emplois en zone inondable dans la situation de référence, et les NEMA (nombre évités moyens annuels) pour les différents scénarios projetés.

	Etat de référence	Etat projeté – Scénario 1	Etat projeté – Scénario 1bis	Etat projeté – Scénario 2	Etat projeté – Scénario 3 et scénario 3bis	Etat projeté – Scénario 4	Etat projeté – Scénario 5
NMA habitant	180	-		-	-	-	-
NEMA habitant	-	106	109	111	121	125	101
NMA emploi	17	-		-	-	-	-
NEMA emploi	-	7	7	7	7	7	0

Tableau 66 : Synthèse des NEMA en fonction des scénarios projetés

En comparaison aux nombres moyens annuels d'habitants et d'emplois en zone inondable pour l'état de référence, ces différents scénarios projetés permettent d'obtenir un gain important, excepté pour le scénario de mise en place de dispositifs individuels de réduction de la vulnérabilité (scénario 5) qui a été pris en compte pour les habitations seulement.

6.5 Analyse de la pertinence des projets

6.5.1 Analyse coûts bénéfices

L'analyse coûts-bénéfices est menée sur l'horizon temporel de 50 ans, en considérant un taux d'actualisation de 2,5%. Les coûts mis en jeu sont les suivants :

- les coûts d'investissements (M5),
- les coûts annuels différés (M6).

Les bénéfices mis en jeu correspondent au DEMA calculé précédemment (cf. paragraphe 6.4.2 page 213).

L'évolution de la VAN (valeur actualisée nette) en fonction du temps est fournie ci-après :

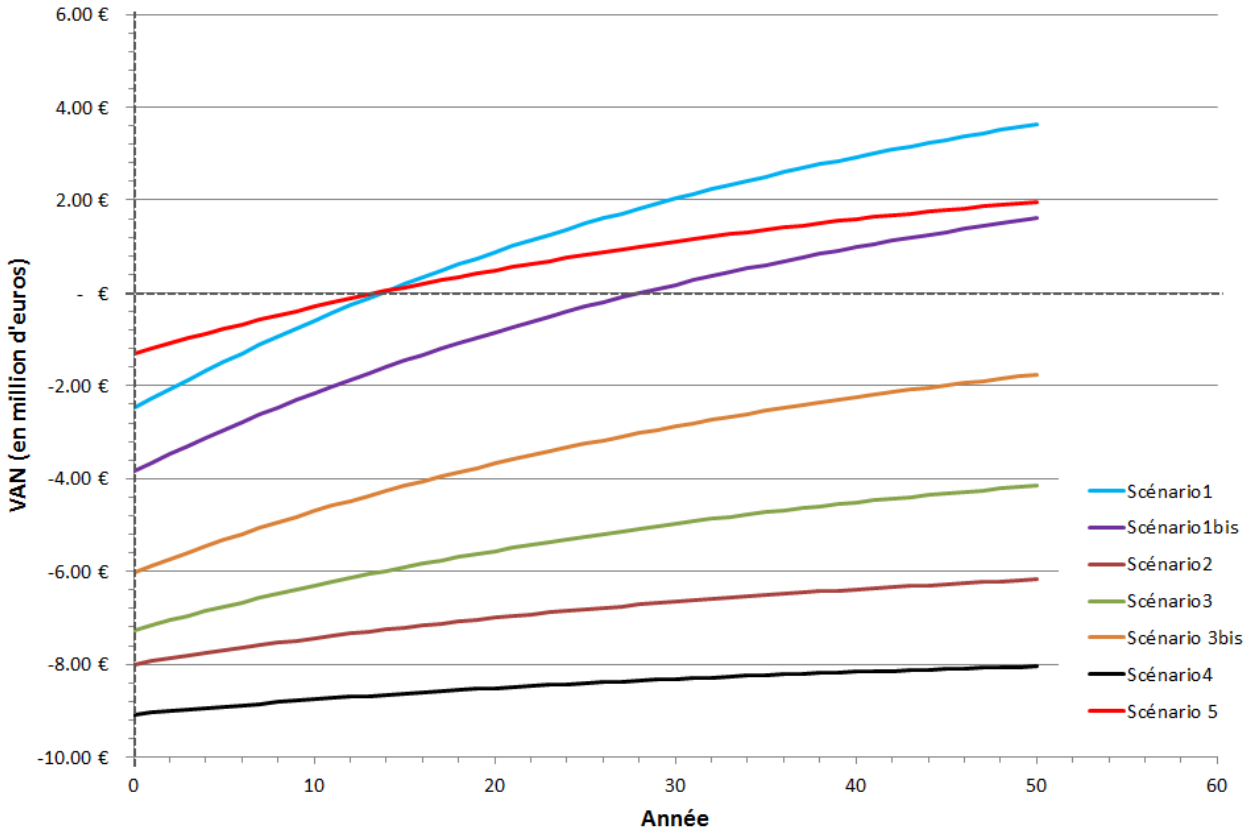


Figure 174 : Evolution de la VAN au cours du temps pour les scénarios étudiés

Le tableau suivant récapitule, pour chaque scénario, les principaux résultats sur l'évolution de la VAN au cours du temps.

Scénario	Aménagements prévus	1ère année VAN > 0	VAN à 50 ans	Rapport B/C
Scénario 1	Digue rive gauche (RG - ouvrage 3a)	14ème année	3,6 M€	1,77
Scénario 1bis	Digue RG (3a) + Digues enjeux surinondés : Aouzelous et Embourel	29ème année	1,6 M€	1,22
Scénario 2	Digue RG (3a) + Chenal rive droite (RD) « traversant » la plaine (4b)	*VAN négative à 50 ans*	-6,2 M€	0,60
Scénario 3	Digue RG (3a) + Chenal RD optimisé en longeant la voie ferrée (4d)	*VAN négative à 50 ans*	-4,2 M€	0,70
Scénario 3bis	Digue RG (3a) + Chenal RD optimisé en longeant la voie ferrée (4d)	*VAN négative à 50 ans*	-1,8 M€	0,85
Scénario 4	Digue RG (3a) + Chenal RD traversant la plaine (4b) + Digue Vernet (5)	*VAN négative à 50 ans*	-8,0 M€	0,54
Scénario 5	Mesures de réduction de la vulnérabilité	14ème année	2,0 M€	1,79

Tableau 67 : Synthèse de l'évolution de la VAN pour les 3 scénarios étudiés

Ainsi, l'analyse coûts-bénéfices du programme d'actions des scénarios 1 et 1bis est favorable, respectivement dès les 14ème et 29ème années. Pour ces mêmes scénarios, la VAN à 50 ans est positive et est respectivement de 3,6 et 1,6 M€.

De la même manière, la mise en place de mesures de réduction de la vulnérabilité (scénario 5) donne lieu à une VAN positive après seulement 14 années. La VAN à 50 ans est alors de 2,0 M€. Le faible coût d'investissement initial pour ce scénario a un rôle important dans ce résultat.

D'un point de vue économique, les programmes d'aménagements des scénarios 1, 1bis et 5 sont donc particulièrement avantageux. Toutefois, le programme d'aménagements du scénario n°1, qui intègre uniquement la digue en rive gauche de la Lèze en amont de Labarthe-sur-Lèze, est difficilement envisageable en l'état car il engendre une surinondation de certains enjeux habités, notamment sur le secteur amont du remblai ferroviaire (chemin d'Embourel).

A noter que les programmes d'aménagements des scénarios 2, 3 (y compris 3bis) et 4 présentent une VAN négative à 50 ans.

6.5.2 Fiches résumées des indicateurs synthétiques

Les valeurs des indicateurs synthétiques sont reportées pour l'état projeté dans la fiche suivante :

Scénario	Scénario 1	Scénario 1bis	Scénario 2	Scénario 3
Aménagements	Digue rive gauche (RG - ouvrage 3a)	Digue RG (3a) + Digues enjeux surinondés : Aouzelous et Embourel	Digue RG (3a) + Chenal rive droite (RD) traversant la plaine (4b)	Digue RG (3a) + Chenal RD optimisé en longeant la voie ferrée (4d)
Coût d'investissement	2 485 000 €HT	3 839 000 €HT	8 002 000 €HT	7 270 000 €HT
Coût entretien	75 000 €HT/an	115 000 €HT/an	240 000 €HT/an	218 000 €HT/an
Coût réparation	5 000 €HT/an	6 000 €HT/an	16 000 €HT/an	14 000 €HT/an
DEMA	295 000 €HT/an	313 000 €HT/an	320 000 €HT/an	342 000 €HT/an
DMA_0	630 000 €HT/an	630 000 €HT/an	630 000 €HT/an	630 000 €HT/an
Coût actualisé (C) à 50 ans	4 726 000 €HT	7 271 000 €HT	15 000 000 €HT	13 850 000 €HT
Bénéfice actualisé (B) à 50 ans	8 360 000 €HT	8 880 000 €HT	9 090 000 €HT	9 700 000 €HT
NEMA habitants	106 habitants/an	109 habitants/an	111 habitants/an	121 habitants/an
NEMA emplois	7 emploi/an	7 emploi/an	7 emploi/an	7 emploi/an
DEMA/DMA_0	47%	50%	51%	54%
C/NEMA habitants	45 000 €HT/habitant	67 000 €HT/habitant	138 000 €HT/habitant	114 000 €HT/habitant
C/NEMA emplois	693 000 €HT/emploi	1 036 000 €HT/emploi	2 155 000 €HT/emploi	1 962 000 €HT/emploi
VAN à 50 ans	3 634 000 €HT	1 609 000 €HT	-6 173 000 €HT	-4 151 000 €HT
B/C à 50 ans	1,77	1,22	0,60	0,54

Tableau 68 : Indicateurs synthétiques des scénarios étudiés (1)

Scénario	Scénario 3bis	Scénario 4	Scénario 5
Aménagements	Digue RG (3a) + Chenal RD optimisé en longeant la voie ferrée (4d)	Digue RG (3a) + Chenal RD traversant la plaine (4b) + Digue Vernet (5)	Mesures de réduction de la vulnérabilité
Coût d'investissement	6 014 000 €HT	9 080 000 €HT	1 310 000 €HT
Coût entretien	180 000 €HT/an	272 000 €HT/an	39 000 €HT/an
Coût réparation	12 000 €HT/an	18 000 €HT/an	3 000 €HT/an
DEMA	342 000 €HT/an	446 000 €HT/an	158 000 €HT/an
DMA_0	630 000 €HT/an	630 000 €HT/an	630 000 €HT/an
Coût actualisé (C) à 50 ans	11 460 000 €HT	17 305 000 €HT	2 501 000 €HT
Bénéfice actualisé (B) à 50 ans	9 700 000 €HT	9 260 000 €HT	4 468 000 €HT
NEMA habitants	121 habitants/an	125 habitants/an	101 habitants/an
NEMA emplois	7 emploi/an	7 emploi/an	- emploi/an
DEMA/DMA_0	54%	52%	25%
C/NEMA habitants	95 000 €HT/habitant	138 000 €HT/habitant	25 000 €HT/habitant
C/NEMA emplois	1 624 000 €HT/emploi	2 635 000 €HT/emploi	- €HT/emploi
VAN à 50 ans	-1 760 000 €HT	-8 045 000 €HT	2 000 000 €HT
B/C à 50 ans	0,85	0,54	1,79

Tableau 69 : Indicateurs synthétiques des 4 scénarios étudiés (2)

Rappel des indicateurs :

DEMA : Dommages évités moyens annuels

DMA_0 : Dommages moyens annuels en situation de référence

NEMA_habitants : nombre moyen annuel d'habitations protégés par le projet

NEMA_emplois : nombre moyen annuel d'emplois protégés par le projet

C/NEMA_habitants : coût total moyen du projet par habitant protégé grâce au projet

C/NEMA_emplois : coût total moyen du projet par emploi protégé grâce au projet

VAN : Valeur Actualisée Nette du projet

B/C : ratio des bénéfices générés par le projet sur le coût du projet

6.5.3 Analyse de sensibilité

6.5.3.1 Influence du premier niveau de plancher sur les résultats

L'analyse de sensibilité va permettre d'évaluer l'influence du premier niveau de plancher des habitations sur les résultats de l'ACB/AMC. Dans le cadre de la présente étude, il a été retenu un niveau de plancher de 5 cm. Pour cette analyse de sensibilité, les calculs de dommages évités aux habitations sont repris pour un niveau de plancher de 20 cm (ordre de grandeur d'une marche + seuil de porte).

Les valeurs des VAN et du rapport B/C sont reportées pour les différents états projetés, dans la configuration de base (hauteur premier plancher = 5 cm) et dans la configuration testée (hauteur premier plancher = 20 cm) :

Tests	VAN à 50 ans	B	C	B/C
Scénario 1 – plancher = 5 cm	3,6 M€	8,4 M€	4,7 M€	1,77
Scénario 1bis – plancher = 5 cm	1,6 M€	8,9 M€	7,3 M€	1,22
Scénario 2 – plancher = 5 cm	-6,2 M€	9,1 M€	15,2 M€	0,60
Scénario 3 – plancher = 5 cm	-4,2 M€	9,7 M€	13,9 M€	0,70
Scénario 3bis – plancher = 5 cm	-1,8 M€	9,7 M€	11,5 M€	0,85
Scénario 4 – plancher = 5 cm	-8,0 M€	9,3 M€	17,3 M€	0,54
Scénario 1 – plancher = 20 cm	-0,2 M€	4,5 M€	4,7 M€	0,95
Scénario 1bis – plancher = 20 cm	-2,4 M€	4,8 M€	7,3 M€	0,67
Scénario 2 – plancher = 20 cm	-10,3 M€	4,9 M€	15,3 M€	0,32
Scénario 3 – plancher = 20 cm	-8,5 M€	5,3 M€	13,9 M€	0,38
Scénario 3bis – plancher = 20 cm	-6,1 M€	5,3 M€	11,5 M€	0,46
Scénario 4 – plancher = 20 cm	-12,5 M€	4,8 M€	17,3 M€	0,28

Tableau 70 : Tests de sensibilité et indicateurs synthétiques des différents scénarios

Les résultats sont reportés sur la figure suivante. Le niveau du premier plancher a une influence très importante sur les résultats de l'ACB/AMC. Au final, aucun scénario ne présente de VAN positive à50 ans. Seul le scénario n°1 s'en approche avec une VAN à 50 ans de -200 k€.

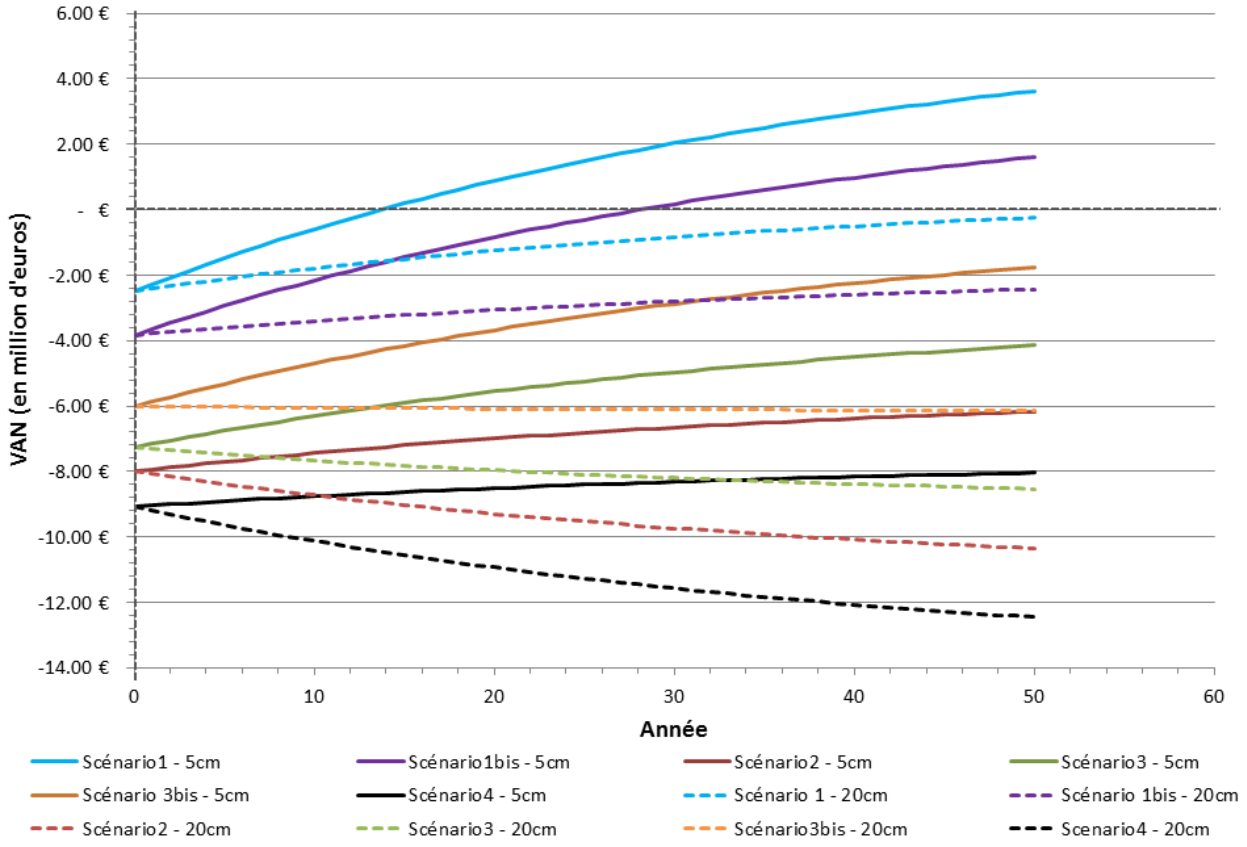


Figure 175 : VAN et tests de sensibilité à 50 ans pour les différents scénarios – premier plancher à +5 cm ou +20 cm par rapport au terrain naturel

Remarque : dans le cadre de l'analyse de sensibilité, le scénario n°5 (dispositif de protection individuelle) n'a pas été pris en compte.

6.5.3.2 Cas du scénario n°5 : mesures de réduction de la vulnérabilité

Dans le cadre de l'analyse coûts bénéfices présentée ci-avant (cf. paragraphe 6.5.1 page 230), l'hypothèse est faite que, pour les bâtis équipés de dispositifs de réduction de la vulnérabilité, la protection est garantie à 100%. Toutefois, cette hypothèse est forte car elle ne prend pas en compte certains facteurs comme :

- Le cas où des propriétaires sont dans l'incapacité de mettre en place les batardeaux,
- Bien que les bâtis soient protégés, la crue peut tout de même causer des dommages aux véhicules, aux garages ou éventuelles dépendances, etc.,
- Les murs des bâtis sont mis en eau, pouvant ainsi donner lieu à des problèmes d'humidités (notamment en cas de répétition des crues)…

Il est donc proposer de réaliser une analyse de sensibilité en supposant que les mesures de réduction de vulnérabilité ne sont pas à 100% efficace pour protéger les bâtis qui en sont équipés. Nous proposons de retenir un ratio de 50% d'efficacité. Au final, le « Dommage Evité Moyen Annuel » (DEMA), qui correspond a ce nouveau scénario est estimé à **DEMA = 79 k€/an**.

Le tableau suivant présente les résultats de l'ACB sous les 2 hypothèses, à savoir, les mesures de réduction de la vulnérabilité garantissent une protection des bâtis équipés à 100% ou bien à 50%.

Tests	VAN à 50 ans	B	C	B/C
Scénario 5 – protection garantie à 100%	2,0 M€	4,5 M€	2,5 M€	1,79
Scénario 5 – protection garantie à 50%	-0,27 M€	2,2 M€	2,5 M€	0,89

Tableau 71 : Tests de sensibilité et indicateurs synthétiques des différents scénarios

L'évolution de la VAN (valeur actualisée nette) en fonction du temps est fournie ci-après :

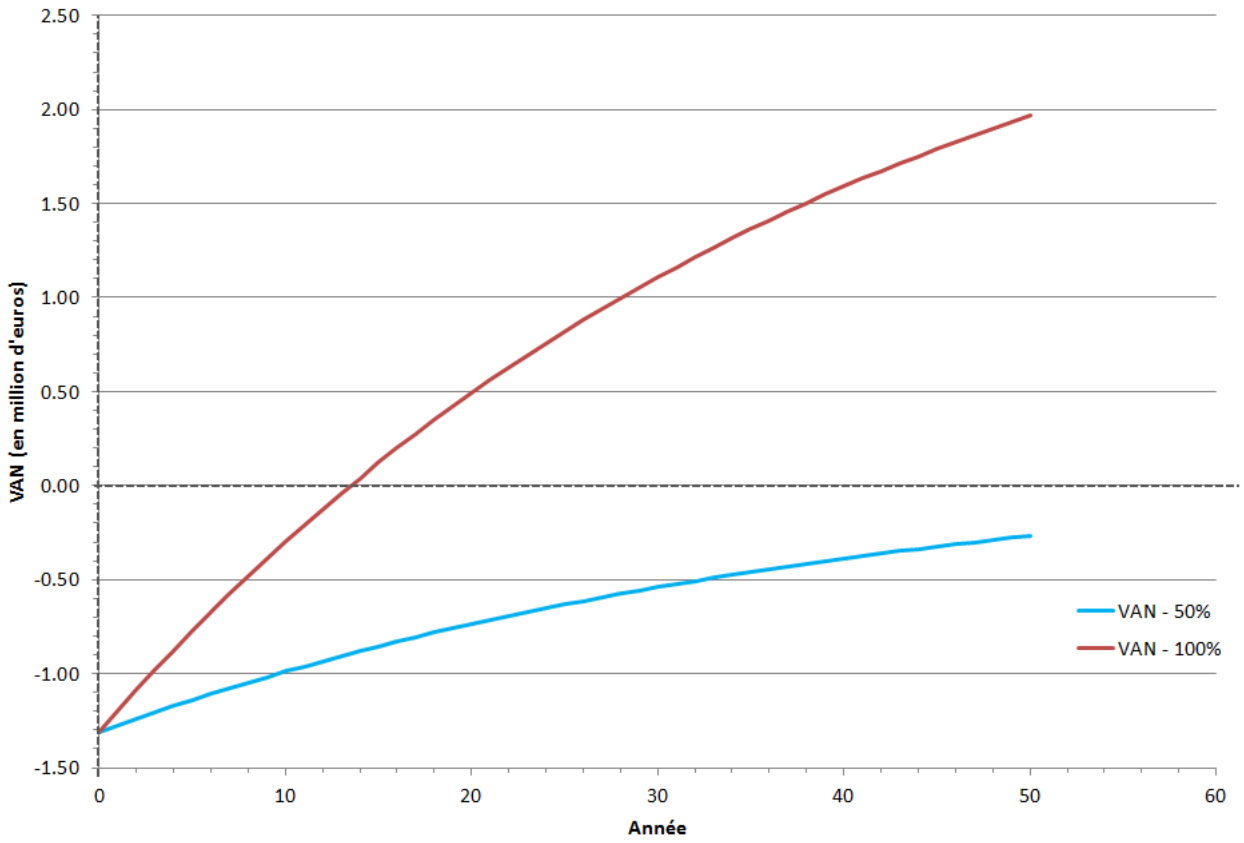


Figure 176 : Evolution de la VAN au cours du temps pour les scénarios étudiés

Dans le cas où les dispositifs de protection de la vulnérabilité garantirait une efficacité de la protection des bâtis équipés à 50%, la VAN à 50 ans serait négative (-267 k€).

<u>Remarque :</u> Il est également important de noter que la mise en œuvre de mesures de réduction de la vulnérabilité, plutôt qu'un aménagement hydraulique global, engendrera des dommages au mobilier urbain, à la voirie, etc. Ces éléments ne sont pas pris en compte dans le cadre de la présente étude.

6.6 Synthèse de l'ACB/AMC

Une ACB / AMC simplifiée a été réalisée sur plusieurs scénarios d'aménagements (cf. tableau et figure ci-dessous). Cette étude a permis d'évaluer les dommages en état de référence (état actuel) et les dommages évités et bénéfices des scénarios d'aménagements. Les bénéfices peuvent être :

- Monétarisés : logements, entreprises et agricultures,
- Non monétarisés : population et emploi.

Aménagements proposés	Scénario 1	Scénario 1 bis	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5
Digue en rive gauche de la Lèze en amont de Labarthe – ouvrage 3a	X	X	X	X	X	
Digue Aouzelous + Digue chemin d'Embourel		X				
Chenal de décharge en rive droite de la Lèze - ouvrage 4b			X		X	
Chenal de décharge en rive droite de la Lèze - ouvrage 4d				X		
Digue de protection du Vernet – ouvrage 5					X	
Dispositif individuel de réduction de la vulnérabilité						X

Tableau 72 : Scénarios pris en compte dans le cadre de l'ACB/AMC

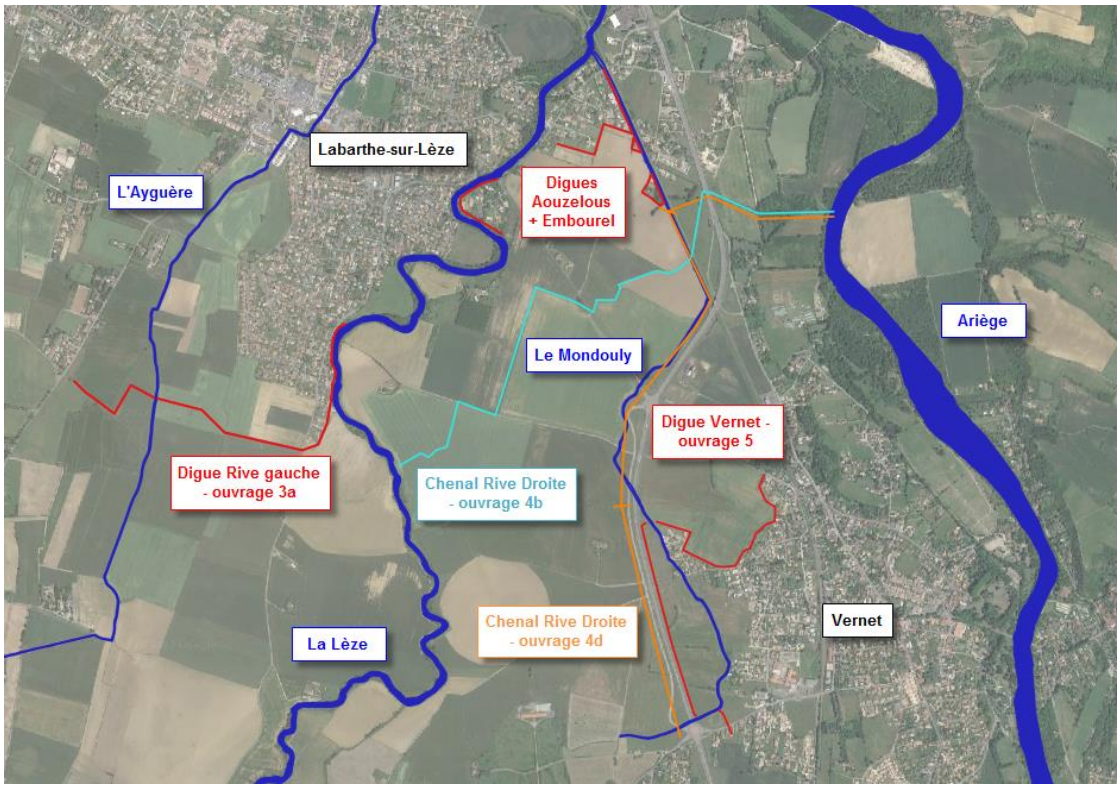


Figure 177 : Schéma des dispositifs de protections sur le territoire de la Lèze aval

Cette étude met en évidence le fait que le scénario n°1, constitué de la digue en rive gauche en amont de Labarthe-sur-Lèze, est efficace pour soustraire un grand nombre de personnes de la zone inondable de la Lèze, et serait économiquement avantageux.

Toutefois, comme observé au cours de l'étude hydraulique des scénarios d'aménagements (cf. paragraphe 5 page 123), le scénario n°1 est susceptible de surinonder certains secteurs en lit majeur rive droite de la Lèze (quartier des Aouzelous, chemin d'Embourel en amont du remblai ferroviaire). C'est pourquoi le scénario 1bis, bien que présentant un coût d'investissement initial plus important, peut être plus intéressant pour lutter efficacement contre les crues sans pour autant surinonder des zones à enjeux.

Il apparaît néanmoins que le niveau de premier plancher des bâtiments a une influence importante sur les résultats. En effet, un test de sensibilité a été réalisé sur les logements pour vérifier si la prise en compte d'une à deux marches (niveau de plancher 20 cm au-dessus du terrain naturel) était susceptible de modifier les résultats de l'ACB/AMC (hors scénario de réduction de la vulnérabilité). Les résultats montrent que l'ensemble des scénarios d'aménagement ne serait plus économiquement avantageux à 50 ans.

Les scénarios n°2, 3, 3bis et 4 ne sont pas avantageux économiquement, quelque soit le niveau de premier plancher considéré (5 cm ou 20 cm au-dessus du terrain naturel). En particulier, pour le scénario n°4, il y a une réduction notable des enjeux impactés par rapport aux autres scénarios jusqu'à la crue de dimensionnement des ouvrages (crue cinquantennale). Au-delà, l'ouvrage peut entraîner une surinondation sur certains secteurs par rapport à l'état actuel, qui est difficilement acceptable.

La mise en œuvre de mesures de réduction de la vulnérabilité (scénario n°5) peut s'avérer avantageuse économiquement. Ceci est essentiellement dû au fait que :

- Le coût initial d'acquisition de ce type de dispositif est faible (1,3 M€ pour l'ensemble des quatre communes avec les hypothèses prises en compte),
- Les hauteurs d'eau sur les zones à enjeux sont de manières générales faibles à moyennes (inférieures à 1 m), ce qui permet d'assurer une protection suffisante avec ce type de dispositif.

Ces dispositifs permettent également de protéger les bâtis exposés sur la commune de Lagardelle, ce qui n'est pas le cas des autres aménagements. De plus, il ne devrait pas avoir d'incidence sur les parcelles agricoles (pas de surinondation).

Toutefois, il est important de noter que ces dispositifs ne garantissent probablement pas une protection à 100% des bâtis équipés. En effet, les mesures de réduction de la vulnérabilité n'apportent pas la même garantie de protection qu'un aménagement hydraulique global :

- Incertitude sur le fait que les batardeaux soient posés « à temps » par les propriétaires,
- Les murs extérieurs des bâtiments sont mis en eau, ce qui pourrait occasionner des problèmes d'humidité des bâtis,
- Le mobilier urbain, les véhicules, les voiries, etc. demeurent impactés en crue.

De plus, la réduction de la vulnérabilité est réalisée à une date donnée, ce qui ne présage pas d'une utilisation ultérieure de niveaux inondables. Dans ce cas là, et malgré les dispositifs de protection, il pourrait y avoir une augmentation de la vulnérabilité des personnes et des biens au risque inondation.

Au final, au regard des différents scénarios testés et des résultats de l'ACB/AMC, les aménagements qui peuvent être recommandés sur le territoire de la Lèze aval sont :

- Le scénario n°1bis (digue en rive gauche + digues Aouzelous et Embourel), sous réserve de vérifier la cote de premier plancher des bâtis pour savoir si ce scénario est économiquement avantageux à l'horizon 50 ans,
- Le scénario n°5 (mesures de réduction de la vulnérabilité), qui, du fait des faibles investissements initiaux, est économiquement avantageux à l'horizon 50 ans.

Dans le cas présent, un dispositif de protection collective tel que le scénario n°1bis a tout son intérêt en zone urbaine ou en zone péri-urbaine.

ANNEXE 1 : CCTP CAMPAGNE TOPOGRAPHIQUE COMPLEMENTAIRE

ANNEXE 2 : RELEVES TOPOGRAPHIQUES COMPLEMENTAIRES

ANNEXE 3 : FICHE SHYREG DE LA LEZE A LABARTHE

ANNEXE 4 : CARTOGRAPHIE DES ZONES INONDEES POUR LES DIFFERENTS SCENARIOS

ANNEXE 5 : ESTIMATION DU COUTS DES TRAVAUX

Digue rive droite de la Lèze sur le quartier des Aouzelous – Ouvrage 2

N°	tâche	unité	prix unitaire	quantité	prix H.T.
1	**Maîtrise d'œuvre**				**15 106.05 €**
	Conception des ouvrages, Reconnaissance géotechnique, Topographie, Dossiers réglementaires	fft	10% travaux	1.0	15 106.05 €
2	**Acquisition foncière**				**139 920.00 €**
	Acquisition de foncier hors zone A ou N	m²	20 €	6996.0	139 920.00 €
3	**Construction des ouvrages**				**151 060.51 €**
	Frais généraux : installation de chantier, étude d'exécution, qualité, plans et recollement	fft	15% travaux	1.0	19 703.55 €
3a	**Construction digue en remblai**				**120 960.00 €**
	Remblai pour la construction de la digue	m3	35 €	3456.0	120 960.00 €
3b	**Construction mur béton en L de fermeture**				**5 396.97 €**
	Coffrages plans verticaux	m²	40 €	58.1	2 325.22 €
	Béton de structure	m3	180 €	10.2	1 843.05 €
	Armatures	kg	1.5 €	819.1	1 228.70 €
3c	**Mise en place d'un ouvrage de ressuyage en cas de surverse**				**5 000.00 €**
	Ouvrage de ressuyage	fft	5 000 €	1.0	5 000.00 €
			TOTAL		**306 086.56 €**
			aléa et non métré (15%)		**45 912.98 €**
			TOTAL avec aléa et non métré		**351 999.55 €**

Digue rive gauche de la Lèze en amont de Labarthe-sur-Lèze – Ouvrage 3a

N°	tâche	unité	prix unitaire	quantité	prix H.T.
1	**Maîtrise d'œuvre**				**186 362.10 €**
	Conception des ouvrages, Reconnaissance géotechnique, Topographie, Dossiers réglementaires	fft	10% travaux	1.0	186 362.10 €
2	**Acquisition foncière**				**110 712.00 €**
	Acquisition de foncier en zone A ou N	m²	2 €	37296.0	74 592.00 €
	Acquisition de foncier hors zone A ou N	m²	20 €	1806.0	36 120.00 €
3	**Construction des ouvrages**				**1 863 621.00 €**
	Frais généraux : installation de chantier, étude d'exécution, qualité, plans et recollement	fft	15% travaux	1.0	243 081.00 €
3a	**Construction digue en remblai**				**1 118 880.00 €**
	Remblai pour la construction de la digue	m3	35 €	31968.0	1 118 880.00 €
3b	**Construction mur béton en L de fermeture**				**363 780.00 €**
	Coffrages plans verticaux	m²	40 €	3870.0	154 800.00 €
	Béton de structure	m3	180 €	696.6	125 388.00 €
	Armatures	kg	1.5 €	55728.0	83 592.00 €
3c	**Construction du déversoir au droit de l'Ayguère - Mise en place du dallot**				**137 880.00 €**
	Coffrages plans verticaux	m²	40 €	72.0	2 880.00 €
	Béton de structure	m3	180 €	18.0	3 240.00 €
	Armatures	kg	1.5 €	1440.0	2 160.00 €
	Mise en œuvre enrochements bétonnés	m3	150 €	684.0	102 600.00 €
	Dalot béton	ml	1 500 €	18.0	27 000.00 €
			TOTAL		**2 160 695.10 €**
			aléa et non métré (15%)		**324 104.27 €**
			TOTAL avec aléa et non métré		**2 484 799.37 €**

Chenal de décharge rive droite de la Lèze – Ouvrage 4b

N°	tâche	unité	prix unitaire	quantité	prix H.T.
1	**Maîtrise d'œuvre**				**418 809.76 €**
	Conception des ouvrages, Reconnaissance géotechnique, Topographie, Dossiers réglementaires	fft	10% travaux	1.0	418 809.76 €
2	**Acquisition foncière**				**190 080.00 €**
	Acquisition de foncier en zone A ou N	m²	2 €	95040.0	190 080.00 €
3	**Construction des ouvrages**				**4 188 097.60 €**
	Frais généraux : installation de chantier, étude d'exécution, qualité, plans et recollement	fft	15% travaux	1.0	546 273.60 €
3a	**Construction du chenal**				**1 741 824.00 €**
	Déblai pour la construction du chenal	m3	12 €	145152.0	1 741 824.00 €
3b	**Création ouvrage de franchissement remblai ferroviaire**				**1 100 000.00 €**
	Création de l'ouvrage de franchissement sous remblai ferroviaire	fft	1 100 000 €	1.0	1 100 000.00 €
3c	**Création ouvrage de franchissement remblai routier**				**800 000.00 €**
	Création de l'ouvrage de franchissement sous remblai routier	fft	800 000 €	1.0	800 000.00 €
				TOTAL	**4 796 987.36 €**
				aléa et non métré (15%)	**719 548.10 €**
				TOTAL avec aléa et non métré	**5 516 535.46 €**

Chenal de décharge rive droite de la Lèze – Ouvrage 4d

N°	tâche	unité	prix unitaire	quantité	prix H.T.
1	**Maîtrise d'œuvre**				**342 321.92 €**
	Conception des ouvrages, Reconnaissance géotechnique, Topographie, Dossiers réglementaires	fft	10% travaux	1.0	342 321.92 €
2	**Acquisition foncière**				**394 919.57 €**
	Acquisition de foncier en zone A ou N	m²	2 €	81608.2	163 216.36 €
	Acquisition de foncier hors zone A ou N	m²	20 €	11585.2	231 703.20 €
3	**Construction des ouvrages**				**3 423 219.18 €**
	Frais généraux : installation de chantier, étude d'exécution, qualité, plans et recollement	fft	15% travaux	1.0	446 506.85 €
3a	**Construction du chenal**				**1 076 712.33 €**
	Déblai pour la construction du chenal	m3	12 €	89726.0	1 076 712.33 €
3b	**Création ouvrage de franchissement remblai ferroviaire**				**1 100 000.00 €**
	Création de l'ouvrage de franchissement sous remblai ferroviaire	fft	1 100 000 €	1.0	1 100 000.00 €
3c	**Création ouvrage de franchissement remblai routier**				**800 000.00 €**
	Création de l'ouvrage de franchissement sous remblai routier	fft	800 000 €	1.0	800 000.00 €
				TOTAL	**4 160 460.66 €**
				aléa et non métré (15%)	**624 069.10 €**
				TOTAL avec aléa et non métré	**4 784 529.76 €**

Digue de protection du Vernet – Ouvrage 5

N°	tâche	unité	prix unitaire	quantité	prix H.T.
1	**Maîtrise d'œuvre**				**78 006.43 €**
	Conception des ouvrages, Reconnaissance géotechnique, Topographie, Dossiers réglementaires	fft	10% travaux	1.0	78 006.43 €
2	**Acquisition foncière**				**79 862.40 €**
	Acquisition de foncier en zone A ou N	m²	2 €	39931.2	79 862.40 €
3	**Construction des ouvrages**				**780 064.32 €**
	Frais généraux : installation de chantier, étude d'exécution, qualité, plans et recollement	fft	15% travaux	1.0	101 747.52 €
3a	**Construction digue en remblai**				**581 716.80 €**
	Remblai pour la construction de la digue	m3	35 €	16620.5	581 716.80 €
3b	**Construction du déversoir**				**96 600.00 €**
	Coffrages plans verticaux	m²	40 €	48.0	1 920.00 €
	Béton de structure	m3	180 €	12.0	2 160.00 €
	Armatures	kg	1.5 €	960.0	1 440.00 €
	Mise en œuvre enrochements bétonnés	m3	150 €	398.4	59 760.00 €
	Dalot béton	ml	1 500 €	20.9	31 320.00 €
				TOTAL	**937 933.15 €**
				aléa et non métré (15%)	**140 689.97 €**
				TOTAL avec aléa et non métré	**1 078 623.12 €**

Digue rive gauche de la Lèze en amont de Labarthe-sur-Lèze – Ouvrage 3a + Chenal de décharge rive droite de la Lèze – Ouvrage 4d

N°	tâche	unité	prix unitaire	quantité	prix H.T.
1	**Maîtrise d'œuvre**				**429 423.38 €**
	Conception des ouvrages, Reconnaissance géotechnique, Topographie, Dossiers réglementaires	fft	10% travaux	1.0	429 423.38 €
2	**Acquisition foncière**				**505 631.57 €**
	Acquisition de foncier en zone A ou N	m²	2 €	118904.2	237 808.36 €
	Acquisition de foncier hors zone A ou N	m²	20 €	13391.2	267 823.20 €
3	**Construction des ouvrages**				**4 294 233.78 €**
	Frais généraux : installation de chantier, étude d'exécution, qualité, plans et recollement	fft	15% travaux	1.0	560 117.45 €
3a	**Construction chenal**				**693 096.33 €**
	Déblai pour la construction du chenal	m3	12 €	57758.0	693 096.33 €
3b	**Création ouvrage de franchissement remblai ferroviaire**				**1 100 000.00 €**
	Création de l'ouvrage de franchissement sous remblai ferroviaire	fft	1 100 000 €	1.0	1 100 000.00 €
3c	**Création ouvrage de franchissement remblai routier**				**800 000.00 €**
	Création de l'ouvrage de franchissement sous remblai routier	fft	800 000 €	1.0	800 000.00 €
3d	**Construction digue en remblai**				**639 360.00 €**
	Remblai pour la construction de la digue	m3	20 €	31968.0	639 360.00 €
3e	**Construction mur béton en L de fermeture**				**363 780.00 €**
	Coffrages plans verticaux	m²	40 €	3870.0	154 800.00 €
	Béton de structure	m3	180 €	696.6	125 388.00 €
	Armatures	kg	1.5 €	55728.0	83 592.00 €
3f	**Construction du déversoir au droit de l'Ayguère - Mise en place du dallot**				**137 880.00 €**
	Coffrages plans verticaux	m²	40 €	72.0	2 880.00 €
	Béton de structure	m3	180 €	18.0	3 240.00 €
	Armatures	kg	1.5 €	1440.0	2 160.00 €
	Mise en œuvre enrochements bétonnés	m3	150 €	684.0	102 600.00 €
	Dalot béton	ml	1 500 €	18.0	27 000.00 €
			TOTAL		**5 229 288.72 €**
			aléa et non métré (15%)		**784 393.31 €**
			TOTAL avec aléa et non métré		**6 013 682.03 €**

Digue sur le secteur du chemin d'Embourel en complément de la digue rive gauche de la Lèze – Scénario1bis

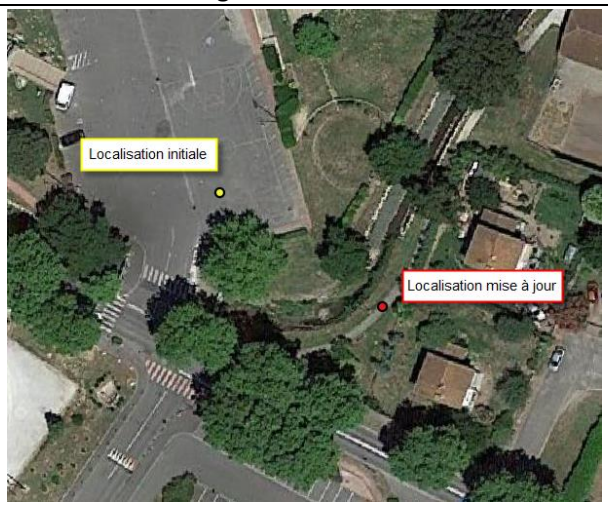
N°	tâche	unité	prix unitaire	quantité	prix H.T.
1	**Maîtrise d'œuvre**				**77 288.76 €**
	Conception des ouvrages, Reconnaissance géotechnique, Topographie, Dossiers réglementaires	fft	10% travaux	1.0	77 288.76 €
2	**Acquisition foncière**				**71 078.40 €**
	Acquisition de foncier en zone A ou N	m²	2 €	13759	27 518.40 €
	Acquisition de foncier hors zone A ou N	m²	20 €	2178.0	43 560.00 €
3	**Construction des ouvrages**				**772 887.63 €**
	Frais généraux : installation de chantier, étude d'exécution, qualité, plans et recollement	fft	15% travaux	1.0	100 811.43 €
3a	**Construction digue en remblai**				**367 000.20 €**
	Remblai pour la construction de la digue	m3	35 €	10485.7	367 000.20 €
3b	**Construction mur béton en L de fermeture**				**232 896.00 €**
	Coffrages plans verticaux	m²	40 €	2949.6	117 984.00 €
	Béton de structure	m3	180 €	383.0	68 947.20 €
	Armatures	kg	1.5 €	30643.2	45 964.80 €
3c	**Construction du déversoir**				**72 180.00 €**
	Coffrages plans verticaux	m²	40 €	36.0	1 440.00 €
	Béton de structure	m3	180 €	18.0	3 240.00 €
	Armatures	kg	1.5 €	1440.0	2 160.00 €
	Mise en œuvre enrochements bétonnés	m3	150 €	435.6	65 340.00 €
			TOTAL		**921 254.79 €**
			aléa et non métré (15%)		**138 188.22 €**
			TOTAL avec aléa et non métré		**1 059 443.01 €**

ANNEXE 6 : RE-LOCALISATION DES REPERES DE CRUE DE JUIN 2000

Repère RCn°1
Chemin des Mounasses
Lagardelle-sur-Lèze

Repère RCn°7
Polyclinique de la Lèze
Lagardelle-sur-Lèze

Repère RCn°8
Chemin du Pradalot
Lagardelle-sur-Lèze



Repère RCn°12
Rue des Genêts
Labarthe-sur-Lèze

Repère RCn°10
Chemin de Lagardelle
Labarthe-sur-Lèze

ANNEXE 7 : METHODE DE CALCUL DES DOMMAGES POUR L'ACB

Cette annexe vise à détailler la méthodologie utilisée afin d'estimer les dommages pour les 4 scénarios d'inondation sur le périmètre à l'étude.

Les courbes d'endommagement nationales sont utilisées, issues de la référence bibliographique :

Analyse multi-critères, application aux mesures de prévention des inondations, cahier des charges, DGPR MEDDE, juillet 2014

Logements :

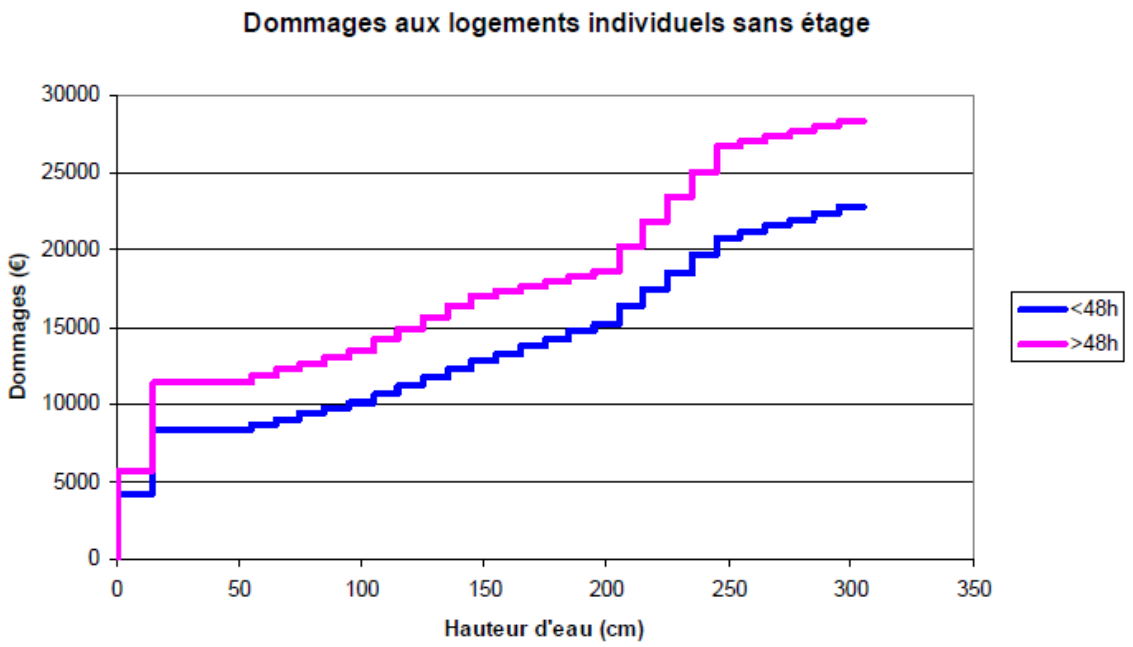
Pour déterminer les dommages liés aux logements, les données de la BDTOPO sont utilisées. Dans un premier temps, l'ensemble des logements sur le territoire a été identifié. Puis, pour chaque logement, sont caractérisés :

- Le type de logement : individuel / collectif,
- La présence ou non d'un étage pour les logements individuels.

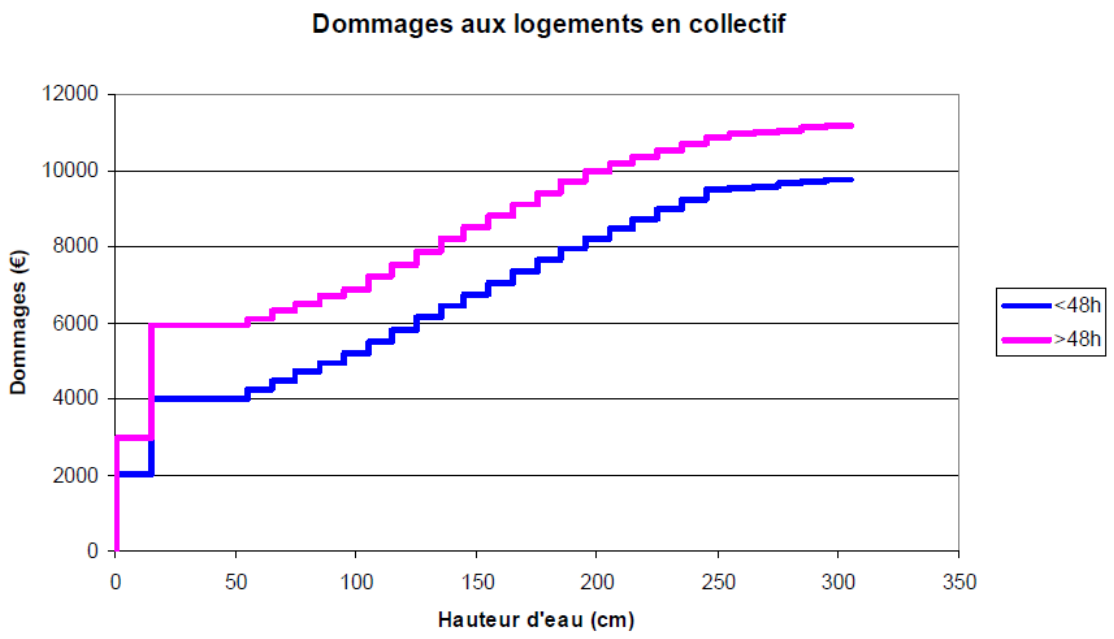
Dans le cadre de l'étude, les sous sols, dépendances ou autres locaux techniques ne seront pas intégrés dans le calcul des dommages.

Ces données sont ensuite spatialisées en utilisant un logiciel SIG, et les hauteurs d'eau au droit de chaque bâtiment peuvent être projetées.

Chaque entité de bien renseignée par la BDTOPO est utilisée lors de l'estimation des dommages à partir des courbes d'endommagement (qui comprennent l'estimation des coûts au bâti et au mobilier).



Exemple de courbe de dommages aux logements individuels



Exemple de courbe de dommages aux logements collectifs

Entreprises

Les données utilisées pour l'estimation des dommages aux entreprises sont la BD SIRENE de 2014. On sélectionne à partir de cette couche SIG toutes les entreprises en zone inondable, en les distinguant selon leur activité (code NAF). Puis on affecte à chaque entreprise la cote d'eau correspondante. Ainsi, en utilisant la courbe d'endommagement nationale des dommages liés aux entreprises selon le code NAF et l'aléa (hauteur d'eau et durée de submersion), on obtient une estimation des dommages pour chaque crue étudiée.

Remarque : Nous trouvons des problèmes liés aux adressages des données puisque certaines entreprises se situent au milieu d'une rue et non directement sur un bâtiment. Il est donc difficile d'affecter un bâtiment (issu de la BD topo) à ces commerces.

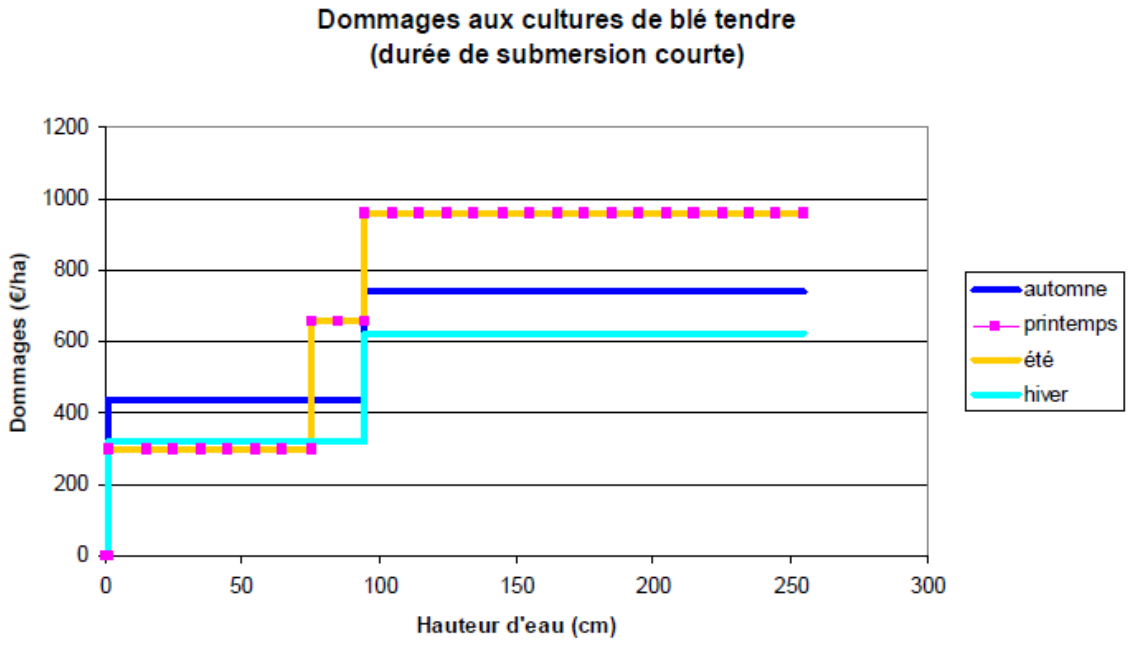
Agriculture

L'estimation des dommages aux parcelles agricoles a été réalisée à partir des couches SIG suivante RPG 2012 (mise à jour en 2014 sur le département de la Haute Garonne).

Le tableau suivant présente la relation entre la couche RPG disponible et la typologie des parcelles agricoles des courbes d'endommagement nationales.

Typologie RPG	Courbes d'endommagement	Correspondance
Blé dur hiver	4	Autres céréales
Blé tendre hiver	1	Blé tendre
Carotte	11	Légumes-fleurs
Colza d'hiver	5	Colza
Féveroles	11	Légumes-fleurs
Haricot	11	Légumes-fleurs
Landes et parcours	12	Fourrage
Légumes de plein champ	11	Légumes-fleurs
Maïs	2	Mais grain et ensilage
Maïs semence	2	Mais grain et ensilage
Maraichage	11	Légumes-fleurs
Maraichage sauf terre, tunnels et hors sol	11	Légumes-fleurs
Maraichage sous terre et tunnels sauf hors sol	11	Légumes-fleurs
Orge d'hiver	3	Orge
Orge de printemps	3	Orge
Prairie permanente (non intégrée dans une rotation)	18	Prairies permanentes
Prairie temporaire (entrant dans une rotation)	19	Prairies temporaires
Prairie temporaire de plus de 5 ans	19	Prairies temporaires
Soja	4	Autres céréales
Sorgho	4	Autres céréales
Tournesol	6	Tournesol
Triticale	4	Autres céréales
Vignes : raisins de cuve	10	Vignes

La saison de printemps a été retenue comme hypothèse pour l'occurrence de l'inondation pour l'évaluation des dommages aux parcelles.



Exemple de courbes de dommages aux cultures (blé tendre)

Dans un premier temps, les parcelles inondées ont été découpées par les différentes emprises de zone inondable. Ainsi la hauteur d'eau a été moyennée à la surface de la parcelle inondée.

A noter que les estimations de dommages agricoles ne concernent que les dommages directs aux parcelles, hors dommages aux bâtiments agricoles, au stock et équipements ou au cheptel.