

**BRIOUDE**  
**SUD AUVERGNE**  
Communauté de Communes

# Etude de dangers

## Système d'endiguement de Lamothe (43)



Rapport n° 134070/ version A – Octobre 2025

# Fiche signalétique

Etude de dangers  
Système d'endiguement de Lamothe (43)

## CLIENT

Communauté de Communes Brioude Sud Auvergne

Rue du 21 juin 1944 - BP 55  
43 102 BRIOUDE  
Tel : 04-71-50-89-10  
Fax : 04-71-50-89-11  
[accueil@cc-brivadois.fr](mailto:accueil@cc-brivadois.fr)

## RAPPORT D'ANTEA GROUP

Responsable du projet	Romain DE BORTOLI
Interlocuteur commercial	Romain DE BORTOLI
Thématique principale	Aménagements hydrauliques et inondations
Rapport n°	134070
Version n°	A
Projet n°	AUVP230177

	Nom	Fonction	Date
Rédaction	Pauline MAISONNEUVE	Ingénieure d'études	Octobre 2025
Vérification	Pauline BROUTY Romain DE BORTOLI	Ingénieure de projets Chef de projet	Octobre 2025
Validation	Stéphane BERNARD-PEYRE	Expert hydraulique	Octobre 2025

# Sommaire

Résumé non-technique .....	13
0.1. Présentation du gestionnaire du système d'endiguement .....	13
0.2. Description succincte du système d'endiguement .....	13
0.3. Fonctions du système d'endiguement .....	15
0.4. Zone protégée et niveau de protection associé.....	15
0.5. Fonctionnement du système d'endiguement en période de montée des eaux.....	16
0.5.1. Scénario 1 : Fonctionnement normal du système d'endiguement .....	17
0.5.2. Scénario 2 : Défaillance fonctionnelle du système d'endiguement .....	23
0.5.3. Scénario 3 : Défaillance structurelle du système d'endiguement.....	23
0.5.4. Scénario 4 : Comportement du système d'endiguement pour l'aléa de référence du PPRI ..	26
1. Renseignements administratifs .....	28
1.1. Identification du gestionnaire du système d'endiguement .....	28
1.2. Identification de l'organisme rédacteur de l'étude de dangers.....	28
1.3. Rappel des autorisations existantes en lien avec le système d'endiguement .....	29
1.4. Remise de l'étude de dangers au Préfet .....	29
2. Objet de l'étude.....	30
2.1. Cadre dans lequel s'inscrit l'étude de dangers.....	30
2.2. Commune concernée par la zone protégée .....	31
2.3. Localisation de la zone protégée.....	32
2.4. Localisation et description des ouvrages .....	33
3. Description précise de la zone protégée, du système d'endiguement, de son environnement et de ses fonctions de protection contre les inondations .....	35
3.1. Zone protégée .....	35
3.2. Description des conditions naturelles pouvant conduire à des crues et des conditions de fondation des ouvrages et des sollicitations s'exerçant sur ces fondations .....	37
3.2.1. Description des principaux facteurs naturels.....	37
3.2.2. Références scientifiques .....	37
3.2.3. Données historiques .....	38
3.2.4. Synthèse de l'étude géologique.....	38
3.3. Description des éléments composant le système de protection et leurs fonctions hydrauliques .....	39
3.3.1. Identification des cours d'eau .....	39

3.3.2.	Plan d'ensemble du système d'endiguement .....	40
3.3.3.	Localisation et caractéristiques des éléments constituant le système d'endiguement .....	41
3.3.4.	Présentation globale du système d'endiguement .....	44
3.3.5.	Présentation détaillée du système d'endiguement .....	45
3.3.6.	Localisation des aménagements hydrauliques .....	49
3.3.7.	Présentation et analyse critique des données topographiques disponibles et leur précision	49
3.4.	Analyse du fonctionnement du système d'endiguement, analyse des risques de rupture, niveau de protection, analyse de l'organisation du gestionnaire et gestion en situation de crue .....	50
3.4.1.	Données historiques .....	50
3.4.2.	Comportement structurel .....	51
3.4.3.	Impact des aménagement(s) hydraulique(s) .....	52
3.4.4.	Niveau de protection .....	52
3.4.5.	Situations pouvant survenir pour des niveaux dépassant les performances du système .....	53
3.4.6.	Organisation du gestionnaire .....	53
4.	Caractérisation des aléas naturels .....	56
4.1.	Hydrologie, hydraulique et morphodynamique globale du cours d'eau à l'échelle du système d'endiguement .....	56
4.1.1.	Hydrologie globale .....	56
4.1.2.	Hydraulique globale .....	58
4.1.3.	Morphodynamique globale .....	59
4.2.	Hydrologie, hydraulique et morphodynamique locale des éléments du système d'endiguement .....	60
4.2.1.	Hydrologie locale .....	60
4.2.2.	Hydraulique locale .....	66
4.2.3.	Morphologie locale .....	85
4.3.	Embâcles .....	87
4.4.	Transport solide .....	87
4.5.	Aléa tempête .....	87
4.6.	Laves et crues torrentielles .....	88
4.7.	Submersion marine .....	89
4.8.	Phénomènes géologiques et géotechniques .....	89
4.8.1.	Contexte géologique .....	89
4.8.2.	Aléa sismique .....	91
4.8.3.	Retrait-gonflement des argiles .....	91
4.8.4.	Cavités souterraines .....	93
5.	Description du système d'endiguement .....	94
5.1.	Ouvrages existants .....	94

5.1.1.	Tronçons de digues .....	95
5.1.2.	Autres ouvrages en remblai (hors système d'endiguement) .....	107
5.1.3.	Ouvrages, réseaux et instrumentation .....	109
5.2.	Ouvrages à construire ou à modifier .....	111
5.3.	Description fonctionnelle du système d'endiguement .....	111
6.	Retour d'expérience concernant la zone protégée et le système d'endiguement .....	114
6.1.	Incidents et accidents survenus sur le système d'endiguement.....	114
6.1.1.	Crue de septembre 1866.....	114
6.1.2.	Crue de novembre 1994.....	114
6.1.3.	Crue de décembre 2003.....	114
6.1.4.	Crue de novembre 2008.....	115
6.1.5.	Crues récentes .....	115
6.2.	Incidents et accidents survenus sur des ouvrages de même type .....	115
6.2.1.	Retour d'expérience Aramon Gard, 2002 .....	115
6.2.2.	Retour d'expérience sur les digues du Rhône en terre .....	116
6.2.3.	Retour d'expérience sur d'autres systèmes d'endiguement .....	117
6.3.	Scénarios de défaillance pouvant être mis en évidence par l'étude d'accidentologie .....	117
7.	Diagnostic approfondi des éléments constitutifs du système d'endiguement et tenue des ouvrages .....	119
7.1.	Description et analyse des scénarios de défaillance potentiels.....	119
7.1.1.	Rupture par surverse .....	119
7.1.2.	Rupture par érosion externe.....	120
7.1.3.	Rupture par érosion interne .....	120
7.1.4.	Rupture par glissement.....	121
7.2.	Synthèse des investigations effectuées .....	122
7.2.1.	Etudes existantes .....	122
7.2.2.	Visite Technique Approfondie (VTA).....	123
7.2.3.	Investigations/études géotechniques .....	130
7.3.	Etude des défaillances structurelles du système d'endiguement.....	146
7.3.1.	Rupture par surverse .....	146
7.3.2.	Rupture par érosion externe.....	148
7.3.3.	Rupture par glissement.....	149
7.3.4.	Rupture par érosion interne .....	150
7.3.5.	Synthèse sur la performance du système d'endiguement .....	151
8.	Etude des risques de venues d'eau dans et en dehors de la zone protégée .....	152
8.1.	Scénario 1 : Fonctionnement nominal du système d'endiguement .....	152
8.1.1.	Scénario 1a - Tronçon n°3 - $Q_5 = 494 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	152

8.1.2. Scénario 1b - Tronçons n°1 et 2 - $Q_{10} = 785 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	155
8.2. Scénario 2 : Défaillance fonctionnelle du système d'endiguement.....	158
8.3. Scénario 3 : Défaillance structurelle du système d'endiguement.....	158
8.4. Scénario 4 : Prise en compte de l'évènement de référence du PPRI.....	161
9. Présentation et analyse de l'organisation mise en place par le gestionnaire pour l'exercice de ses missions.....	162
9.1. Organisation du gestionnaire.....	162
9.2. Consignes écrites.....	162
9.3. Définition des procédures de surveillance.....	165
9.3.1. Surveillance hors crue.....	165
9.3.2. Surveillance en période de crue.....	165
9.3.3. Surveillance post-crue.....	166
9.4. Moyens d'information sur les crues.....	167
9.5. Procédures d'information et de communication avec les autorités compétentes.....	167
9.6. Dispositions prises par le responsable pour s'assurer en permanence du respect des procédures, auditer et réviser son organisation de gestion du système d'endiguement.....	167
9.7. Rôle(s) de barrière de sécurité.....	168
9.8. Analyse de l'adéquation des moyens humains et de l'organisation mise en place par le gestionnaire.....	169
9bis Recommandations de l'organisme agréé qui réalise l'étude de dangers.....	171
10. Cartographie.....	173

## Table des annexes

Annexe 1 : Annexe bibliographique.....	176
Annexe 2 : Visite Technique Approfondie 2023 de la digue de Lamothe (source : Antea Group, janvier 2024).....	178
Annexe 3 : Diagnostic géotechnique – Mission G5 (source : SEMOPHI, juin 2025).....	179

## Table des figures

Figure 1 : Plan d'ensemble du système d'endiguement de Lamothe .....	14
Figure 2 : Zone protégée associée aux différents niveaux de protection du système d'endiguement	16
Figure 3 : Hauteurs d'eau - Scénario 1a (fonctionnement nominal) Tronçon 3 – $Q_5 = 494 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	18
Figure 4 : Vitesses d'écoulement - Scénario 1a (fonctionnement nominal) Tronçon 3 – $Q_5 = 494 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	19
Figure 5 : Dangérosité des eaux - Scénario 1a (fonctionnement nominal) – $Q_5 = 494 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	20
Figure 6 : Hauteurs d'eau - Scénario 1b (fonctionnement nominal) - $Q_{10} = 785 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	21
Figure 7 : Vitesses d'écoulement - Scénario 1b (fonctionnement nominal) - $Q_{10} = 785 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	22
Figure 8 : Dangérosité des eaux - Scénario 1b (fonctionnement nominal) - $Q_{10} = 785 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	23
Figure 9 : Hauteurs d'eau - Scénario 3 (défaillance structurelle) - $Q_{50} = 1501 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	24
Figure 10 : Vitesses d'écoulements - Scénario 3 (défaillance structurelle) - $Q_{50} = 1501 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	25
Figure 11 : Dangérosité des eaux - Scénario 3 (défaillance structurelle) - $Q_{50} = 1501 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	26
Figure 12 : Commune concernée par la zone protégée du système d'endiguement de Lamothe .....	32
Figure 13 : Zone protégée associée aux différents niveaux de protection du système d'endiguement .....	33
Figure 14 : Système d'endiguement de Lamothe et son environnement.....	34
Figure 15 : Communauté de Communes Brioude Sud Auvergne dans le département de Haute-Loire et localisation de la commune de Lamothe .....	36
Figure 16 : Extrait de la carte géologique au 1/50 000 du secteur .....	39
Figure 17 : Réseau hydrographique au droit du système d'endiguement de Lamothe.....	40
Figure 18 : Plan d'ensemble du système d'endiguement de Lamothe .....	41
Figure 19 : Tronçon n°1 et accès .....	42
Figure 20 : Tronçon n°2 et accès .....	43
Figure 21 : Tronçon n°3 et accès .....	44
Figure 22 : Profil en long du système d'endiguement de Lamothe et sollicitations hydrauliques .....	45
Figure 23 : Coupe type du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 1 / Section a (T1a).....	46
Figure 24 : Coupe type du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 1 / Section b (T1b) .....	47
Figure 25 : Coupe type du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 1 / Section c (T1c) .....	47
Figure 26 : Coupe type du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 2 / Section a (T2a).....	47
Figure 27 : Coupe type du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 2 / Section b (T2b) .....	48
Figure 28 : Coupe type du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 2 / Section c (T2c) .....	48
Figure 29 : Coupe type du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 3 / Section a (T3a).....	48
Figure 30 : Coupe type du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 3 / Section b (T3b) .....	49
Figure 31 : Coupe type du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 3 / Section c (T3c) .....	49
Figure 32 : Débits moyens mensuels de l'Allier à Vieille-Brioude entre 1919 et 1921 (Source : HydroPortail) .....	56
Figure 33 : Bassin versant de l'Allier au droit du secteur d'étude (source : <a href="https://shyreg.recover.inrae.fr/">https://shyreg.recover.inrae.fr/</a> ).....	57
Figure 34 : Contexte hydraulique global (source : PPRI de l'Allier Brivardois).....	58
Figure 35 : Divagation du lit de l'Allier entre 1898 et 1934 (Source : BRLi) .....	59
Figure 36 : Stations hydrométriques à proximité du secteur d'étude .....	63
Figure 37 : Carte de zonage du PPRI de l'Allier Brivardois.....	68
Figure 38 : Scénario de rupture de digue PPRI – Hauteur d'eau maximale (source : BRL Ingénierie, 2017).....	69
Figure 39 : Scénario de rupture de digue PPRI – Vitesse d'eau maximale (source : BRL Ingénierie, 2017).....	70

Figure 40 : Emprise du modèle hydraulique .....	71
Figure 41 : MNT global généré sur l'emprise du modèle hydraulique.....	72
Figure 42 : Extrait du maillage du modèle hydraulique .....	73
Figure 43 : Modélisation du viaduc de la Bageasse sous HEC-RAS .....	74
Figure 44 : Localisation des laisses de crue de novembre 2008 .....	76
Figure 45 : Hydrogrammes de la crue de mai 2008 .....	77
Figure 46 : Lignes d'eau au droit du système d'endiguement de Lamothe .....	78
Figure 47 : Hauteurs d'eau pour Q = 494 m <sup>3</sup> /s (T = 5 ans) .....	79
Figure 48 : Hauteurs d'eau pour Q = 785 m <sup>3</sup> /s (T = 10 ans) .....	80
Figure 49 : Hauteurs d'eau pour Q = 1065 m <sup>3</sup> /s (T = 20 ans) .....	81
Figure 50 : Hauteurs d'eau pour Q = 1225 m <sup>3</sup> /s (T = 30 ans) .....	82
Figure 51 : Hauteurs d'eau pour Q = 1501 m <sup>3</sup> /s (T = 50 ans) .....	83
Figure 52 : Hauteurs d'eau pour Q = 1996 m <sup>3</sup> /s (T = 100 ans) .....	84
Figure 53 : Evolution planimétrique de l'Allier au droit du système d'endiguement de Lamothe depuis le XVIII <sup>ème</sup> siècle (source : cartes IGN : <a href="https://remonterletemps.ign.fr/">https://remonterletemps.ign.fr/</a> ) .....	86
Figure 54 : Extrait de la carte des records absolus de vent en rafale enregistrés (source : meteociel) .....	88
Figure 55 : Extrait de la carte géologique au 1/50 000 du secteur .....	90
Figure 56 : Carte de la sismicité en France.....	91
Figure 57 : Carte de l'aléa retrait-gonflement des argiles au droit du système d'endiguement de Lamothe (source : BRGM) .....	92
Figure 58 : Système d'endiguement de Lamothe et son environnement.....	95
Figure 59 : Tronçon n°1 du système d'endiguement de Lamothe .....	96
Figure 60 : Coupe type du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 1 / Section a (T1a).....	96
Figure 61 : Vues du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 1 / Section a (T1a) .....	97
Figure 62 : Ouvrage en béton encastré côté zone protégée.....	97
Figure 63 : Coupe type du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 1 / Section b (T1b) .....	98
Figure 64 : Vues du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 1 / Section b (T1b) .....	98
Figure 65 : Coupe type du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 1 / Section c (T1c) .....	98
Figure 66 : Vues du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 1 / Section c (T1c).....	99
Figure 67 : Tronçon n°2 du système d'endiguement de Lamothe .....	100
Figure 68 : Coupe type du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 2 / Section a (T2a).....	100
Figure 69 : Vues du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 2 / Section a (T2a) .....	101
Figure 70 : Coupe type du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 2 / Section b (T2b) .....	101
Figure 71 : Vues du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 2 / Section b (T2b) .....	102
Figure 72 : Coupe type du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 2 / Section c (T2c) .....	102
Figure 73 : Vues du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 2 / Section c (T2c).....	103
Figure 74 : Tronçon n°3 du système d'endiguement de Lamothe .....	104
Figure 75 : Coupe type du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 3 / Section a (T3a).....	105
Figure 76 : Vues du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 3 / Section a (T3a) .....	105
Figure 77 : Coupe type du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 3 / Section b (T3b) .....	106
Figure 78 : Vues du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 3 / Section b (T3b) .....	106
Figure 79 : Ouvrage en béton encastré côté zone protégée.....	106
Figure 80 : Coupe type du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 3 / Section c (T3c) .....	107
Figure 81 : Vues du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 3 / Section c (T3c).....	107
Figure 82 : Vues du merlon en rive droite du Ternivol.....	108
Figure 83 : Contexte topographique du merlon en rive droite du Ternivol.....	108
Figure 84 : Contexte topographique du rond-point du pont de Lamothe .....	109
Figure 85 : Pont de Lamothe .....	110
Figure 86 : Regard Telecom et fossé en U en béton au niveau du tronçon T1a .....	110

Figure 87 : Echelle limnimétrique présente sur la pile rive gauche du pont de Lamothe .....	111
Figure 88 : Hauteurs d'eau pour $Q = 494 \text{ m}^3/\text{s}$ ( $T = 5 \text{ ans}$ ) .....	112
Figure 89 : Hauteurs d'eau pour $Q = 785 \text{ m}^3/\text{s}$ ( $T = 10 \text{ ans}$ ) .....	113
Figure 90 : Différents modes de rupture classiques de digues .....	119
Figure 91 : Arbre de défaillance simplifié d'un scénario de rupture de digue par surverse .....	120
Figure 92 : Arbre de défaillance simplifié d'un scénario de rupture de digue par érosion externe en pied de talus .....	120
Figure 93 : Arbre de défaillance simplifié d'un scénario de rupture de digue par érosion interne ....	121
Figure 94: Arbre de défaillance simplifié d'un scénario de rupture de digue par glissement côté zone protégée .....	121
Figure 95 : Arbre de défaillance simplifié d'un scénario de rupture de digue par glissement côté cours d'eau .....	121
Figure 96 : Principaux désordres observés au droit du système d'endiguement de Lamothe .....	125
Figure 97 : Cartographie des observations par type (à gauche) et par degré de gravité (à droite) - partie 1 (source : VTA 2024, Antea Group) .....	126
Figure 98 : Cartographie des observations par type (à gauche) et par degré de gravité (à droite) - partie 2 (source : VTA 2024, Antea Group) .....	127
Figure 99 : Cartographie des observations par type (à gauche) et par degré de gravité (à droite) - partie 3 (source : VTA 2024, Antea Group) .....	128
Figure 100 : Cartographie des observations par type (à gauche) et par degré de gravité (à droite) - partie 4 (source : VTA 2024, Antea Group) .....	129
Figure 101 : Plan d'implantation des investigations géotechniques 1/4 (source : SEMOPHI) .....	131
Figure 102 : Plan d'implantation des investigations géotechniques 2/4 (source : SEMOPHI) .....	132
Figure 103 : Plan d'implantation des investigations géotechniques 3/4 (source : SEMOPHI) .....	133
Figure 104 : Plan d'implantation des investigations géotechniques 4/4 (source : SEMOPHI) .....	134
Figure 105 : Localisation des anomalies géophysiques (source : SEMOPHI) .....	139
Figure 106 : Localisation des profils étudiés (source : SEMOPHI) .....	140
Figure 107 : Profil P1 retenu dans la suite de l'étude (source : SEMOPHI) .....	141
Figure 108 : Profil P2 retenu dans la suite de l'étude (source : SEMOPHI) .....	141
Figure 109 : Profil P3 retenu dans la suite de l'étude (source : SEMOPHI) .....	142
Figure 110 : Profil P4 retenu dans la suite de l'étude (source : SEMOPHI) .....	142
Figure 111 : Les 4 modes d'érosion interne (source : projet ERINOH) .....	144
Figure 112 : Niveau de sollicitation à la surverse .....	147
Figure 113 : Lignes d'eau au droit du système d'endiguement de Lamothe .....	147
Figure 114 : Hauteurs d'eau - Scénario 1a (fonctionnement nominal T3) – $Q_5 = 494 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	153
Figure 115 : Vitesses d'écoulement - Scénario 1a (fonctionnement nominal T3) – $Q_5 = 494 \text{ m}^3/\text{s}$ ....	154
Figure 116 : Dangerosité des eaux - Scénario 1a (fonctionnement nominal) – $Q_5 = 494 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	155
Figure 117 : Hauteurs d'eau - Scénario 1b (fonctionnement nominal) - $Q_{10} = 785 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	156
Figure 118 : Vitesses d'écoulement - Scénario 1b (fonctionnement nominal) - $Q_{10} = 785 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	157
Figure 119 : Dangerosité des eaux - Scénario 1b (fonctionnement nominal) - $Q_{10} = 785 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	158
Figure 120 : Hauteurs d'eau - Scénario 3 (défaillance structurelle) - $Q_{50} = 1501 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	159
Figure 121 : Vitesses d'écoulements - Scénario 3 (défaillance structurelle) - $Q_{50} = 1501 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	160
Figure 122 : Dangerosité des eaux - Scénario 3 (défaillance structurelle) - $Q_{50} = 1501 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	161
Figure 123 : Moyens humains mobilisables pour la surveillance en période de crue .....	166

## Table des tableaux

Tableau 1 : Critères de définition de la dangerosité des venues d'eau .....	17
Tableau 2 : Cadre de la demande d'autorisation du système d'endiguement .....	30
Tableau 3 : Débits de pointe retenus de l'Allier et de ses affluents au droit du secteur d'étude .....	37
Tableau 4 : Historique des digues de Cougeac et Lamothe (source : Aberlaz) .....	51
Tableau 5 : Synthèse des risques de rupture par tronçon .....	52
Tableau 6 : Tableau de synthèse de l'organisation mise en place (source : Document d'organisation) .....	54
Tableau 7 : Crues historiques de l'Allier à Vieille-Brioude (source : CETE Lyon - 2013).....	60
Figure 8 : Détermination des différents débits du réseau hydrographique au droit du système d'endiguement .....	61
Tableau 9 : Débits instantanés maximaux de référence aux stations hydrométriques (source : <a href="https://hydro.eaufrance.fr/">https://hydro.eaufrance.fr/</a> , Janvier 2024) .....	62
Tableau 10 : Débits de pointe théoriques de l'Allier à Vieille-Brioude (source : BRLi, 2017) .....	64
Tableau 11 : Débits de pointe théoriques de la Senouire à Paulhaguet (source : BRLi, 2017) .....	64
Tableau 12 : Débits de pointe théoriques du Courgoux à Brioude (source : BRLi, 2017) .....	64
Tableau 13 : Quantiles de débits de pointe SHYREG.....	65
Tableau 14 : Débits de pointe retenus dans le cadre de la présente étude de dangers.....	66
Figure 15 : Hydrogrammes de crues de l'Allier à l'aval de la confluence avec la Senouire .....	66
Tableau 16 : Débits de pointe théoriques de l'Allier à Vieille-Brioude (source : BRLi, 2017) .....	67
Tableau 17 : repères de crue de la crue de novembre 2008 recensés sur le secteur d'étude (source : <a href="https://www.reperesdecruces.developpement-durable.gouv.fr/">https://www.reperesdecruces.developpement-durable.gouv.fr/</a> ) .....	75
Tableau 18 : Coefficients de rugosité (Strickler) retenus pour le modèle de l'Allier à Lamothe .....	77
Tableau 19 : écarts aux laisses de crue des niveaux modélisés .....	77
Tableau 20 : Enseignements des accidents sur d'autres systèmes d'endiguement .....	117
Tableau 21 : Code du degré de gravité (source : nomenclature SIRS Digues) .....	124
Tableau 22 : Synthèse des opérations préconisées (source : VTA 2024, Antea Group) .....	130
Tableau 23 : Programme des essais en laboratoire (source : SEMOPHI).....	135
Tableau 24 : Profondeurs des formations rencontrées (source : SEMOPHI) .....	136
Tableau 25 : Résultats des essais de perméabilité (source : SEMOPHI) .....	136
Tableau 26 : Modèle géotechnique de calcul – Profil P1 (source : SEMOPHI).....	141
Tableau 27 : Modèle géotechnique de calcul – Profil P2 (source : SEMOPHI).....	141
Tableau 28 : Modèle géotechnique de calcul – Profil P3 (source : SEMOPHI).....	142
Tableau 29 : Modèle géotechnique de calcul – Profil P4 (source : SEMOPHI).....	142
Tableau 30 : Vérifications minimales selon recommandations CFBR .....	143
Tableau 31 : Synthèse concernant la stabilité de l'ouvrage (source : SEMOPHI) .....	145
Tableau 32 : Critères d'évaluation des probabilités de défaillance par surverse .....	147
Tableau 33 : Evaluation des probabilités de défaillance par surverse .....	148
Tableau 34 : Critères d'évaluation des probabilités de défaillance par érosion externe.....	149
Tableau 35 : Evaluation des probabilités de défaillance par érosion externe .....	149
Tableau 36 : Evaluation des probabilités de défaillance par glissement .....	150
Tableau 37 : Evaluation des probabilités de défaillance par érosion interne.....	150
Tableau 38 : Synthèse des risques de rupture par tronçon .....	151
Tableau 39 : Critères de définition de la dangerosité des venues d'eau .....	152
Tableau 40 : Tableau de synthèse de l'organisation mise en place (source : Document d'organisation) .....	163



# RESUME NON TECHNIQUE

## Résumé non-technique

### 0.1. Présentation du gestionnaire du système d'endiguement

La gestion, l'entretien et la surveillance des digues de Lamothe et Cougeac étaient historiquement assurés par l'Association Syndicale Autorisée (ASA) de Lamothe, créée en 1878. C'est l'ASA qui a réalisé l'ouvrage initial en 1879, ainsi que le prolongement de la digue de Cougeac dans les années 1980.

La gestion de ce système d'endiguement relève aujourd'hui de la compétence Prévention des Inondations, exercée par la Communauté de Communes Brioude Sud Auvergne depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2018.

La Communauté de Communes Brioude Sud Auvergne est donc en responsabilité des digues, et se doit d'assurer la maîtrise d'ouvrage des études en termes de définition du système d'endiguement de Lamothe objet du présent dossier. Une convention est en cours d'établissement entre l'EPCI et l'ASA pour définir les modalités de responsabilités, surveillance et gestion de l'ouvrage.



Adresse : Rue du 21 juin 1944 – BP 55, 43102 BRIOUDE

Téléphone : 04 71 50 89 10

Courriel : [accueil@cc-brivadois.fr](mailto:accueil@cc-brivadois.fr)

La Communauté de Communes Brioude Sud Auvergne souhaite s'appuyer sur un prestataire agréé pour la réalisation de l'étude de dangers et la constitution du dossier de demande de régularisation du système d'endiguement.

La présente étude de dangers s'inscrit dans le cadre de l'autorisation initiale du système d'endiguement de Lamothe, sans travaux.

### 0.2. Description succincte du système d'endiguement

Le système d'endiguement objet de la présente étude se trouve en rive droite de l'Allier sur la commune de Lamothe (43). Il s'étend sur un linéaire cumulé de l'ordre de 2 350 m le long de la commune de Lamothe, jusqu'au hameau de Cougeac.

Le système d'endiguement de Lamothe est composé de 3 tronçons de digue :

- **Partie amont :**
  - **Tronçon n°1 - digue de Lamothe** (680 ml - PM 30 à 710) : de la confluence du Ternivol avec l'Allier jusqu'au rond-point du pont de Lamothe,
- **Partie aval :**

- **Tronçon n°2 – digue de Cougeac** (1245 ml - PM 770 à 2015) : du rond-point du pont de Lamothe jusqu'au droit du hameau de Cougeac,
- **Tronçon n°3 – prolongement aval de Cougeac** (425 ml - PM 2015 à 2440) : depuis le hameau de Cougeac jusqu'à la fin du linéaire de protection en gabions.

On notera également la présence d'autres ouvrages en remblais à proximité (non intégrés au système d'endiguement de Lamothe) :

- rond-point du pont de Lamothe (considéré comme un tertre),
- merlon situé en rive droite du Ternivol.

Le système d'endiguement de Lamothe ne comprend aucun dispositif de régularisation des écoulements hydrauliques et est « ouvert » à l'aval.

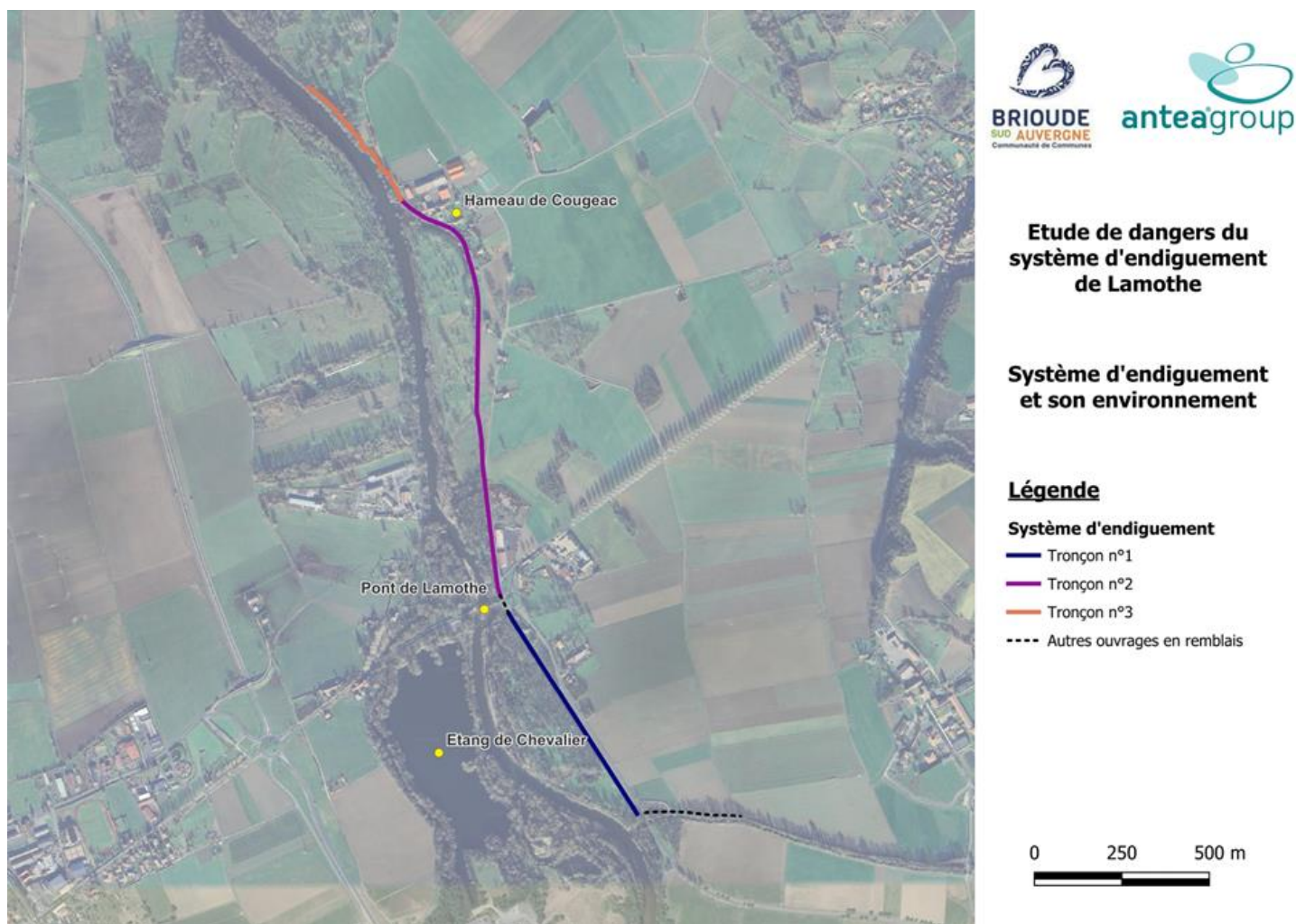


Figure 1 : Plan d'ensemble du système d'endiguement de Lamothe

### 0.3. Fonctions du système d'endiguement

Le système d'endiguement de Lamothe a pour objectif de protéger la plaine agricole de Lamothe située en rive droite vis-à-vis des crues de l'Allier.

### 0.4. Zone protégée et niveau de protection associé

Le niveau de protection est défini par l'article R. 214-119-1 du code de l'environnement. C'est la hauteur maximale définie par le gestionnaire que peut atteindre l'eau sans que la zone protégée soit inondée en raison du débordement, du contournement, ou de la rupture des ouvrages de protection.

La zone protégée est l'entité géographique protégée de l'inondation du cours d'eau par un ensemble cohérent de digues ou d'ouvrages jouant un rôle de protection. Il s'agit d'une zone réputée inondable en l'absence d'un système d'endiguement dont l'effet est de diminuer l'aléa inondation en termes de probabilité, d'intensité, de durée ou de temps d'arrivée.

Le Communauté de Communes Brioude Sud Auvergne, en sa qualité de gestionnaire du système d'endiguement de Lamothe, a fixé, lors de son Conseil Communautaire du 30/09/2025, les niveaux de protection suivants :

- **Tronçons n°1 et n°2 : crue de l'Allier atteignant un niveau de 420,40 m NGF à l'échelle limnimétrique située sur la pile rive gauche (face latérale) du pont de Lamothe comparable à un niveau atteint par un débit de l'ordre de 785 m<sup>3</sup>/s (T = 10 ans),**
- **Tronçon n°3 : crue de l'Allier atteignant un niveau de 419,40 m NGF à l'échelle limnimétrique située sur la pile rive gauche (face latérale) du pont de Lamothe comparable à un niveau atteint par un débit de l'ordre de 494 m<sup>3</sup>/s (T = 5 ans).**

Les niveaux de protection tels qu'ils sont définis intègrent une incertitude de 30 cm vis-à-vis des niveaux de l'Allier au droit l'échelle de référence (NP = NQ<sub>x</sub> – 30 cm).

La zone protégée liée aux différents niveaux de protection décrits ci-dessus correspond à l'assemblage des zones protégées relatives au niveau de protection défini pour chacun des tronçons du système d'endiguement.

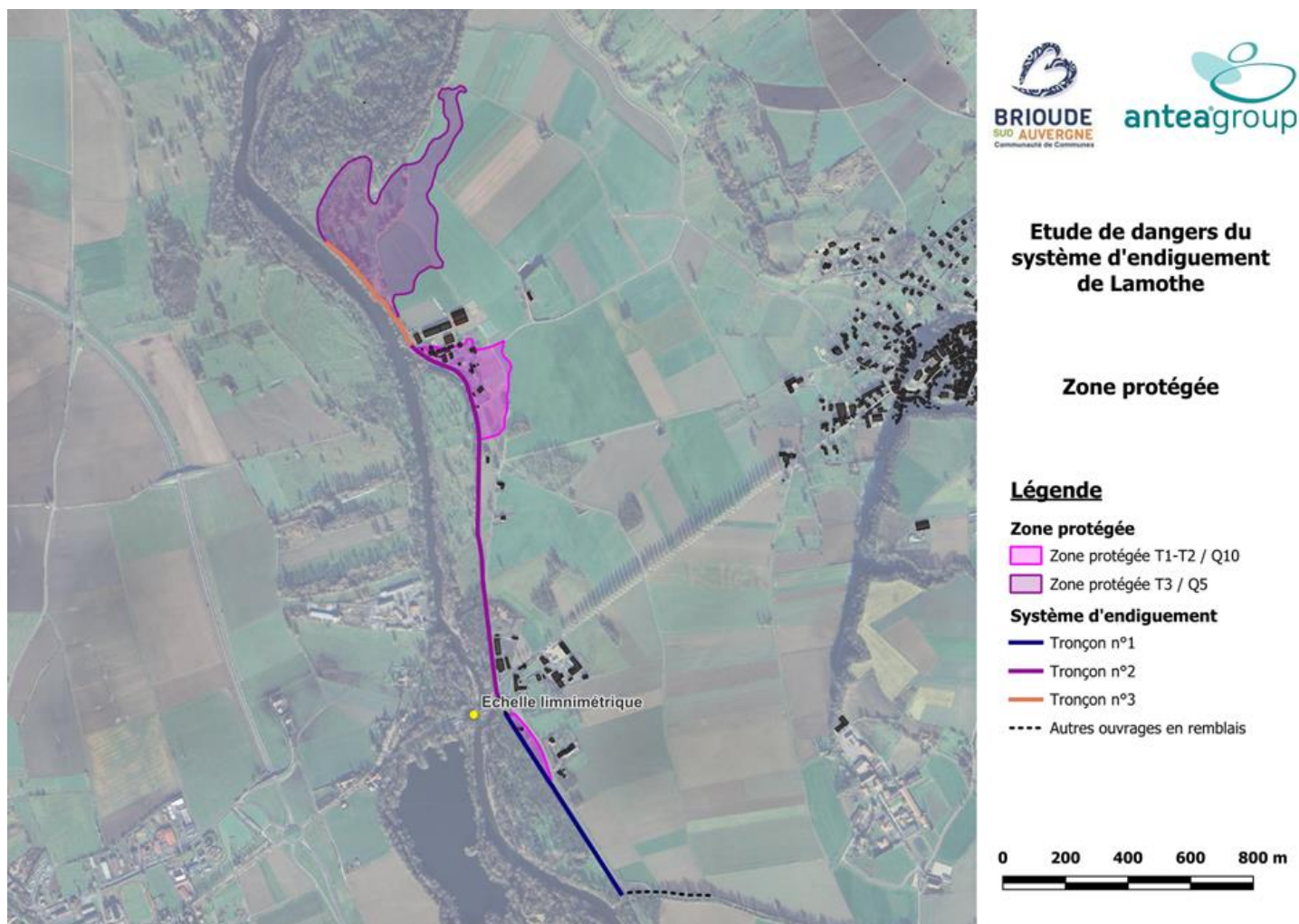


Figure 2 : Zone protégée associée aux différents niveaux de protection du système d'endiguement

## 0.5. Fonctionnement du système d'endiguement en période de montée des eaux

Le présent chapitre précise les risques de venues d'eau dans et en dehors de la zone protégée pour les différents scénarios demandés dans l'arrêté du 30 septembre 2019 qui précise le plan des études de dangers des digues organisées en systèmes d'endiguement.

La dangerosité des écoulements a été qualifiée de la façon suivante, conformément à l'arrêté du 30 septembre 2019, en fonction des hauteurs d'eau et des vitesses d'écoulements modélisées, mais également de la configuration topographique des terrains inondés.

Hauteurs d'eau / Vitesses d'écoulements	$0 < v < 0.5 \text{ m/s}$	$v \geq 0.5 \text{ m/s}$
$0 < h < 1 \text{ m}$	Eaux non - dangereuses	Eaux dangereuses
$1 \leq h < 2 \text{ m}$	Eaux dangereuses	Eaux dangereuses
$h \geq 2 \text{ m}$ et points topographiques particuliers (points bas, cuvettes et zones de dissipation d'énergie)	Eaux particulièrement dangereuses	

Tableau 1 : Critères de définition de la dangerosité des venues d'eau

### 0.5.1. Scénario 1 : Fonctionnement normal du système d'endiguement

Ce scénario présente le système d'endiguement de Lamothe en fonctionnement nominal jusqu'aux différents niveaux de protection.

Dans ce scénario, les crues correspondant aux différents niveaux de protection des différents tronçons du système d'endiguement sont contenues par les ouvrages (aucune entrée d'eau n'est observée au sein de la zone protégée), soit :

- Tronçon n°3 : crue de l'Allier atteignant un niveau de 419,40 m NGF à l'échelle limnimétrique située sur la pile rive gauche (face latérale) du pont de Lamothe comparable à un niveau atteint par un débit de l'ordre de 494 m<sup>3</sup>/s (T = 5 ans),
- Tronçons n°1 et n°2 : crue de l'Allier atteignant un niveau de 420,40 m NGF à l'échelle limnimétrique située sur la pile rive gauche (face latérale) du pont de Lamothe comparable à un niveau atteint par un débit de l'ordre de 785 m<sup>3</sup>/s (T = 10 ans).

#### 0.5.1.1. Scénario 1a : Tronçon n°3 – Q<sub>5</sub> = 494 m<sup>3</sup>/s

Les cartographies de hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement découlant de ce scénario, ainsi que de l'aléa issu du croisement de ces deux paramètres, sont présentées ci-après.

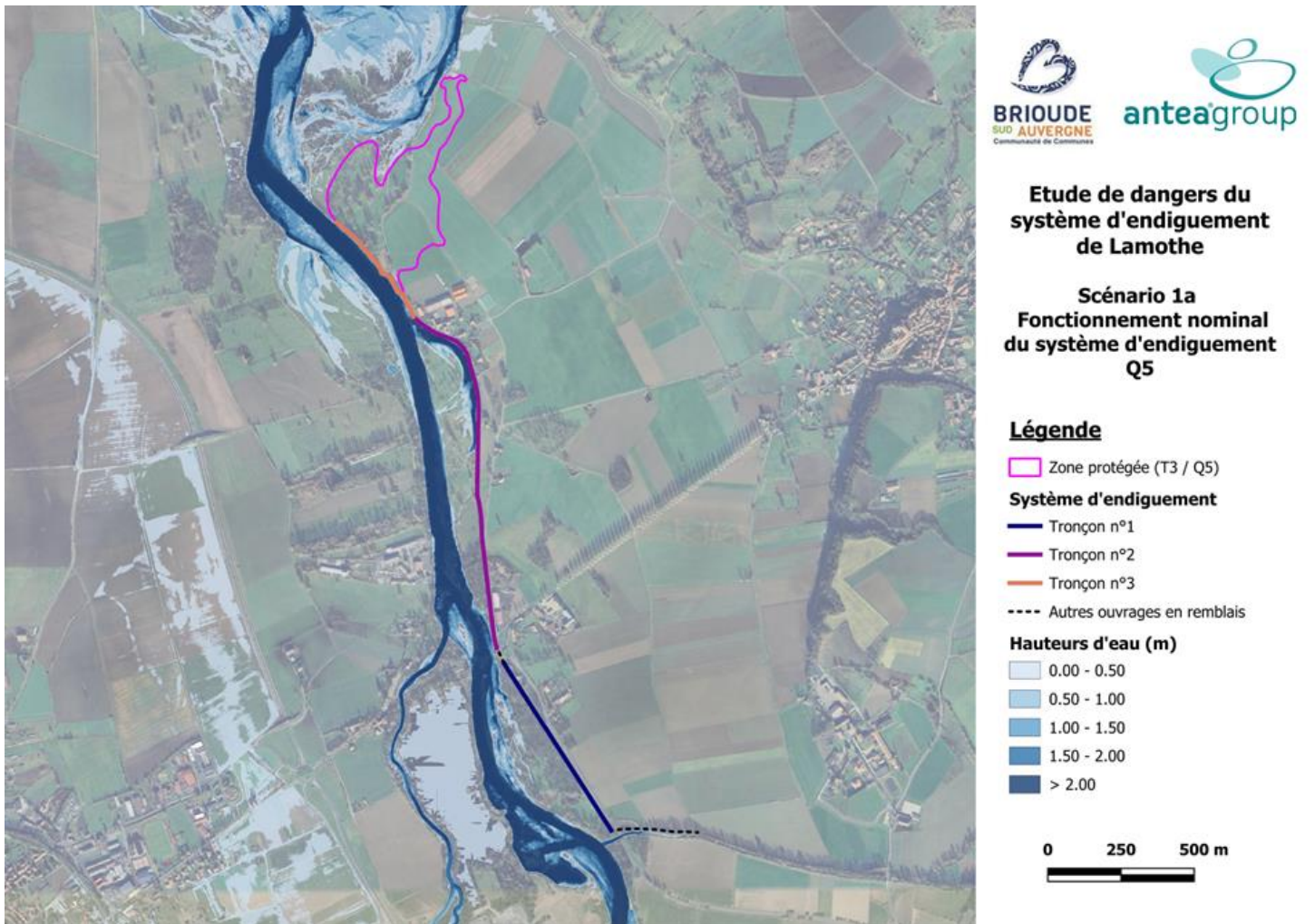


Figure 3 : Hauteurs d'eau - Scénario 1a (fonctionnement nominal) Tronçon 3 –  $Q_5 = 494 \text{ m}^3/\text{s}$

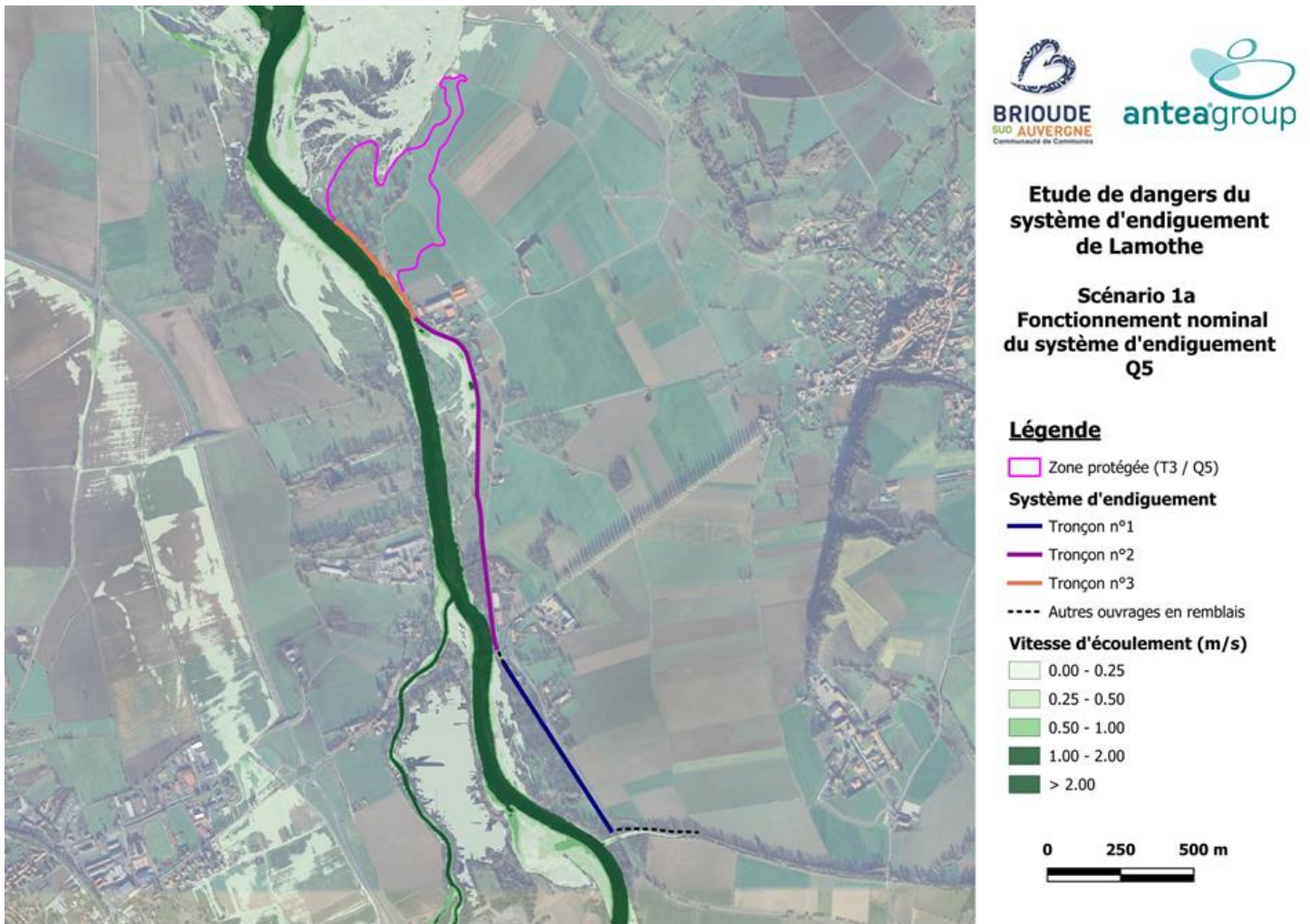


Figure 4 : Vitesses d'écoulement - Scénario 1a (fonctionnement nominal) Tronçon 3 –  $Q_5 = 494 \text{ m}^3/\text{s}$

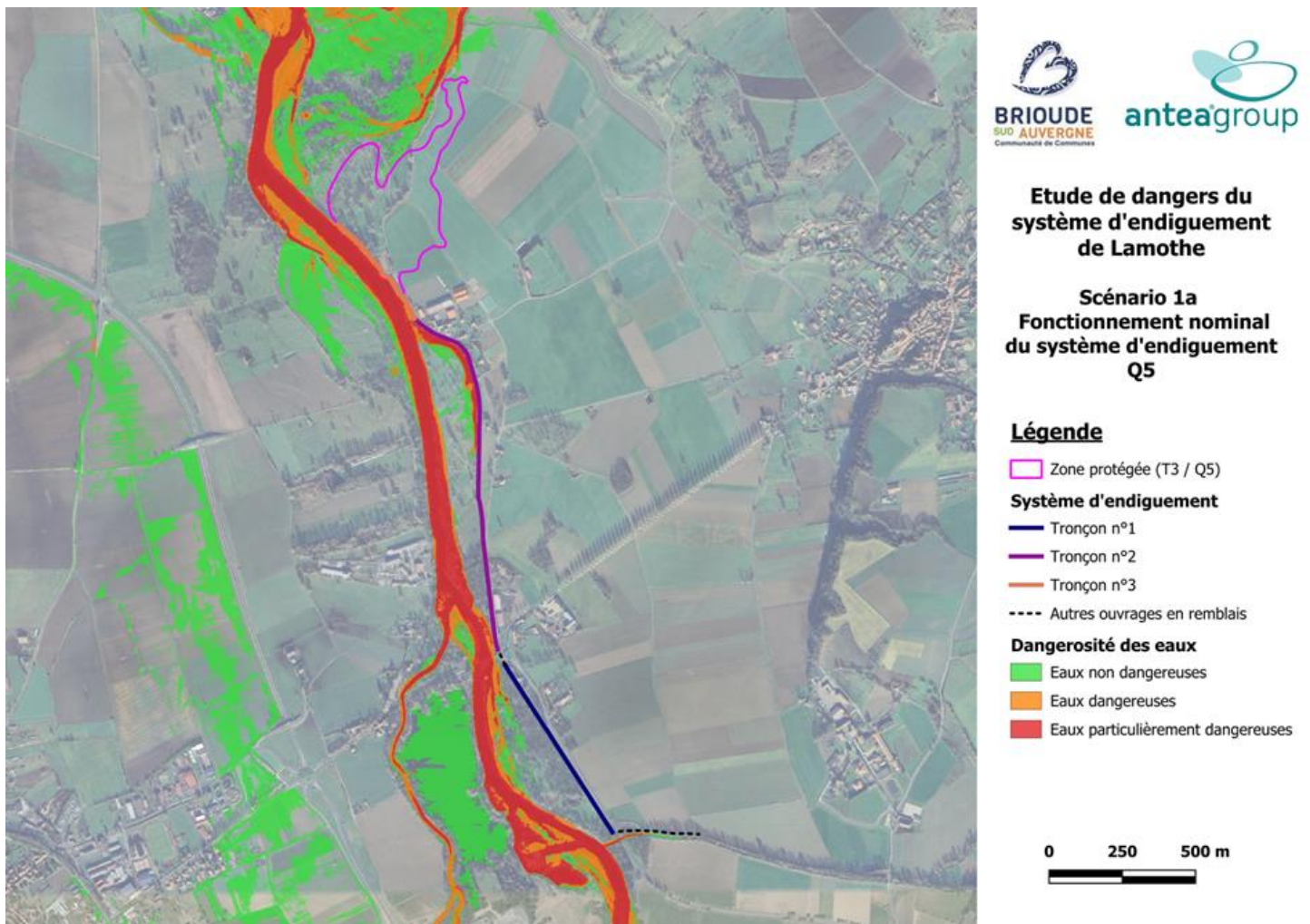


Figure 5 : Dangerosité des eaux - Scénario 1a (fonctionnement nominal) –  $Q_5 = 494 \text{ m}^3/\text{s}$

Les zones d'eaux particulièrement dangereuses se situent dans le lit mineur des cours d'eau ainsi que dans les différents bras morts de l'Allier.

#### 0.5.1.2. Scénario 1b : Tronçons n°1 et 2- $Q_{10} = 785 \text{ m}^3/\text{s}$

Les cartographies de hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement découlant de ce scénario, ainsi que de l'aléa issu du croisement de ces deux paramètres, sont présentées ci-après.

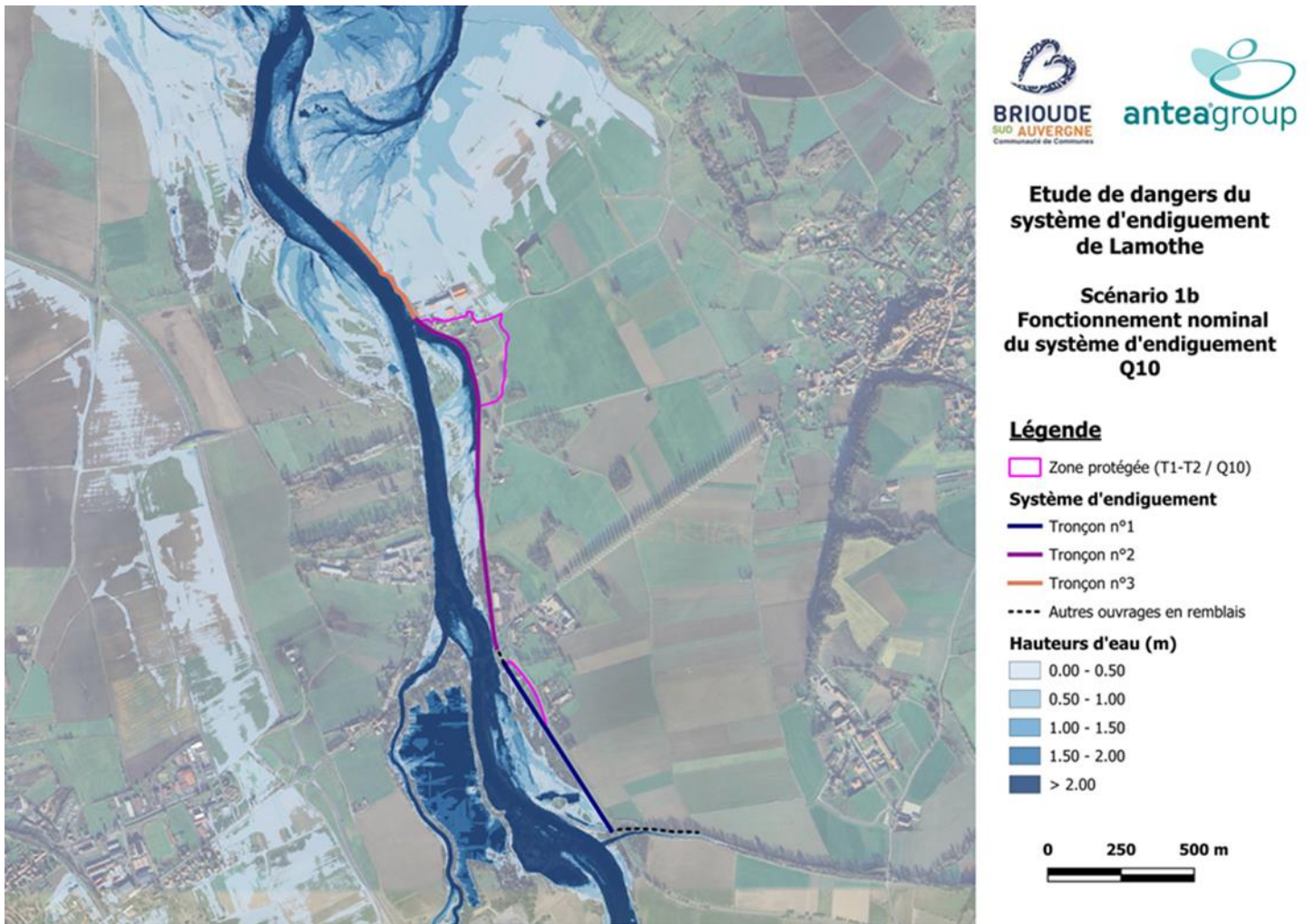


Figure 6 : Hauteurs d'eau - Scénario 1b (fonctionnement nominal) -  $Q_{10} = 785 \text{ m}^3/\text{s}$

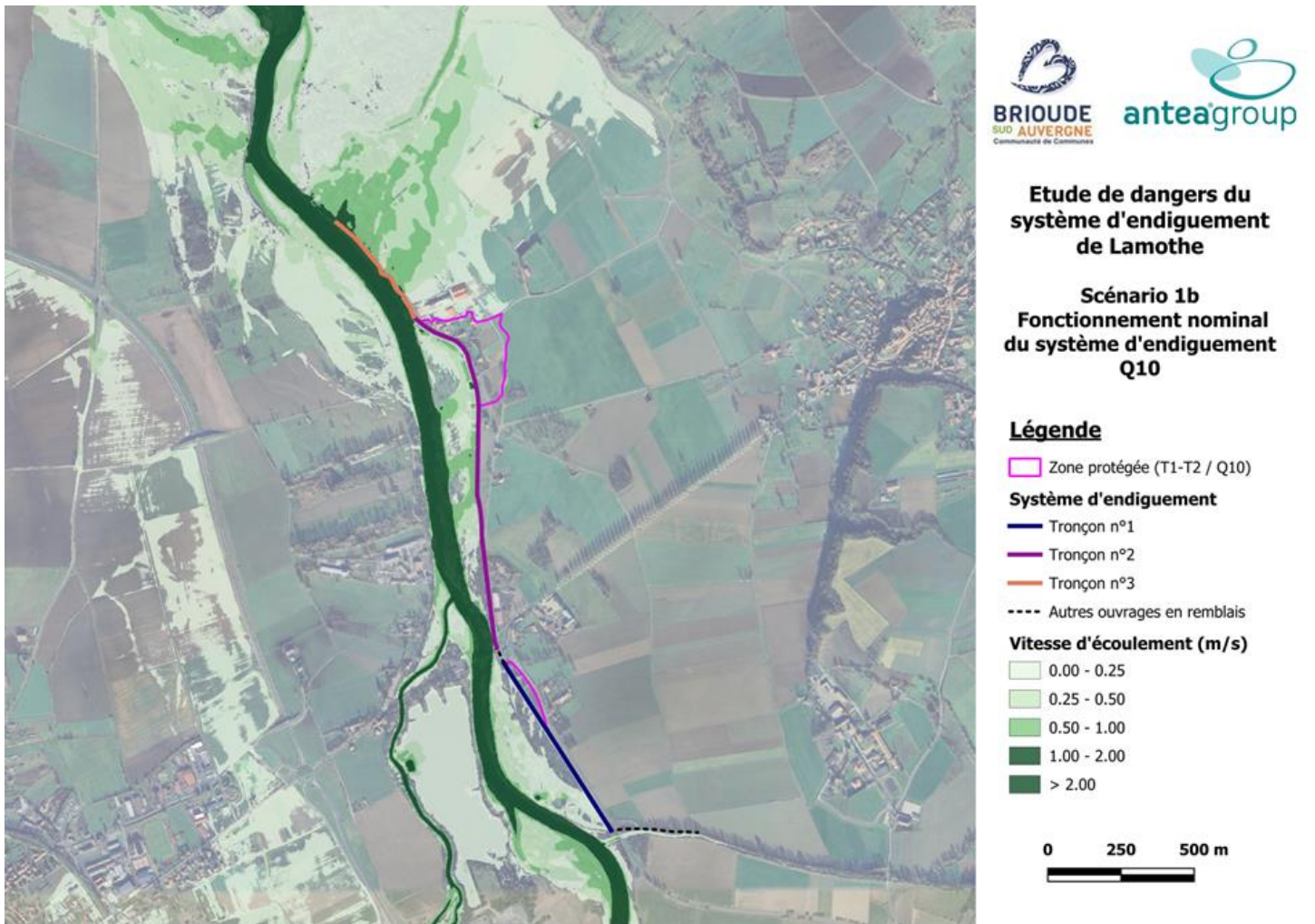


Figure 7 : Vitesses d'écoulement - Scénario 1b (fonctionnement nominal) -  $Q_{10} = 785 \text{ m}^3/\text{s}$

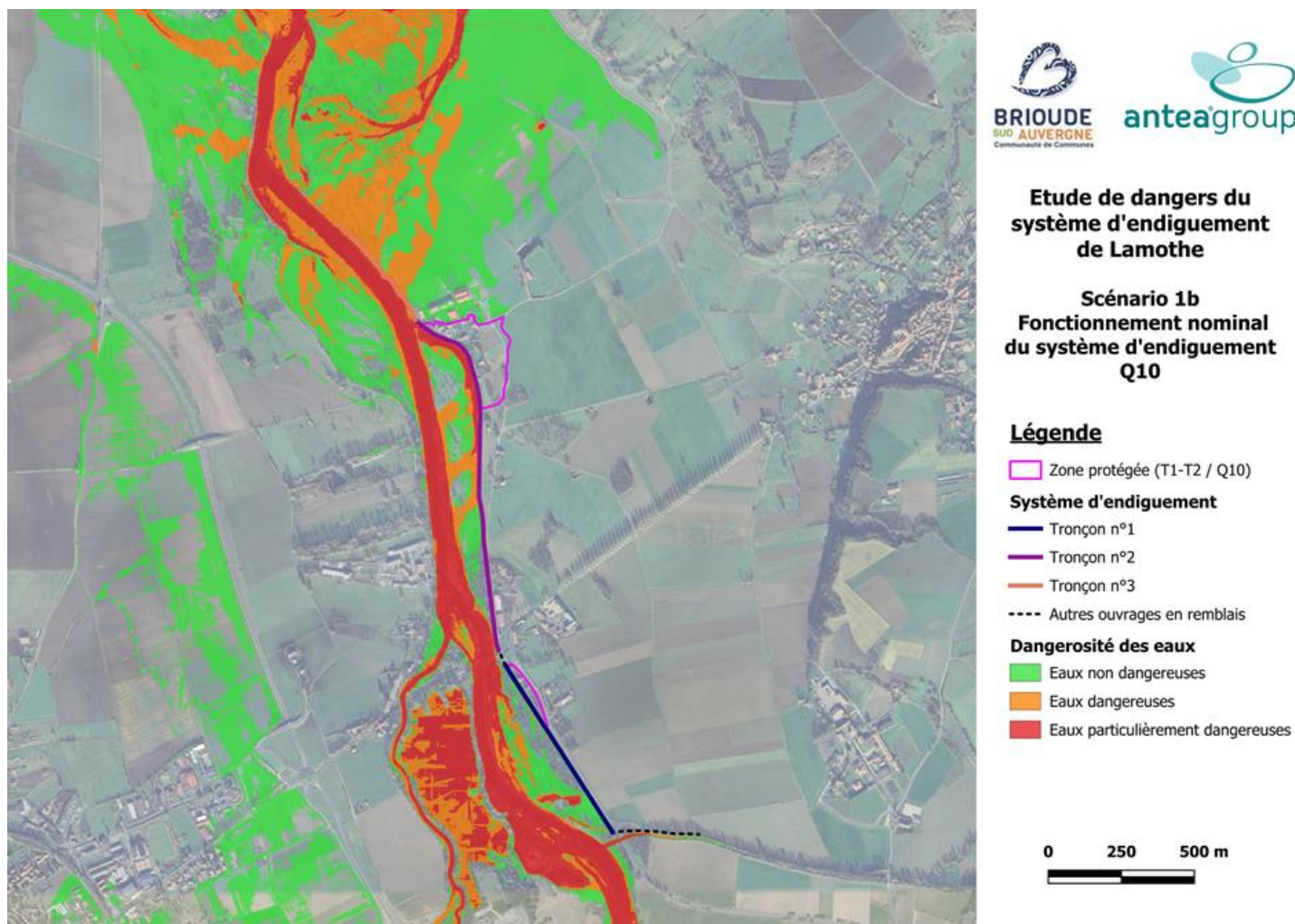


Figure 8 : Dangerosité des eaux - Scénario 1b (fonctionnement nominal) -  $Q_{10} = 785 \text{ m}^3/\text{s}$

Les zones d'eaux particulièrement dangereuses se situent dans le lit mineur des cours d'eau, dans les différents bras morts de l'Allier ainsi que dans l'étang de Chevalier.

### 0.5.2. Scénario 2 : Défaillance fonctionnelle du système d'endiguement

Sans objet, du fait de l'absence de dispositif de régulation des écoulements au sein du système d'endiguement.

### 0.5.3. Scénario 3 : Défaillance structurelle du système d'endiguement

Ce scénario présente le système d'endiguement de Lamothe avec une défaillance structurelle. Cette défaillance structurelle correspond à un risque conditionnel de rupture d'au moins 50 % pour l'un des tronçons constitutifs du système d'endiguement.

Dans une démarche porteuse d'enseignements, il a été fait le choix d'étudier un scénario de brèche généré par un risque d'érosion interne au niveau du tronçon n°1 (PM 540) pour une crue de période de retour  $T = 50$  ans.

Les caractéristiques de la brèche modélisée sont les suivantes :

- Largeur de la brèche : 30 m,
- Niveau digue après la brèche : effacement complet jusqu'au niveau du terrain naturel côté zone protégée,
- Moment d'initiation de la brèche : charge hydraulique maximale
- Durée de formation de la brèche : 30 min (idem PPRI).

Les cartographies de hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement découlant de ce scénario, ainsi que de l'aléa issu du croisement de ces deux paramètres, sont présentées ci-après.

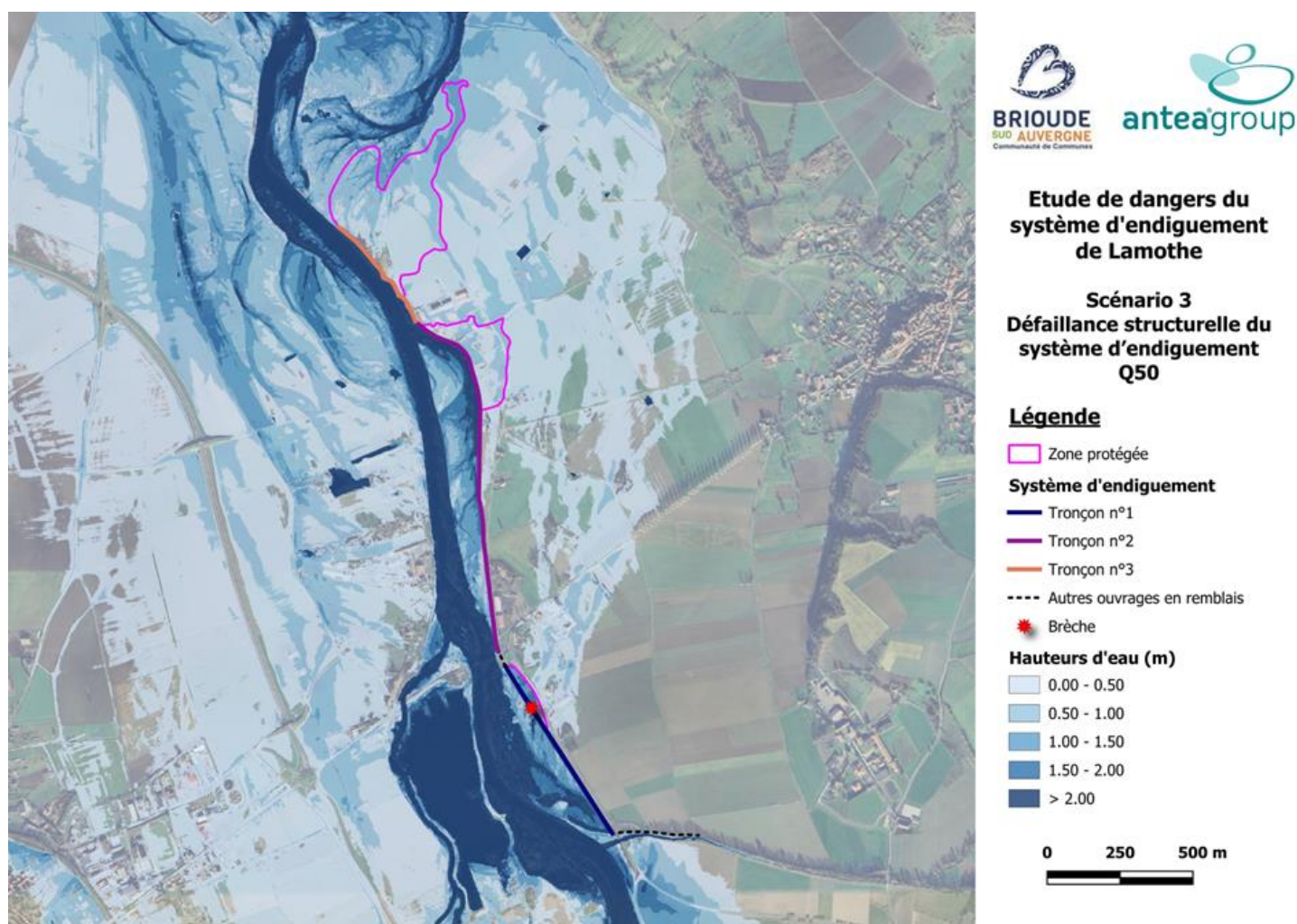


Figure 9 : Hauteurs d'eau - Scénario 3 (défaillance structurelle) -  $Q_{50} = 1501 \text{ m}^3/\text{s}$

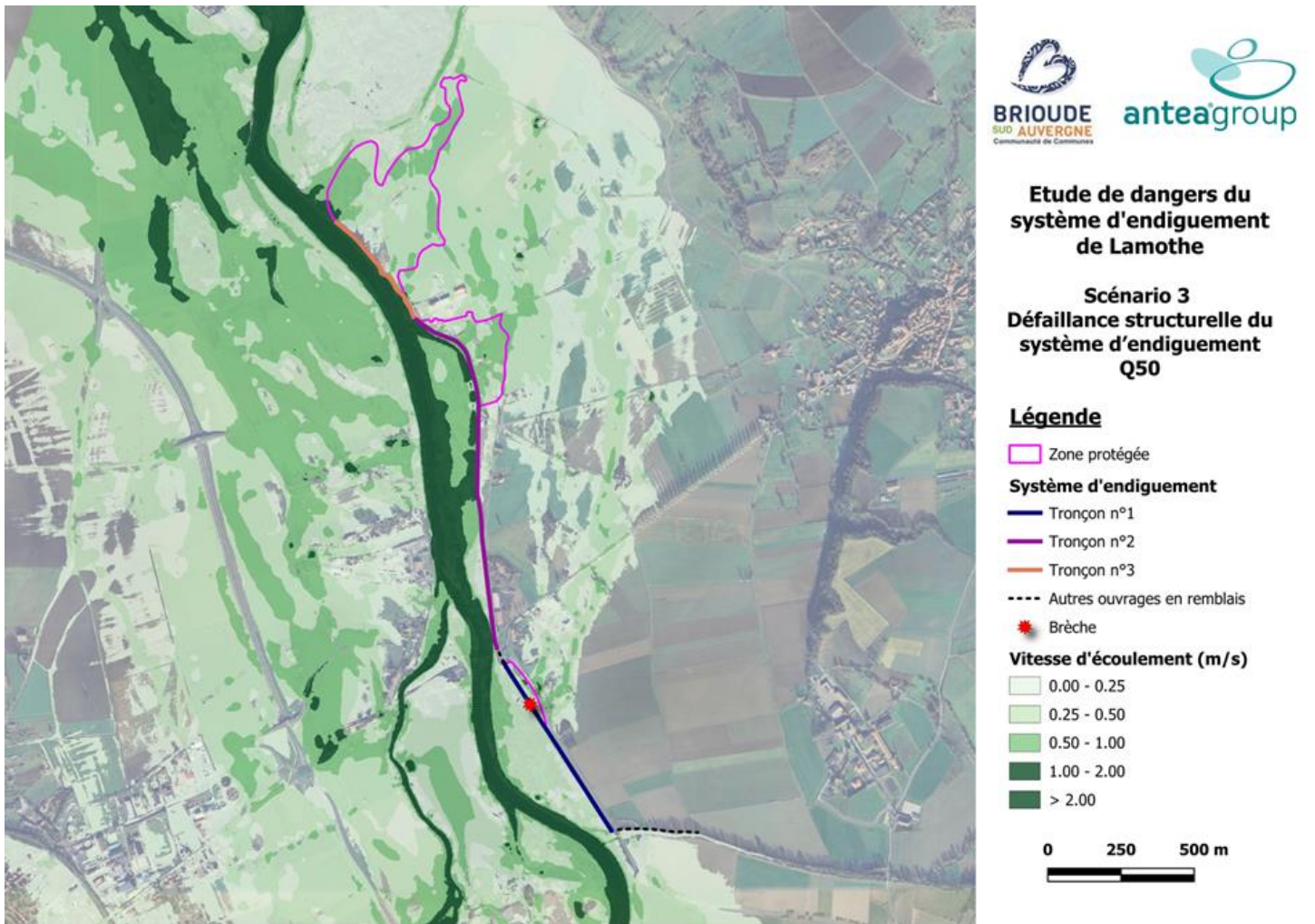


Figure 10 : Vitesses d'écoulements - Scénario 3 (défaillance structurelle) -  $Q_{50} = 1501 \text{ m}^3/\text{s}$

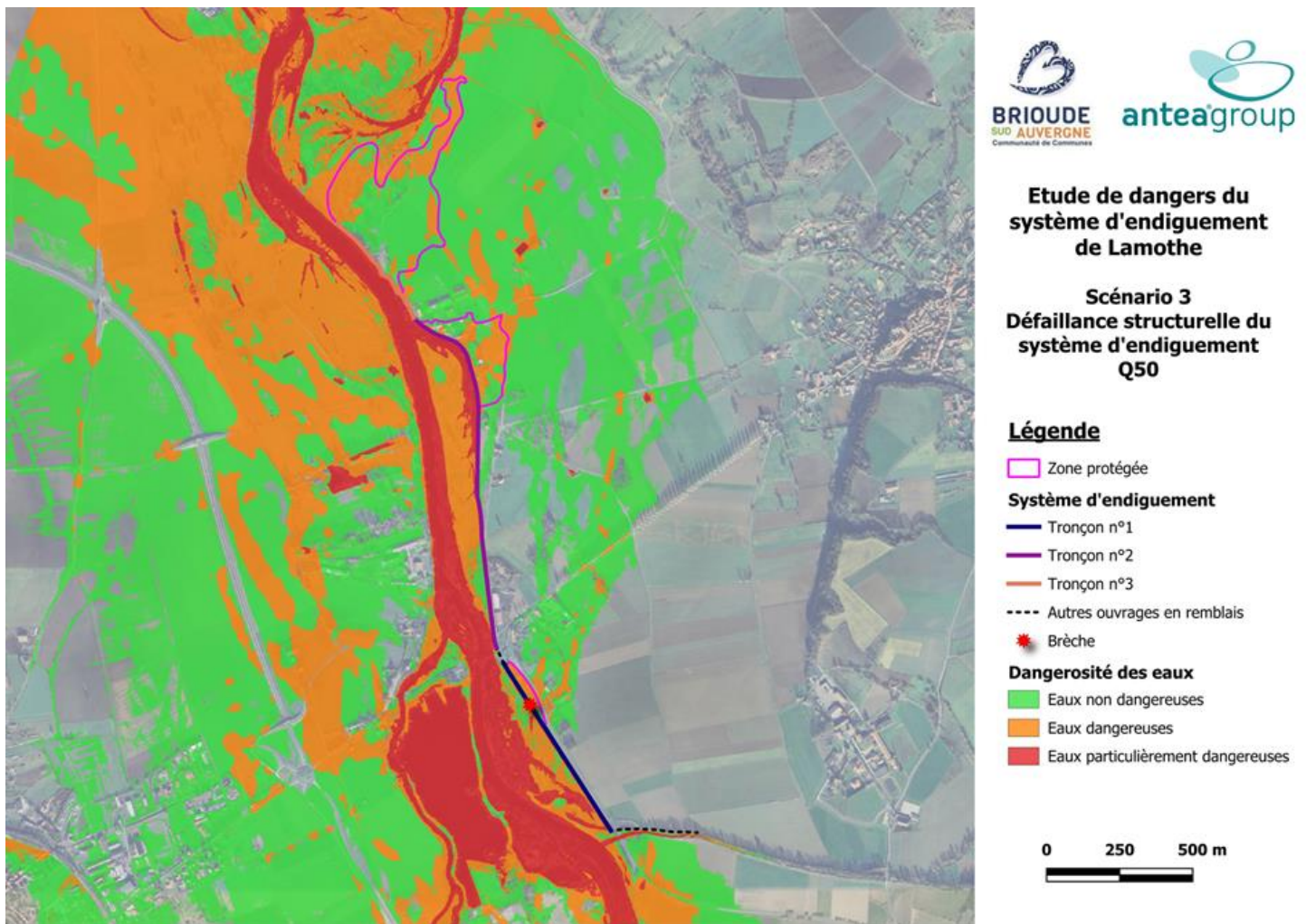


Figure 11 : Dangerosité des eaux - Scénario 3 (défaillance structurelle) -  $Q_{50} = 1501 \text{ m}^3/\text{s}$

Les zones d'eaux particulièrement dangereuses se situent dans le lit mineur des cours d'eau, dans les différents bras morts de l'Allier, dans l'étang de Chevalier ainsi que localement au droit de secteur présentant des points bas topographiques.

#### 0.5.4. Scénario 4 : Comportement du système d'endiguement pour l'aléa de référence du PPRI

Ce scénario facultatif n'a pas été traité dans le cadre de la présente étude de dangers.

**DOCUMENT A :**  
**Présentation générale du système  
d'endiguement contre les inondations**

# 1. Renseignements administratifs

## 1.1. Identification du gestionnaire du système d'endiguement

La gestion du système d'endiguement de Lamothe relève de la compétence Prévention des Inondations, exercée par la Communauté de Communes Brioude Sud Auvergne depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2018.



Adresse : Rue du 21 juin 1944 – BP 55, 43102 BRIOUDE

Téléphone : 04 71 50 89 10

Courriel : [accueil@cc-brivadois.fr](mailto:accueil@cc-brivadois.fr)

La Communauté de Communes Brioude Sud Auvergne est née le 1<sup>er</sup> janvier 2000 sous le nom de Communauté de Communes du Brivadois. Le 1<sup>er</sup> janvier 2017, les Communauté de Communes du Brivadois et du Pays de Blesle fusionnent, entraînant un changement de nom de la structure. Elle est aujourd'hui composée de 27 communes, localisées au Nord-Ouest du département de la Haute-Loire.

En tant qu'EPCI, la Communauté de Communes Brioude Sud Auvergne s'est vu déléguer de nombreuses compétences par les communes membres, notamment la GEMAPI (Gestion des Milieux Aquatiques et Prévention des Inondations).

La Communauté de Communes Brioude Sud Auvergne est donc en responsabilité des digues, et se doit d'assurer la maîtrise d'ouvrage des études en termes de définition du système d'endiguement. Une convention a été établie en date du 10/12/2023 entre l'EPCI et l'ASA pour définir les modalités de responsabilités, surveillance et gestion de l'ouvrage.

La mission de gestion du système d'endiguement consiste notamment en :

- la surveillance de la digue,
- l'entretien courant de la digue (lutte contre les végétaux ligneux, fauchage, etc.),
- la conservation du domaine et sa police.

## 1.2. Identification de l'organisme rédacteur de l'étude de dangers

L'étude de dangers du système d'endiguement de Lamothe est rédigée par Antea Group, société agréée au titre du décret du 11 décembre 2007 pour la rubrique « Digues et barrages – études et diagnostics » sous le numéro 59-a, par l'arrêté du 27 octobre 2021 portant agrément d'organismes intervenant pour la sécurité des ouvrages hydrauliques (valable jusqu'au 31 mai 2028).

### **1.3. Rappel des autorisations existantes en lien avec le système d'endiguement**

Le présent document constitue la première étude de de dangers du système d'endiguement de Lamothe (digue de Lamothe et digue de Cougeac).

Le système d'endiguement de Lamothe a fait l'objet d'un arrêté préfectoral de classement en date du 1<sup>er</sup> février 2022 qui imposait notamment la réalisation d'une étude de dangers, la mise en place d'une convention avec l'ASA et la constitution des documents relatifs au dossier d'ouvrage.

Le système d'endiguement a fait l'objet d'une demande de dérogation exceptionnelle du délai de procédure simplifiée jusqu'au 30 juin 2024 pour le dépôt de la demande d'autorisation du système d'endiguement qui a fait l'objet d'un refus.

La Communauté de Communes Brioude Sud Auvergne a été mise en demeure, par arrêté préfectoral en date du 11 décembre 2024, de régulariser sous 1 an la situation administrative du système d'endiguement de Lamothe (dossier d'autorisation environnementale complet).

### **1.4. Remise de l'étude de dangers au Préfet**

L'étude de dangers est remise au préfet avec le dossier de demande d'autorisation initiale du système d'endiguement.

## 2. Objet de l'étude

### 2.1. Cadre dans lequel s'inscrit l'étude de dangers

L'étude de dangers du système d'endiguement de Lamothe répond à une obligation réglementaire, conformément :

- aux articles R214-115 à R214-117 du décret n°2007-1735 du 11 décembre 2007 modifié relatif à la sécurité des ouvrages hydrauliques et au CTPBOH (Comité Technique Permanent des Barrages et des Ouvrages Hydrauliques) et modifiant le Code de l'Environnement (sous-section 2 « Etude de dangers »),
- au 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,
- à l'arrêté du 7 avril 2017 précisant le plan de l'étude de dangers des digues organisées en systèmes d'endiguement et des autres ouvrages conçus ou aménagés en vue de prévenir les inondations et les submersions,
- aux décrets n° 2019-895 et 896 du 28 août 2019 portant diverses dispositions d'adaptation des règles relatives aux ouvrages de prévention des inondations,
- à l'arrêté modificatif du 30 septembre 2019 modifiant l'arrêté du 7 avril 2017 précisant le plan de l'étude de dangers des digues organisées en systèmes d'endiguement et des autres ouvrages conçus ou aménagés en vue de prévenir les inondations et les submersions,
- à l'arrêté du 8 août 2022 précisant les obligations documentaires et la consistance des vérifications et visites techniques approfondies des ouvrages hydrauliques autorisés ou concédés.

Le présent document constitue la première étude de dangers réalisée pour le système d'endiguement de Lamothe. La présente étude de dangers s'insère dans une demande d'autorisation initiale du système d'endiguement, sans travaux (cas 1 ci-après).

	Cocher la case, en rappelant, pour les cas 3, 4 et 5, la référence et la date de l'étude de dangers précédente. Dans le cas 4, préciser en outre la nature de la modification à l'origine de la mise à jour de l'étude de dangers.
<input checked="" type="checkbox"/> cas 1	<b>Autorisation initiale du système d'endiguement, sans travaux. Le contenu de l'étude de dangers, qui fait partie du dossier de demande d'autorisation, est conforme aux dispositions de l'article 2 du présent arrêté.</b>
<input type="checkbox"/> cas 2	Autorisation initiale du système d'endiguement, avec travaux. Le contenu de l'étude de dangers, qui fait partie du dossier de demande d'autorisation, est conforme aux dispositions de l'article 3 du présent arrêté.
<input type="checkbox"/> cas 3	Modification substantielle d'un système d'endiguement déjà autorisé. Le contenu de l'étude de dangers, qui fait partie du dossier de demande d'autorisation, est conforme aux dispositions de l'article 4 du présent arrêté.
<input type="checkbox"/> cas 4	Mise à jour de l'étude de dangers du système d'endiguement exigée par arrêté préfectoral de prescription complémentaire en application des articles R. 181-45 et R. 214-117-III en raison d'une modification non substantielle du système d'endiguement. La mise à jour de l'étude de dangers est conforme aux dispositions de l'article 5 du présent arrêté.
<input type="checkbox"/> cas 5	Actualisation d'une étude de dangers en application du II de l'article R. 214-117. Cette actualisation est réalisée conformément aux dispositions de l'article 6 du présent arrêté.

**Tableau 2 : Cadre de la demande d'autorisation du système d'endiguement**

L'étude de dangers constitue un outil opérationnel. Elle est la clé de voute de toute démarche de sécurité. Elle a notamment pour objectifs de :

- définir la zone protégée liée au(x) niveau(x) de protection fixé(s) par le gestionnaire du système d'endiguement,
- tester différents scénarios pour le(s) niveau(x) de protection fixé(s),
- définir et préciser la surveillance des ouvrages et équipements qui composent le système d'endiguement, notamment en période de crue.

Suite à l'arrêté du 7 avril 2017, la nouvelle réglementation offre une sécurité juridique avec une limite de responsabilité (article L562-8-1) : « *La responsabilité d'un gestionnaire d'ouvrages ne peut être engagée à raison des dommages que ces ouvrages n'ont pas permis de prévenir dès lors que les obligations légales et réglementaires applicables à leur conception, leur exploitation et leur entretien ont été respectées* ».

**Le Communauté de Communes Brioude Sud Auvergne, en sa qualité de gestionnaire du système d'endiguement de Lamothe, a fixé, lors de son Conseil Communautaire du 30/09/2025, les niveaux de protection suivants :**

- **Tronçons n°1 et n°2 : crue de l'Allier atteignant un niveau de 420,40 m NGF à l'échelle limnimétrique située sur la pile rive gauche (face latérale) du pont de Lamothe comparable à un niveau atteint par un débit de l'ordre de 785 m<sup>3</sup>/s (T = 10 ans),**
- **Tronçon n°3 : crue de l'Allier atteignant un niveau de 419,40 m NGF à l'échelle limnimétrique située sur la pile rive gauche (face latérale) du pont de Lamothe comparable à un niveau atteint par un débit de l'ordre de 494 m<sup>3</sup>/s (T = 5 ans).**

Les niveaux de protection tels qu'ils sont définis intègrent une incertitude de 30 cm vis-à-vis des niveaux de l'Allier au droit l'échelle de référence (NP = NQ<sub>x</sub> – 30 cm).

## 2.2. Commune concernée par la zone protégée

Le système d'endiguement étudié est situé principalement sur la commune de Lamothe (code INSEE : 43110 / code postal : 43100). Néanmoins, l'extrémité amont du tronçon 1 (40 ml environ) est situé sur la commune voisine de Fontannes (code INSEE : 43096 / code postal : 43100).

La zone protégée associée concerne toutefois uniquement la commune de Lamothe.

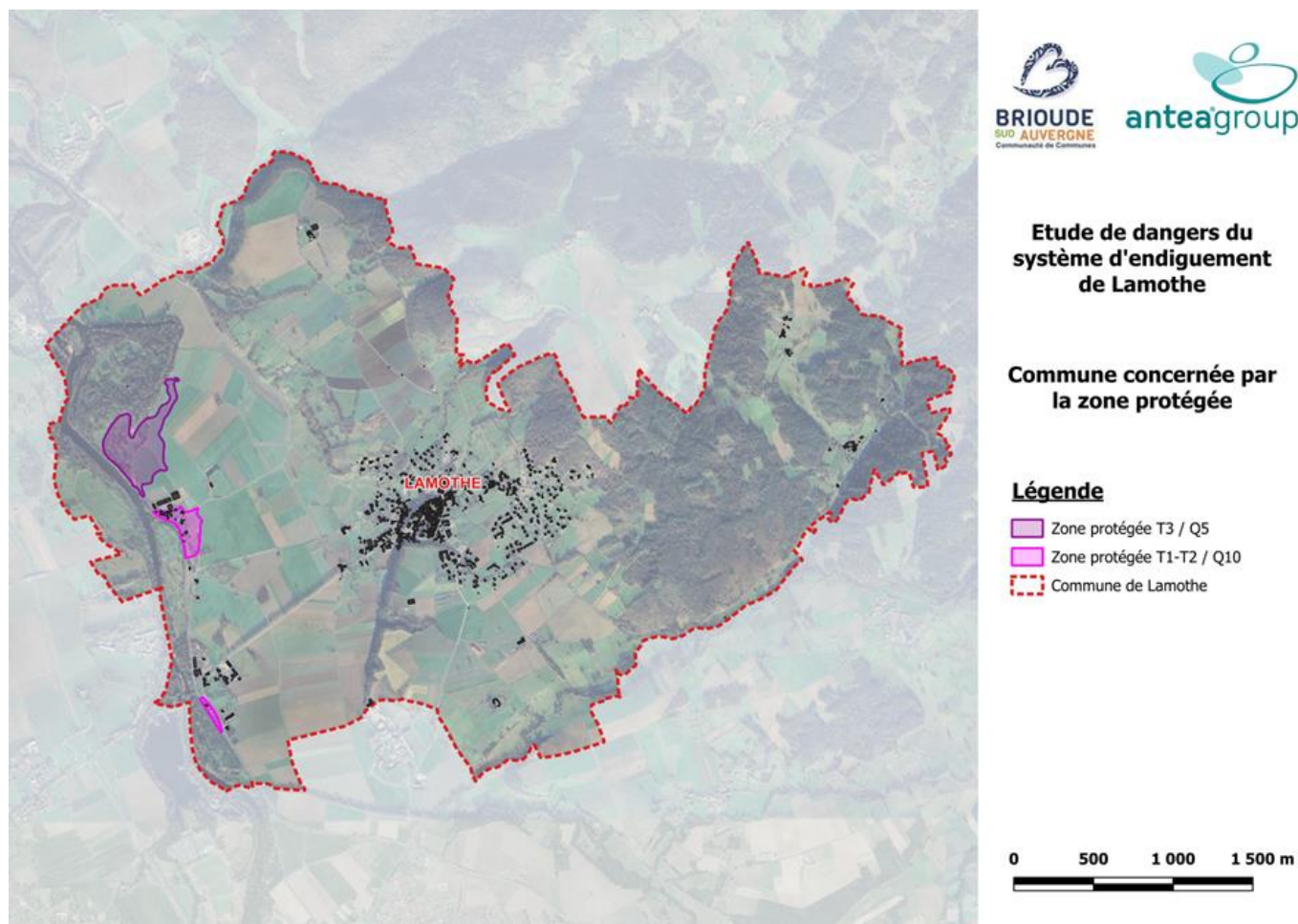


Figure 12 : Commune concernée par la zone protégée du système d'endiguement de Lamothe

## 2.3. Localisation de la zone protégée

La zone protégée liée au niveau de protection défini dans la présente étude de dangers est définie par :

- le système d'endiguement en lui-même,
- la limite d'emprise des écoulements pour le(s) niveau(x) de protection dans le cas théorique de l'arasement du système d'endiguement.

La zone protégée couvre ainsi une surface cumulée de l'ordre de 18,6 ha, répartie comme ci-après :

- zone protégée « amont » (T1-T2 / Q10) : 5,0 ha,
- zone protégée « aval » (T3 / Q5) : 13,6 ha.

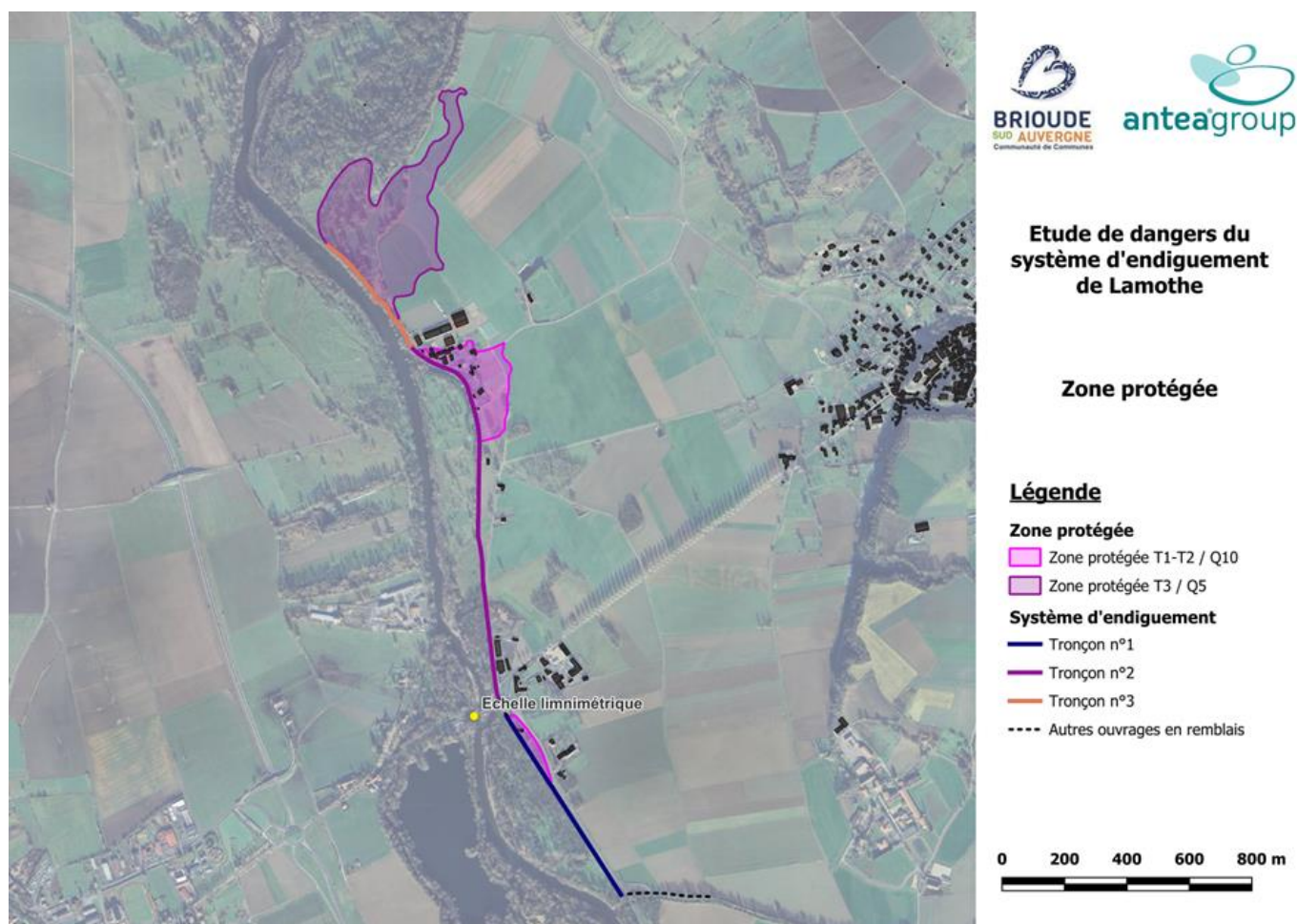


Figure 13 : Zone protégée associée aux différents niveaux de protection du système d'endiguement

## 2.4. Localisation et description des ouvrages

Pour la bonne compréhension du dossier, la figure suivante localise :

- le système d'endiguement de Lamothe décomposé en 3 tronçons :
  - Partie amont :
    - **Tronçon n°1 - digue de Lamothe** (680 ml - PM 30 à 710) : de la confluence du Ternivol avec l'Allier jusqu'au rond-point du pont de Lamothe,
  - Partie aval :
    - **Tronçon n°2 – digue de Cougeac** (1245 ml - PM 770 à 2015) : du rond-point du pont de Lamothe jusqu'au droit du hameau de Cougeac,
    - **Tronçon n°3 – prolongement aval de Cougeac** (425 ml - PM 2015 à 2440) : depuis le hameau de Cougeac jusqu'à la fin du linéaire de protection en gabions.
- les autres ouvrages présents à proximité (non intégrés au système d'endiguement de Lamothe) :
  - rond-point du pont de Lamothe (considéré comme un tertre),
  - merlon situé en rive droite du Ternivol.

On notera par ailleurs que le système d'endiguement de Lamothe est « ouvert » à l'aval.

Les caractéristiques détaillées des différents tronçons du système d'endiguement, et autres ouvrages en remblai (hors système d'endiguement), sont présentées dans le chapitre 5.1.

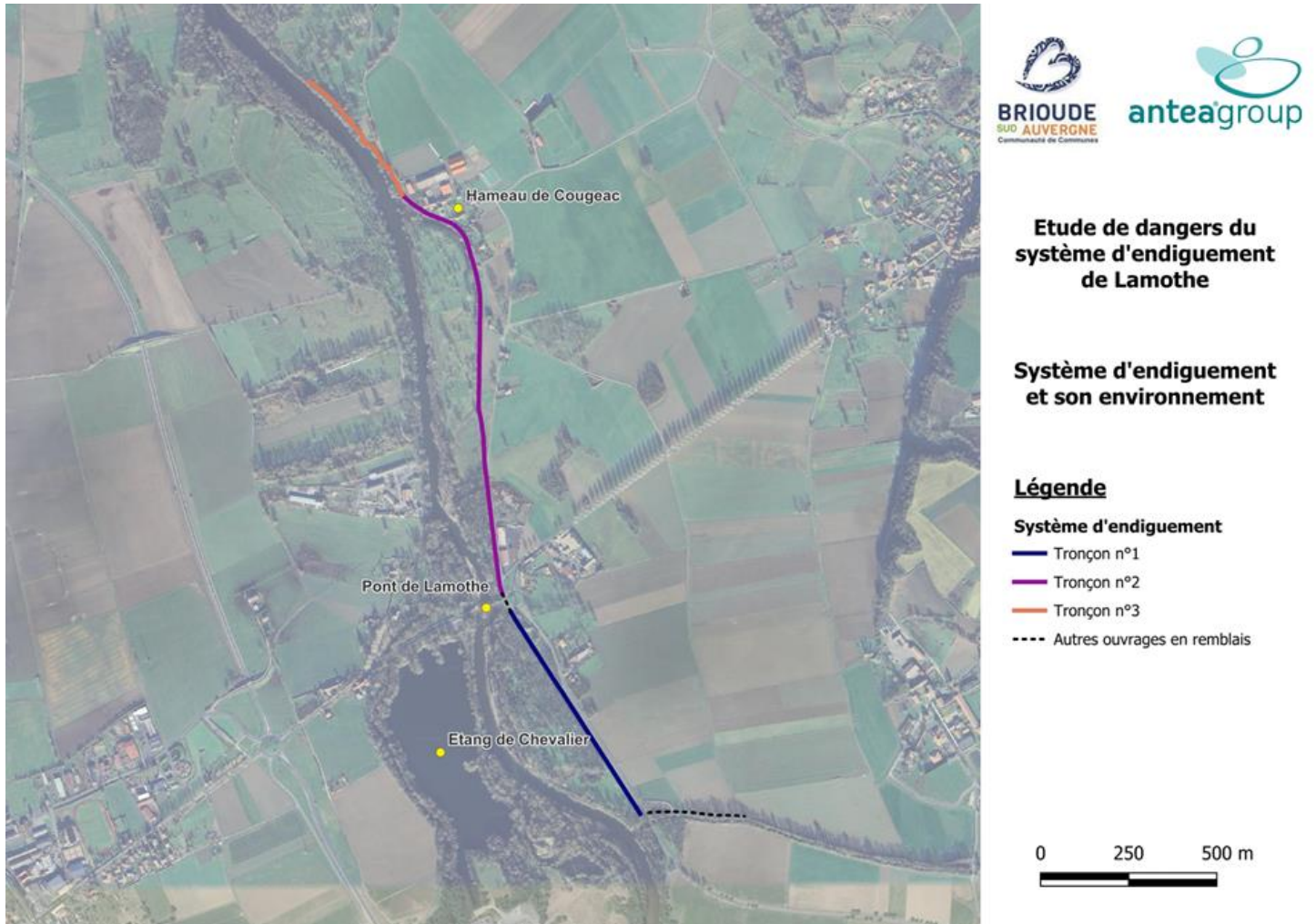


Figure 14 : Système d'endiguement de Lamothe et son environnement

## 3. Description précise de la zone protégée, du système d'endiguement, de son environnement et de ses fonctions de protection contre les inondations

### 3.1. Zone protégée

La zone protégée est l'entité géographique protégée (à pied sec) de l'inondation du cours d'eau par un ensemble cohérent de digues ou d'ouvrages jouant un rôle de protection. Il s'agit d'une zone réputée inondable en l'absence d'un système d'endiguement dont l'effet est de diminuer l'aléa inondation en termes de probabilité, d'intensité, de durée ou de temps d'arrivée.

Inversement, la zone protégée peut donc être identifiée comme la zone mise complètement hors d'eau par le système d'endiguement jusqu'à l'atteinte du niveau de protection. L'emprise délimitée est donc directement associée au niveau de protection du système d'endiguement évalué dans la présente étude de dangers.

La zone protégée est évaluée via la mise en œuvre de modélisations hydrauliques de la propagation des événements définissant le niveau de protection de l'ouvrage, avec et sans digues, de façon à apprécier les surfaces directement protégées par le système d'endiguement.

La Communauté de Communes Brioude Sud Auvergne est l'organisme GEMAPI gestionnaire du système d'endiguement de Lamothe. La CC regroupe 27 communes du département de Haute-Loire. La zone protégée est entièrement incluse sur le territoire de la commune de Lamothe.

Cette zone protégée est définie par le gémapien pour les différents niveaux de protection associés au système d'endiguement, à savoir :

- Tronçons n°1 et n°2 : crue de l'Allier atteignant un niveau de 420,40 m NGF à l'échelle limnimétrique située sur la pile rive gauche (face latérale) du pont de Lamothe comparable à un niveau atteint par un débit de l'ordre de 785 m<sup>3</sup>/s (T = 10 ans),
- Tronçon n°3 : crue de l'Allier atteignant un niveau de 419,40 m NGF à l'échelle limnimétrique située sur la pile rive gauche (face latérale) du pont de Lamothe comparable à un niveau atteint par un débit de l'ordre de 494 m<sup>3</sup>/s (T = 5 ans).

Les niveaux de protection tels qu'ils sont définis intègrent une incertitude de 30 cm vis-à-vis des niveaux de l'Allier au droit l'échelle de référence (NP = NQ<sub>x</sub> – 30 cm).

Le niveau d'eau au droit de l'échelle limnimétrique située sur la pile rive gauche (face latérale) du pont de Lamothe servira de référence pour l'alerte en crue relative au système d'endiguement de Lamothe.

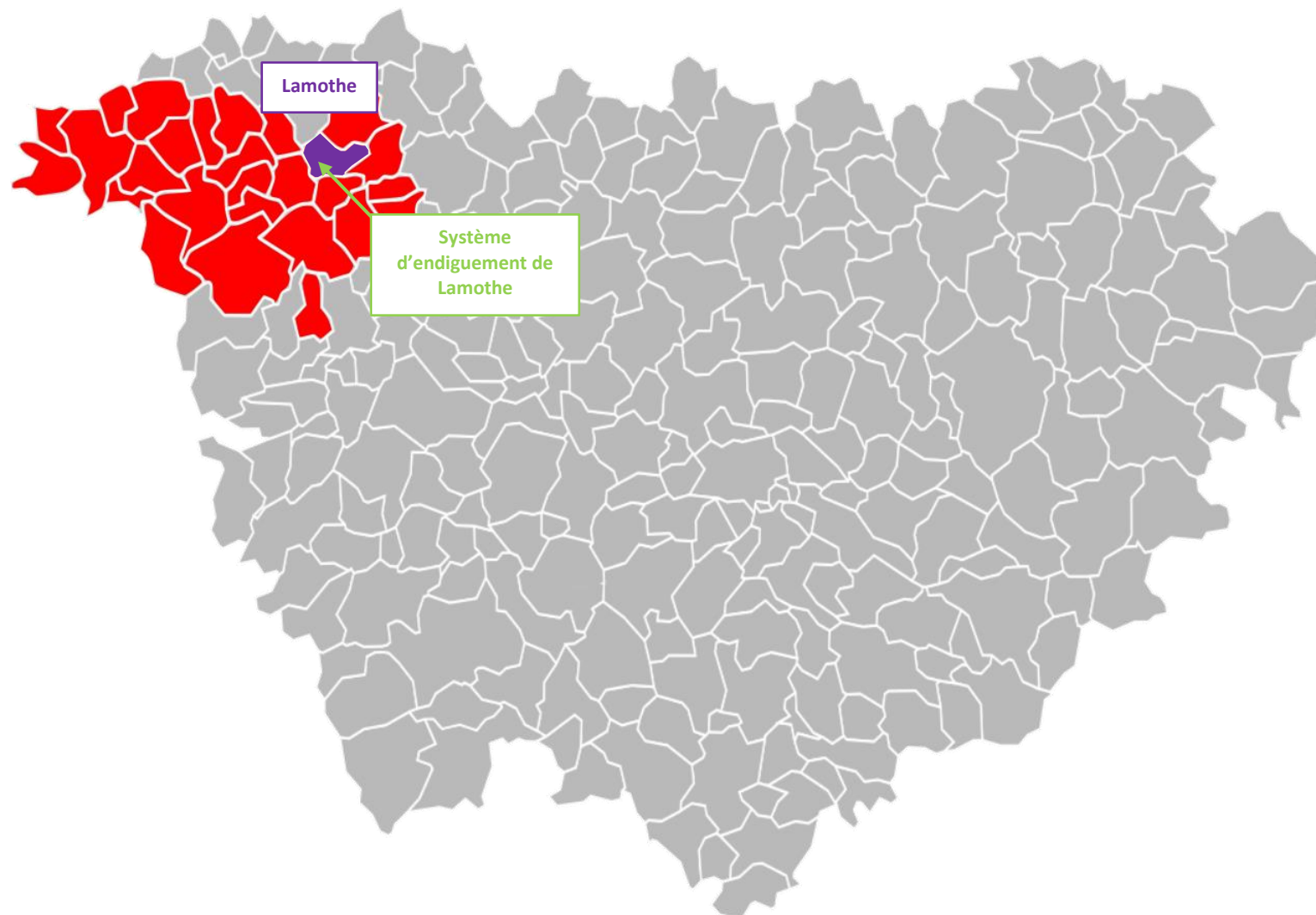


Figure 15 : Communauté de Communes Brioude Sud Auvergne dans le département de Haute-Loire et localisation de la commune de Lamothe

## 3.2. Description des conditions naturelles pouvant conduire à des crues et des conditions de fondation des ouvrages et des sollicitations s'exerçant sur ces fondations

### 3.2.1. Description des principaux facteurs naturels

Les risques d'inondation au droit du système d'endiguement de Lamothe sont liés aux crues de l'Allier.

Le bassin versant de l'Allier subit diverses influences climatiques, qui entraînent différents types de crue :

- les **crues cévenoles** : engendrées principalement en automne par des pluies orageuses venant de la Méditerranée, ces crues sont de courte durée mais extrêmes. Elles sont localisées sur le haut bassin et sont de nature torrentielle, entraînant une montée rapide des eaux qui atteignent souvent des hauteurs élevées. La crue s'estompe en se déplaçant vers l'aval et la décrue est habituellement rapide. Ce sont les crues les plus brutales de l'Allier,
- les **crues océaniques** : ces crues d'hiver et de printemps sont provoquées par des pluies longues et successives venant de l'Atlantique. Ce sont des crues de plaine, touchant les cours moyen et inférieur de l'Allier. Le niveau de la rivière monte assez lentement et la crue grossit en se propageant vers l'aval, durant souvent plusieurs jours, avec une décrue lente. Ces crues peuvent être assez fréquentes mais sont rarement de grande ampleur,
- les **crues mixtes** : ces crues sont générées par la conjonction des deux phénomènes décrits précédemment, et surviennent au printemps ou à l'automne. Leur nature évolue de l'amont vers l'aval, en passant d'une crue torrentielle à une crue de plaine, qui sera donc généralisée à l'ensemble de l'Allier. La montée des eaux est rapide, les hauteurs d'eau, volumes et débits sont importants, et la décrue est plus ou moins rapide selon l'importance des pluies océaniques. De très grande ampleur, les crues mixtes sont les plus redoutables.

### 3.2.2. Références scientifiques

Les débits de référence de l'Allier, et de ses affluents, considérés au droit de la zone d'étude sont issus de l'étude hydraulique réalisée par Antea Group dans le cadre de la présente étude de dangers (cf. §4.2.1).

Conformément à cette étude, les débits retenus au droit de la zone d'étude sont les suivants :

Période de retour	Débit de pointe (m <sup>3</sup> /s)		
	Allier	Ternivol	Courgoux
5 ans*	494	8	4
10 ans	785	13	5
20 ans*	1 065	17	7
30 ans	1 225	20	8
50 ans	1 501	24	9
100 ans	1 996	32	12

Tableau 3 : Débits de pointe retenus de l'Allier et de ses affluents au droit du secteur d'étude

Par ailleurs, une modélisation hydraulique du secteur d'étude a été réalisée à l'aide du logiciel HEC-RAS 6.3 développé par le Corps des ingénieurs de l'armée des Etats-Unis (USACE) pour les besoins de la présente étude de dangers (cf. §4.2.2.1.2).

### 3.2.3. Données historiques

L'analyse hydrologique a été réalisée sur la base des données issues :

- de la recherche bibliographique effectuée par le bureau d'études Aberlaz, en tant qu'AMO de la Communauté de Communes Brioude Sud Auvergne,
- des quantiles de débit SHYREG disponibles au droit du secteur d'étude pour l'Allier, la Senouire, le Ternivol et le Courgoux,
- des débits mesurés aux stations hydrométriques de l'Allier et de la Senouire :
  - l'Allier à Vieille-Brioude (code : K233 0810 01) – 1919-2023,
  - la Senouire à Paulhaguet (code : K236 3010 01) – 1923-2023.
- des laisses de crue choisies selon la quantité et la qualité disponibles.

### 3.2.4. Synthèse de l'étude géologique

La zone d'étude se trouve en contexte général de plaine alluviale de l'Allier, dont le cours s'établit au sein d'un fossé d'effondrement ancien (Limagne de Brioude) comblé de sédiments. D'après la carte géologique du secteur (feuille n°766 de Brioude), le contexte géologique est caractérisé par les formations géologiques suivantes :

- Remblais éventuels (X) et terre agricole,
- Alluvions subactuelles (Fz), principalement constituées d'un ensemble de sables et de graviers alluvionnaires,
- Un ensemble de formations d'origine détritique d'âge Oligocène (gS), constitué de sables argileux à nodules calcaires.

Le système d'endiguement de Lamothe :

- est localisé en zone d'aléa sismique considéré comme faible,
- est situé en zone d'aléa moyen pour le retrait-gonflement des argiles,
- n'est concerné par aucun périmètre de sécurité associé à un indice de cavité souterraine.



Figure 16 : Extrait de la carte géologique au 1/50 000 du secteur

### 3.3. Description des éléments composant le système de protection et leurs fonctions hydrauliques

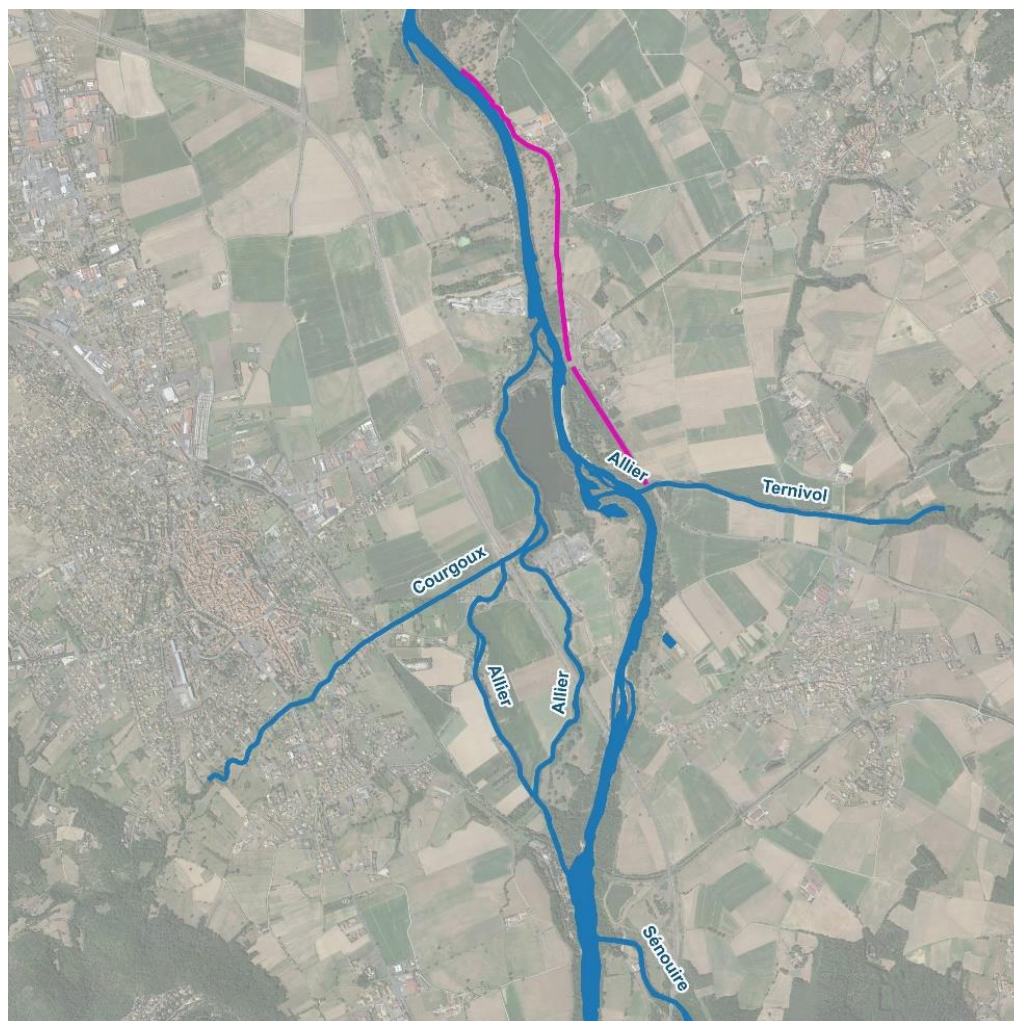
#### 3.3.1. Identification des cours d'eau

Les cours d'eau concernés par la présente étude de dangers sont l'Allier et ses affluents la Sénouire, le Ternivol et le Courgoux.

Elle prend sa source en Lozère (48), à 1485 m d'altitude. Son tracé chemine sur 425 km à travers les départements de la Haute-Loire, le Puy-de-Dôme et l'Allier, avant de se jeter au Bec d'Allier dans la Loire, dont elle est le principal affluent.

Le système d'endiguement de Lamothe protège la rive droite contre les inondations de l'Allier uniquement.

On notera par ailleurs la présence de l'étang de Chevalier en rive gauche de l'Allier en amont immédiat de la confluence avec le Courgoux.



## Etude de dangers du système d'endiguement de Lamothe

### Réseau hydrographique

#### Légende

- Hydrographie
- Système d'endiguement

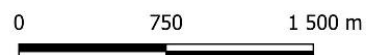


Figure 17 : Réseau hydrographique au droit du système d'endiguement de Lamothe

### 3.3.2. Plan d'ensemble du système d'endiguement

Pour rappel, le système d'endiguement de Lamothe est composé de 3 tronçons de digue :

- **Partie amont :**
  - **Tronçon n°1 - digue de Lamothe** (680 ml - PM 30 à 710) : de la confluence du Ternivol avec l'Allier jusqu'au rond-point du pont de Lamothe,
- **Partie aval :**
  - **Tronçon n°2 – digue de Cougeac** (1245 ml - PM 770 à 2015) : du rond-point du pont de Lamothe jusqu'au droit du hameau de Cougeac,
  - **Tronçon n°3 – prolongement aval de Cougeac** (425 ml - PM 2015 à 2440) : depuis le hameau de Cougeac jusqu'à la fin du linéaire de protection en gabions.

On notera également la présence d'autres ouvrages en remblais à proximité (non intégrés au système d'endiguement de Lamothe) :

- rond-point du pont de Lamothe (considéré comme un tertre),
- merlon situé en rive droite du Ternivol.

Le système d'endiguement de Lamothe ne comprend aucun dispositif de régularisation des écoulements hydrauliques et est « ouvert » à l'aval.

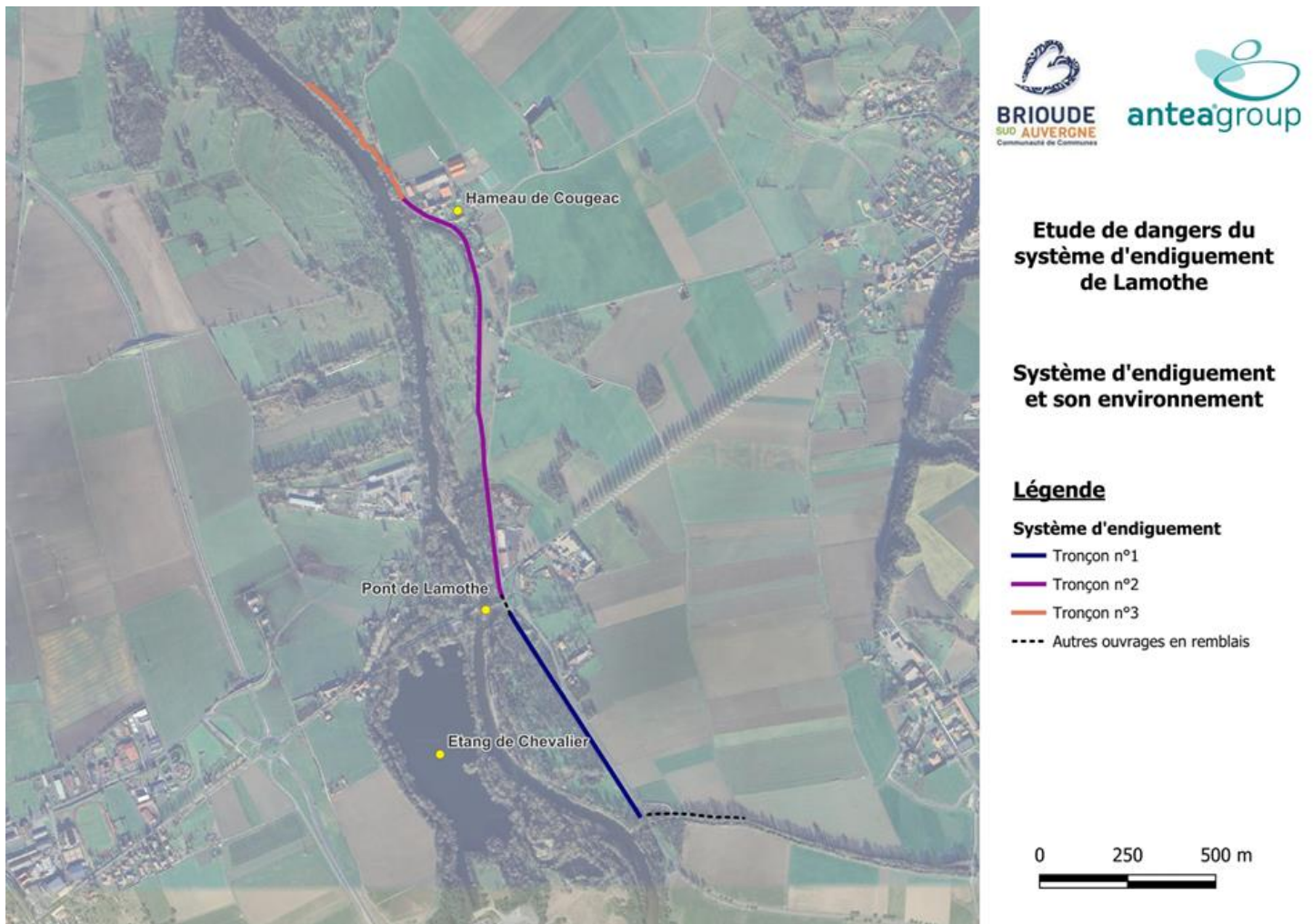
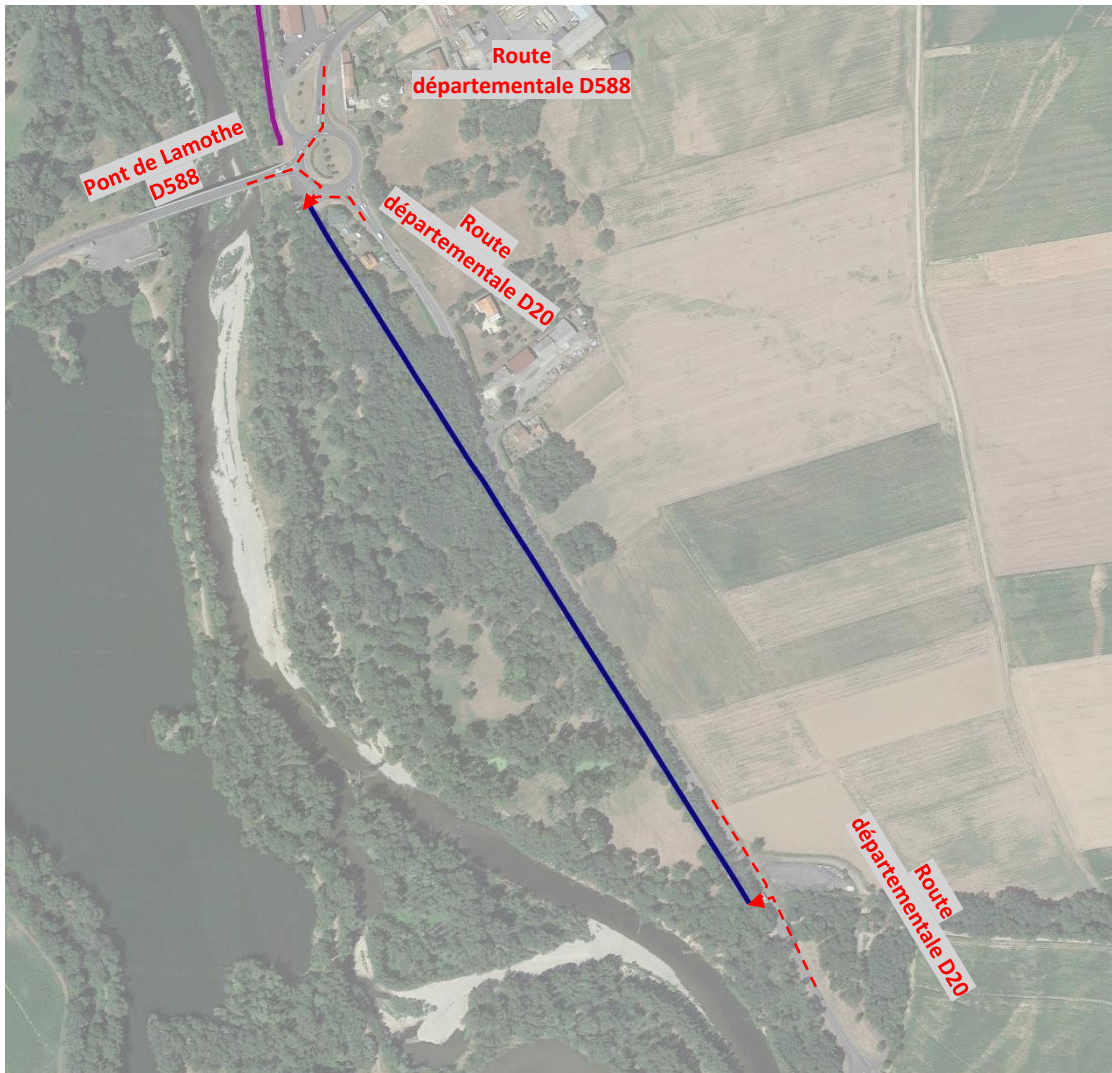


Figure 18 : Plan d'ensemble du système d'endiguement de Lamothe

### 3.3.3. Localisation et caractéristiques des éléments constituant le système d'endiguement

Les différents tronçons constituant le système d'endiguement, y compris leurs voies d'accès, sont présentés sur les figures ci-après.



### Etude de dangers du système d'endiguement de Lamothe

#### Tronçon n°1 et accès

#### Légende

- Système d'endiguement**
- Tronçon n°1
  - Tronçon n°2

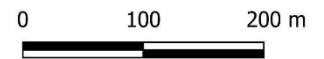
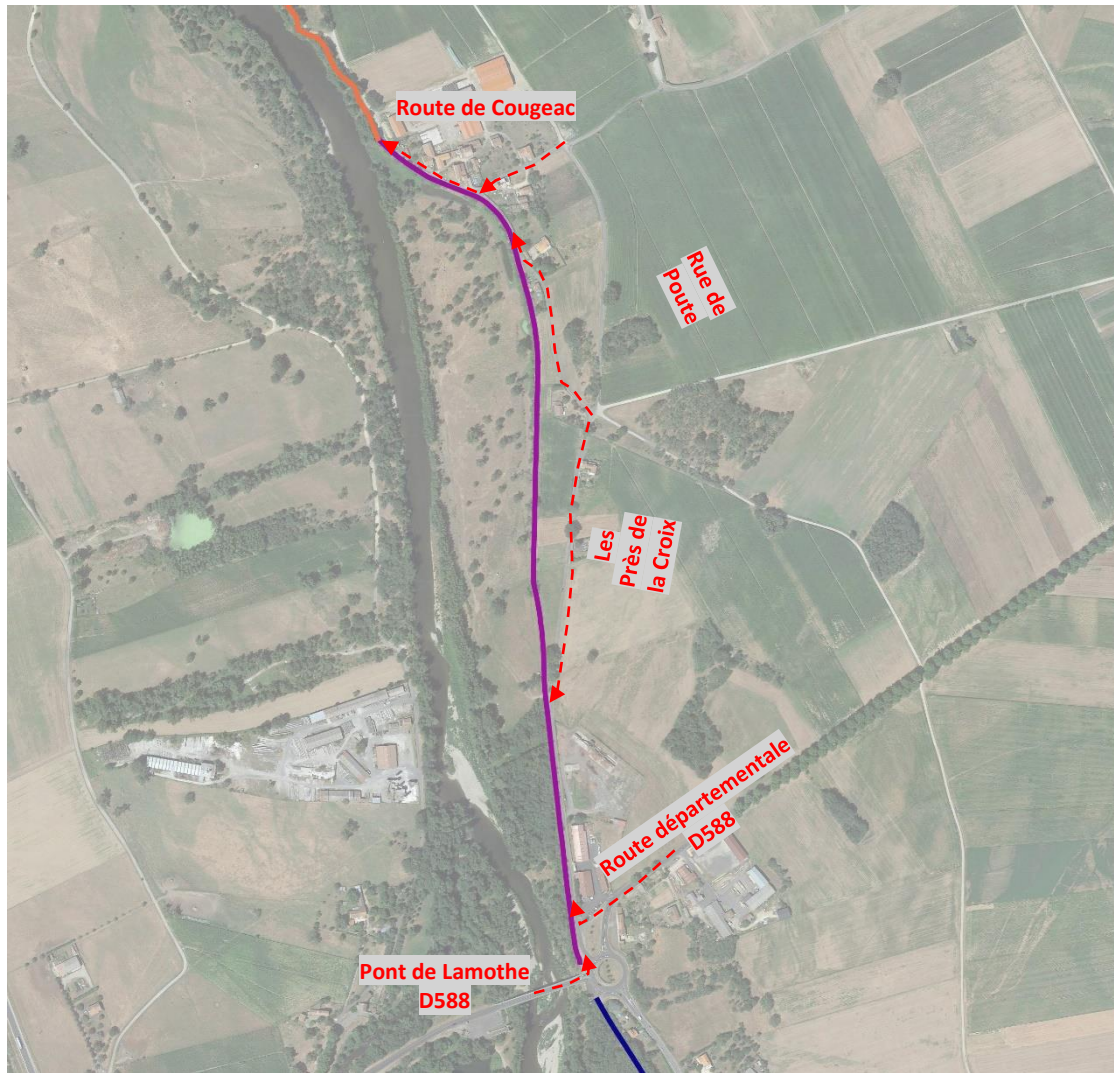


Figure 19 : Tronçon n°1 et accès



### Etude de dangers du système d'endiguement de Lamothe

Tronçon n°2 et accès

#### Légende

##### Système d'endiguement

- Tronçon n°1
- Tronçon n°2
- Tronçon n°3

0 100 200 m




Figure 20 : Tronçon n°2 et accès



**Etude de dangers du  
système d'endiguement  
de Lamothe**

**Tronçon n°3 et accès**

**Légende**

- Système d'endiguement**
- Tronçon n°2
  - Tronçon n°3

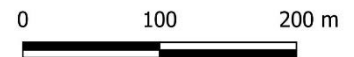


Figure 21 : Tronçon n°3 et accès

### 3.3.4. Présentation globale du système d'endiguement

Les niveaux de pieds de digue, crête de digue et les lignes d'eaux issus de la modélisation hydraulique (cf. §4.2.2.2.34.2.2.1.2) associées aux différentes crues étudiées sont présentés ci-après.

Pour rappel, les niveaux de protection associés au système d'endiguement sont les suivant :

- Tronçons n°1 et n°2 : crue de l'Allier atteignant un niveau de 420,40 m NGF à l'échelle limnimétrique située sur la pile rive gauche (face latérale) du pont de Lamothe comparable à un niveau atteint par un débit de l'ordre de 785 m<sup>3</sup>/s (T = 10 ans),
- Tronçon n°3 : crue de l'Allier atteignant un niveau de 419,40 m NGF à l'échelle limnimétrique située sur la pile rive gauche (face latérale) du pont de Lamothe comparable à un niveau atteint par un débit de l'ordre de 494 m<sup>3</sup>/s (T = 5 ans).

Les niveaux de protection tels qu'ils sont définis intègrent une incertitude de 30 cm vis-à-vis des niveaux de l'Allier au droit l'échelle de référence (NP = NQ<sub>x</sub> - 30 cm).

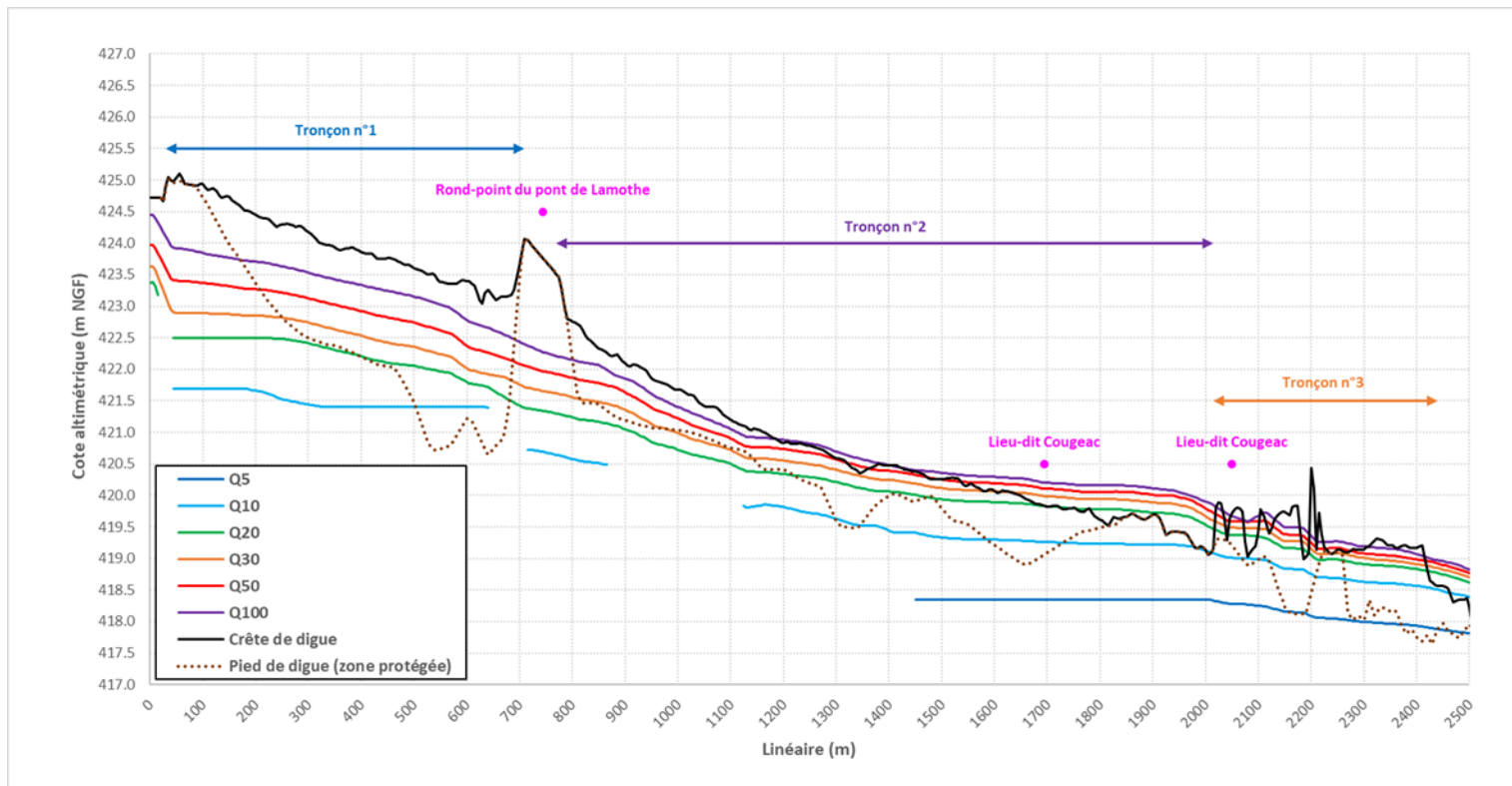


Figure 22 : Profil en long du système d'endiguement de Lamothe et sollicitations hydrauliques

### 3.3.5. Présentation détaillée du système d'endiguement

Les figures ci-après présentent les principales caractéristiques géométriques et constitutives des différents tronçons du système d'endiguement de Lamothe :

- **Partie amont :**

- **Tronçon n°1 – Digue de Lamothe (680 ml – PM 30 à 710) :**

- **Section T1a** (410 ml – PM 30 à 440) :
  - Côté zone protégée : talus enherbé ou végétalisé,
  - En crête : végétation arbustive abondante,
  - Côté cours d'eau : talus en pierre maçonnée
- **Section T1b** (260 ml – PM 440 à 700) :
  - Côté zone protégée : talus enherbé ou végétalisé
  - En crête : végétation arbustive abondante
  - Côté cours d'eau : talus en pierre maçonnée
- **Section T1c** (10 ml – PM 700 à 710) :
  - Côté zone protégée : Mur de soutènement
  - En crête : cheminement piéton
  - Côté cours d'eau : Mur de soutènement

- **Partie aval :**

- **Tronçon n°2 – Digue de Cougeac (1245 ml - PM 770 à 2015) :**

- **Section T2a** (370 ml - PM 770 à 1140) :

- Côté zone protégée : perré maçonné,
- En crête : perré maçonné,
- Côté cours d'eau : perré maçonné,
- **Section T2b** (715 ml - PM 1140 à 1855) :
  - Côté zone protégée : perré maçonné,
  - En crête : perré maçonné,
  - Côté cours d'eau : perré maçonné,
- **Section T2c** (160 ml - PM 1855 à 2015) :
  - Côté zone protégée : route de Cougeac
  - En crête : perré maçonné,
  - Côté cours d'eau : perré maçonné,
- **Tronçon n°3 – Prolongement aval de la digue de Cougeac** (425 ml – PM 2015 à 2440) :
  - **Section T3a** (60 ml – PM 2015 à 2075) :
    - Côté zone protégée : talus enherbé ou végétalisé
    - En crête : végétation arbustive
    - Côté cours d'eau : enrochements
  - **Section T3b** (150 ml – PM 2075 à 2225) :
    - Côté zone protégée : talus enherbé ou végétalisé
    - En crête : végétation arbustive
    - Côté cours d'eau : talus enherbé ou végétalisé
  - **Section T3c** (215 ml – PM 2225 à 2440) :
    - Côté zone protégée : talus enherbé ou végétalisé
    - En crête : chemin communal
    - Côté cours d'eau : parement en gabions surmonté d'une couche béton

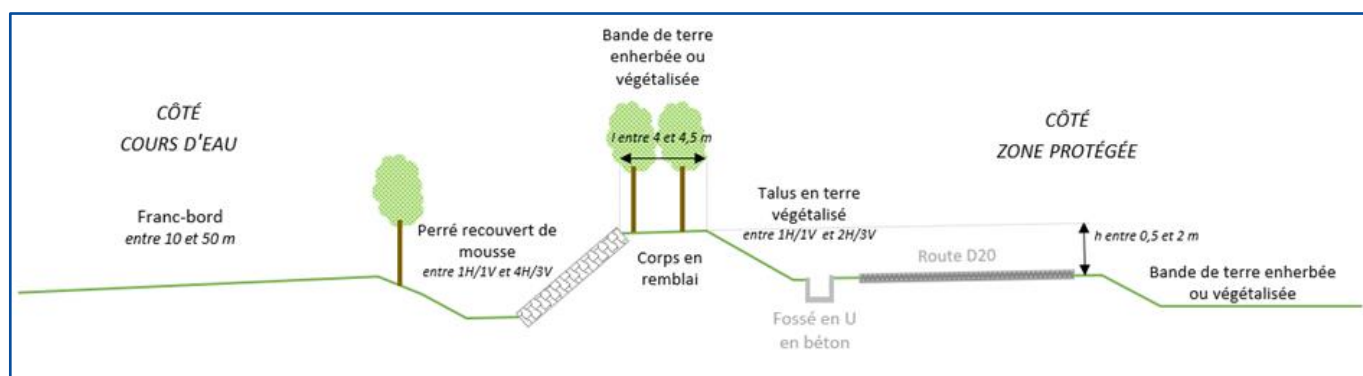


Figure 23 : Coupe type du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 1 / Section a (T1a)

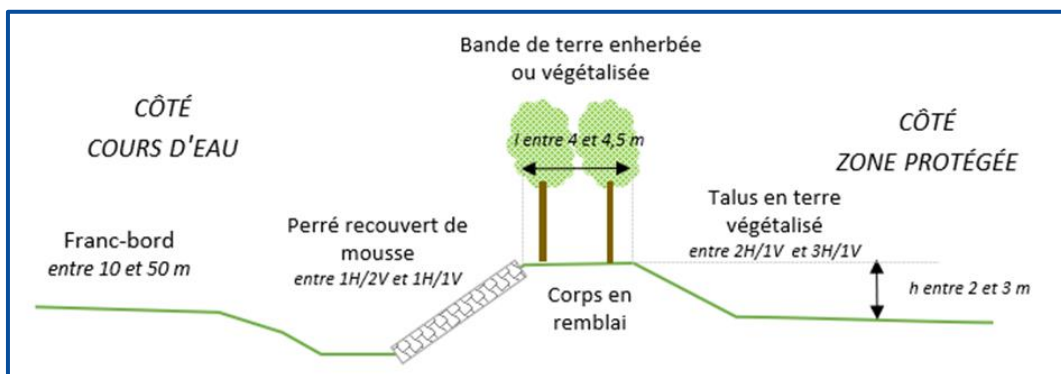


Figure 24 : Coupe type du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 1 / Section b (T1b)

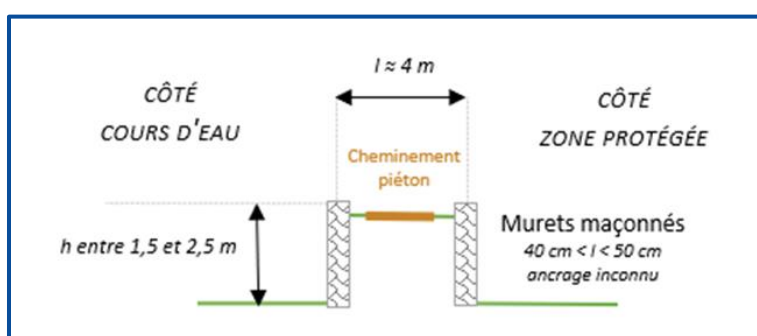


Figure 25 : Coupe type du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 1 / Section c (T1c)

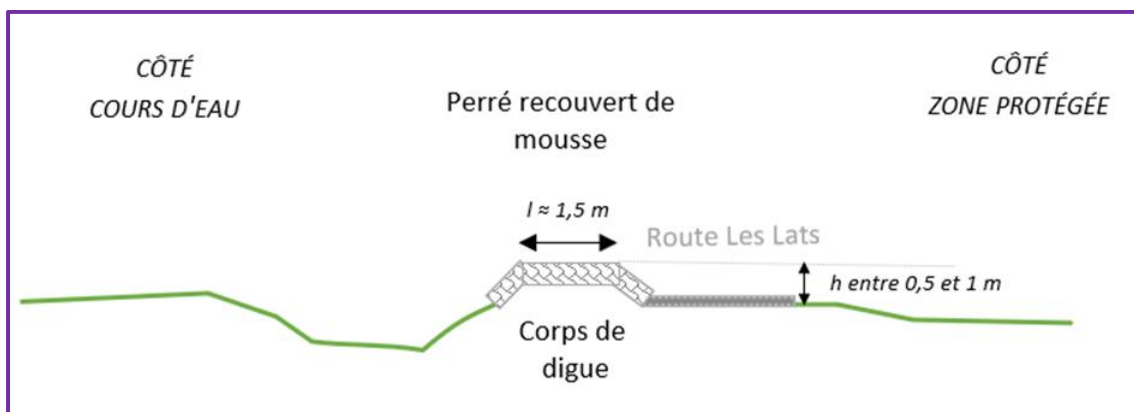


Figure 26 : Coupe type du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 2 / Section a (T2a)

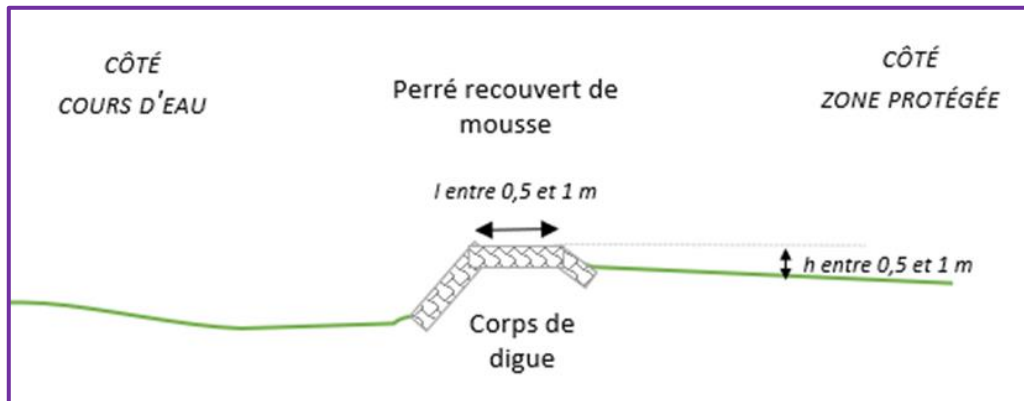


Figure 27 : Coupe type du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 2 / Section b (T2b)

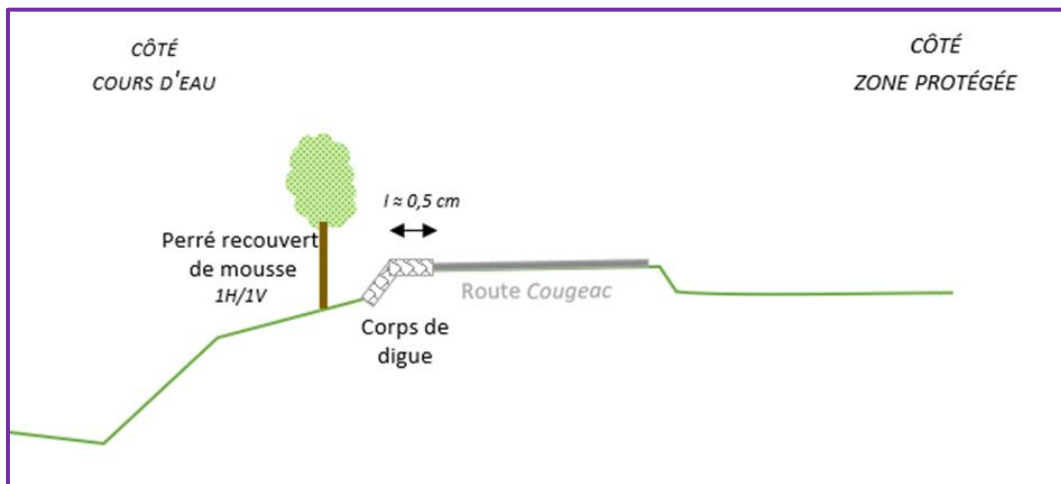


Figure 28 : Coupe type du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 2 / Section c (T2c)

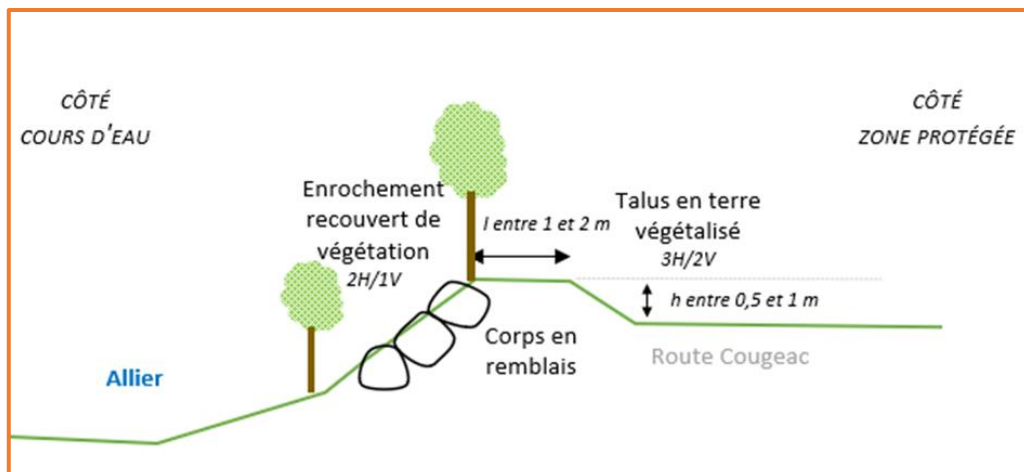


Figure 29 : Coupe type du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 3 / Section a (T3a)

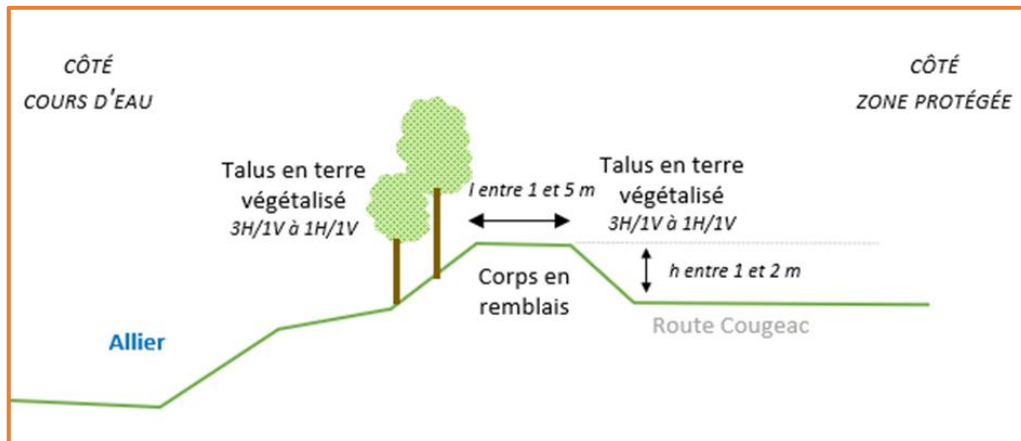


Figure 30 : Coupe type du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 3 / Section b (T3b)

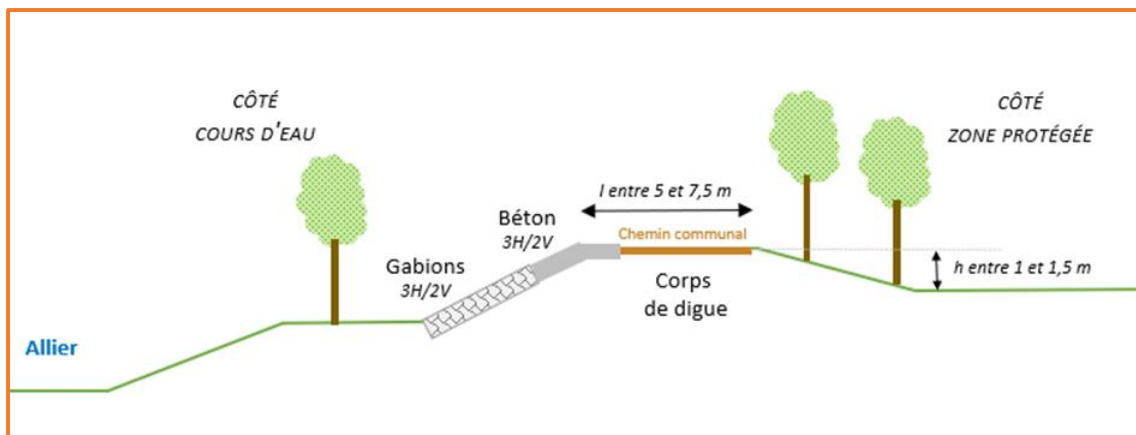


Figure 31 : Coupe type du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 3 / Section c (T3c)

### 3.3.6. Localisation des aménagements hydrauliques

Aucun aménagement hydraulique n'est autorisé conjointement avec le système d'endiguement de Lamothe.

### 3.3.7. Présentation et analyse critique des données topographiques disponibles et leur précision

Les données disponibles pour définir la topographie du lit mineur sont les suivantes :

- 31 profils de travers ainsi que 15 élévations d'ouvrages hydrauliques réalisés par BBASS en 2016 pour les besoins de l'étude hydraulique de l'Allier et de ses affluents sur le bassin de Brioude dans le cadre de la révision du PPRI (BRL Ingénierie, 2017),
- 13 profils en travers réalisés par VEODIS 3D en 2020 pour les besoins de l'étude de réduction des risques de dysfonctionnement sédimentaire associés à la capture de l'Allier par les gravières de Lamothe et Mirefleurs (Artelia, 2020-2022).

Les données disponibles pour définir la topographie du lit majeur sont issues des données du LIDAR HD 2023 de l'IGN post-traité au pas de 0,5 m.

Le profil en long de la crête du système d'endiguement de Lamothe a été affiné sur la base du levé topographique réalisé par le Cabinet FREITAS en octobre 2014.

### 3.4. Analyse du fonctionnement du système d'endiguement, analyse des risques de rupture, niveau de protection, analyse de l'organisation du gestionnaire et gestion en situation de crue

#### 3.4.1. Données historiques

L'historique des digues de Cougeac et Lamothe et des crues de l'Allier, avec les valeurs de débits et hauteurs d'eau relevées à Vieille-Brioude, est résumée dans le tableau ci-dessous. Ces données sont issues des différents documents et études rassemblés dans le cadre la recherche bibliographique effectuée par le bureau d'études Aberlaz.

Auteur	Date	Objet	Éléments d'information
	1790	Crue de l'Allier	
	05/1835	Crue de l'Allier	
	18/10/1846	Crue de l'Allier	Hauteur relevée : 8,50 m – Débit : 2220 m <sup>3</sup> /s
	30-31/05/1856	Crue de l'Allier	Hauteur relevée : 6,48 m – Débit : 1409 m <sup>3</sup> /s
	19/10/1857	Crue de l'Allier	Hauteur relevée : 6,54 m – Débit : 1432 m <sup>3</sup> /s
	24-25/09/1866	Crue de l'Allier	Hauteur relevée : 9,21 m – Débit : 2500 m <sup>3</sup> /s
	18/10/1868	Crue de l'Allier	Hauteur relevée : 4,75 m – Débit : 829 m <sup>3</sup> /s
	13/09/1875	Crue de l'Allier	Hauteur relevée : 7,75 m – Débit : 1925 m <sup>3</sup> /s
	1878	Création par le conseiller municipal Louis Denier du Syndicat de la digue de Lamothe (Association Syndicale Autorisée de Lamothe)	
	1879-1883	Construction des digues de Lamothe et Cougeac par le Syndicat	
	31/12/1888	Crue de l'Allier	Hauteur relevée : 6,55 m – Débit : 1436 m <sup>3</sup> /s
	01/10/1907	Crue de l'Allier	Hauteur relevée : 6,80 m – Débit : 1537 m <sup>3</sup> /s
	03/06/1913	Crue de l'Allier	Hauteur relevée : 4,50 m – Débit : 763 m <sup>3</sup> /s
	25-27/10/1943	Crue de l'Allier	Hauteur relevée : 5,75 m – Débit : 1138 m <sup>3</sup> /s
	Années 1960	Début de l'exploitation de la gravière de Lamothe	
	24/12/1973	Crue de l'Allier	Hauteur relevée : 5,51 m – Débit : 1055 m <sup>3</sup> /s
	04/08/1975	Arrêté portant création du Syndicat intercommunal pour la défense contre les crues et l'aménagement de l'Allier auquel adhère la commune de la Lamothe	
	14/07/1979	Délibération du Conseil Municipal de Lamothe décidant de la réalisation des travaux de prolongement de la digue de Cougeac	
	14/10/1979	Rapport du Directeur Départemental de l'Équipement chargé du contrôle des travaux de défense contre les eaux	
Préfet de Haute-Loire	03/12/1979	Arrêté prescrivant l'enquête publique relative au prolongement de la digue de Cougeac sur la commune de Lamothe	
	Années 1980	Construction du prolongement de la digue de Cougeac par la commune de Lamothe	
	21/09/1980	Crue de l'Allier	Hauteur relevée : 5,47 m – Débit : 1041 m <sup>3</sup> /s
	1990	Construction de la liaison entre la digue de Cougeac et son prolongement	
	05/11/1994	Crue de l'Allier	Débit : 925 m <sup>3</sup> /s
	1999	Fin de l'exploitation de la gravière de Lamothe	
	3-4/12/2003	Crue de l'Allier	Hauteur relevée : 5,27 m – Débit : 975 m <sup>3</sup> /s

Auteur	Date	Objet	Éléments d'information
CETE Lyon – LRPC Autun	06/2007	Classement des digues au titre ISP	Dans le cadre des missions du PATOUH, les digues de Lamothe et Cougeac ont été classées comme ISP
	2-3/11/2008	Crue de l'Allier	Hauteur relevée : 5,49 m – Débit : 1048 m <sup>3</sup> /s
	01/01/2018	Prise de compétence GEMAPI de la CC Sud Brioude Auvergne	A la suite de l'adoption de la loi MAPTAM, la CC est devenue compétente au pour la GEMAPI, notamment concernant la protection contre les inondations
Préfet de Haute-Loire	24/11/2021	PROJET – Lettre d'information sur le classement des digues	Afin de reconnaître l'antériorité de ces digues, créées avant le 14 mai 2015, et de bénéficier de la procédure simplifiée pour définir le SE, le préfet sera amenée à prendre un arrêté portant classement des digues en classe C Cet arrêté prévoit également la fourniture des études prévues par le CE, dont l'EDD, dans un délai de 18 mois à partir du 31/12/2021 (cette demande de dérogation doit être faite par la CC auprès du préfet)
		PROJET – Arrêté pour le classement des digues	Arrêté préfectoral portant sur le classement des digues de Cougeac et Lamothe en rive droite de l'Allier sur le territoire de la commune de Lamothe La CC est en responsabilité de ces ouvrages au regard du rôle de protection des personnes joué par les digues, et une convention avec l'ASA doit être établie pour définir les responsabilités, la surveillance et la gestion de l'ouvrage
	02/12/2021	Réunion en sous-préfecture de Brioude	Le président de la CC a précisément pris connaissance des enjeux de protection qu'assurent pour certains types de crues les digues de Cougeac et Lamothe pour plusieurs résidents
Président de la CC	13/12/2021	Lettre au préfet – Demande de report de délai	Demande d'une dérogation de 18 mois pour fournir l'ensemble des documents permettant de définir le système d'endiguement
	23/12/2021	Réception de la lettre de demande de report de délai du président de la CC par la préfecture de Haute-Loire	
Préfet de Haute-Loire		Lettre d'information sur le classement des digues	Signature par le préfet et envoi au président de la CC
	31/12/2021	Transmission aux destinataires de la lettre de demande de report de délai du président de la CC	
Préfet de Haute-Loire	01/02/2022	Arrêté pour le classement des digues	Signature par le préfet
Président de la CC	11/05/2023	Lettre au préfet – 2 <sup>nd</sup> e demande de report de délai	Demande d'une seconde dérogation pour fournir l'ensemble des documents permettant de définir le système d'endiguement
Préfet de Haute-Loire	16/06/2023	Lettre au président de la CC – réponse à la 2 <sup>nd</sup> e demande de report de délai	Il est envisagé de prendre 2 arrêtés préfectoraux : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pour prolonger le délai de remise des études de mise en conformité</li> <li>- Pour prescrire les mesures de surveillance afin de permettre de satisfaire les exigences de la protection et la sécurité des personnes et des biens</li> </ul>

Tableau 4 : Historique des digues de Cougeac et Lamothe (source : Aberlaz)

### 3.4.2. Comportement structurel

Afin de protéger efficacement la commune de Lamothe contre les crues de l'Allier, le système d'endiguement doit présenter un risque faible de rupture (probabilité conditionnelle inférieure à 5 %) sans entrées d'eau dans la zone protégée pour le niveau de protection défini au paragraphe 3.4.4.

L'analyse complète du comportement structurel du système d'endiguement menée en partie 7 permet de montrer la résistance du système d'endiguement face aux quatre risques de rupture conventionnelle :

- Rupture par surverse,
- Rupture par érosion externe,
- Rupture par glissement,
- Rupture par érosion interne.

Le tableau ci-après récapitule les résultats de l'analyse de risques.

Tronçon	Rupture par surverse	Rupture par érosion externe	Rupture par glissement	Rupture par érosion interne
Tronçon n°1	$Q \leq Q_{100}$	$Q \leq Q_{100}$	$Q \leq Q_{100}$	$Q \leq Q_{10}$
				$Q_{10} < Q < Q_{20}$
				$Q \geq Q_{20}$
Tronçon n°2	$Q \leq Q_{10}$	$Q \leq Q_{100}$	$Q \leq Q_{100}$	$Q \leq Q_{50}$
	$Q_{10} < Q < Q_{20}$			$Q_{50} < Q < Q_{100}$
	$Q \geq Q_{20}$			$Q \geq Q_{300}$
Tronçon n°3	$Q \leq Q_5$	$Q \leq Q_{100}$	$Q \leq Q_{100}$	$Q \leq Q_{100}$
	$Q = Q_{10}$			
	$Q \geq Q_{20}$			

Risque de défaillance	Probabilité
Fort	$P > 50 \%$
Moyen	$5 \% \leq P \leq 50 \%$
Faible	$P < 5 \%$

Tableau 5 : Synthèse des risques de rupture par tronçon

### 3.4.3. Impact des aménagement(s) hydraulique(s)

Sans objet (aucun aménagement hydraulique n'est autorisé conjointement avec le système d'endiguement de Lamothe).

### 3.4.4. Niveau de protection

Le niveau de protection est défini par l'article R. 214-119-1 du code de l'environnement. C'est la hauteur maximale définie par le gestionnaire que peut atteindre l'eau sans que la zone protégée soit inondée en raison du débordement, du contournement, ou de la rupture des ouvrages de protection. Le niveau de protection peut également être apprécié au regard soit d'un débit du cours d'eau en crue considéré soit d'une cote atteinte par celui-ci.

Le Communauté de Communes Brioude Sud Auvergne, en sa qualité de gestionnaire du système d'endiguement de Lamothe, a fixé, lors de son Conseil Communautaire du 30/09/2025, les **niveaux de protection** suivants :

- **Tronçons n°1 et n°2 : crue de l'Allier atteignant un niveau de 420,40 m NGF à l'échelle limnimétrique située sur la pile rive gauche (face latérale) du pont de Lamothe comparable à un niveau atteint par un débit de l'ordre de 785 m<sup>3</sup>/s (T = 10 ans),**

- **Tronçon n°3 : crue de l'Allier atteignant un niveau de 419,40 m NGF à l'échelle limnimétrique située sur la pile rive gauche (face latérale) du pont de Lamothe comparable à un niveau atteint par un débit de l'ordre de 494 m<sup>3</sup>/s (T = 5 ans).**

Les niveaux de protection tels qu'ils sont définis intègrent une incertitude de 30 cm vis-à-vis des niveaux de l'Allier au droit l'échelle de référence (NP = NQ<sub>x</sub> – 30 cm).

### **3.4.5. Situations pouvant survenir pour des niveaux dépassant les performances du système**

Compte tenu de ce qui précède, le scénario de défaillance structurelle qui semble le plus probable dans l'état actuel de connaissance du système d'endiguement est la formation d'une brèche :

- suite à une surverse sur une section non aménagée à cet effet au niveau du tronçon n°2 ou 3,
- ou suite à un phénomène d'érosion interne, par suffusion et/ou érosion régressive au niveau du tronçon n°1.

Ce cas de figure se produit pour une crue de l'Allier atteignant un niveau de 421,35 m NGF à l'échelle limnimétrique située sur la pile rive gauche (face latérale) du pont de Lamothe comparable à un niveau atteint par un débit de l'ordre de 1 065 m<sup>3</sup>/s (T = 20 ans).

### **3.4.6. Organisation du gestionnaire**

La Communauté de Communes Brioude Sud Auvergne a rédigé un document décrivant l'organisation mise en place pour assurer la gestion du système d'endiguement, son entretien et sa surveillance en toutes circonstances.

La présentation et l'analyse complète de l'organisation mise en place par le gestionnaire pour l'exercice de ses missions est décrite au paragraphe 9.

Une synthèse de l'organisation mise en place est présenté ci-après.

	Actions	Structure concernée	Elément déclencheur	Description	Critère de fin d'action
Hors Crue	Dossier d'ouvrage	CCBSA + Mairie Lamothe + ASA + SMAA	À chaque production de nouveaux éléments	- tenir à jour le dossier d'ouvrage sur une plateforme de partage de fichier et de stockage en ligne pour consigner la vie de l'ouvrage - dossier en ligne partagé CCBSA/Mairie/SMAA/ASA	
	Signalétique	CCBSA	En cas de besoin	Installation de panneaux de sensibilisation et de repères de crue Installation d'un panneau d'affichage pour les arrêtés municipaux	
	Formation des intervenants	CCBSA/Mairie de Lamothe	Une fois par an	Réaliser un exercice par an avec tous les intervenants + former les nouvelles personnes en cas de changement d'interlocuteurs	à consigner dans le dossier d'ouvrage
	Visite de surveillance trimestrielle	ASA	Une fois tous les 3 mois	Visite visuelle de l'ouvrage	Compte rendu oral à la CCBSA Ajout d'une notification dans le dossier de l'ouvrage
	Visite de surveillance programmée	CCBSA + SMAA	Annuel (janvier-février)	Parcourir à pied l'ouvrage de l'amont à l'aval, si possible en période de basses eaux, après débroussaillage pour visualiser le pied de digue / - Vérifier le bon état général des ouvrages et recenser les désordres visibles (Etat structurel et entretien de la végétation)	Compte-rendu de visite d'inspection selon le document d'organisation / Photographie
	Visite technique approfondie	CCBSA + SMAA	Tous les 6 ans (2030)	la VTA sera réalisée avec un expert hydraulique (BE agréé)	Rapport de visite ajouté au dossier d'ouvrage
	Entretien annuel de la végétation	CCBSA	Selon développement de la végétation	Fauchage de la végétation herbacée + débroussaillage Vigilance à prévoir : habitats d'intérêt et espèces exotiques envahissantes (cf. porté à connaissance du SMAT dans le dossier de l'ouvrage)	Eviter la période 15 mars- 15 aout (nidification, reproduction, floraison ...)
En crue	Surveillance météorologique et hydrologique	Mairie Lamothe + CCBSA	Régulier	Meteo-France + Vigicrues + alertes préfecture	
	Mise en alerte des structures mobilisées	Mairie Lamothe + CCBSA + ASA	Dès qu'un évènement susceptible de nécessiter une surveillance rapprochée est identifié	Points d'information réguliers entre les acteurs concernés A minima toutes les 12h ou bien en cas d'évènement intéressant la sécurité des ouvrages	Fin de l'évènement météo
	Surveillance rapprochée en cas de crue	CCBSA - Mairie Lamothe - ASA	- Vigilance Jaune - Débit prévu/observé > 250 m <sup>3</sup> /s à la station de vieille Brioude - Constatation d'un risque de mise en charge des ouvrages	Surveillance des niveaux chaque heure depuis un point sécurisé (à partir du Pont de Lamothe) avec message écrit envoyé sur l'un des téléphones d'astreinte (cf. document d'organisation)	- Arrêt des visites la nuit - Pas de visite en cas de mise en charge constatée sur les ouvrages ou de dépassement des niveaux de protection - Fin de l'évènement
Gestion de crise communale	Sollicitation de l'activation du PCS	Mairie Lamothe	En cas de dépassement du niveau de protection (à l'échelle, ou à la station de Vieille Brioude si pas possible de voir l'échelle) En cas de désordre important repéré lors de la surveillance rapprochée	Informers la commune du dépassement du niveau de protection des ouvrages	
	Information alerte à la population	Mairie Lamothe	En cas d'évènement	Informers la population Utilisation d'outils de diffusion d'alerte (application municipale)	
	Evacuation de la population	Mairie/Astreinte	En cas d'alerte de niveau rouge ou risque important identifié via la surveillance	Habitations exposées : bourg de Cougeac / maison en amont du pont Déclenchement du PCS par la commune de Lamothe	
	Fermeture des accès à la digue	Mairie de Lamothe		Mise en place de barrière ou de dispositif de fermeture de la digue (outil de protection des populations)	
	Arrêté de police du Maire	Mairie de Lamothe	Selon besoin	Affichage au niveau de la digue et en mairie	Fin de l'évènement météo
Post-Crue	Visite post crue	CCBSA + SMAA	A la suite de la survenue de crue dont le débit est supérieur à 250 m <sup>3</sup> /s (ref pont de Vieille-Brioude)	Parcourir à pied l'ouvrage de l'amont à l'aval, si possible en période de basses eaux, après débroussaillage pour visualiser le pied de digue / Vérifier le bon état général des ouvrages (Etat structurel et entretien de la végétation)	Compte-rendu de visite d'inspection selon le document d'organisation / Photographie
	Réparation des ouvrages	CCBSA	Après un évènement / lors de période de basses eaux	Travaux d'urgence / réalisation d'un marché à bon de commande	Rapport de travaux ajouté au dossier d'ouvrage
	Déclaration EISH	CCBSA		Evènements Importants pour la Sécurité Hydraulique (EISH)	

Tableau 6 : Tableau de synthèse de l'organisation mise en place (source : Document d'organisation)

**DOCUMENT B :**  
**Analyse des risques et**  
**justification des performances**

## 4. Caractérisation des aléas naturels

### 4.1. Hydrologie, hydraulique et morphodynamique globale du cours d'eau à l'échelle du système d'endiguement

#### 4.1.1. Hydrologie globale

##### 4.1.1.1. Contexte climatique

Le contexte météorologique de Lamothe est caractérisé par un climat doux et modéré. En moyenne, la température y est de 10.2 °C. Des précipitations importantes sont enregistrées à Lamothe à toute période de l'année, avec un total de 815 mm de précipitations en moyenne sur l'année. Les cumuls mensuels moyens de précipitations sont les plus importants en avril/mai et en octobre/novembre, avec des précipitations de l'ordre de 80 mm/mois. Les mois de février/mars sont les plus secs, avec environ 50 mm/mois.

##### 4.1.1.2. Régime hydrologique

L'Allier est caractérisée par une période hivernale présentant de hautes eaux et une période estivale de basses eaux. Le niveau de l'eau présente des écarts considérables entre ces périodes, et les débits de la rivière peuvent fortement varier d'une année sur l'autre. Le régime hydrologique de l'Allier est donc qualifié d'irrégulier, même si ces variations ont quelque peu diminué après la mise en service du barrage de Naussac en 1983, qui permet de garantir un débit minimal permanent une partie de l'année.

Ainsi, les débits moyens oscillent entre environ 8 m<sup>3</sup>/s durant les périodes d'étiage, et plus de 40 m<sup>3</sup>/s durant les périodes de hautes eaux.

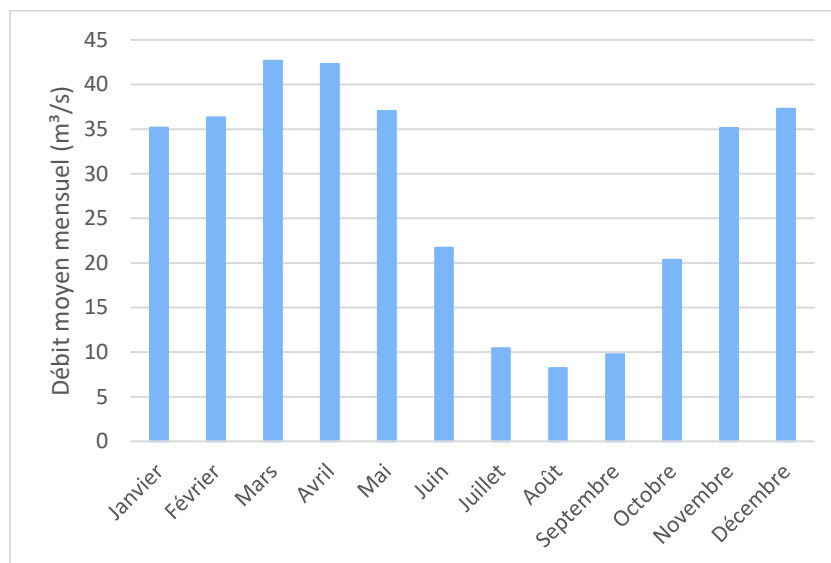


Figure 32 : Débits moyens mensuels de l'Allier à Vieille-Brioude entre 1919 et 1921 (Source : HydroPortail)

#### 4.1.1.3. Bassin versant

L'Allier prend naissance à 1485 m d'altitude en Lozère (48), dans les forêts cévenoles au pied du Moure de la Gardille. La partie amont de son cours, jusqu'à Vieille-Brioude, est en territoire montagneux, caractérisé par de fortes pentes (6 à 7 m/km). Des gorges profondes et étroites ont ainsi vu le jour dans le haut bassin de la rivière. A partir de Vieille-Brioude, l'Allier parcourt des plaines sédimentaires appelées Limagnes, marquant l'entrée dans le val d'Allier alluvial. Des gorges, buttes et coteaux se retrouvent néanmoins jusqu'à Pont-du-Château, avant que l'Allier s'étale plus largement dans la plaine en développant de vastes méandres – c'est la « Grande Limagne ». Elle finit son cours en se jetant dans la Loire, dont elle est le principal affluent, au Bec d'Allier près de Nevers (58).

Le bassin de l'Allier est concerné par des crues cévenoles localisées dans le Haut-Allier, océaniques sur les cours moyen et inférieur de la rivière, ou mixtes sur l'ensemble de son cours.

L'Allier, qui draine un bassin versant de l'ordre de 14 310 km<sup>2</sup>, s'étend sur un linéaire de 425 km depuis sa source dans les forêts cévenoles jusqu'à sa confluence avec la Loire. Le système d'endiguement de Lamothe se situe à l'aval de Vieille-Brioude, dans la plaine brivadoise.

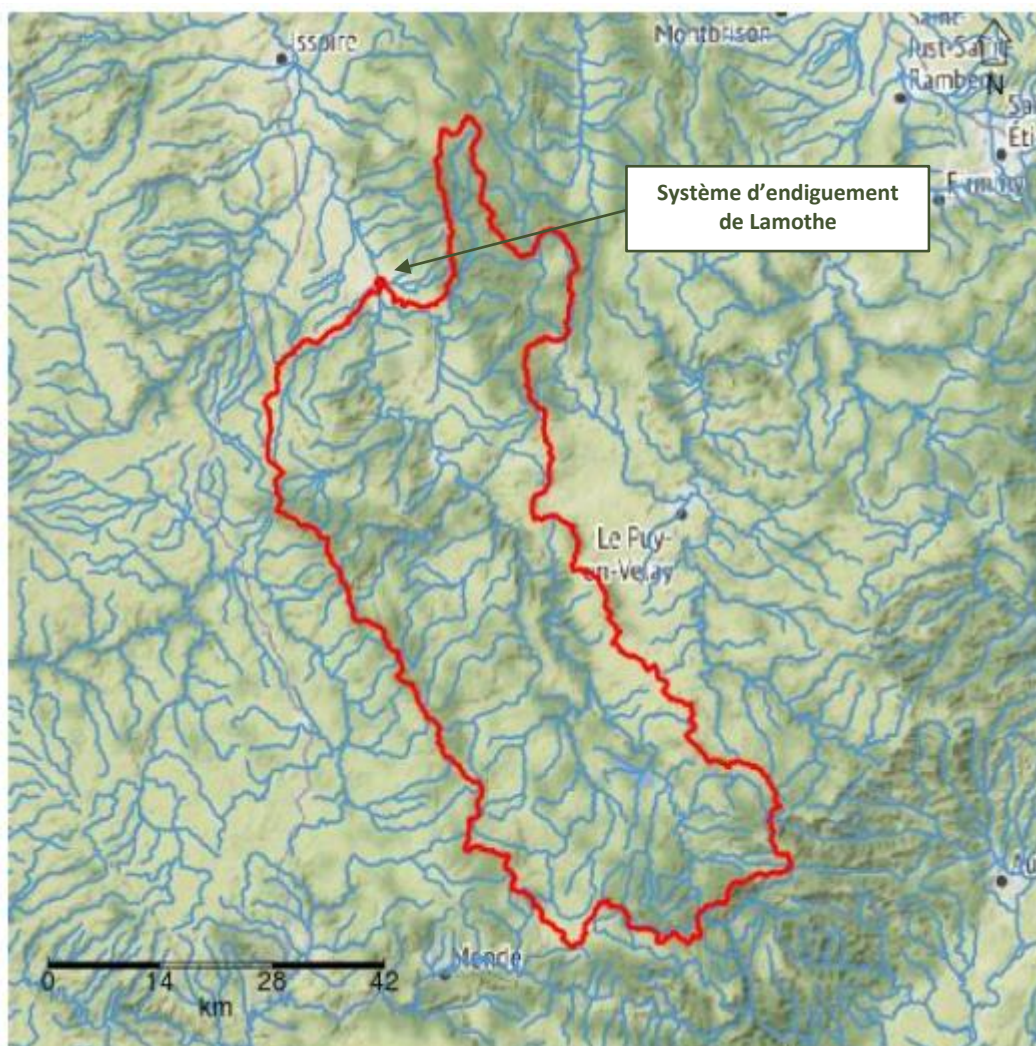


Figure 33 : Bassin versant de l'Allier au droit du secteur d'étude (source : <https://shyreg.recover.inrae.fr/>)

### 4.1.2. Hydraulique globale

L'Allier est un des principaux affluents de la Loire. Prenant sa source en Lozère, il traverse le département, pour se jeter dans la Loire après un parcours de l'ordre de 425 km.

La Sénouire, à sa confluence avec l'Allier en rive droite, au niveau des communes de Fontannes et Vieille-Brioude, a drainé un bassin versant de 405 km<sup>2</sup> pour un lin éaire de 70 km depuis sa source à Sembadel. Elle a pour principaux affluents le Doulon et la Lidenne. Son profil en long est pentu en amont puis s'adoucit vers la confluence.

Le Corgoux est un affluent rive gauche de l'Allier prenant sa source à Saint-Just-près-Brioude. A la confluence au droit de Brioude, il a un bassin versant de l'ordre de 17,2 km<sup>2</sup>.

Le Ternivol conflue avec l'Allier (en rive droite) en amont immédiat du système d'endiguement de Lamothe après un parcours d'environ 11,8 km depuis sa source au niveau de Champagnac-le-Vieux. Il draine un bassin versant de l'ordre de 55,7 km<sup>2</sup>.

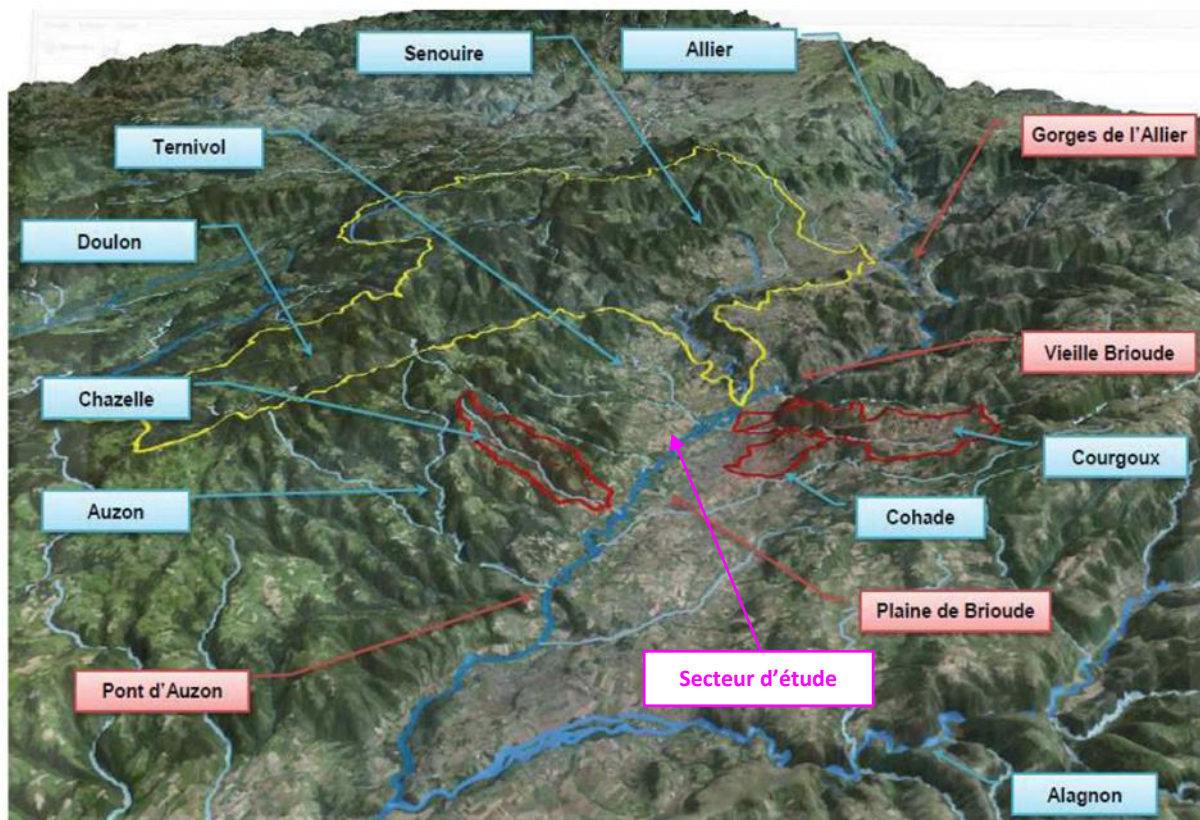


Figure 34 : Contexte hydraulique global (source : PPRI de l'Allier Brivardois)

Au niveau du premier tronçon de système d'endiguement, l'Allier traverse une zone d'étangs issue de l'extraction de matériaux. Le lit contourne les anciennes gravières jusqu'au pont de Lamothe.

### 4.1.3. Morphodynamique globale

A partir de Vieille-Brioude, l'Allier traverse la Limagne de Brioude, qui constitue la première plaine rencontrée par la rivière après un cours encaissé. Une importante couche d'alluvions y a été déposée, et constitue une ressource naturelle pour plusieurs activités anthropiques : l'agriculture, le captage d'eau potable dans l'aquifère ou encore l'exploitation de gravières, aujourd'hui arrêtée.

Cette plaine était caractérisée par une forte divagation latérale du lit, qui a entraîné la formation de méandres et bras secondaires lors des crues de l'Allier. Cette dynamique a posé des problèmes notamment pour l'agriculture, puisque les alluvions fertiles sont alors remplacées par des alluvions récentes. C'est pour palier à ce phénomène que des protections ont vu le jour le long du cours de la rivière.

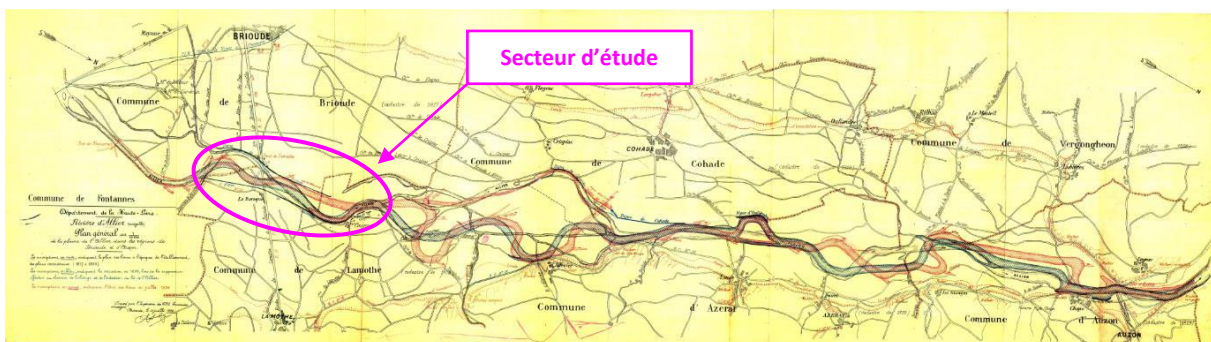


Figure 35 : Divagation du lit de l'Allier entre 1898 et 1934 (Source : BRLi)

Cependant, l'étude menée en 2022 par VEODIS-3D, dans le cadre de l'élaboration d'un schéma de gestion de l'espace de mobilité de l'Allier, montre que la largeur de la bande active du cours d'eau a énormément diminué, passant d'une moyenne de 163 m en 1945 à 106 m en 2016. Ce phénomène est notamment dû à l'enfoncement généralisé du lit mineur, la mise en place de points durs (enrochement, ponts) qui ont favorisé la stabilisation en plan du lit, et l'ancrage de la végétalisation dans le lit moyen. L'ensemble du linéaire de l'Allier a connu une diminution très nette de la largeur de la bande active, d'autant plus importante que l'on descend vers l'aval. Au droit de Vieille-Brioude et Lamothe, cette rétraction est de 15 m en moyenne.

Sur la majeure partie du cours de l'Allier, la largeur de la bande active paraît aujourd'hui stabilisée : l'équilibre morphodynamique semble être rompu et la rivière ne pouvoir perdre davantage d'espace. Sur les tronçons les plus actifs, la tendance à la rétraction se poursuit ; cela signifie que la capacité de l'Allier à remobiliser la charge de fond et à éroder ses berges est encore en cours d'altération. Seul un quart du linéaire, situé à l'aval et donc hors de la zone d'étude, conserve une dynamique latérale forte.

Le lit de l'Allier présente aussi de fortes variations en altitude du lit, avec une tendance historique à l'abaissement. Ce phénomène d'origine naturelle a été accéléré par l'exploitation des alluvions pendant des décennies, et entraîne aujourd'hui des conséquences sur les captages d'eau potable et sur les digues de protection, qui risquent de subir des sous-cavements et voir ainsi leur dégradation s'accroître. Selon les estimations de l'étude EPTAU menée en 1998, 10 à 30 millions de tonnes d'alluvions ont été extraites entre les années 60 et 80.

Une étude menée en 2015 par la DREAL Centre a mis en évidence un enfoncement du lit de l'Allier de -0.5 m à -3.5 m selon le secteur, avec une moyenne à -1.1 m, en comparant les lignes d'eau à l'étiage entre 1934 et 1980. Juste à l'amont de Vieille-Brioude un enfoncement de -2 m a été relevé sur cette

période, suivi d'une nouvelle évolution de -0.3 m entre 2000 et 2011. Ces valeurs sont à prendre avec précaution car l'étude menée fait état d'une certaine incertitude, même si la tendance à l'abaissement du lit est indéniable.

## 4.2. Hydrologie, hydraulique et morphodynamique locale des éléments du système d'endiguement

### 4.2.1. Hydrologie locale

#### 4.2.1.1. Crues historiques

Depuis 1790, on recense 17 crues importantes sur l'Allier, au droit de la zone d'étude. Leurs niveaux d'eau ont été relevés depuis 1846 à Vieille-Brioude, située juste en amont de Lamothe :

Crue	Cote (m)	Q estimé (m <sup>3</sup> /s)
18-oct 1846	8,50	2220
30-31-mai 1856	6,48	1409
19-oct 1857	6,54	1432
24-25-sept 1866	9,21	2500
18-oct 1868	4,75	829
13-sept 1875	7,75	1925
31-dec 1888	6,55	1436
01-oct-07	6,80	1537
03-juin-13	4,50	763
25-27-oct-43	5,75	1138
24-dec 1973	5,51	1055
21-sept-80	5,47	1041
05-nov-94		925
3-4-dec 2003	5,27	975
2-3-nov 2008	5,49	1048

Tableau 7 : Crues historiques de l'Allier à Vieille-Brioude (source : CETE Lyon - 2013)

La zone d'étude étant localisée dans le haut bassin de l'Allier, elle est davantage soumise à des crues cévenoles et mixtes, comme c'est le cas de la majorité des événements répertoriés dans le tableau ci-dessus, dont la plupart ont eu lieu durant l'automne.

Les crues présentant les hauteurs d'eau et débits les plus importants sont des crues mixtes (1846, 1856, 1866...), réputées pour être les plus redoutables. La crue mixte exceptionnelle de 1790 est considérée comme la plus forte connue, mais en l'absence de données c'est la crue de 1866 qui est prise comme référence historique, avec une période de retour supérieure à 100 ans.

#### 4.2.1.2. Définition des débits de référence

##### 4.2.1.2.1 Méthodologie

Les débits de pointe au droit du secteur d'étude ont été définis non seulement pour l'Allier, mais également pour les affluents présents dans la zone d'étude : le Ternivol et le Courgoux. Les données disponibles sur la Senouire seront également prises en compte pour déterminer le débit de l'Allier juste à l'aval de sa confluence avec la Senouire, qui marque le début de l'emprise du modèle hydraulique (cf. §4.2.2.1.2).

Les différents débits de référence sont ainsi déterminés à partir des données disponibles :

- Débit de l'Allier à l'aval de la confluence avec la Senouire ( $Q_{A+S}$ ) : somme des débits de l'Allier et de la Senouire à l'amont de la confluence,
- Débit du Ternivol ( $Q_T$ ) : transposition du débit de l'Allier à l'aval de la confluence avec le Ternivol par application de la formule de Myer,
- Débit du Courgoux ( $Q_C$ ) : transposition du débit de l'Allier à l'aval de la confluence avec le Courgoux par application de la formule de Myer.

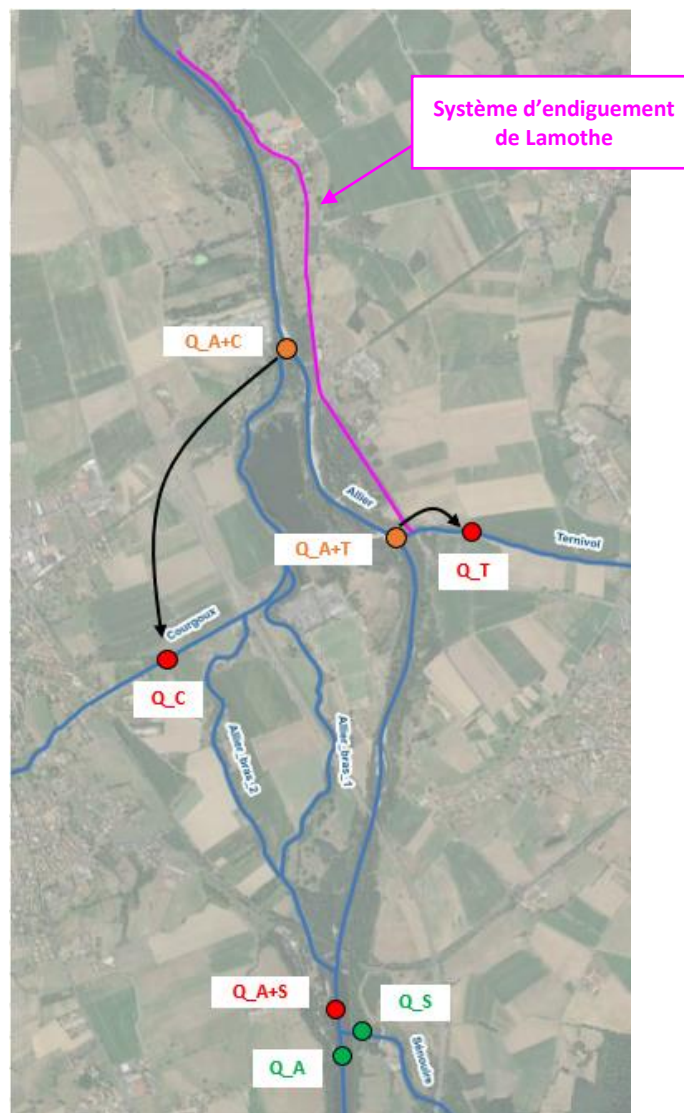


Figure 8 : Détermination des différents débits du réseau hydrographique au droit du système d'endiguement

L'ensemble des données issues de différentes sources sur les débits de l'Allier et ses affluents sont résumés ci-après.

#### 4.2.1.2.2 Stations hydrométriques

Les stations hydrométriques au droit du secteur d'étude sont les suivantes :

- station hydrométrique de l'Allier à Vieille-Brioude (code station : K233 0810 01 – période d'observation 1919-2023) située à environ 4 km en amont du secteur d'étude, au niveau du pont de la RD912,
- station hydrométrique de la Senouire à Paulhaguet (code station : K236 3010 01 – période d'observation 1923-2023) située à environ 21 km en amont de sa confluence avec l'Allier, juste à l'amont du camping « Ô bord de l'eau ».

Période de retour	Débit de pointe (m <sup>3</sup> /s)	
	Allier à Vieille-Brioude	Senouire à Paulhaguet
2 ans	302	12,3
5 ans	548	20,6
10 ans	711	26,1
20 ans	867	31,4
50 ans	1070	38,2

Tableau 9 : Débits instantanés maximaux de référence aux stations hydrométriques  
(source : <https://hydro.eaufrance.fr/>, Janvier 2024)

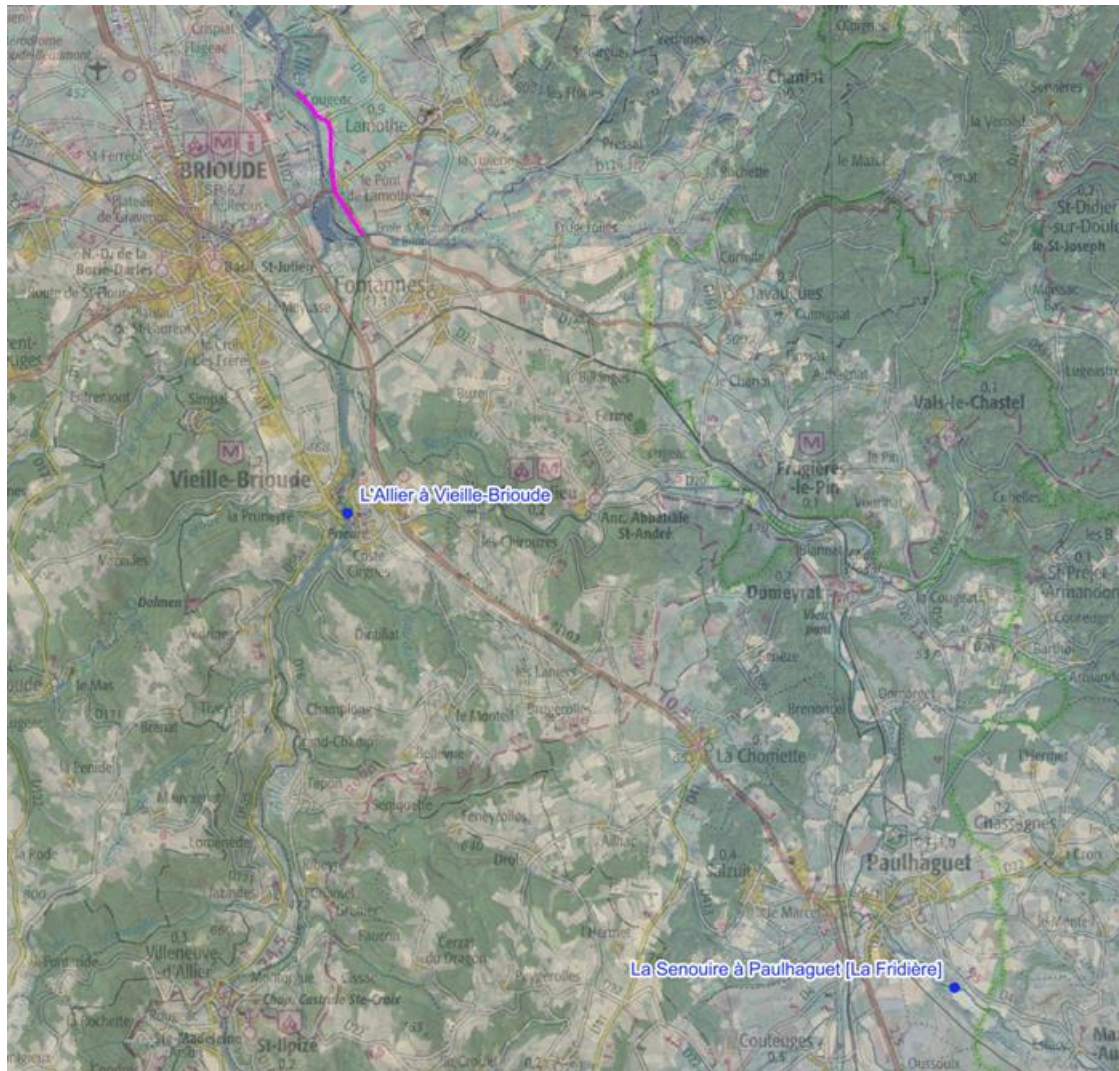


Figure 36 : Stations hydrométriques à proximité du secteur d'étude

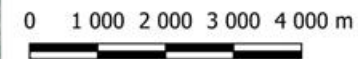


**Etude de dangers du système d'endiguement de Lamothe**

**Stations hydrométriques**

**Légende**

- Système d'endiguement
- Stations hydrométriques



#### 4.2.1.2.3 Etudes historiques / PPRI

L'étude réalisée par le bureau d'étude BRL Ingénierie en 2017 dans le cadre de la révision du Plan de Prévention des Risques Inondations (PPRI) de la plaine brivadoise a permis d'estimer les débits de pointe théoriques pour différentes occurrences de crues, pour l'Allier, la Senouire et le Courgoux.

Les débits de pointe de l'Allier ont été obtenus en réalisant une analyse statistique des données de la station de Vieille-Brioude. L'ajustement a été réalisé en utilisant une loi GEV, qui tient compte des données issues d'HydroPortail et des données historiques. Les débits retenus sont résumés dans le tableau ci-après :

Période de retour	Débit de pointe (m <sup>3</sup> /s)
10 ans	743
30 ans	1160
50 ans	1421
100 ans	1890
1 000 ans	4150

Tableau 10 : Débits de pointe théoriques de l'Allier à Vieille-Brioude (source : BRLi, 2017)

Les débits de pointe de la Senouire à Paulhaguet ont été déterminés à partir des débits de l'Allier à Vieille-Brioude, en analysant la corrélation entre les deux cours d'eau. Les valeurs obtenues sont résumées dans le tableau ci-après :

Période de retour	Débit de pointe (m <sup>3</sup> /s)
10 ans	59,8
30 ans	92,9
50 ans	113,6
100 ans	150,8
1 000 ans	330,2

Tableau 11 : Débits de pointe théoriques de la Senouire à Paulhaguet (source : BRLi, 2017)

La méthode SCS a été retenue pour déterminer les débits de pointe du Courgoux à Brioude, résumés dans le tableau ci-après :

Période de retour	Débit de pointe (m <sup>3</sup> /s)
10 ans	4,9
30 ans	8
50 ans	nc
100 ans	19,4
1 000 ans	36,2

Tableau 12 : Débits de pointe théoriques du Courgoux à Brioude (source : BRLi, 2017)

#### 4.2.1.2.4 Quantiles SHYREG

Les quantiles de débit SHYREG de la France métropolitaine sont disponibles pour près de 140 000 exutoires contrôlant une surface de bassin versant comprise entre 5 et 5 000 km<sup>2</sup> et répartis de façon homogène sur tout le territoire, sur un site web mis en place par IRSTEA Aix-en-Provence pour les services de l'état et les bureaux d'études ayant l'agrément pour le « Contrôle des ouvrages hydrauliques ».

La méthode SHYREG-débit reposant sur une approche régionale des débits naturels de bassins versants ruraux, elle ne prend pas en compte les éventuelles spécificités significatives à l'échelle du bassin versant telles que les karsts, les aménagements hydrauliques, les champs d'expansion des crues, le régime nival et n'est pas adaptée aux bassins versants très fortement urbanisés.

Les quantiles SHYREG 2019 disponibles au droit du secteur d'étude pour l'Allier, la Senouire, le Ternivol et le Courgoux sont les suivants :

Période de retour	Débit de pointe (m <sup>3</sup> /s)			
	Allier à Vieille-Brioude	Senouire à Vieille-Brioude	Ternivol à Brioude	Courgoux à Brioude
2 ans	375	47,3	7,48	2,39
5 ans	528	66,9	11,3	3,61
10 ans	672	84,4	15	4,8
20 ans	845	105	19,5	6,35
50 ans	1130	142	27,7	9,25
100 ans	1410	178	36,4	12,4
500 ans	2270	312	69,9	25,2
1 000 ans	2740	391	91	33,8

Tableau 13 : Quantiles de débits de pointe SHYREG

On notera que les débits issus des quantiles SHYREG sont inférieurs aux valeurs issues du PPRI.

#### 4.2.1.2.5 Synthèse des débits obtenus

Les débits de référence retenus dans le cadre de la présente étude de dangers sont les suivants :

- débits de l'Allier à l'aval de la confluence avec la Senouire déterminés à partir des données issues du PPRI de la plaine brivadoise,
- débits du Ternivol et de la Senouire déterminés en utilisant les données SHYREG

Période de retour	Débit de pointe (m <sup>3</sup> /s)		
	Allier	Ternivol	Courgoux
5 ans*	494	8	4
10 ans	785	13	5
20 ans*	1 065	17	7
30 ans	1 225	20	8
50 ans	1 501	24	9
100 ans	1 996	32	12

\* Valeurs extrapolées

Tableau 14 : Débits de pointe retenus dans le cadre de la présente étude de dangers

### 4.2.1.3. Hydrogrammes de crue

Les hydrogrammes de crue ont été élaborés par homothétie en débit à partir de l'hydrogramme de la crue historique de novembre 2008 (Q = 1 043 m<sup>3</sup>/s pour l'Allier à Vieille Brioude et Q = 52,4 m<sup>3</sup>/s pour la Senouire à Paulhaguet).

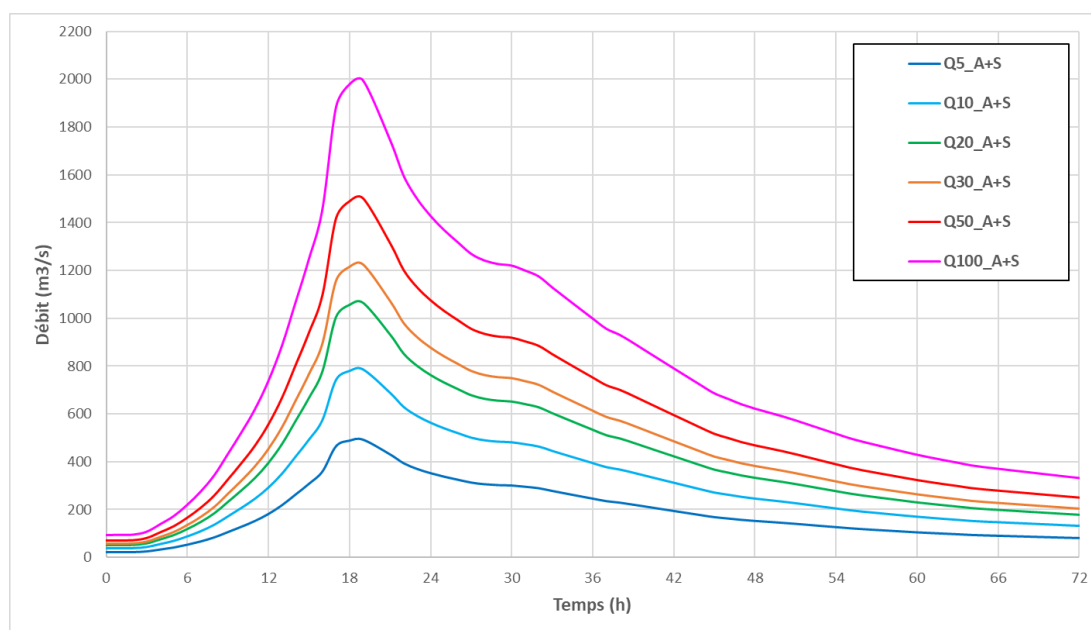


Figure 15 : Hydrogrammes de crues de l'Allier à l'aval de la confluence avec la Senouire

## 4.2.2. Hydraulique locale

### 4.2.2.1. PPRI de l'Allier Brivadois

#### 4.2.2.1.1 Zonage réglementaire

La commune de Lamothe était dotée d'un PPRI approuvé le 22 juillet 2003 et abrogé le 29 avril 2021 au profit d'un PPRI sur l'Allier et ses affluents, rassemblant plusieurs communes de la plaine brivadoise.

Les débits de référence retenus sur l'Allier sont ceux issus de l'étude de BRL Ingénierie de 2017, à savoir :

Période de retour	Débit de pointe (m <sup>3</sup> /s)
10 ans	743
30 ans	1160
50 ans	1421
100 ans	1890
1 000 ans	4150

Tableau 16 : Débits de pointe théoriques de l'Allier à Vieille-Brioude (source : BRLi, 2017)

La crue retenue comme crue de référence pour la réalisation de la cartographie de l'aléa pour l'Allier est la crue de 1866 sur l'Allier, légèrement supérieure à la centennale.

Dans la zone d'action du PPRI, on peut définir 3 grands types d'enjeux et quelques enjeux ponctuels :

- les espaces urbanisés, définis en fonction du nombre de constructions, de la contiguïté avec des parcelles bâties et du niveau de desserte par les équipements,
- le centre urbain, caractérisé par son histoire, une occupation du sol importante et une mixité des usages (logements, commerces et services),
- les champs d'expansion des crues, tels que les terres agricoles, les espaces verts, les terrains de sport... qui peuvent stocker un volume d'eau important,
- des enjeux ponctuels tels que les établissements sensibles ou stratégiques car nécessaires à la gestion de crise ou les infrastructures de transport.

A partir des études hydrologique et hydraulique, de la cartographie de l'aléa inondation et de l'analyse des enjeux, 2 zones sont distinguées dans le plan de zonage :

- Une zone rouge (ZR), où l'inconstructibilité est la règle générale, divisée en 3 sous-zones :
  - ZR1 : zone de sur-aléa lié au risque de rupture de digue, soumise à un contrôle strict de l'urbanisation,
  - ZR2 : secteur inondable soumis à tout type d'aléa hors zone urbanisée, correspondant à la zone d'expansion des crues, et soumis à un aléa fort en zone urbanisée,
  - ZR3 : secteur inondable soumis à un aléa fort ou très fort en centre urbain.
- Une zone bleue (ZB), où le développement n'est pas interdit mais réglementé afin de tenir compte du risque d'inondation.

Les mesures prises en zone rouge ont pour objectifs de limiter strictement l'implantation humaine, conserver la capacité d'écoulement des crues et les champs d'expansion, limiter les dommages aux biens exposés et le risque de pollution.

Les territoires communaux classés dans cette zone sont soumis au phénomène d'inondation, et font office de champs d'expansion des crues s'ils sont peu ou non urbanisés. Les territoires urbanisés sont classés en zone rouge si l'aléa est fort au point que la sécurité des biens et des personnes ne peut être garantie.

**L'intégralité du système d'endiguement ainsi que la zone protégée associée est située en zone rouge ZR1 et ZR2.**

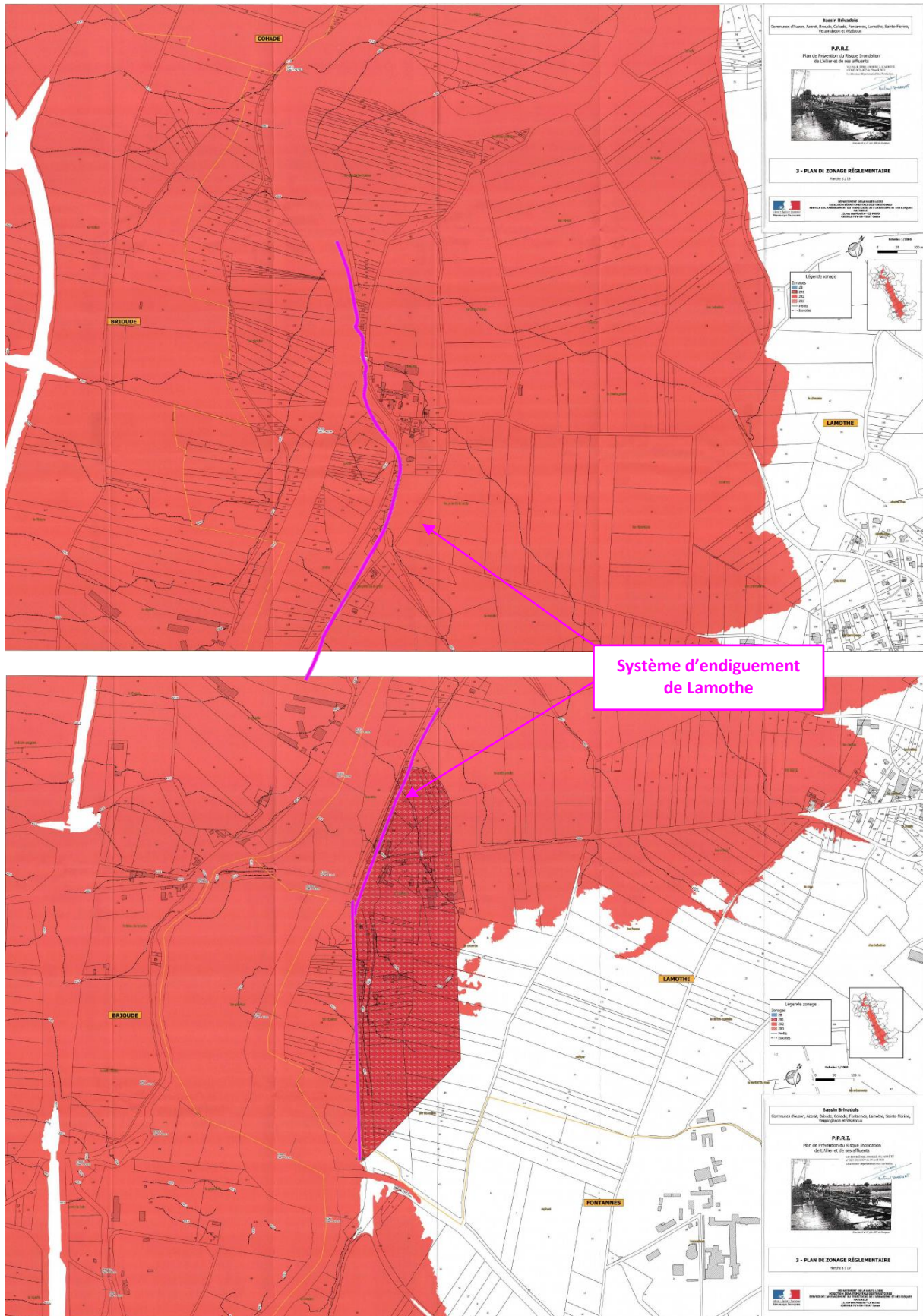


Figure 37 : Carte de zonage du PPRI de l'Allier Brivadois

#### 4.2.2.1.2 Scénario d'une rupture de digue

L'« Etude hydraulique de l'Allier et de ses affluents sur le bassin de Brioude dans le cadre de la révision du PPRI » réalisée par BRL Ingénierie en 2017 inclut une modélisation de rupture de digue sur la digue de Lamothe.

Les hypothèses du scénario modélisé sont les suivantes :

- Crue modélisée : crue de référence de 1866,
- Largeur de la brèche : 30 m
- Moment d'initiation de la brèche : charge hydraulique maximale,
- Durée de formation de la brèche : 0,5 h (durée choisie à dire d'experts).

Les deux cartes suivantes présentent les résultats de hauteurs et de vitesses maximales obtenus pour ce scénario. L'expansion maximale de la zone inondable due à cette rupture est atteinte environ 1h après le déclenchement de la brèche. Il faut noter que les vitesses d'écoulement sont localement fortes : 1m/s jusqu'à 300 m en aval du lieu de rupture. Néanmoins, les zones inondables obtenues sont beaucoup plus restreintes que celles obtenues pour le scénario avec effacement total des digues.

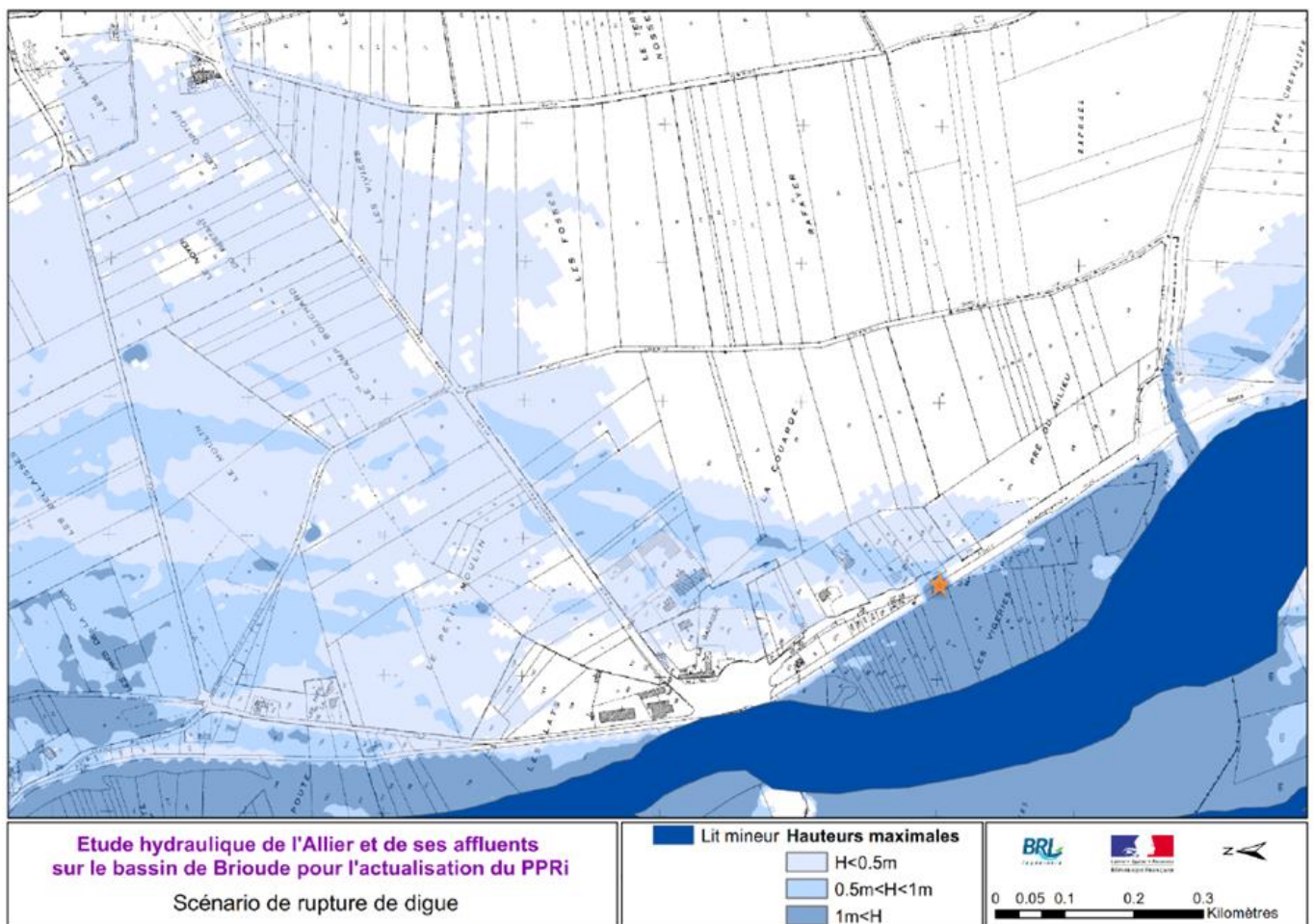


Figure 38 : Scénario de rupture de digue PPRI – Hauteur d'eau maximale (source : BRL Ingénierie, 2017)

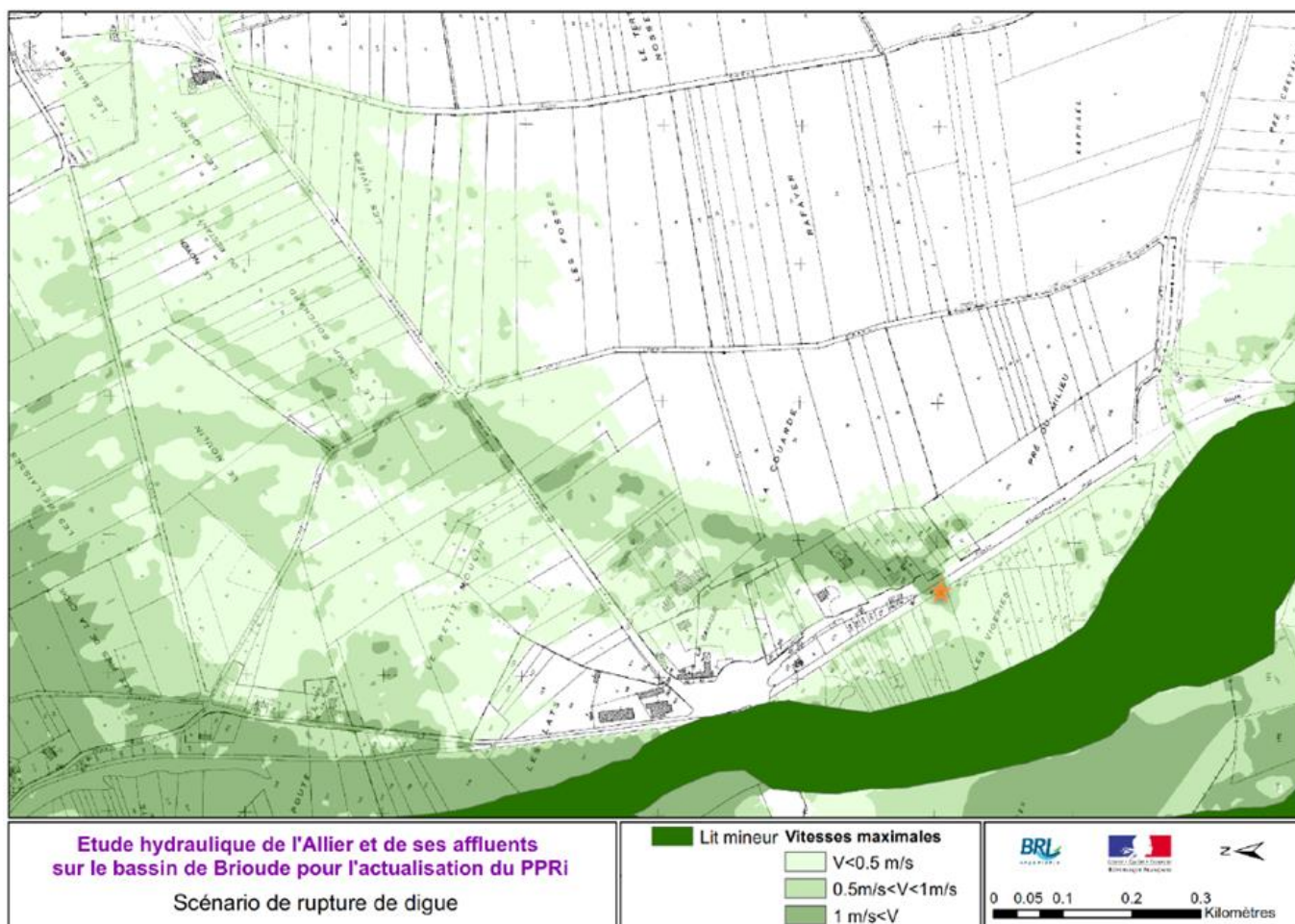


Figure 39 : Scénario de rupture de digue PPRI – Vitesse d'eau maximale (source : BRL Ingénierie, 2017)

#### 4.2.2.2. Modélisation hydraulique

Un modèle hydraulique du secteur d'étude a été réalisé pour les besoins de la présente étude de dangers.

##### 4.2.2.2.1 Construction du modèle hydraulique

###### ❖ Typologie et architecture du modèle

Le secteur d'étude a été modélisé à l'aide du logiciel HEC-RAS 6.3 développé par le Corps des ingénieurs de l'armée des Etats-Unis (USACE).

L'ensemble du domaine étudié est représenté par un maillage de type polygonal. Chaque maille possède ainsi entre 4 et 8 faces et tient compte de l'ensemble de la donnée topographique qu'elle recouvre par la définition par le logiciel d'un profil en travers synthétique aux frontières (faces) de chaque maille. Il est ainsi possible de représenter les écoulements de façon plus complexe et de connaître notamment leur direction et leur vitesse en tout point, y compris dans le lit mineur, là où un modèle 1D se limite à une hauteur d'eau et une vitesse moyenne sur la section.

Le modèle hydraulique résout les équations complètes de Barré de Saint-Venant en régime transitoire afin de décrire le laminage induit par le lit majeur par effet de rugosité, obstacle (remblais

d'infrastructure, etc.) et de bien traduire la propagation des ondes de crue d'amont en aval (permettant de décrire la cinétique des crues).

Le linéaire étudié est composé :

- du bras principal de l'Allier sur un linéaire d'environ 6,3 km,
- de deux bras secondaires de l'Allier, sur un linéaire total d'environ 3,6 km,
- du Courgoux sur un linéaire d'environ 1,3 km,
- du Ternivol sur un linéaire d'environ 800 m.

L'ensemble du modèle couvre une surface de l'ordre de 12,7 km<sup>2</sup>.

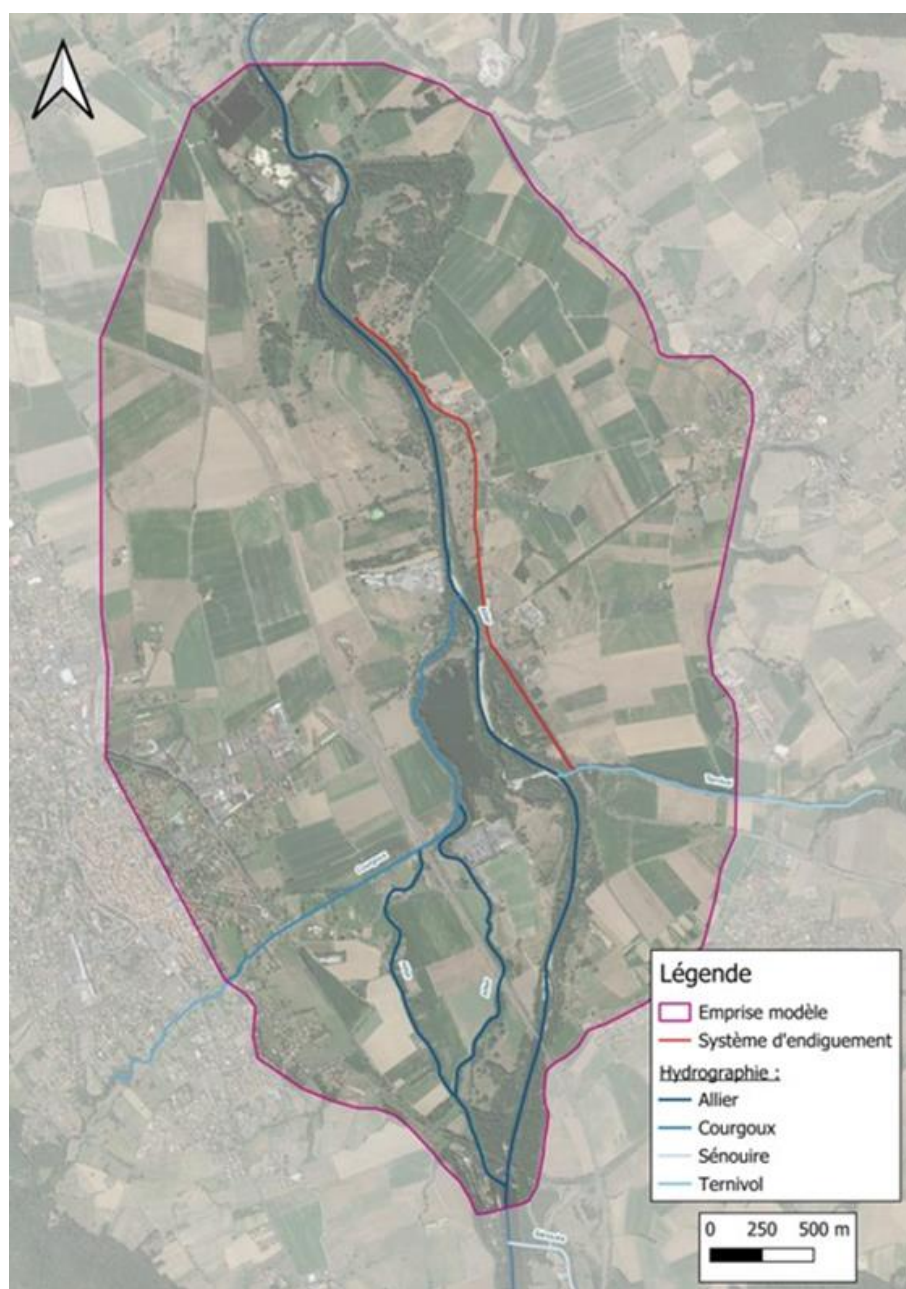


Figure 40 : Emprise du modèle hydraulique

### ❖ *Données topographiques utilisées*

Les données bathymétriques et topographiques utilisées sont les suivantes :

- 31 profils en travers ainsi que 15 élévations d'ouvrages hydrauliques réalisés par BBASS en 2016 pour les besoins de l'étude hydraulique de l'Allier et de ses affluents sur le bassin de Brioude dans le cadre de la révision du PPRI (BRL Ingénierie, 2017),
- 13 profils en travers réalisés par VEODIS3D en 2020 pour les besoins de l'étude de réduction des risques de dysfonctionnement sédimentaire associés à la capture de l'Allier par les gravières de Lamothe et Mirefleurs (Artelia, 2020-2022),
- LIDAR HD 2023 de l'IGN post-traité au pas de 0,5 m.

Les profils en travers ont été valorisés pour générer des Modèles Numériques de Terrain (MNT) des lits mineurs de l'Allier et du Courgoux. Les MNT des lits mineurs ainsi générés ont ensuite été fusionnés avec le MNT issu du LIDAR HD de l'IGN afin d'obtenir un MNT global du secteur d'étude (cf. Figure 41).

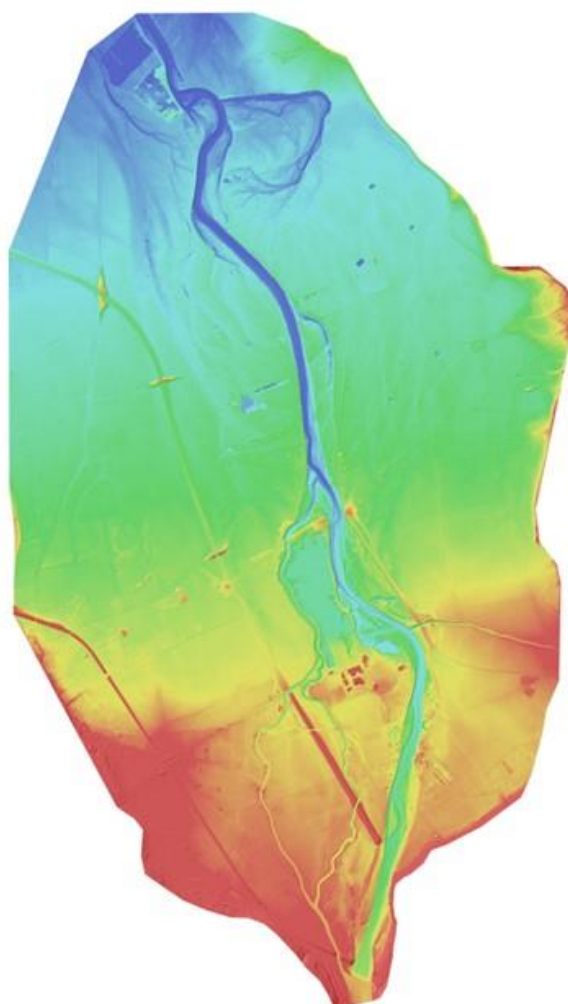


Figure 41 : MNT global généré sur l'emprise du modèle hydraulique

### ❖ *Maillage du modèle*

Un maillage polygonal a ainsi été réalisé qui couvre l'intégralité du linéaire du réseau hydrographique étudié, ainsi que la totalité de la plaine inondable contenue dans l'emprise modélisée.

Le nombre et la taille ont été adaptés localement aux objectifs du modèle et de l'étude. La recherche du maximum de précision au droit des zones à enjeux a abouti à un maillage hétérogène (entre 5x5 m et 20x20 m). Il couvre une surface globale d'environ 12,7 km<sup>2</sup> et est constitué d'environ 72 680 mailles.

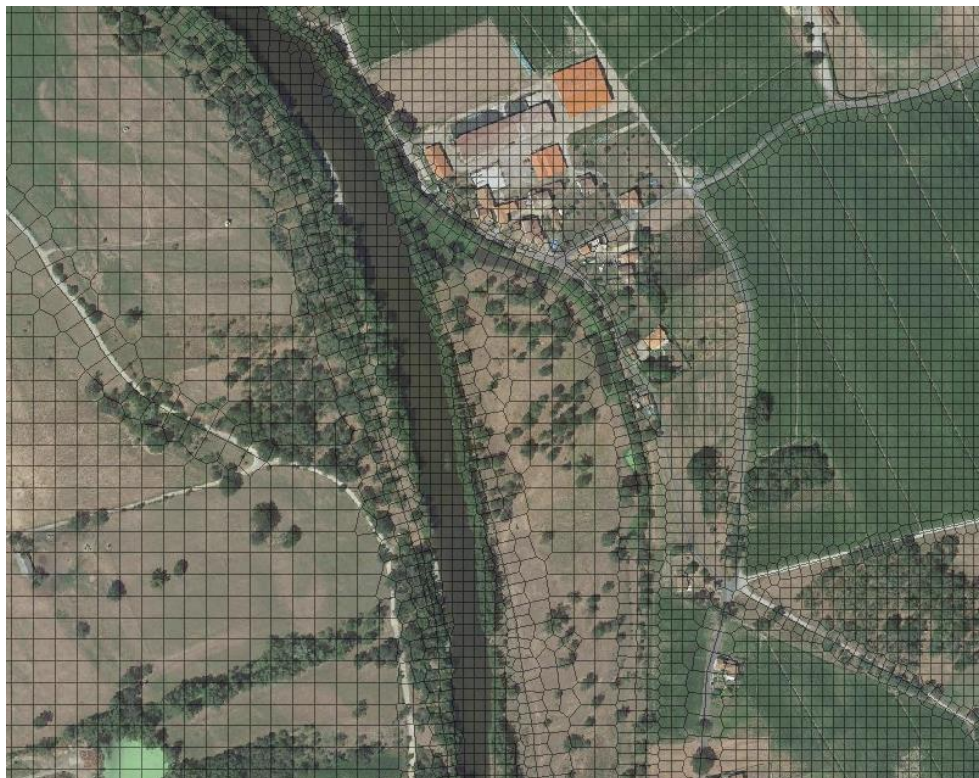


Figure 42 : Extrait du maillage du modèle hydraulique

Le système d'endiguement en rive droite de l'Allier a été modélisé dans le maillage via la mise en place d'une ligne de contrainte sur le linéaire de la crête de digue afin de faire passer les frontières de maille au droit des points les plus hauts de l'ouvrage.

#### ❖ **Modélisation des ouvrages hydrauliques**

Les ouvrages en lit mineur de l'Allier, du Courgoux, ainsi qu'en lit majeur sont principalement des ouvrages de type pont. Ils ont été modélisés sous HEC-RAS de la manière suivante : le tablier, ainsi que les piles de pont sont présentés. La perte de charge due à l'ouvrage est calculée en fonction de sa géométrie.

Les ouvrages de type pont suivants ont été modélisés :

- En lit mineur de l'Allier : 3 ouvrages sur le bras principal et 6 ouvrages sur les bras secondaires,
- En lit mineur du Courgoux : 4 ouvrages,
- En lit majeur : un ouvrage.

Le barrage de la Bageasse sur l'Allier a été modélisé comme un ouvrage de type seuil.

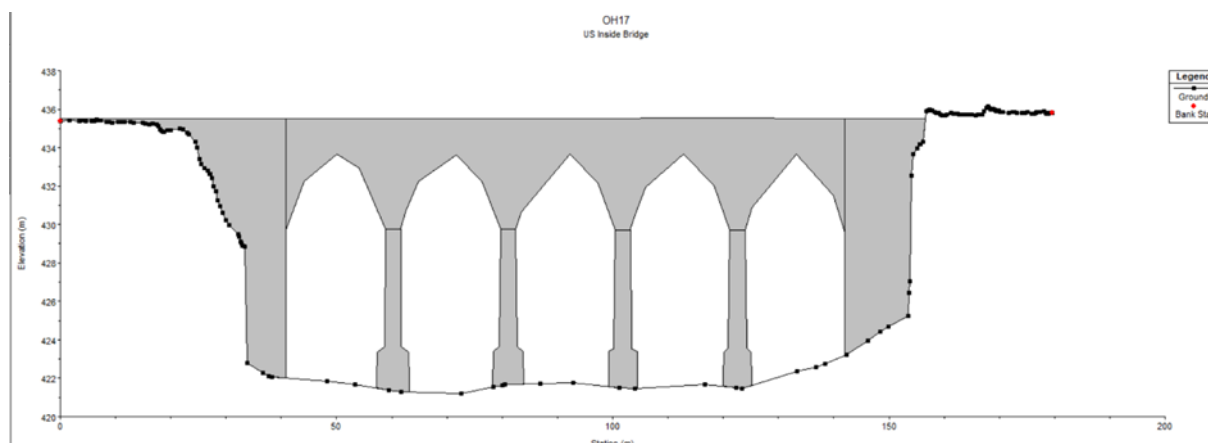


Figure 43 : Modélisation du viaduc de la Bageasse sous HEC-RAS

#### ❖ Coefficients de rugosité

La rugosité des lits mineurs et majeurs est définie par le biais d'un coefficient de Strickler variable sur l'emprise du modèle.

La rugosité retenue est initialement définie sur la base de la bibliographie et des reconnaissances de terrain, puis adapté dans le cadre de l'étape de calage du modèle hydraulique (cf. §4.2.2.2).

#### ❖ Conditions aux limites

Les conditions aux limites introduites dans le modèle sont les suivantes :

- à l'amont :
  - un hydrogramme sommant les hydrogrammes de crue de l'Allier et de la Senouire issus de l'analyse hydrologique réalisée est injecté à l'amont du modèle,
  - l'hydrogramme du Courgoux issu de l'analyse hydrologique est injecté à l'amont du Courgoux,
  - l'hydrogramme du Ternivol issu de l'analyse hydrologique est injecté au niveau de la confluence du Ternivol et de l'Allier, en amont du système d'endiguement.
- à l'aval : une loi « hauteur normale » est imposée. Celle-ci traduit un écoulement permanent uniforme. Pour un tel écoulement, la pente de la ligne d'énergie est approximativement égale à la pente du cours d'eau.

#### ❖ Limites de la modélisation

Pour rappel, le modèle hydraulique réalisé ne prend pas en compte les phénomènes suivants :

- ruissellements urbains,
- remontées et débordements de réseaux d'assainissement,
- embâcles,
- remontées de nappe,
- évolution morphologique du lit mineur.

#### 4.2.2.2 Calage du modèle hydraulique

##### ❖ Principe du calage

Le calage vise à adapter les paramètres hydrauliques théoriques du modèle pour reproduire le plus fidèlement possible les conditions d'écoulement réelles connues pour des crues historiques. Concrètement, il s'agit d'ajuster le modèle pour que la hauteur d'eau calculée en un point pour une crue donnée soit la plus proche possible de celle effectivement relevée pendant la crue.

Les principaux paramètres qui peuvent être modifiés pour aboutir au calage du modèle sont :

- Les coefficients de rugosité (Strickler) des lits mineurs et majeurs,
- Les coefficients de perte de charge au droit des ouvrages hydrauliques.

##### ❖ Crue de calage

La ou les crues de calage sont choisies selon la quantité et la qualité des laisses de crue disponibles pour cet évènement.

Dans le cas présent, l'épisode de crue retenu est la crue de mai 2008, avec 2 laisses de crue recensées sur le secteur d'étude sur le site internet du Ministère de la transition écologique <https://www.reperesdecruces.developpement-durable.gouv.fr/>.

Coordonnées (WGS84)		Description de la localisation	Crue	Validité du repère	Cote Altimétrique (m NGF)
X	Y				
3.407454	45.280914	Viaduc de la Bageasse	2 nov. 2008	Valable	427,15
3.4072229	45.29258	Toilettes, Stade du Pont de Bois	2 nov. 2008	Valable	424,33

Tableau 17 : repères de crue de la crue de novembre 2008 recensés sur le secteur d'étude (source : <https://www.reperesdecruces.developpement-durable.gouv.fr/>)

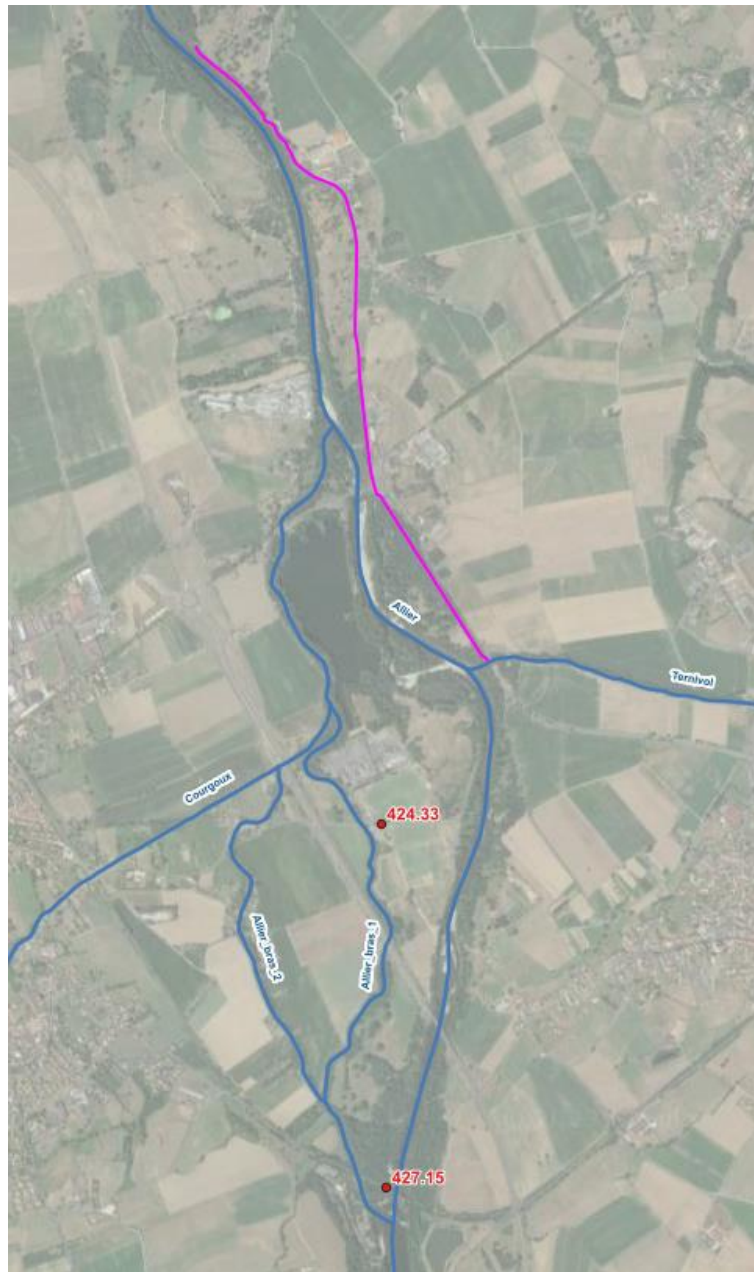


Figure 44 : Localisation des laisses de crue de novembre 2008

#### ❖ Hydrogrammes de crue

Au vu de l'emplacement des laisses de crue disponibles (en amont des différentes confluences), seul l'hydrogramme composé des hydrogrammes de l'Allier et de la Senouire pour la crue de mai 2008 a été injecté à l'amont du modèle.

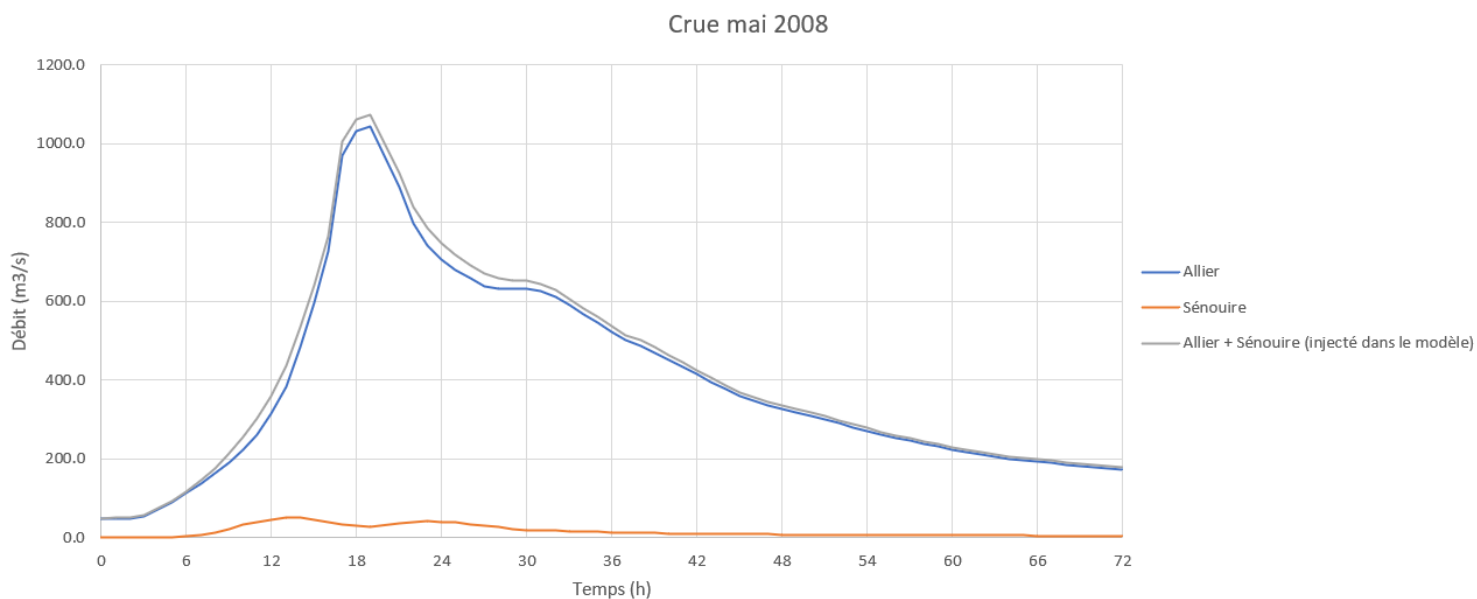


Figure 45 : Hydrogrammes de la crue de mai 2008

#### ❖ Résultats du calage

Les coefficients de rugosité retenus pour le modèle à l'issue du calage sont présentés ci-après.

Occupation des sols	Strickler
Lit mineur	entre 25 et 30
Surfaces en eau	50
Surface urbanisée	10
Forêt	5
Espace vert	20

Tableau 18 : Coefficients de rugosité (Strickler) retenus pour le modèle de l'Allier à Lamothe

Les écarts aux laisses de crue sont présentés dans le tableau ci-après :

Repère	Ecart (cm)
Pont de la Bageasse	- 3
Toilettes, Stade du Pont de Bois	4

Tableau 19 : écarts aux laisses de crue des niveaux modélisés

#### 4.2.2.3 Résultats de modélisation

L'emprise des zones inondables, les mécanismes d'inondation au droit du secteur d'étude ainsi que la sollicitation du système d'endiguement de Lamothe (sans hypothèse de défaillance de l'ouvrage) sont décrits ci-après pour les différentes gammes de débits étudiés (cf. Figure 46) :

- pour  $Q = 494 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $T = 5$  ans) : le système d'endiguement commence à être mis en charge au niveau du tronçon n°3,
- pour  $Q = 785 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $T = 10$  ans) : les tronçons n°1 et 2 sont également mise en charge et des débordements se produisent en rive droite en aval immédiat du tronçon n°3 (début de

contournement du système d'endiguement par l'aval). Le système d'endiguement est ponctuellement en limite de surverse en partie aval du hameau de Cougeac,

- pour  $Q = 1065 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $T = 20 \text{ ans}$ ) : le système d'endiguement est contourné par l'aval et les premières surverses se produisent au niveau du hameau de Cougeac,
- pour  $Q = 1225 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $T = 30 \text{ ans}$ ) : le hameau de Cougeac est complètement inondé,
- pour  $Q = 1501 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $T = 50 \text{ ans}$ ) : de nouveaux débordements se produisent en amont du hameau de Cougeac,
- pour  $Q = 1996 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $T = 100 \text{ ans}$ ) : le système d'endiguement en limite de contournement par l'amont (limite de surverse au niveau du merlon rive droite du Ternivol).

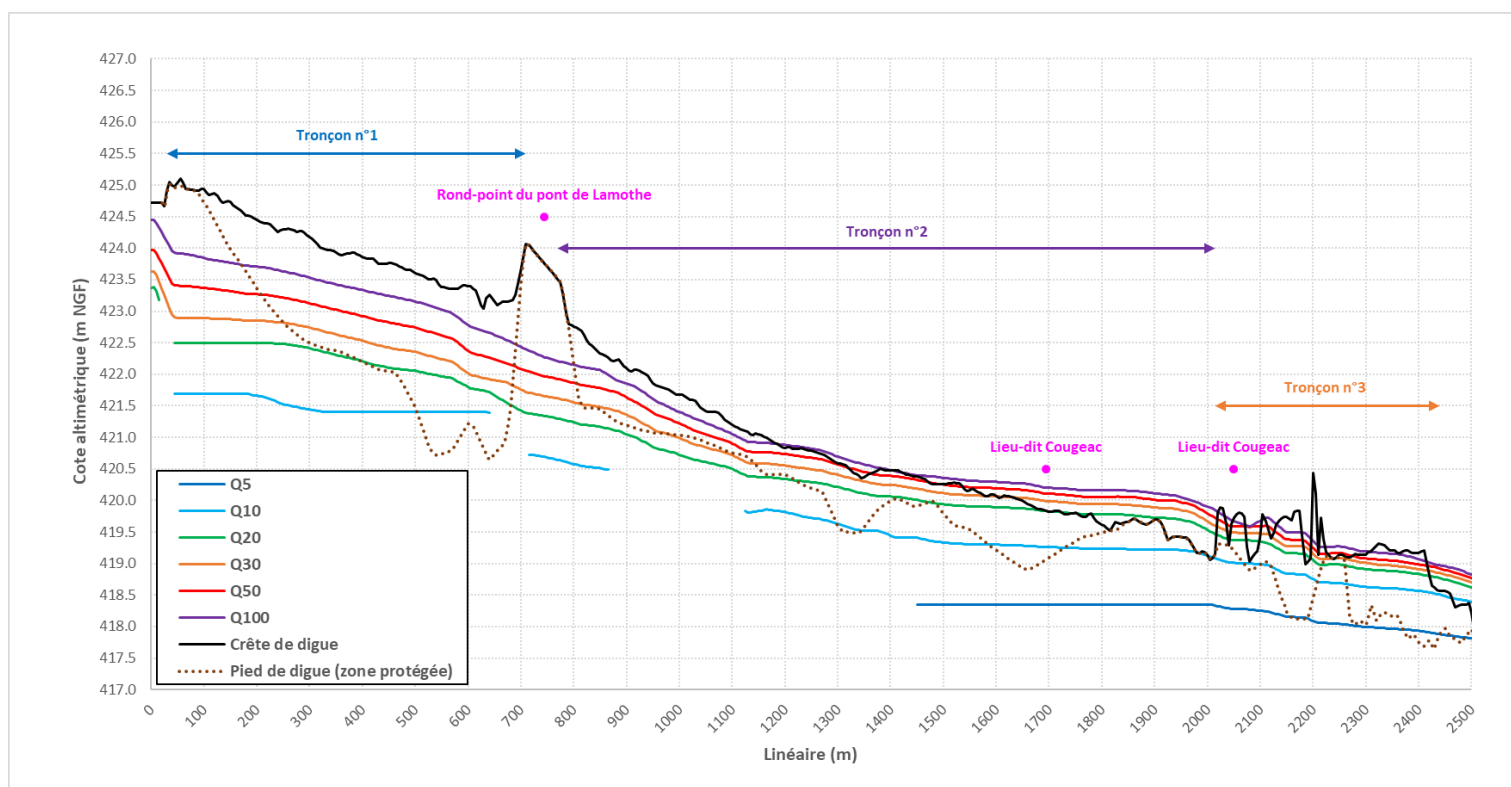


Figure 46 : Lignes d'eau au droit du système d'endiguement de Lamothe

Les cartographies des zones inondables relatives à chaque occurrence de crue sont présentées sur les figures ci-après.



Figure 47 : Hauteurs d'eau pour  $Q = 494 \text{ m}^3/\text{s}$  (T = 5 ans)



### Etude de dangers du système d'endiguement de Lamothe

#### Hauteurs d'eau Q5

#### Légende

##### Système d'endiguement

- Tronçon n°1
- Tronçon n°2
- Tronçon n°3
- - - Autres ouvrages en remblais

##### Hauteurs d'eau (m)

- 0.00 - 0.50
- 0.50 - 1.00
- 1.00 - 1.50
- 1.50 - 2.00
- > 2.00

0 250 500 m





Figure 48 : Hauteurs d'eau pour  $Q = 785 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $T = 10 \text{ ans}$ )



**Etude de dangers du  
système d'endiguement  
de Lamothe**

**Hauteurs d'eau  
Q10**

**Légende**

**Système d'endiguement**

- Tronçon n°1
- Tronçon n°2
- Tronçon n°3
- - - Autres ouvrages en remblais

**Hauteurs d'eau (m)**

- 0.00 - 0.50
- 0.50 - 1.00
- 1.00 - 1.50
- 1.50 - 2.00
- > 2.00

0 250 500 m





**Etude de dangers du  
système d'endiguement  
de Lamothe**

**Hauteurs d'eau  
Q20**

**Légende**

**Système d'endiguement**

- Tronçon n°1
- Tronçon n°2
- Tronçon n°3
- - - Autres ouvrages en remblais

**Hauteurs d'eau (m)**

- 0.00 - 0.50
- 0.50 - 1.00
- 1.00 - 1.50
- 1.50 - 2.00
- > 2.00



Figure 49 : Hauteurs d'eau pour  $Q = 1065 \text{ m}^3/\text{s}$  (T = 20 ans)



Figure 50 : Hauteurs d'eau pour  $Q = 1225 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $T = 30 \text{ ans}$ )

**Etude de dangers du  
système d'endiguement  
de Lamothe**

**Hauteurs d'eau  
Q30**

**Légende**

**Système d'endiguement**

- Tronçon n°1
- Tronçon n°2
- Tronçon n°3
- - - Autres ouvrages en remblais

**Hauteurs d'eau (m)**

- 0.00 - 0.50
- 0.50 - 1.00
- 1.00 - 1.50
- 1.50 - 2.00
- > 2.00

0 250 500 m



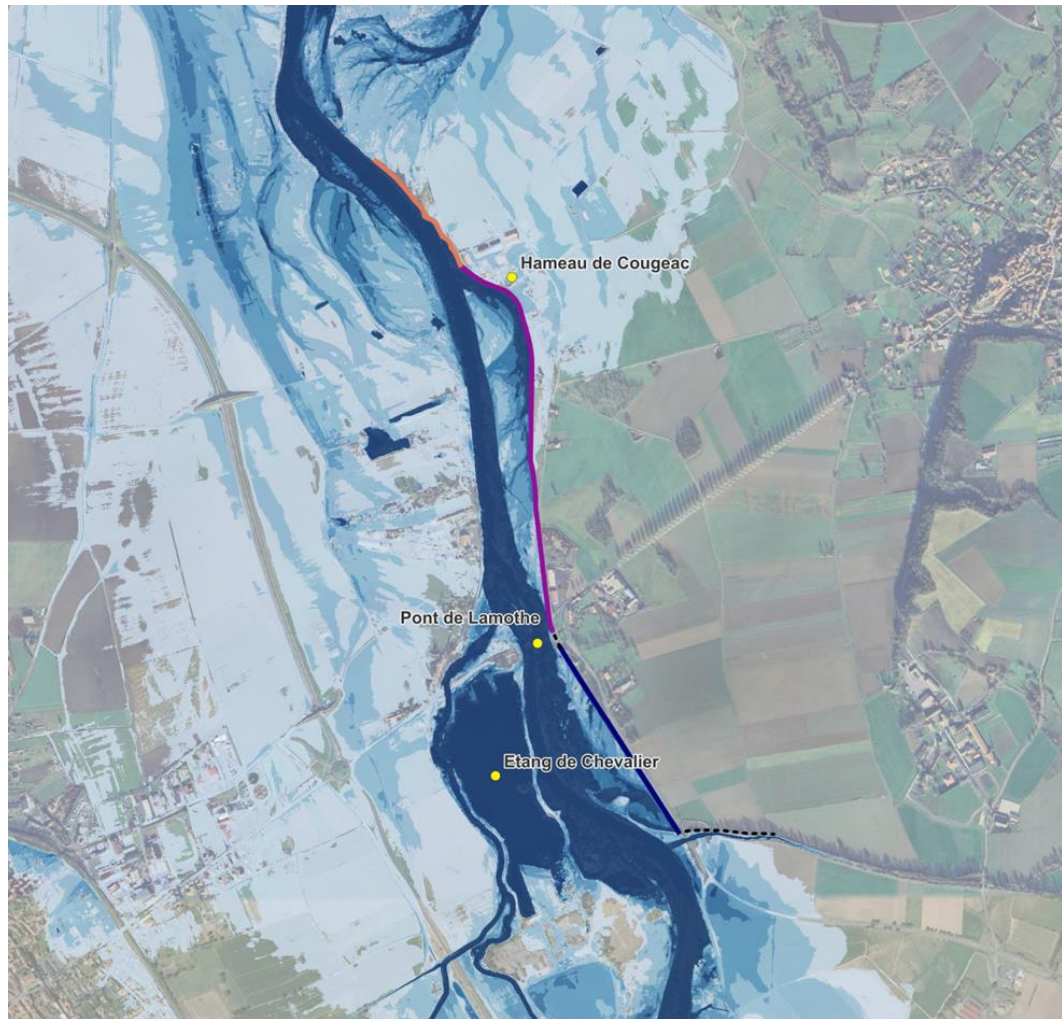


Figure 51 : Hauteurs d'eau pour  $Q = 1501 \text{ m}^3/\text{s}$  (T = 50 ans)

**Etude de dangers du  
système d'endiguement  
de Lamothe**

**Hauteurs d'eau  
Q50**

**Légende**

**Système d'endiguement**

- Tronçon n°1
- Tronçon n°2
- Tronçon n°3
- - - Autres ouvrages en remblais

**Hauteurs d'eau (m)**

- 0.00 - 0.50
- 0.50 - 1.00
- 1.00 - 1.50
- 1.50 - 2.00
- > 2.00

0 250 500 m



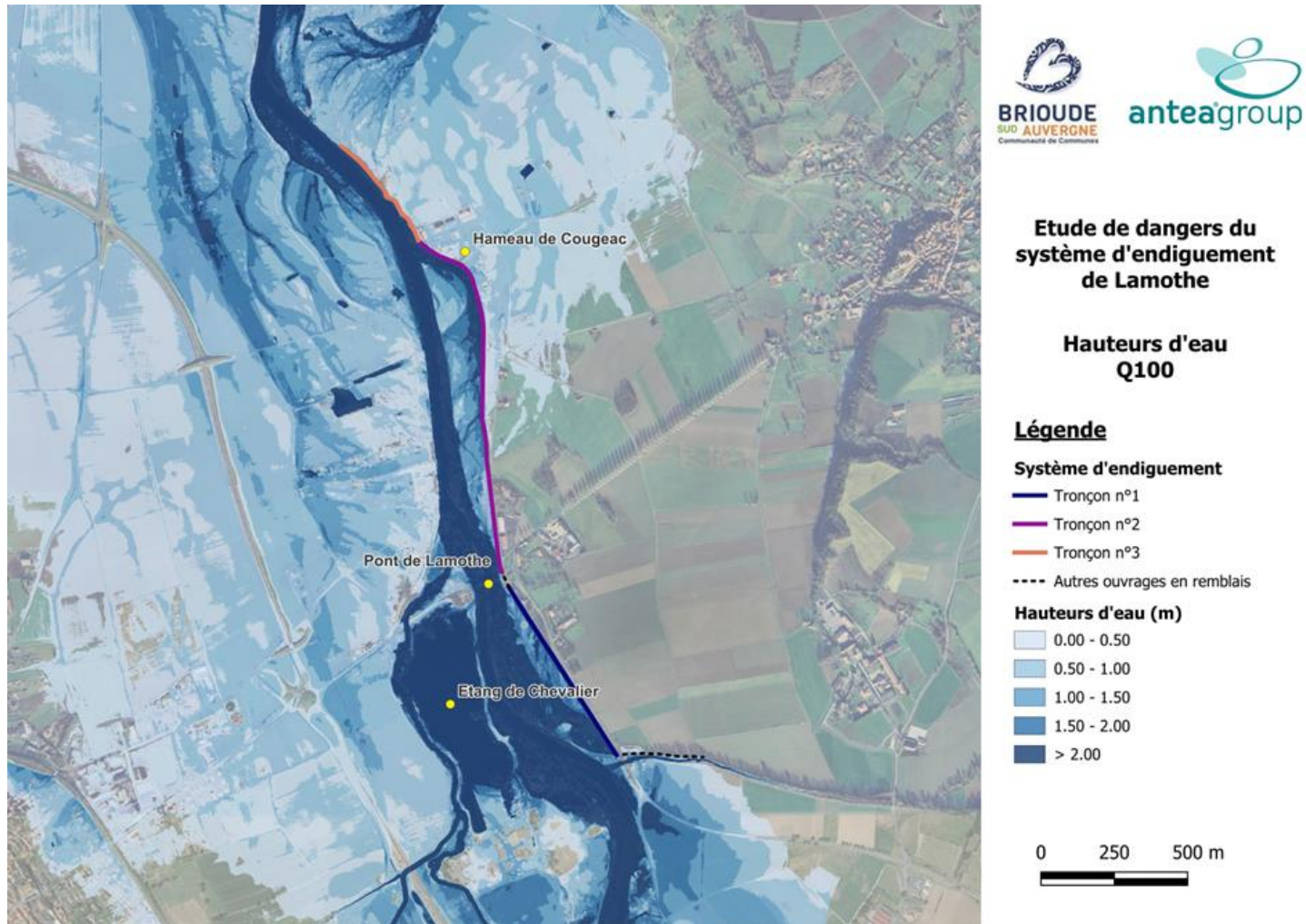


Figure 52 : Hauteurs d'eau pour  $Q = 1996 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $T = 100 \text{ ans}$ )

### 4.2.3. Morphologie locale

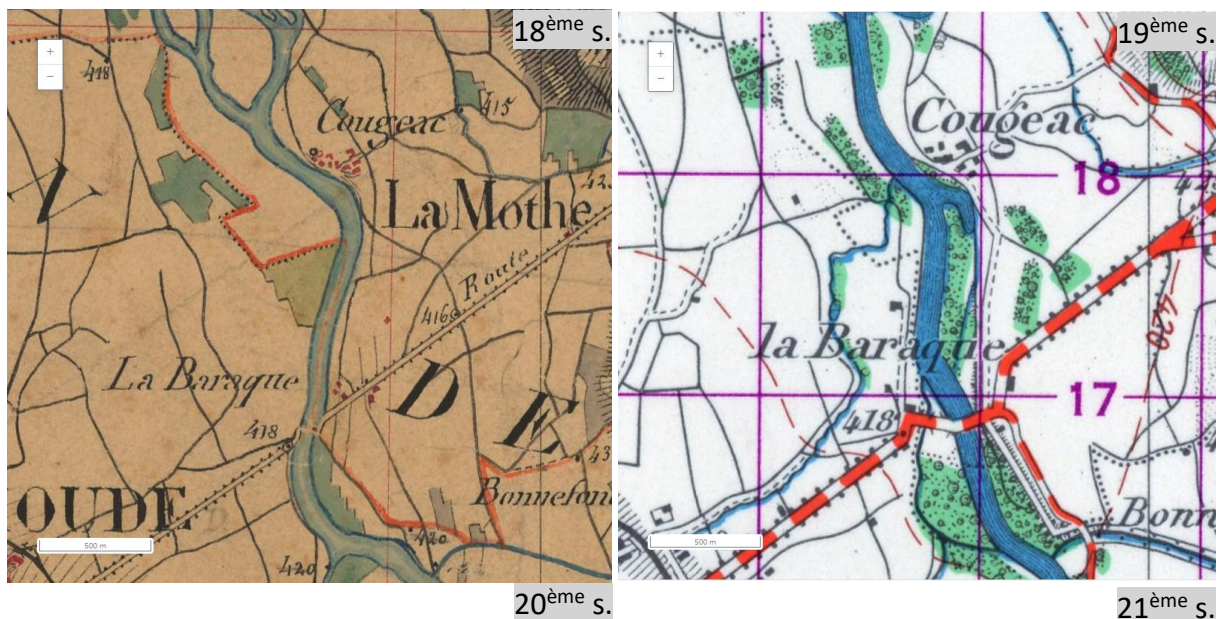
Les éléments présentés ci-après ont été repris des études suivantes :

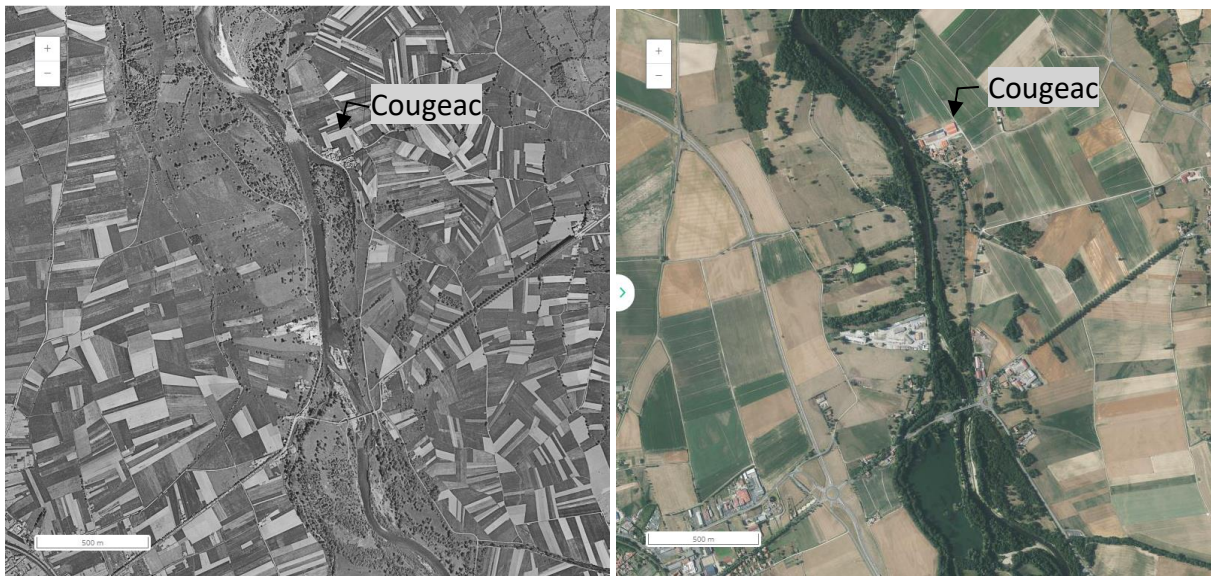
- Etude pour l'élaboration d'un schéma de gestion de l'espace de mobilité de l'Allier (Véodis-3D et CESAME, 2022)
- Etude de réduction des risques de dysfonctionnement sédimentaire associés à la capture de l'Allier par les gravières de Lamothe et Mirefleurs (Artelia, 2020-2022)

Les éléments textuels extraits directement de ce document sont présentés ici en écriture *Italique*.

Le système d'endiguement de Lamothe se situe majoritairement en lit majeur. Le pied de digue est hors d'eau, en retrait variable de plus de 100 m à l'amont puis d'environ 30 m aux abords du hameau de Cougeac puis à partir de cet endroit, le pied de digue se rapproche à quelques mètres de l'Allier. A partir du hameau de Cougeac, le système d'endiguement de Lamothe se situe à l'interface lit mineur/lit majeur car la digue ne cesse de se rapprocher de l'Allier jusqu'à être en contact direct avec celle-ci.

L'analyse de l'évolution diachronique du tracé de l'Allier a pu être réalisée grâce aux documents historiques que sont la carte de Cassini (XVIII<sup>ème</sup>), la carte de l'Etat-Major (XIX<sup>ème</sup>), et une photo aérienne de la seconde moitié du XX<sup>ème</sup> siècle. Ces documents sont comparés à la carte IGN actuelle dans la figure ci-après.





**Figure 53 : Evolution planimétrique de l'Allier au droit du système d'endiguement de Lamothe depuis le XVIII<sup>ème</sup> siècle (source : cartes IGN : <https://remonterletemps.ign.fr/>)**

Le pont de Lamothe est déjà présent au XVIII<sup>ème</sup> siècle, constituant déjà très probablement un point dur d'origine anthropique, qui limite la divagation de l'Allier à ce niveau.

*Le secteur de la gravière de Lamothe est caractérisé dans l'étude EPTEAU comme ayant une dynamique latérale faible, tandis que le tronçon aval est caractérisé comme ayant une dynamique latérale modérée. Le cours d'eau forme des méandres de faible amplitude, mais dont on pressent une évolution possible, typique de ce type de forme fluviale.*

*Au niveau du site de Lamothe, une dynamique latérale historique est présente : sur les cartes d'état-major du XIX<sup>e</sup> siècle, l'Allier passait par la position actuelle de la gravière de Lamothe. Au cours des dernières décennies, le fonctionnement hydro-sédimentaire du site a été avant tout lié aux activités d'extraction de granulats (entre le début des années 1960 et la fin des années 1990), dans le lit mineur comme dans le lit majeur. De très nombreux remaniements ont eu lieu au cours de cette période.*

*Depuis l'arrêt des extractions, le secteur est caractérisé par les évolutions suivantes :*

- *En amont de la gravière, un îlot résultant de la capture d'une gravière tend à se stabiliser, à s'étendre, et à se végétaliser. Cet îlot sépare le lit de l'Allier en deux bras. Le bras côté rive droite a eu tendance à se combler au cours des années 2000. Il a été entretenu artificiellement. Cette tendance au comblement n'a pas été présente au cours des crues récentes. Le bras rive gauche est marqué par un coude abrupt ; en crue, la berge au niveau de ce coude est fortement sollicitée. La pente est plus importante dans ce bras que dans le bras rive droite, ce qui conduit à une forte hydraulité, notamment en crue. Au cours des crues récentes, ce bras a eu tendance à se combler en amont.*
- *En aval de la gravière, en absence de contrainte latérale, un dépôt se fait côté rive droite sous forme d'un banc qui tend à s'allonger, s'élargir et à se végétaliser. Il est entretenu par la DDT. Et, une forte tendance à l'érosion est présente côté rive gauche, accentuant le méandre. Ce mécanisme est typique de ce cours d'eau étant une rivière méandriforme.*

Depuis le milieu du XX<sup>ème</sup> siècle, le tracé de l'Allier dans ce secteur a très peu évolué, mais les gravières restent un sujet de préoccupation quant aux changements morphologiques du lit de l'Allier au droit du système d'endiguement de Lamothe.

En cas de capture des gravières, on s'attend à une incision progressive et régressive du lit de l'Allier en amont comme en aval. En particulier à l'aval, au niveau de la digue de Lamothe, les conséquences seraient les suivantes :

- *les fondations du pont de Lamothe pourraient être déstabilisées rapidement vu la proximité entre le pont et la gravière.*
- *les berges plus en aval pourraient aussi à terme être déstabilisées. Cet enjeu est à considérer à des échelles de temps assez longues, puisque les bâtiments concernés sont peu nombreux sur un long linéaire à l'aval, et assez éloignés du lit.*
- *compte tenu de la configuration topographique du site (pente plus forte en amont du pont de Lamothe qu'en aval), des incisions régressives sont à prévoir. Elles pourraient prendre place assez rapidement (dans les 5-10 ans suivant la capture).*

### 4.3. Embâcles

La configuration du lit de l'Allier au droit du système d'endiguement, ne présente pas d'obstacle susceptible de bloquer des embâcles qui auraient une incidence significative sur l'hydraulique du cours d'eau.

### 4.4. Transport solide

Les éléments présentés ci-après ont été repris des études suivantes :

- Etude pour l'élaboration d'un schéma de gestion de l'espace de mobilité de l'Allier (Véodis-3D et CESAME, 2022)
- Etude de réduction des risques de dysfonctionnement sédimentaire associés à la capture de l'Allier par les gravières de Lamothe et Mirefleurs (Artelia, 2020-2022)

Les éléments textuels extraits directement de ce document sont présentés ici en écriture *Italique*.

*Entre 1950 et 1990, 10 à 30 millions de tonnes de sédiments ont été extraits du lit d'après l'étude EPTEAU (1999). En 30 ans, on a ainsi extrait de l'ordre de 400 ans du transport solide moyen annuel du lit de l'Allier. Il en résulte un déficit de matériaux durable, qui a conduit à une réduction de la dynamique sédimentaire de l'Allier et à une incision de son lit importante. Ces extractions, et notamment les extractions en lit mineur, ont donné lieu à des incisions jusqu'à -3 m (étude EPTEAU) dans le tronçon d'étude (Gravière de Lamothe).*

*Le déficit sédimentaire dû à ces extractions est toujours présent sur l'Allier. Cela dit, un transport sédimentaire résiduel perdure, comme en témoigne la forte activité morphologique de l'Allier.*

*La quantité de matériaux transportés est assez mal caractérisée sur ce cours d'eau. Trois estimations existent dans la littérature, effectuées avec des approches différentes et au niveau de sites différents. Ces estimations donnent des résultats très divergents, entre 3 000 et 50 000 m<sup>3</sup>/an. Les données sont insuffisantes pour avoir un regard critique et mieux cadrer ces estimations.*

*En aval, le banc côté rive droite a continué sa trajectoire d'évolution, avec des dépôts récents permettant un allongement et un élargissement.*

### 4.5. Aléa tempête

En cas de survenue de tempête au droit du secteur d'étude, les vents violents associés à cette dernière pourraient potentiellement entraîner un risque d'arrachement d'arbres de moyennes/hauts tiges implantés sur ou en pied de digues.

Les vents forts dominants à la station météorologique de Brioude provenant du Nord Nord/Nord-Ouest et du Sud à Sud/Sud-Est.

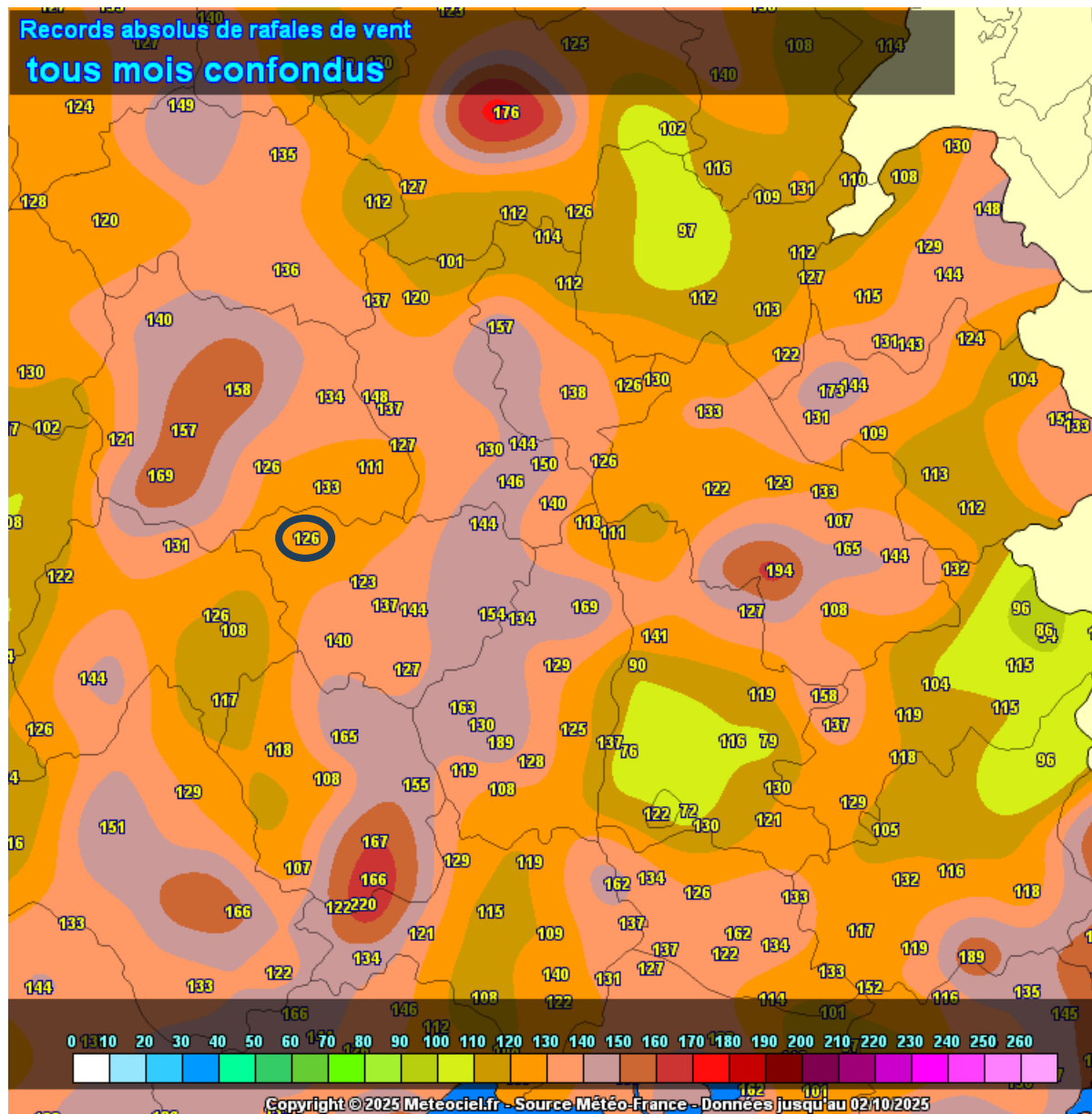


Figure 54 : Extrait de la carte des records absolus de vent en rafale enregistrés (source : meteociel)

Les records absolus enregistrés à Fontannes (Brioude) donnent des vitesses en rafale inférieures à 130 km/h.

#### 4.6. Laves et crues torrentielles

De par sa localisation géographique (plaine alluviale), le système d'endiguement de Lamothe n'est pas soumis au risque de laves et crues torrentielles.

## 4.7. Submersion marine

Du fait de son altitude supérieure à 400 m NGF, le système d'endiguement de Lamothe n'est pas soumis au risque de submersion marine.

## 4.8. Phénomènes géologiques et géotechniques

### 4.8.1. Contexte géologique

Les éléments présentés ci-après ont été repris des études suivantes :

- Etude géotechnique réalisé par SOGREAH en mai 1978 qui lui-même s'appuie de l'étude CETE-BRGM de 1975,
- Diagnostic géotechnique – Mission G5 réalisé par SEMOPHI en juin 2025 pour les besoins de la présente étude de dangers.

Les formations en place au droit du secteur d'étude sont les suivantes, des terrains les plus récents au plus anciens :

- **Alluvions de l'Allier :**

Le substratum des alluvions est constitué sur la plus grande partie de la vallée, par des sédiments tertiaires, calcaires et marno-calcaires, produits de remplissage du fossé de Limage.

- **Alluvions modernes.**

Elles composent la première terrasse, le lit majeur et la zone inondable. Elles forment un ensemble continu et aquifère de Brioude à Brassac.

Elles sont issues des principaux affluents de l'Allier, qui sont composées de gros galets bien roulés avec des blocs importants, remaniés lors des grandes crues. Ces alluvions sont remaniées au fur et à mesure que se développent les méandres. Ce sont des formations relativement tendres et érodables, facilement affouillées par les eaux de la rivière en crue. Ce sont ces alluvions qui ont été exploitées en gravières.

- **Alluvions anciennes.**

Elles composent la première terrasse, la basse terrasse, et la moyenne et haute terrasse. Elles ne présentent qu'un intérêt limité en ce qui concerne aussi bien les ressources en eaux qu'en agrégats. Ces zones ne sont atteintes par l'Allier qu'en crue (en rive gauche) et constituent dans bien des cas la limite des zones inondables.

- **Formations sédimentaires détritiques :**

Elles proviennent des formations oligocènes (Sannoisien). Elles sont essentiellement détritiques avec des dépôts marneux et marno-calcaires. Après le pont de chemin de fer de la Bageasse, ce sont les formations sédimentaires détritiques qui limitent le lit majeur de l'Allier.

En rive gauche, ces formations anciennes sont représentées essentiellement par le Sannoisien alors qu'en rive droite, les formations sont plus complexes car elles représentent la partie Sud de la chaîne du Velay. On y retrouve donc des terrains cristallins (granite et gneiss) et quelques basaltes, ainsi qu'un lambeau de grès rouges vraisemblablement permien.

- **Substratum rocheux granitique :**

Il s'agit de terrains granitiques du plateau central correspondant à une dépression tectonique. On note la présence du carbonifère dans le bassin houiller de Brassac-les-Mines.

Le substratum granitique effleure jusqu'au pont de chemin de fer de la Bageasse et correspond à la partie resserrée du lit de l'Allier.

En résumé, au droit du système d'endiguement de Lamothe, on rencontre de haut en bas :

- de 0 à 2 m ; des sables limoneux,
- de 2 à 10 m ; des graviers sableux,
- vers 10 m ; le substratum imperméable constitue soit de marnes sannoisiennes soit d'argiles de décomposition du granite.



Figure 55 : Extrait de la carte géologique au 1/50 000 du secteur

Le contexte hydrogéologique est caractérisé par les niveaux aquifères suivants :

- Circulations superficielles contenues au sein des remblais et des horizons de terre végétale. Ces circulations sont susceptibles de pouvoir constituer des poches d'eau en surface pouvant former de petites nappes perchées temporaires,
- Nappe alluviale de l'Allier, contenue dans les formations des Alluvions. Cette nappe alluviale est attendue à relativement faible profondeur (<8m/TN) au droit de l'ensemble de la zone d'étude.

Remarque : compte-tenu du contexte géologique du site et de la proximité avec l'Allier, il est très probable que la nappe générale du secteur soit en communication hydraulique avec le niveau de la rivière. Les fluctuations de la nappe pourront donc potentiellement être corrélées avec celles du cours d'eau.

### 4.8.2. Aléa sismique

L'aléa sismique au droit du système d'endiguement de Lamothe a été appréhendé grâce aux informations fournies par le zonage sismique en France présent sur le site internet (<https://www.ecologie.gouv.fr/tremblements-terre-et-seismes-en-France>). Ainsi d'après ce dernier, le secteur d'étude, situé dans le département de la Haute-Loire, est classé en zone de **sismicité faible** (selon les décrets n° 2010-1254 et 2010-1255 du 22 octobre 2010).

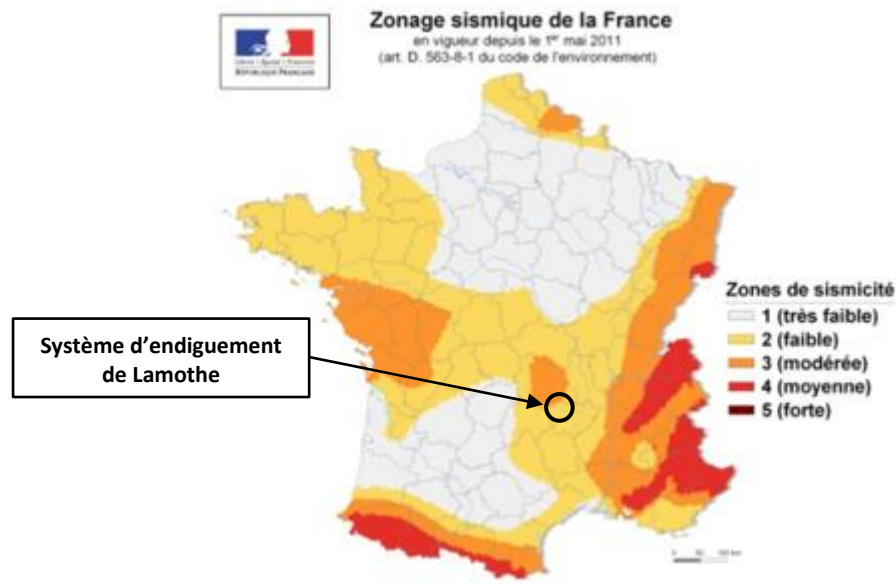


Figure 56 : Carte de la sismicité en France

Une digue est un ouvrage susceptible de se déformer sous l'effet de sollicitations mécaniques. Un séisme pourrait entraîner :

- un tassement de l'ouvrage,
- une fissuration des parties maçonnées ou en béton,
- la liquéfaction de la fondation et un glissement des parements amont et aval sous l'effet des sous-pressions.

Etant donnée la faible probabilité de concomitance d'un séisme affectant significativement l'ouvrage et d'une crue, et en cohérence avec le guide de lecture des études de dangers des digues de protection contre les inondations fluviales, il n'est pas retenu de cas de calcul couplant ces deux aléas.

### 4.8.3. Retrait-gonflement des argiles

En période de sécheresse, la tranche d'argile la plus superficielle de sol, sur 1 à 2 m de profondeur, est soumise à l'évaporation. Il en résulte un retrait des argiles, qui se manifeste verticalement par un tassement et horizontalement par l'ouverture de fissures, classiquement observées dans les fonds de mares qui s'assèchent. L'amplitude de ce tassement est d'autant plus importante que la couche de sol argileux concernée est épaisse et qu'elle est riche en minéraux gonflants.

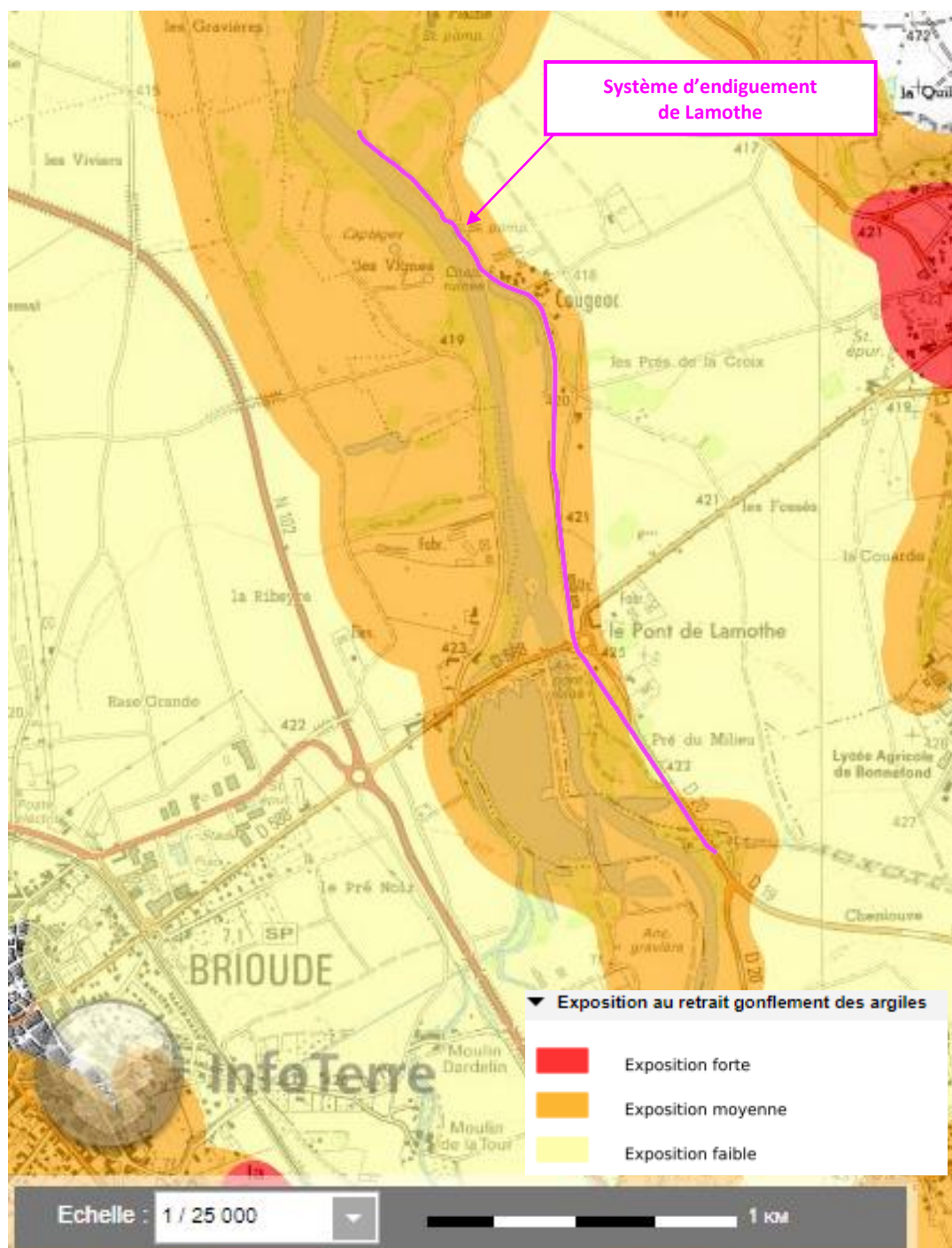


Figure 57 : Carte de l'aléa retrait-gonflement des argiles au droit du système d'endiguement de Lamothe (source : BRGM)

D'après les données du BRGM, le système d'endiguement de Lamothe est situé en zone d'aléa moyen pour le retrait-gonflement des argiles. Les niveaux d'exposition faible à moyenne sont affectés à des zones pour lesquelles la survenance de sinistres est possible en cas de sécheresse importante, mais ces désordres ne toucheront qu'une faible proportion des bâtiments (en priorité ceux qui présentent des défauts de construction ou un contexte local défavorable, avec par exemple des arbres proches ou une hétérogénéité du sous-sol).

La commune n'a pas fait l'objet d'arrêté relatif aux « mouvements de terrains différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols ».

#### 4.8.4. Cavités souterraines

D'après l'atlas cartographique Infoterre, consultable sur le site internet <http://infoterre.brgm.fr>, le système d'endiguement de Lamothe n'est concerné par aucun périmètre de sécurité associé à un indice de cavité souterraine.

## 5. Description du système d'endiguement

### 5.1. Ouvrages existants

Pour la bonne compréhension du dossier, la figure suivante localise :

- le système d'endiguement de Lamothe décomposé en 3 tronçons :
  - Partie amont :
    - **Tronçon n°1 – digue de Lamothe** (680 ml – PM 30 à 710) : de la confluence du Ternivol avec l'Allier jusqu'au rond-point du pont de Lamothe,
  - Partie aval :
    - **Tronçon n°2 – digue de Cougeac** (1245 ml – PM 770 à 2015) : du rond-point du pont de Lamothe jusqu'au droit du hameau de Cougeac,
    - **Tronçon n°3 – prolongement aval de Cougeac** (425 ml – PM 2015 à 2440) : depuis le hameau de Cougeac jusqu'à la fin du linéaire de protection en gabions.
- les autres ouvrages présents à proximité (non intégrés au système d'endiguement de Lamothe) :
  - rond-point du pont de Lamothe (considéré comme un tertre),
  - merlon situé en rive droite du Ternivol.

Les accès aux ouvrages sont présentés au paragraphe 3.3.3 .

On notera par ailleurs que le système d'endiguement de Lamothe est « ouvert » à l'aval.

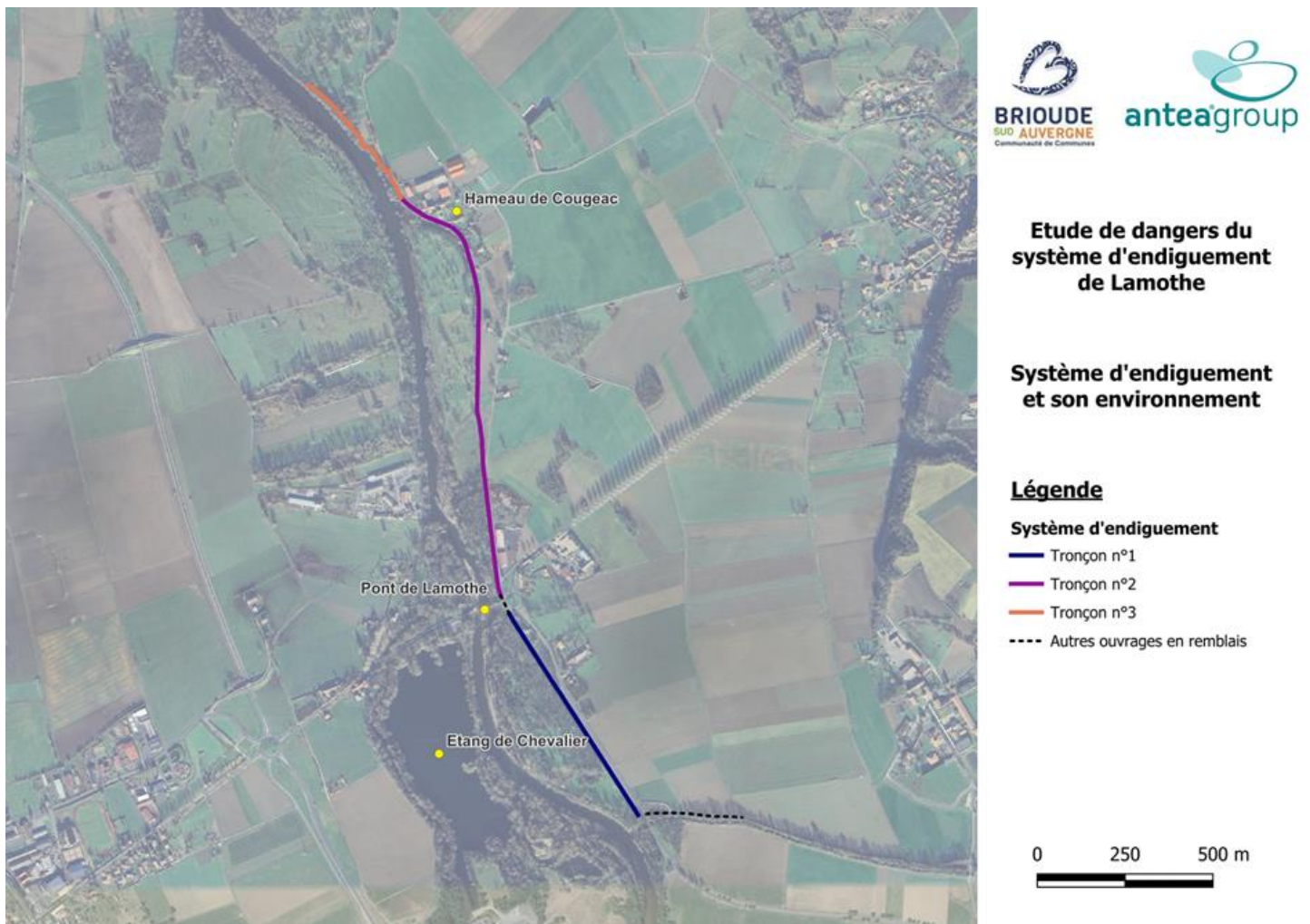


Figure 58 : Système d'endiguement de Lamothe et son environnement

## 5.1.1. Tronçons de digues

### 5.1.1.1. Tronçon n°1 – Digue de Lamothe

Le tronçon n°1 du système d'endiguement de Lamothe s'étend sur un linéaire de l'ordre de 680 m (PM 30 à 710) depuis la confluence du Ternivol avec l'Allier jusqu'au rond-point du pont de Lamothe.

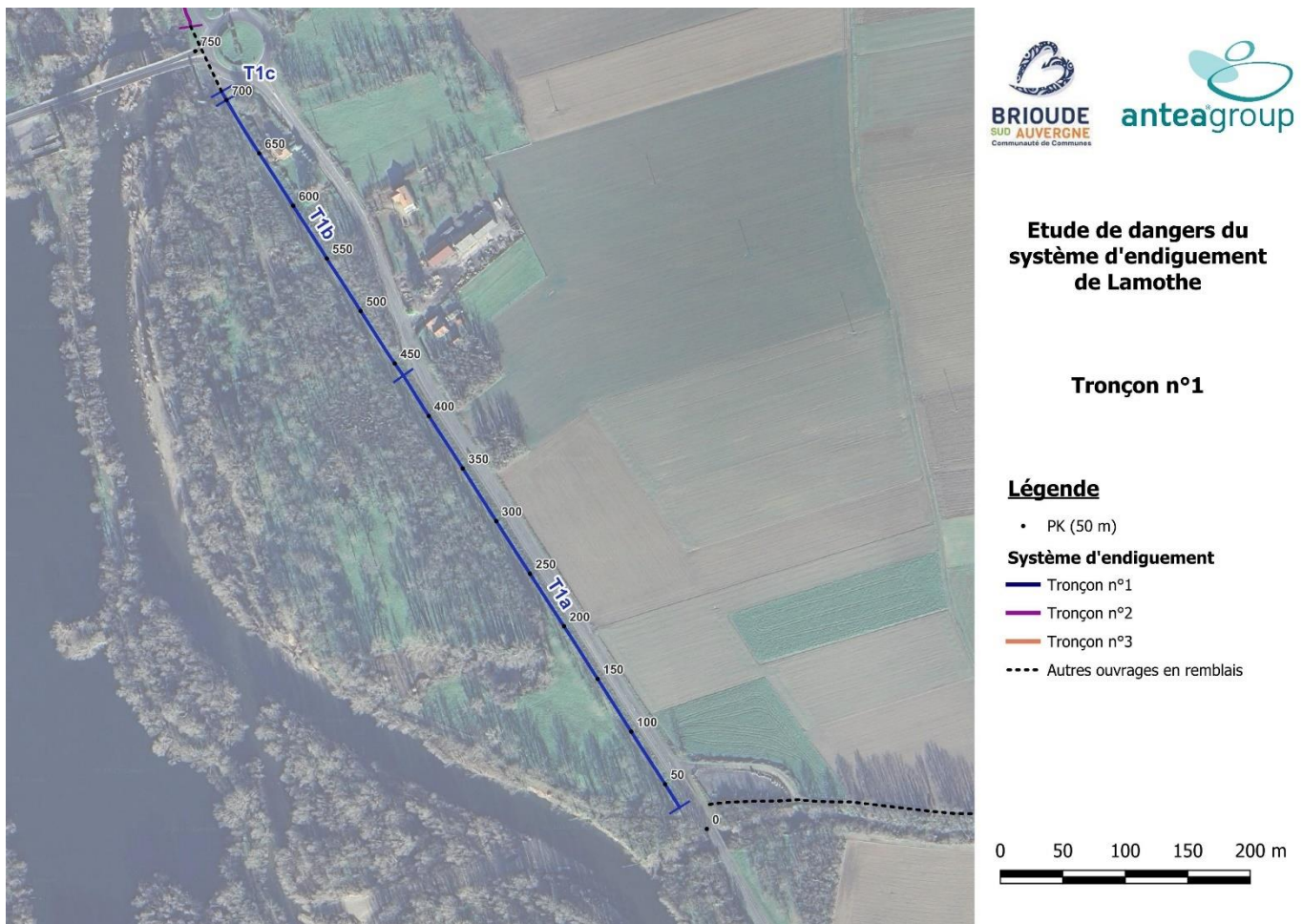


Figure 59 : Tronçon n°1 du système d'endiguement de Lamothe

#### 5.1.1.1.1 Section T1a

La section T1a correspond à un ouvrage en remblai qui longe la RD20 sur un linéaire de 410 m (PM 30 à 440) depuis l'aval de la confluence avec le Ternivol. Cet ouvrage est composé d'un perré maçonné (recouvert de mousse) côté cours d'eau. La crête de l'ouvrage est densément végétalisée.

On notera par ailleurs la présence d'un fossé en U en béton entre le pied de l'ouvrage côté zone protégée et la RD20.

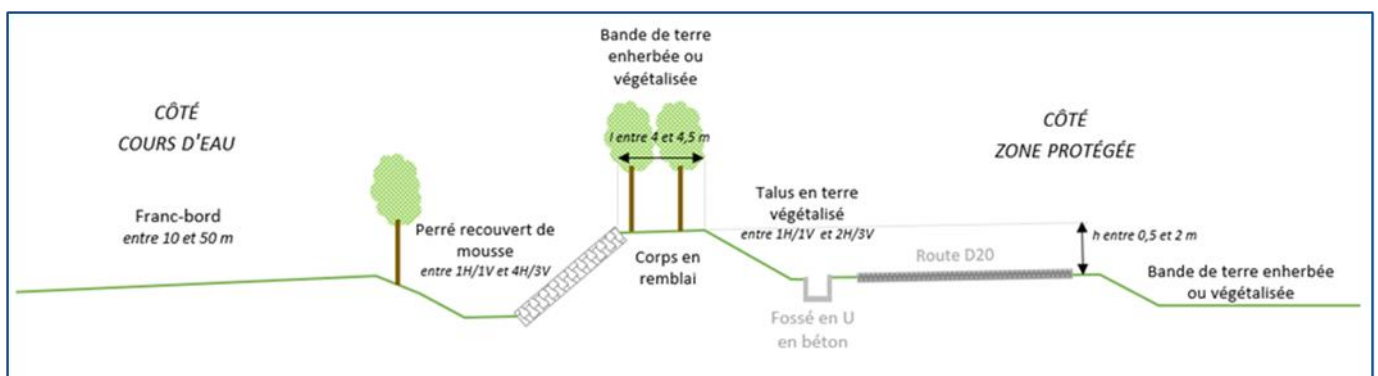


Figure 60 : Coupe type du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 1 / Section a (T1a)



Figure 61 : Vues du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 1 / Section a (T1a)

On notera par ailleurs la présence d'un ouvrage en béton (en bon état) encastré dans le talus côté zone protégée au niveau du PM 365. Cet ouvrage est lié un réseau télécom longitudinal est présent en pied de digue côté zone protégée, le long de la RD20, entre le Ternivol et le rond-point du pont de Lamothe.



Figure 62 : Ouvrage en béton encastré côté zone protégée

#### 5.1.1.1.2 Section T1b

La section T1b correspond à un ouvrage en remblai sur un linéaire de 260 m (PM 440 à 700) depuis le point où la RD20 s'éloigne de l'ouvrage jusqu'en amont du rond-point de Lamothe. Cet ouvrage est composé d'un perré maçonné (recouvert de mousse) côté cours d'eau. La crête de l'ouvrage est densément végétalisée.

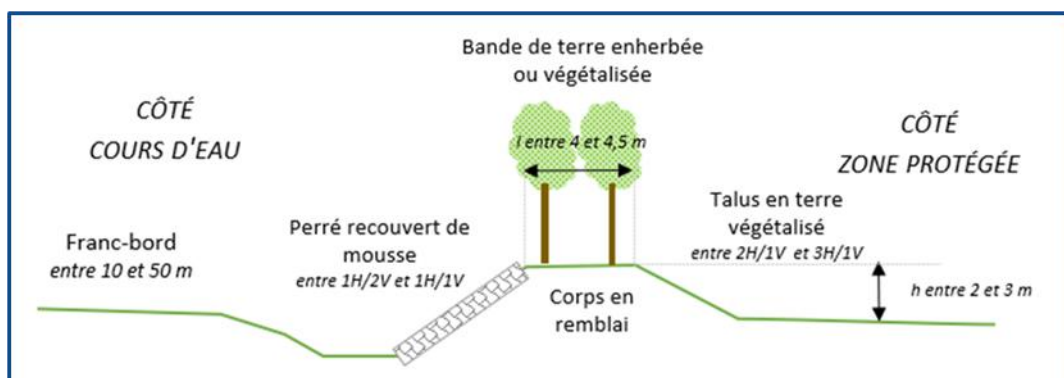


Figure 63 : Coupe type du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 1 / Section b (T1b)



Figure 64 : Vues du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 1 / Section b (T1b)

### 5.1.1.1.3 Section T1c

La section T1c correspond à un ouvrage en remblai sur un linéaire de 10 m (PM 700 à 710) qui assure le raccordement de l'ouvrage avec le rond-point de Lamothe. Cet ouvrage est composé d'un mur maçonné côté cours d'eau et côté zone protégée. Il présente en crête un chemin d'accès menant à une maison située en pied de digue côté zone protégée en amont du rond-point du pont de Lamothe.

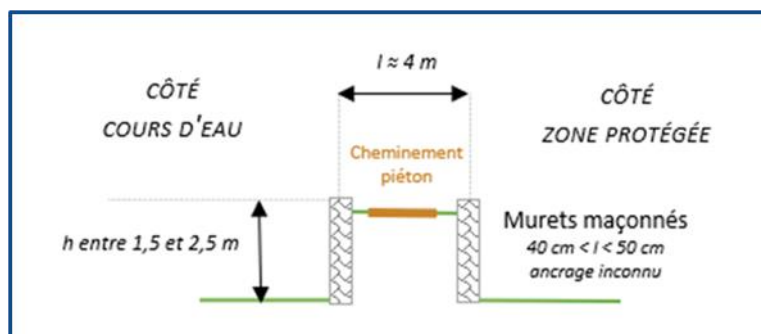


Figure 65 : Coupe type du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 1 / Section c (T1c)



Figure 66 : Vues du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 1 / Section c (T1c)

#### 5.1.1.2. Tronçon n°2 – Digue de Cougeac

Le tronçon n°2 du système d'endiguement de Lamothe s'étend sur un linéaire de l'ordre de 1245 m (PM 770 à 2015) depuis le rond-point du pont de Lamothe jusqu'au droit du hameau de Cougeac.

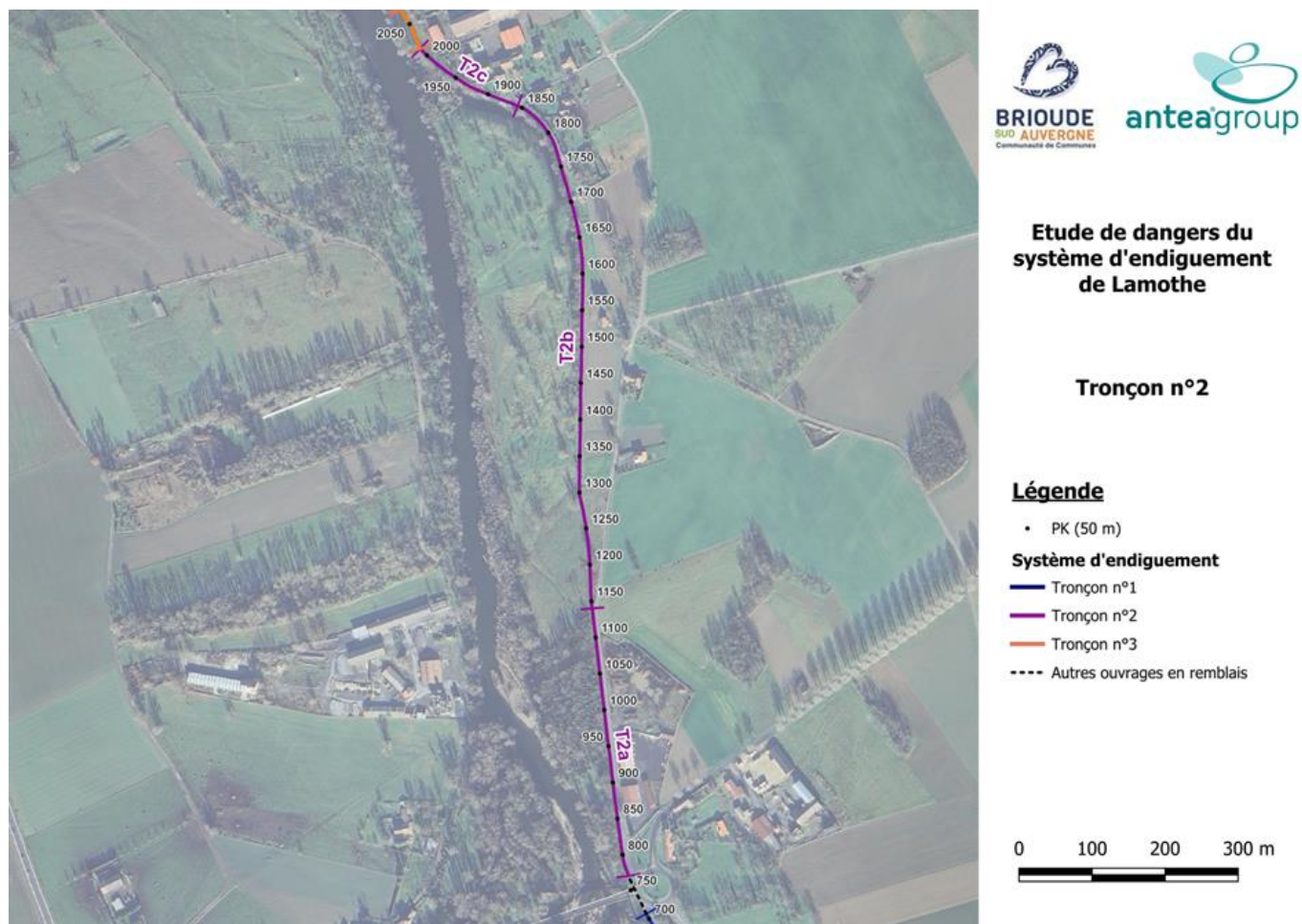


Figure 67 : Tronçon n°2 du système d'endiguement de Lamothe

### 5.1.1.2.1 Section T2a

La section T2a correspond à un ouvrage en remblai qui longe la route « Les Lats » sur un linéaire de 370 m (PM 770 à 1140) depuis l'aval du rond-point de Lamothe. Cet ouvrage est composé d'une carapace en perré maçonné.

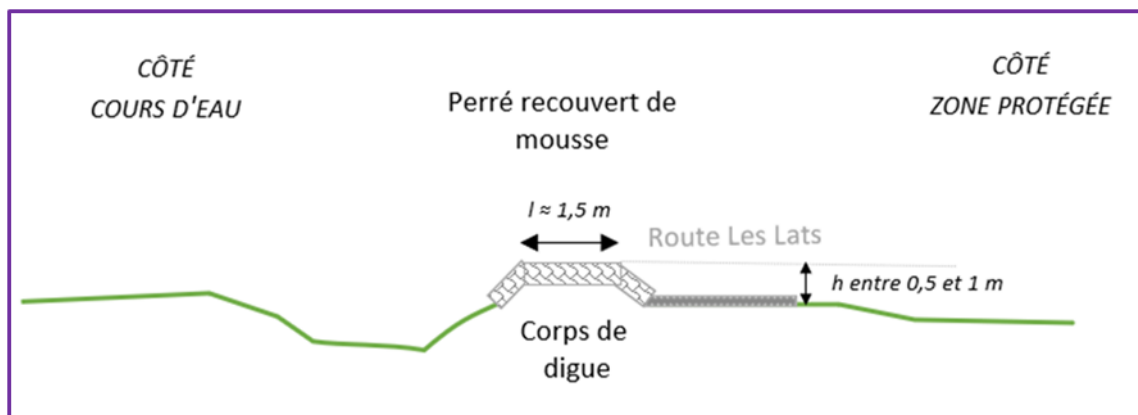


Figure 68 : Coupe type du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 2 / Section a (T2a)



Figure 69 : Vues du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 2 / Section a (T2a)

#### 5.1.1.2.2 Section T2b

La section T2b correspond à un ouvrage en remblai sur un linéaire de 715 m (PM 1140 à 1855) depuis le point où l'ouvrage s'éloigne de la route jusqu'au bourg de Cougeac. Cet ouvrage est composé d'une carapace en perré maçonné.

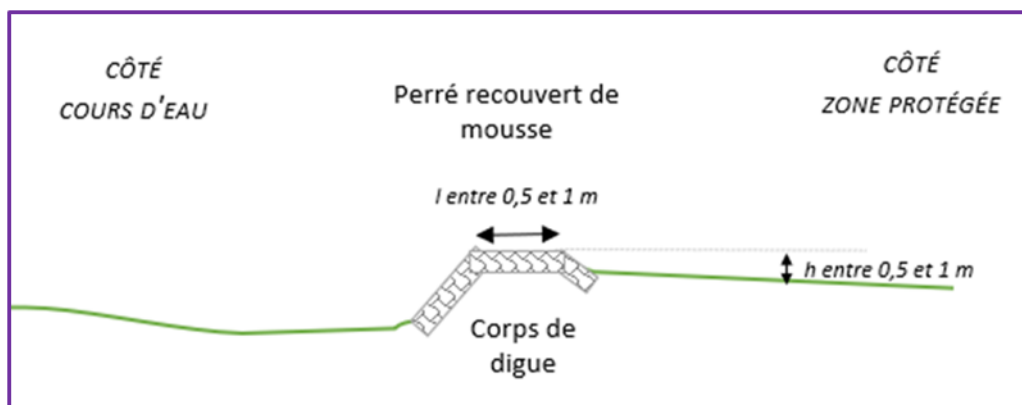


Figure 70 : Coupe type du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 2 / Section b (T2b)



Figure 71 : Vues du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 2 / Section b (T2b)

### 5.1.1.2.3 Section T2c

La section T2c correspond à une « berge » qui longe la route de Cougeac sur un linéaire de 160 m (PM 1855 à 2015) au niveau du bourg de Cougeac. Cet ouvrage est composé d'un en perré maçonné en crête et côté cours d'eau.

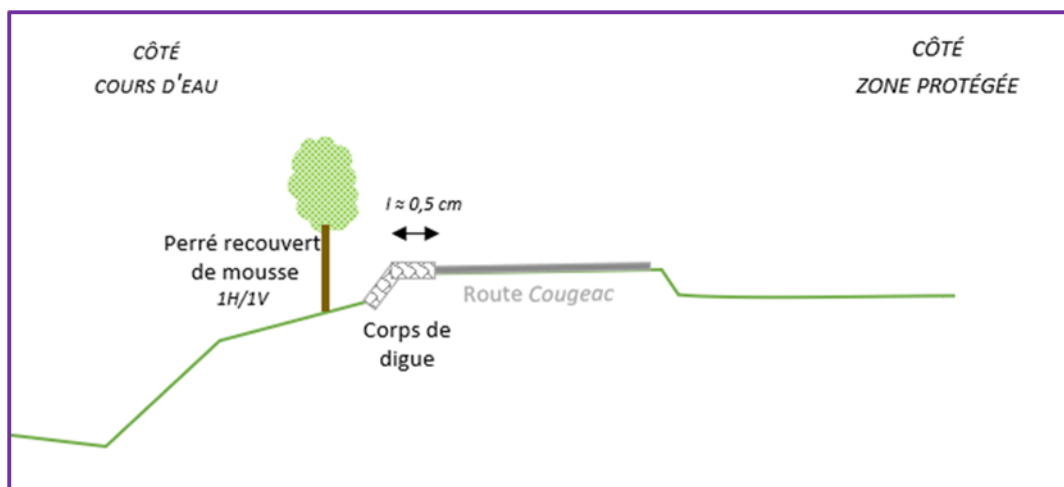


Figure 72 : Coupe type du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 2 / Section c (T2c)



Figure 73 : Vues du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 2 / Section c (T2c)

### 5.1.1.3. Tronçon n°3 – Prolongement aval de Cougeac

Le tronçon n°3 du système d'endiguement de Lamothe s'étend sur un linéaire de l'ordre de 425 m (PM 2015 à 2440) depuis le hameau de Cougeac jusqu'à la fin du linéaire de protection en gabions.



Figure 74 : Tronçon n°3 du système d'endiguement de Lamothe

#### 5.1.1.3.1 Section T3a

La section T3a correspond à un ouvrage en remblai qui longe la route de Cougeac sur un linéaire de 60 m (PM 2015 à 2075) en sortie du bourg de Cougeac. Cet ouvrage fortement végétalisé présente des enrochements sur le talus côté cours d'eau.

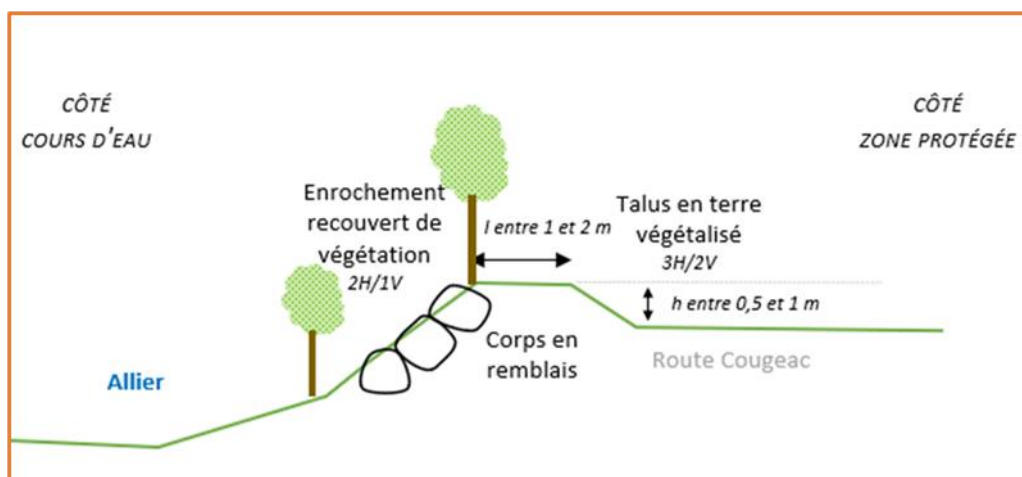


Figure 75 : Coupe type du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 3 / Section a (T3a)



Figure 76 : Vues du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 3 / Section a (T3a)

### 5.1.1.3.2 Section T3b

La section T3b correspond à un ouvrage en remblai présentant des caractéristiques géométriques relativement hétérogènes et fortement végétalisé sur un linéaire de 150 m (PM 2075 à 2225) en aval du bourg de Cougeac.

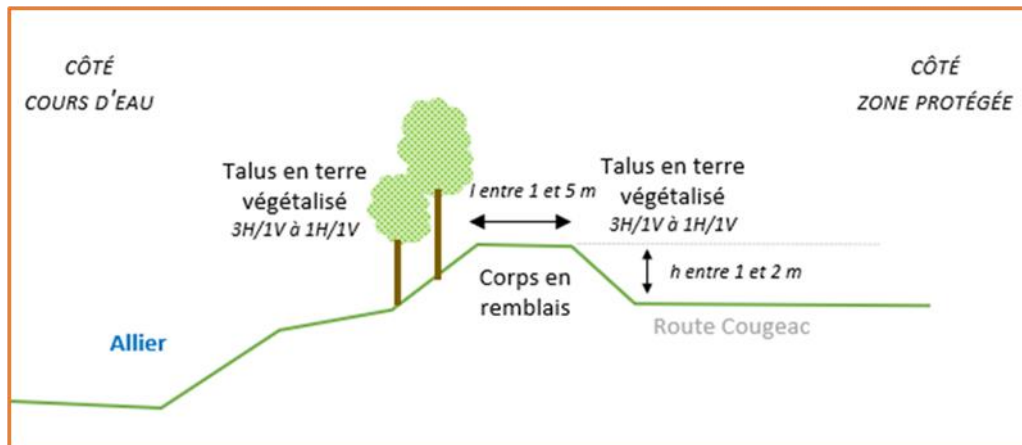


Figure 77 : Coupe type du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 3 / Section b (T3b)



Figure 78 : Vues du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 3 / Section b (T3b)

On notera par ailleurs la présence une station de pompage pour l'irrigation présente en crête (générant un point bas localisé) en aval du lieu-dit de Cougeac au niveau du PM 2075 (pas de réseau traversant).



Figure 79 : Ouvrage en béton encastré côté zone protégée

### 5.1.1.3.3 Section T3c

La section T3c correspond à un ouvrage en remblai sur un linéaire de 215 m (PM 2225 à 2440) en aval du bourg de Cougeac. Cet ouvrage présente côté cours d'eau un parement en gabions surmonté d'une couche béton et supporte en crête un chemin communal.

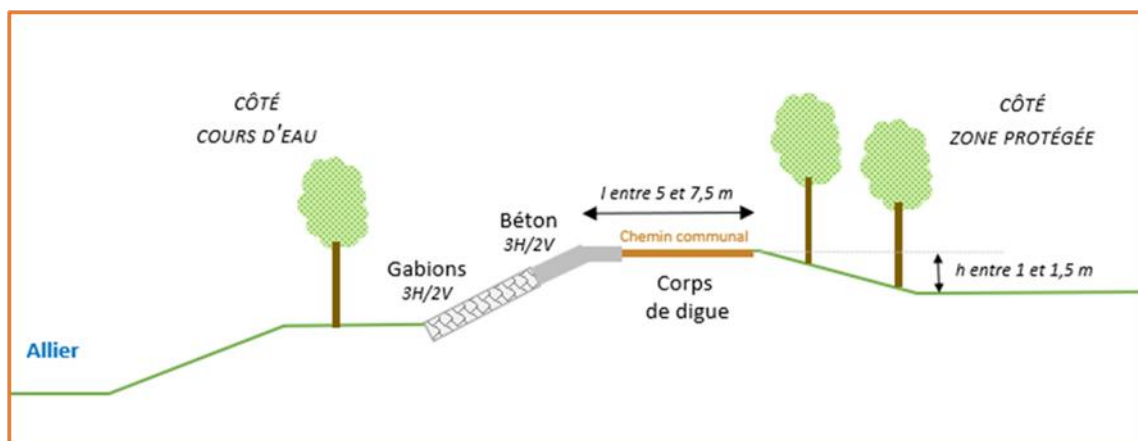


Figure 80 : Coupe type du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 3 / Section c (T3c)



Figure 81 : Vues du système d'endiguement de Lamothe – Tronçon 3 / Section c (T3c)

## 5.1.2. Autres ouvrages en remblai (hors système d'endiguement)

### 5.1.2.1. Merlon rive droite du Ternivol

Un merlon en terre végétalisé d'une largeur de l'ordre de 4 à 5 m pour une hauteur de l'ordre de 1 à 1,5 m est présent en rive droite du Ternivol en amont immédiat du pont de la RD20. Il se raccorde à un tertre servant de lieu de stockage de matériaux.



Figure 82 : Vues du merlon en rive droite du Ternivoli

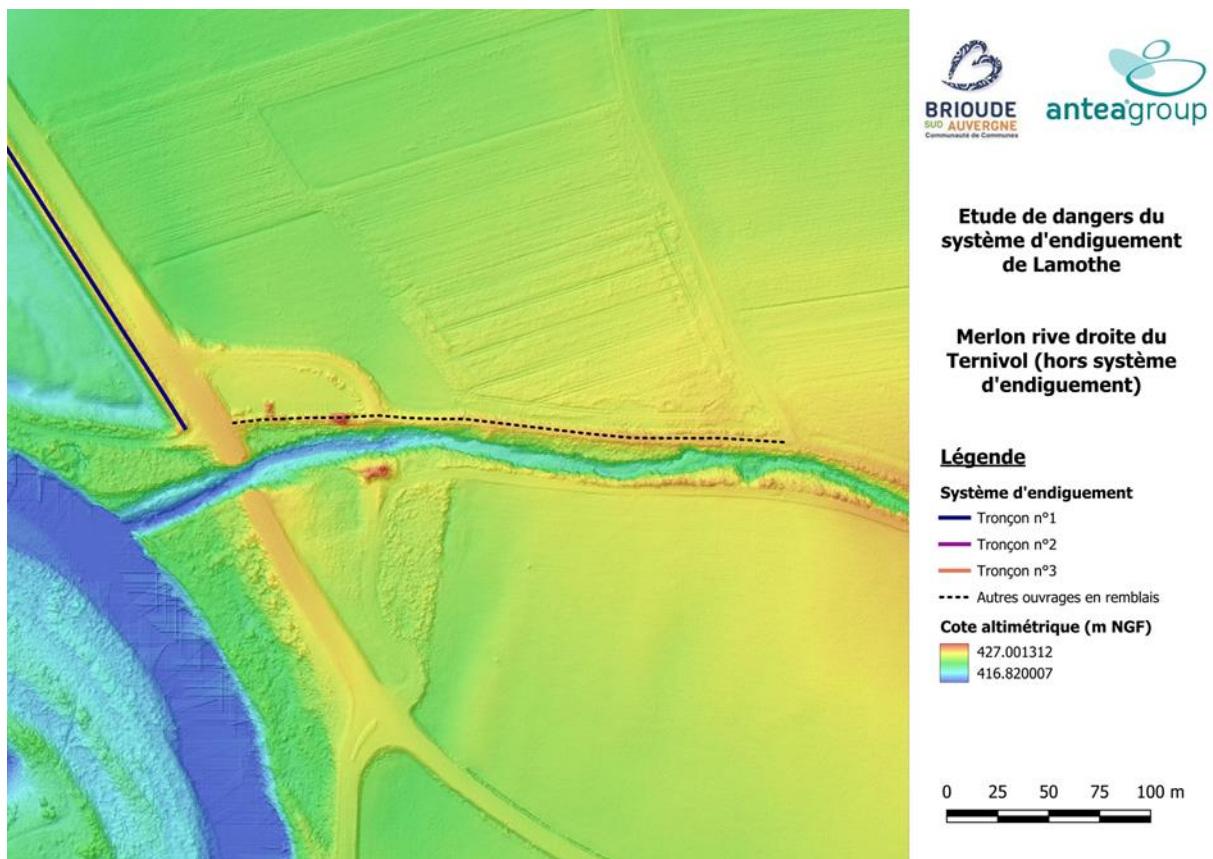


Figure 83 : Contexte topographique du merlon en rive droite du Ternivoli

### 5.1.2.2. Tertre du rond-point de Lamothe

Le rond-point du pont de Lamothe constitue un tertre qui marque la séparation entre le tronçon n°1 et n°2 du système d'endiguement de Lamothe.

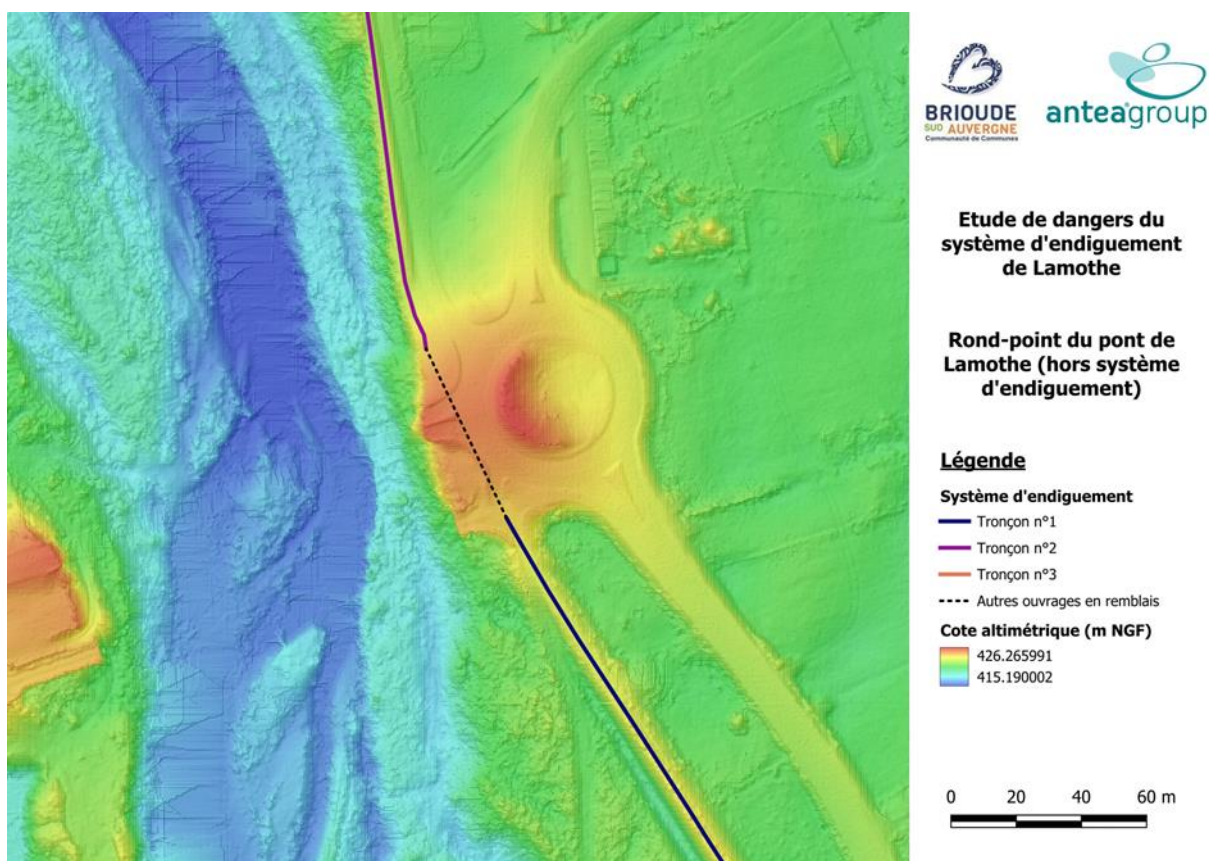


Figure 84 : Contexte topographique du rond-point du pont de Lamothe

### 5.1.2.3. Remblais routiers

Enfin, on notera la présence de certains remblais routiers au sein de la zone protégée :

- la RD 20 en retrait du tronçon T1b,
- la route Les Près de la Croix et dans une moindre mesure la route de Cougeac en arrière du tronçon T2b.

## 5.1.3. Ouvrages, réseaux et instrumentation

### 5.1.3.1. Ouvrages hydrauliques en lit mineur

Le pont de Lamothe est situé entre les tronçons n°1 et n°2 du système d'endiguement de Lamothe. Il s'agit d'un ouvrage présentant :

- deux piles de ponts dans le lit mineur de l'Allier d'une largeur de 1,5 m,
- une travée centrale d'une largeur de 45 m et deux travées latérales d'une largeur de 35 m.

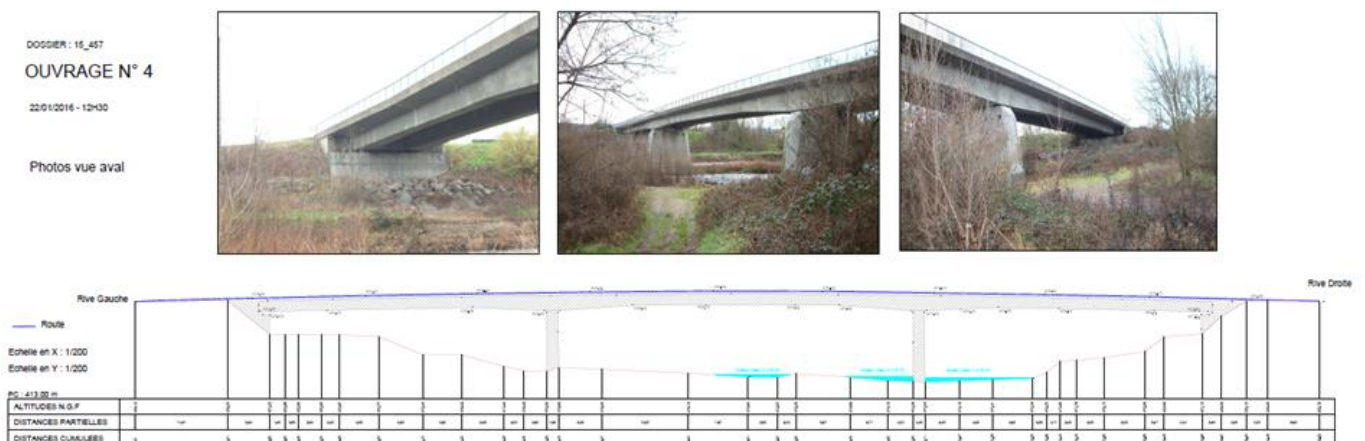


Figure 85 : Pont de Lamothe

### 5.1.3.2. Dispositifs de régulation

Aucun dispositif de régulation des écoulements hydrauliques n'est présent au droit du système d'endiguement de Lamothe.

### 5.1.3.3. Ouvrages traversants

Aucun ouvrage traversant ou à proprement parlé n'est présent au droit du système d'endiguement de Lamothe.

### 5.1.3.4. Réseaux longitudinaux

Un réseau Télécom longitudinal ainsi qu'un fossé en U en béton sont présents entre le pied d'ouvrage côté zone protégée et la RD20 le long du tronçon T1a du système d'endiguement de Lamothe.



Figure 86 : Regard Telecom et fossé en U en béton au niveau du tronçon T1a

### 5.1.3.5. Instrumentation

Aucun dispositif d'instrumentation n'est présent au droit du système d'endiguement de Lamothe.

### 5.1.3.6. Echelle limnimétrique

Une échelle limnimétrique est présente sur la pile rive gauche (face latérale) du pont de Lamothe. Pour rappel, cette le niveau d'eau au droit de cette échelle limnimétrique servira de référence pour l'alerte en crue relative au système d'endiguement de Lamothe.



Figure 87 : Echelle limnimétrique présente sur la pile rive gauche du pont de Lamothe

On notera que le positionnement de cette échelle limnimétrique permet une lecture directe du niveau en crue depuis la berge rive gauche de l'Allier.

## 5.2. Ouvrages à construire ou à modifier

Sans objet.

## 5.3. Description fonctionnelle du système d'endiguement

Pour rappel, des modélisations hydrauliques spécifiques ont été réalisées sur le secteur d'étude dans le cadre de la présente étude de dangers (cf. §4.2.2.2) afin de caractériser les écoulements qui se produisent jusqu'aux niveaux de protection des différents tronçons du système d'endiguement :

- pour  $Q = 494 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $T = 5 \text{ ans}$ ) : le système d'endiguement commence à être mis en charge au niveau du tronçon n°3.

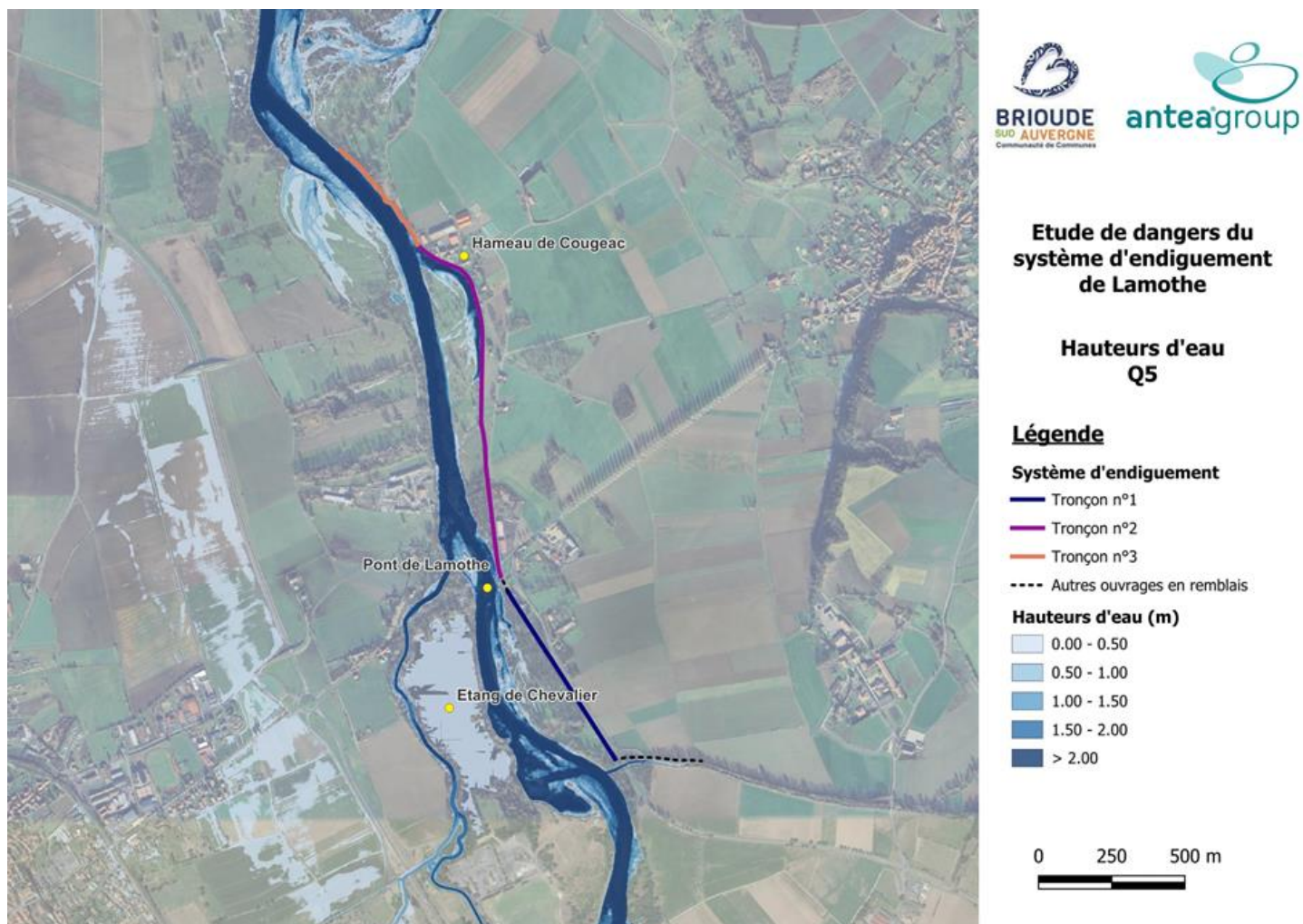


Figure 88 : Hauteurs d'eau pour  $Q = 494 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $T = 5 \text{ ans}$ )

- pour  $Q = 785 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $T = 10 \text{ ans}$ ) : les tronçons n°1 et 2 sont également mise en charge et des débordements se produisent en rive droite en aval immédiat du tronçon n°3 (début de contournement du système d'endiguement par l'aval). Le système d'endiguement est ponctuellement en limite de surverse en partie aval du hameau de Cougeac.

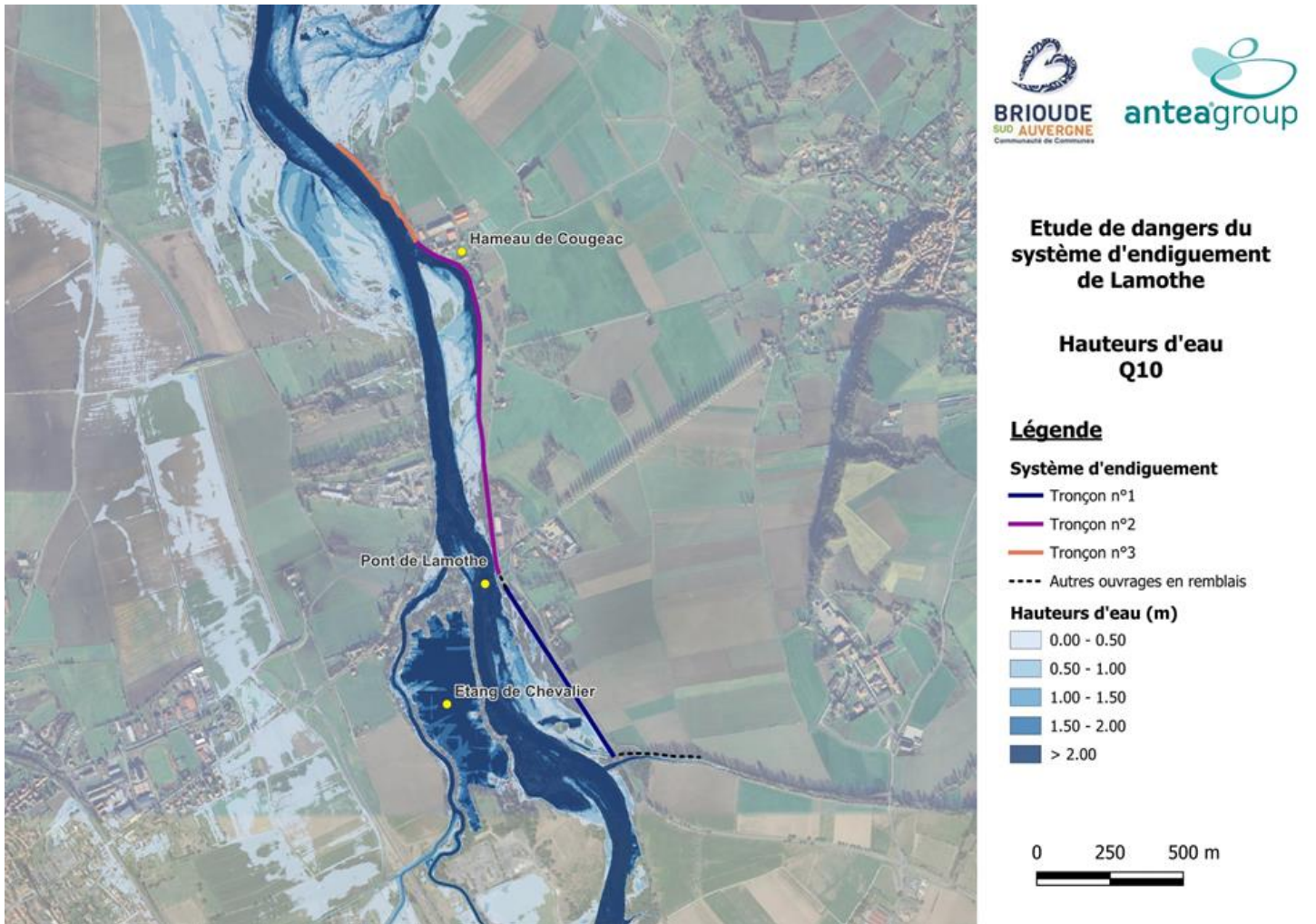


Figure 89 : Hauteurs d'eau pour  $Q = 785 \text{ m}^3/\text{s}$  (T = 10 ans)

## 6. Retour d'expérience concernant la zone protégée et le système d'endiguement

### 6.1. Incidents et accidents survenus sur le système d'endiguement

Les éléments présentés ci-après ont notamment été repris de l'« Etude hydraulique de l'Allier et de ses affluents sur le bassin de Brioude dans le cadre de la révision du PPRI » réalisée par BRL Ingénierie en 2017. Les éléments textuels extraits directement de ce document sont présentés ici en écriture *Italique*

#### 6.1.1. Crue de septembre 1866

*La crue de 1866 est la plus marquante de mémoire d'homme. Le débit maximal mesuré à Vieille Brioude est de 2 500 m<sup>3</sup>/s. Il s'agit d'une crue mixte générée par un phénomène méditerranéen extensif prédominant couplé à une forte influence océanique.*

*L'analyse du déroulé de l'évènement de 1866 montre bien la prédominance du phénomène cévenol au droit de la plaine brivadoise avec des cumuls exceptionnels sur l'Allier amont. Le cumul du 25 sur la Senouire explique le fait que, sur cet évènement particulier, la réaction de cette dernière soit en retard de 5 heures par rapport à l'Allier.*

*Des documents d'époque témoignent de la violence de la crue et ses conséquences : « À Lamothe, les eaux ont fait une trouée à travers la plaine. Le remblai qui reliait le grand viaduc du chemin de fer sur l'Allier, à la Bajasse, à un autre viaduc à une seule arche, sur le bief, a été enfoncé et emporté. Les rails sont restés suspendus en l'air. » (La Haute-Loire, 27/09/1866).*

*Lors de la crue de 1866, l'Allier déplace son lit en rive droite ne passant ainsi plus sous le pont de Lamothe, obligeant la mise en place d'une passerelle provisoire en bois (pont de service) qui sera emportée par les crues de 1868 et 1872. Il fallut à nouveau avoir recours au bac pour franchir l'Allier jusqu'à l'achèvement en 1887 de la construction d'un second pont suspendu en rive droite.*

#### 6.1.2. Crue de novembre 1994

*La crue du 5 Novembre 1994 est issue d'une phénomène méditerranéen extensif très étendu vers le nord et l'ouest du Massif central. La zone impactée est un large sud-est de la France (Cévennes, Hérault, Aveyron, PACA) avec des cumuls de pluie de 300 mm sur les Cévennes et plus de 500 mm en Lozère (amont du bassin de l'Allier). Le débit de pointe mesuré à Vieille Brioude est de 925 m<sup>3</sup>/s.*

*On remarque que la Senouire a très peu réagi à cet évènement, ce qui est logique compte tenu de son caractère cévenol pur.*

#### 6.1.3. Crue de décembre 2003

*L'évènement du 3 et 4 Décembre 2003 est une crue mixte issue de phénomènes méditerranéen extensif et océanique. La zone impactée est le sud-est de la France, soit 24 départements. Les cumuls de pluie sont de 150 à 250 mm en moyenne mais il s'agit de pluies de longue durée très étendues (25 000 km<sup>2</sup> avec plus de 150 mm), et jusqu'à près de 400 mm sur l'Ardèche.*

*Le débit mesuré à Vieille Brioude est de 975 m<sup>3</sup>/s.*

*L'évènement se caractérise par une extension généralisée et un déroulement en deux vagues successives qui a favorisé les concomitances à l'aval en maintenant les niveaux très hauts pendant une longue durée.*

*Dans la plaine de Brioude, jusqu'à Auzon, on ne déplore pas de dégâts majeurs : seulement quelques prairies et chaussées submergées, et certaines routes coupées.*

#### **6.1.4. Crue de novembre 2008**

La crue du 2 au 3 novembre 2008 est la dernière crue ayant occasionné des dégâts notables dans la plaine brivadoise au droit du système d'endiguement. Cette crue cévenole a été provoquée par des pluies abondantes et intenses sur le bassin amont de l'Allier, touchant donc davantage les communes des gorges et juste en aval.

En Haute-Loire, les dégâts sont exclusivement matériels puisqu'aucune victime n'est à déplorer. La voirie a été particulièrement touchée, avec une quinzaine d'axes de circulation coupés sur 14 communes, et des biens agricoles ont été détruits. Quelques communes subissent des coupures d'électricité et de téléphone et rencontrent des difficultés d'assainissement. Une quarantaine d'habitations sont inondées.

*Le débit mesuré à Vieille Brioude est de 1048 m<sup>3</sup>/s.*

*Une quarantaine d'habitations ont été inondées dans le secteur d'étude, les deux-tiers se situant entre Auzon et Vézézoux.*

#### **6.1.5. Crues récentes**

Les crues de juin 2020 et octobre 2024 sont les dernières crues importantes recensées sur l'Allier au droit du système d'endiguement. Elles ont notamment touché les communes situées en aval de Brioude mais n'ont pas fait de dégâts dans la zone d'étude.

## **6.2. Incidents et accidents survenus sur des ouvrages de même type**

### **6.2.1. Retour d'expérience Aramon Gard, 2002**

*« 5 victimes, 60 chômeurs et 5 millions d'euros de dégâts.*

*Le village d'Aramon est implanté en lit majeur du Gardon, à plus de 6 kilomètres du lit mineur de la rivière, près de sa confluence avec le Rhône.*

*Le village était protégé des débordements du Gardon, ou des inondations par remous du Rhône, par une digue construite au milieu du 18<sup>ème</sup> siècle, de 2,5 mètres de haut et constituée de limons*

*Le 9 septembre 2002, le Gardon a connu une crue plus que centennale, qui a envahi la plaine d'Aramon. L'eau est arrivée au pied de la digue en fin de soirée, puis a continué à monter, pour finir par submerger l'ouvrage. Cette submersion a provoqué plusieurs brèches, responsables d'une vague d'inondation très brutale sur le village où cinq personnes ont péri. Dans les ruelles du vieux village, l'eau a atteint une grande vitesse. Après la catastrophe, les experts ont calculé que la digue avait été submergée par une lame d'eau de 40 à 80 cm ! (Réf. Reconstruction de la digue d'Aramon après la crue de septembre 2002. T. Mallet et al., Sécurité des digues fluviales et de navigation, Orléans, 2004, CFGB-MEDD).*

*Trois brèches, sur un linéaire de 10 à 20 mètres, ont entaillé la digue sur toute sa hauteur et creusé une fosse d'érosion au droit des fondations.*

*Deux autres brèches, un peu moins importantes, car elles n'ont pas détruit la digue sur toute sa hauteur, ont néanmoins creusé la digue sur toute sa largeur. Un glissement du talus sur un linéaire de 10 mètres a également été observé sur un autre secteur de la digue.*

*Les conséquences de cette inondation brutale du village ont été très importantes, avant tout en raison des décès. Il a fallu évacuer et reloger les 84 pensionnaires de la maison de retraite ; installer plus de 80 mobil homes pour les sinistrés dans l'impossibilité de revenir rapidement chez eux, donc viabiliser au préalable des terrains.*

*L'inondation d'une fabrique d'emballage de cagettes a provoqué la mise au chômage de 60 personnes et 5 millions d'euros de dégâts.*

*De nombreux bâtiments publics ont été détruits ou fortement endommagés : l'école maternelle (délocalisée depuis), les ateliers municipaux, le restaurant scolaire, le centre aéré, la crèche, la gendarmerie, la maison de retraite... »*

La rupture de digue en terre s'est donc produite notamment à la suite d'une surverse ce qui a conduit à une vague d'inondation brutale.

## 6.2.2. Retour d'expérience sur les digues du Rhône en terre

Les travaux menés par l'IRSTEA (ex CEMAGREF) ont permis de tirer plusieurs enseignements des ruptures des digues du Rhône survenues lors des dernières crues historiques. Nous en rappelons ci-après les principaux points :

- lors des crues d'octobre 1993 et de janvier 1994 (débit estimé à Beaucaire de l'ordre de 11 000 m<sup>3</sup>/s à Beaucaire pour la crue de janvier 1994 qui fut la plus importante des deux épisodes / occurrence estimée voisine de 100 ans), **16 ruptures de digues** ont été constatées en Camargue. Ces 16 ruptures de digues sont toutes dues à des **phénomènes de renard** (13 d'entre elles sont liées à des terriers d'animaux - blaireaux essentiellement – et 3 d'entre elles sont liées à des traversées de conduites). Aucune des ruptures n'est due à une surverse sur les digues,
- lors de la crue de décembre 2003 (débit estimé à 11 500 m<sup>3</sup>/s à Beaucaire soit une occurrence voisine de 100 ans), les digues ont mieux résisté. On identifie **4 ruptures avec surverse** (peut être formation d'un renard en même temps) réparties comme suit : 2 ruptures sur le Petit Rhône en rive droite (Gard) et 2 ruptures sur le Rhône en rive gauche, encore qu'il ne s'agisse pour celles-ci que de la rupture des talus des trémies de la voie SNCF et non de la digue principale constituée de la voie SNCF.

Parmi les enseignements que l'IRSTEA a pu tirer, citons notamment les points suivants :

- depuis que des programmes d'entretien régulier de la végétation sur les digues ont été remis à l'ordre du jour, le risque lié aux animaux fouisseurs a diminué, d'une part parce les animaux sont partis chercher refuge dans des zones plus tranquilles, et d'autre part parce que les conditions d'inspection des digues sont meilleures,
- les conduites et traversées diverses méritent une attention particulière (identification, observation du fonctionnement en crue, etc.). Un traitement spécifique est nécessaire au niveau de ces points singuliers,

- la résistance à la surverse de ces digues du Rhône (constituées de limons) construites au 19<sup>ème</sup> siècle est quasiment nulle. L'implantation de déversoirs visant à éviter cette surverse est probablement la seule solution pour éviter des brèches dans des zones à forts enjeux.

### 6.2.3. Retour d'expérience sur d'autres systèmes d'endiguement

Ce paragraphe ne constitue pas un retour d'expérience à proprement parler, mais plutôt un examen rapide des enseignements que peuvent apporter les événements récents survenus sur d'autres systèmes d'endiguement dont certaines caractéristiques sont proches de celles de la digue de Lamothe.

Accident	Nombre victimes	Année	Enseignement pour l'Étude de dangers
Tempête en mer du Nord et rupture des digues en Hollande	1800	1953	- L'évacuation de la zone protégée est indispensable à partir d'un certain niveau d'eau
Crues du Rhône et rupture des digues de la Camargue		1993-1994	- Formation de brèches au niveau des canalisations d'irrigation
Crue de l'Oder en Pologne et en Allemagne		1997	- Trace d'un réseau de trous laissés par les racines d'un ancien boisement à la périphérie d'une brèche - Techniques de réparations d'urgence
Crue de l'Agly et rupture de la digue	35	1999	- Rupture suite à surverse au niveau de la station d'épuration de Saint-Laurent-de-la-Salanque
Crue du Gard et rupture de digues	8	2002	- Danger à proximité de la rupture
Crue du Rhône et rupture d'un cordon de digue près d'Arles au niveau d'une trémie sous la voie ferrée		2003	- Protection d'urgence pour éviter le passage de l'eau sur la trémie conduisant à la surverse de la digue - Relogement d'une centaine de personnes pendant 1 an
Cyclone Katrina et rupture des digues du Mississippi à La Nouvelle-Orléans	1500	2005	- Nombreuses victimes derrière des brèches malgré la décision d'évacuer
Tempête Xynthia et surverse des digues par la mer	50	2010	- Pas de brèche mais une surverse d'un mètre sur la digue de la Faute-sur-Mer ; formation d'un renard hydraulique lors du retour de l'eau à la mer - Certaines brèches liées à des canalisations
Crues de la Vistule en Pologne et rupture des digues sur un très long linéaire		2010	- 2 crues centennales consécutives (1 mois d'intervalle) - Phénomène déjà observé sur la Loire (trois pics de crue) en 1856 - Nombreuses brèches liées à la présence de terriers d'animaux fouisseurs
Crue de l'Agly et rupture de la digue		2013	- Forte diminution de la capacité hydraulique du lit mineur en raison de la présence abondante de végétation : débit de surverse bien inférieur à celui estimé théoriquement - Brèche sur environ 100 m de large, a priori déclenchée par la surverse - Fosse de 4 m de profondeur en aval de la brèche

Tableau 20 : : Enseignements des accidents sur d'autres systèmes d'endiguement

### 6.3. Scénarios de défaillance pouvant être mis en évidence par l'étude d'accidentologie

L'étude d'accidentologie a mis en évidence que les accidents sur les digues fluviale sont principalement des ruptures liées à :

- des ouvrages anciens,
- un sous dimensionnement de l'ouvrage,
- l'apparition de surverse sur les digues,
- la formation de brèche formée par érosion interne.

## 7. Diagnostic approfondi des éléments constitutifs du système d'endiguement et tenue des ouvrages

### 7.1. Description et analyse des scénarios de défaillance potentiels

Les incidents et accidents apparaissant sur les digues peuvent être regroupés autour des cinq modes :

- la rupture par surverse correspond à une surverse suivie d'une érosion externe de la crête et du talus côté zone protégée,
- la rupture par érosion interne (entraînement de particules soumis à un écoulement d'eau interne à la digue ou à sa fondation),
- la rupture par glissement de talus, suivi d'une érosion interne,
- la rupture par érosion externe (affouillement) de la fondation de la digue, suivie d'un glissement de talus côté fleuve puis d'une érosion interne
- la rupture par soulèvement hydraulique (claquage de la fondation en pied de digue côté zone protégée) puis érosion interne.

**Le phénomène de soulèvement hydraulique en pied aval d'une digue est susceptible de pouvoir se développer lorsqu'une couche peu perméable, naturelle (par exemple des limons) ou non (remblai de digue), surmonte une couche de plus forte perméabilité. Les investigations géotechniques menées (cf. Annexe 3) n'ayant pas mis en évidence une telle configuration, le mode de défaillance par soulèvement hydraulique ne sera donc plus considéré dans la suite de l'étude.**

Ces scénarios distinguent, d'un côté, le mécanisme initiateur du mode de rupture (par exemple la surverse, l'affouillement, etc.) et, de l'autre, le ou les mécanismes responsables de la rupture.

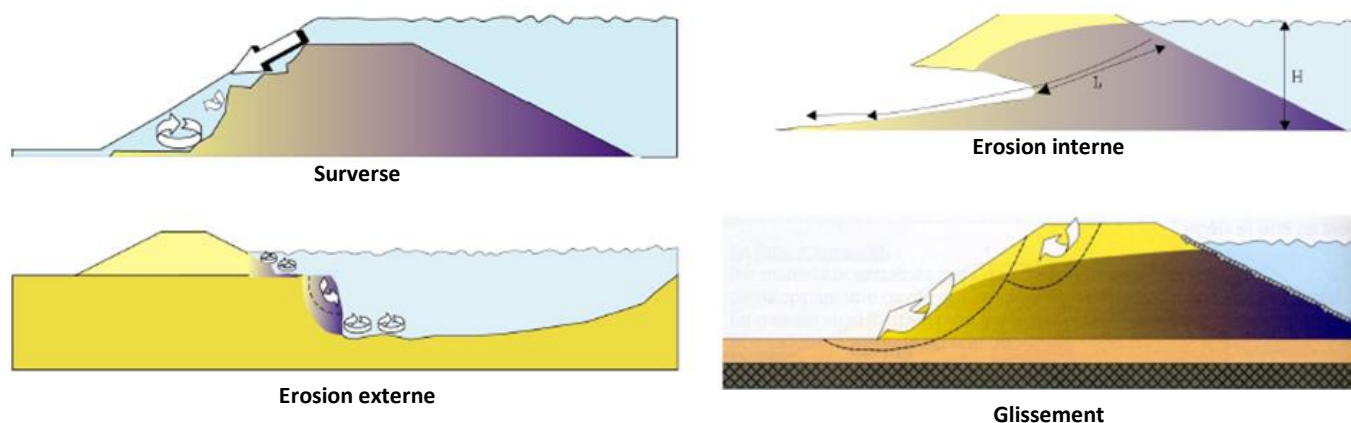


Figure 90 : Différents modes de rupture classiques de digues

#### 7.1.1. Rupture par surverse

Le phénomène de surverse survient lorsque le niveau d'eau devant la digue dépasse le niveau de la crête.

La rupture d'un tronçon de digue due à une surverse est conditionnée par les éléments suivants :

- d'une part, par l'aléa hydraulique (lame d'eau déversante sur la digue),

- d'autre part, par les caractéristiques de la digue et notamment sa nature, la largeur de la crête de l'ouvrage et la pente du talus de la digue côté zone protégée.

Ces deux paramètres influent sur la capacité d'érosion externe de la digue. Plus la pente du talus côté zone protégée sera importante, plus les vitesses d'écoulement seront grandes et le risque d'érosion important. À cela, seule l'importance de la largeur de la crête de digue pourra « venir s'opposer » à l'ouverture d'une brèche.

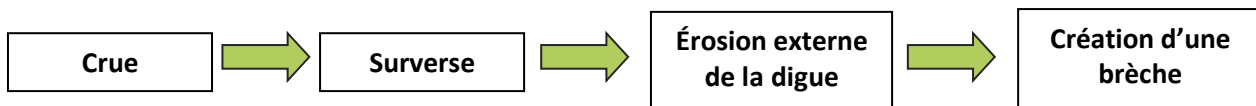


Figure 91 : Arbre de défaillance simplifié d'un scénario de rupture de digue par surverse

### 7.1.2. Rupture par érosion externe

À l'exception du cas des surverses, où l'érosion externe est la cause directe de la rupture, l'érosion externe est rarement capable de générer à elle seule la défaillance de l'ouvrage. Elle peut cependant initier un glissement, qui associé à l'érosion interne, provoque la rupture de l'ouvrage.

On distingue deux localisations possibles de l'action érosive des écoulements non surversants, susceptibles d'engendrer une défaillance de la digue :

- l'érosion externe au niveau du talus côté cours d'eau,
- l'érosion externe au niveau du pied côté cours d'eau de la digue.

L'érosion externe étant directement causée par l'action érosive du cours d'eau, elle ne peut être observée que côté cours d'eau (pas d'érosion externe côté zone protégée).

Par ailleurs, l'apparition du phénomène d'érosion externe en pied de digue sera d'autant moins probable que la largeur du franc-bord (distance entre le pied de digue et le lit du cours d'eau) sera grande et que le pied présentera une protection.

L'affouillement du pied venant déstabiliser la digue côté cours d'eau, un glissement sera alors susceptible d'apparaître. Puis, de façon similaire au scénario de défaillance par glissement (cf. §7.1.4), l'érosion interne (cf. §7.1.3) sera accrue, ce qui pourra provoquer la création d'une brèche dans l'ouvrage.

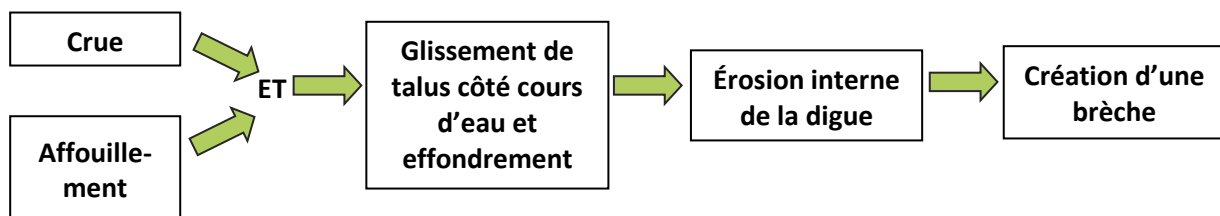


Figure 92 : Arbre de défaillance simplifié d'un scénario de rupture de digue par érosion externe en pied de talus

### 7.1.3. Rupture par érosion interne

L'érosion interne traduit le phénomène d'entraînement des matériaux les plus facilement mobilisables du corps de digue par l'action d'un écoulement se produisant en son sein. Ce phénomène est ainsi lié

à la capacité qu'aura le corps de digue à laisser transiter les écoulements en son sein, mais également au potentiel qu'aura l'écoulement à mobiliser et entraîner les particules du corps de digue.

L'érosion interne peut prendre plusieurs formes, de l'érosion généralisée ou suffusion, à l'érosion localisée (de contact, de conduit ou régressive). L'érosion généralisée se produit lorsque la digue est saturée en eau et lorsque les matériaux sont sensibles à l'érosion interne. L'érosion localisée se produit à partir d'une irrégularité dans la perméabilité du corps de digue. Elle est souvent liée à des facteurs extérieurs tels que les terriers des animaux fouisseurs, les racines d'arbres, les ouvrages traversants ou inclus, etc.

L'érosion interne désigne une famille de mécanismes qui, par expérience, peuvent provoquer à eux seuls la rupture totale ou partielle de digue. Ils peuvent néanmoins être associés à d'autres mécanismes (érosion par glissement, etc.), mais ils constituent toujours le mécanisme de rupture final.



Figure 93 : Arbres de défaillance simplifiés d'un scénario de rupture de digue par érosion interne

#### 7.1.4. Rupture par glissement

Le phénomène de glissement survient lorsque l'équilibre entre les forces et moments moteurs et les forces et moments stabilisateurs appliqués à l'ouvrage est rompu. Le bilan des forces et moments sur la digue fait état du poids des terrains, de l'action interne et externe de l'eau et de la résistance au cisaillement des sols (fonction de la cohésion et de l'angle de frottement interne).

Deux types de glissement sont susceptibles de se produire sur la digue objet de la présente étude de dangers :

- glissement de type circulaire côté zone protégée,
- glissement de type circulaire côté cours d'eau.

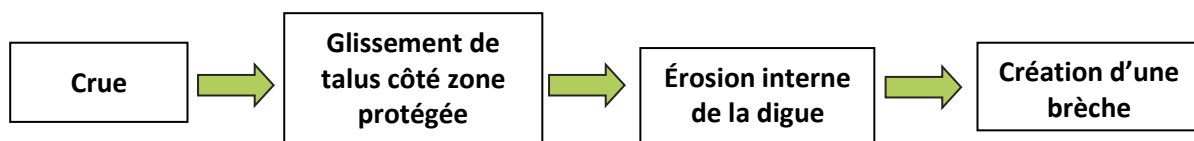


Figure 94: Arbres de défaillance simplifiés d'un scénario de rupture de digue par glissement côté zone protégée

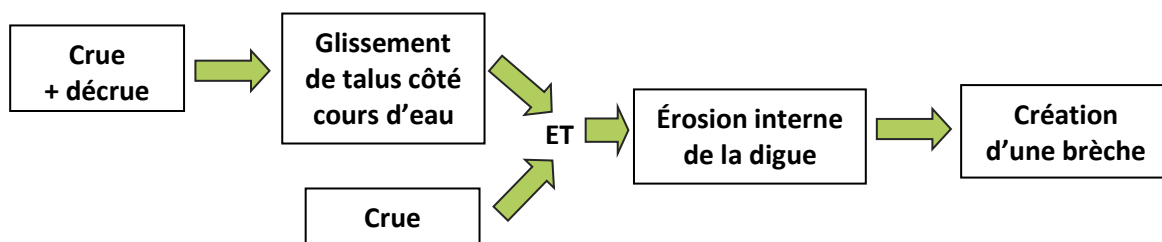


Figure 95 : Arbres de défaillance simplifiés d'un scénario de rupture de digue par glissement côté cours d'eau

## 7.2. Synthèse des investigations effectuées

### 7.2.1. Etudes existantes

Dans le cadre de sa mission d'assistance à maitre d'ouvrage (AMO) auprès de la Communauté de Communes Brioude Sud Auvergne concernant la définition du système d'endiguement de Lamothe, Aberlaz a notamment produit en juin 2023 une première analyse des principales études disponibles.

Les principales études et leurs apports pour la présente étude de dangers sont résumés ci-après.

#### 7.2.1.1. Avis sur classement au titre Intéressant la Sécurité Publique (ISP) des digues de protection contre les crues de l'Allier (CETE Lyon – LRPC d'Autun, juin 2007)

Dans le cadre du Pôle d'Appui Technique aux OUvrages Hydrauliques (PATOUH), le LRPC d'Autun a procédé aux visites de plusieurs digues de protection contre les inondations de l'Allier, dont les digues de Lamothe et Cougeac, afin de donner un avis sur le classement de ces ouvrages au titre Intéressant la Sécurité Publique.

Après visite des digues et études des enjeux et impacts en cas de rupture des digues, les digues de Lamothe et Cougeac ont été classées au titre Intéressant la Sécurité Publique.

#### 7.2.1.2. Outils d'aide à la gestion des lits de la Loire, de l'Allier et de la Dore (DREAL Centre-val de Loire, avril 2015)

Cette étude propose des outils d'aide à la définition et à la priorisation de mesures de réduction des risques d'aggravation de l'incidence d'une crue et de dysfonctionnement sédimentaire, pour 3 cours d'eau dont l'Allier.

Pour pallier le premier risque, quelques interventions prioritaires ont été identifiées sur des secteurs spécifiques, par le croisement de l'évolution de la bande active des cours d'eau, et l'évaluation de l'importance des enjeux socio-économiques menacés.

Le risque de dysfonctionnement sédimentaire est appuyé par la présence de nombreux plans d'eau artificiels (anciennes gravières) dans le lit majeur des cours d'eau étudiés, qui peuvent capturer le cours d'eau. Un certain nombre de plans d'eau ont été identifiés sur lesquels il semble prioritaire de préciser le niveau de risque de dysfonctionnement sédimentaire.

#### 7.2.1.3. Etude hydraulique de l'Allier et de ses affluents sur le bassin de Brioude dans le cadre de la révision du PPRi (BRL Ingénierie, 2017)

Dans le cadre de la révision du PPRi de la plaine Brivadoise, BRL Ingénierie a réalisé en 2017 une étude complète du bassin de Brioude afin d'actualiser les données liées aux crues et aux inondations, notamment en prenant en compte les affluents de l'Allier, et définir un nouveau zonage de l'aléa.

Le bureau d'études a ainsi réalisé une analyse du bassin versant de l'Allier, un recueil des données et études existantes, des levés topographiques, une analyse hydrologique pour évaluer les débits et crues de référence, une modélisation hydraulique des crues et une cartographie des aléas.

Les valeurs des débits de référence ont notamment été réutilisées dans le cadre de l'étude hydrologique de la présente étude de dangers.

#### **7.2.1.4. Etude de réduction des risques de dysfonctionnement sédimentaire associés à la capture de l'Allier par les gravières de Lamothe et Mirefleurs (Artelia, 2020-2022)**

Cette étude menée par Artelia entre 2020 et 2022 a pour objectif de réduire le risque de capture de l'Allier par deux anciennes gravières, dont la gravière de Lamothe. La capture par une gravière est en effet un processus qui peut avoir des répercussions sur le fonctionnement hydromorphologique du cours d'eau, notamment en piégeant durablement des sédiments, provoquant ainsi un déséquilibre des débits solide et liquide.

Réalisée dans le cadre du SAGE Allier, cette étude est composée de 3 phases :

- Phase 1 : état des lieux et diagnostic des sites d'étude. Une étude de l'hydrologie de l'Allier et de son fonctionnement hydromorphologique a été réalisée, ainsi qu'une modélisation hydraulique pour les 2 gravières.
- Phase 2 : élaboration des scénarii d'aménagement pour la gravière de Lamothe, pour pallier le risque de capture. Pour chacune des trois solutions envisagées, des éléments de dimensionnement sont détaillés, des analyses hydraulique, hydro sédimentaire et environnementale sont réalisées, et les coûts sont estimés.
- Phase 3 : avant-projet détaillé pour la gravière de Lamothe. La solution retenue est présentée plus en détails d'un point de vue dimensionnement, analyse hydraulique et morphologique, ainsi que les modalités de travaux.

#### **7.2.1.5. Etude pour l'élaboration d'un schéma de gestion de l'espace de mobilité de l'Allier (Véodis-3D et CESAME, 2022)**

Les objectifs de cette étude réalisée en 2022 dans le cadre du SAGE de l'Allier sont multiples : diagnostiquer le fonctionnement hydromorphologique de l'Allier au vu des études les plus récentes, faire un état des lieux des usages et outils de gestion présents dans l'espace de mobilité du cours d'eau, et élaborer un plan d'actions, un outil de surveillance et un guide de gestion de cet espace.

Cette étude est composée de trois phases, dont la première a été réalisée par Véodis-3D et les deux suivantes par CESAME :

- Phase 1 : diagnostic de fonctionnement hydrologique et géomorphologique. Des mesures de terrain ont été réalisées afin d'étudier l'évolution verticale et latérale du lit de l'Allier.
- Phase 2 : inventaire et diagnostic des usages et aménagements présents dans l'espace de mobilité. La vulnérabilité des usages répertoriés a été analysée en lien avec l'hydromorphologie de l'Allier.
- Phase 3 : état des lieux et diagnostic des outils de gestion de l'espace de mobilité de l'Allier. Les différents outils de suivi et gestion en cours ont été recensés, décrits et évalués au regard de leur contribution vis-à-vis de la préservation/restauration de la dynamique fluviale de l'Allier.

### **7.2.2. Visite Technique Approfondie (VTA)**

Une Visite Technique Approfondie (VTA) du système d'endiguement de Lamothe a été réalisée le 16 janvier 2024 par Antea Group. Le rapport complet de VTA est disponible en Annexe 2.

Il s'agissait de la première VTA du système d'endiguement de Lamothe.

### 7.2.2.1. Méthodologie

Le système d'endiguement de Lamothe a été inspecté d'amont en aval à pied par deux ingénieurs d'Antea Group. L'ensemble des parties de la digue a été parcouru (talus, pieds et crête) et inspecté dans la limite de leur visibilité (une opération de fauchage/débroussaillage a été réalisée quelques semaines avant la VTA par le Syndicat Mixte d'Aménagement de l'Allier sur la quasi-totalité du linéaire hormis à l'extrémité aval de l'ouvrage).

La saisie des observations s'est faite sur le terrain au moyen de l'application Qfield (version mobile de Qgis) installée sur un téléphone récent muni d'un appareil photo et d'un système de géoréférencement par GPS.

Les désordres ont été recensés de manière :

- ponctuelle, traduisant une anomalie localisée ; elle est représentée par un seul point GPS (exemple : présence d'un point bas),
- linéaire, traduisant une anomalie se répétant sur un secteur de digue (exemple : présence de végétation) représenté par une polyligne, localisant le début et la fin de l'observation linéaire.

Afin d'évaluer le caractère d'urgence du traitement de chaque observation, un degré de gravité (issu de la nomenclature SIRS Dignes) de l'observation a été systématiquement renseigné :

Degré de gravité		Description
0	Faible urgence	Désordre ne nécessitant pas d'approche autre que la surveillance de routine
1	Pas de grande urgence	Désordre constaté sur la digue ou son environnement proche dont la surveillance est à assurer régulièrement et plus spécifiquement en cas d'épisode de crue ou désordre dont les effets sont mal ou peu connus et dont la présence nécessite une étude plus poussée
2	Désordre devant être traité à court ou moyen terme	désordre pénalisant pour la pérennité de la digue nécessitant la réalisation d'une action d'entretien ou de réparation de la digue
3	Désordre devant être traité de façon urgente	désordre grave pénalisant fortement la digue dont le traitement (travaux, entretien, diagnostic, etc.) est nécessaire dans un délai rapide

Tableau 21 : Code du degré de gravité (source : nomenclature SIRS Dignes)

### 7.2.2.2. Synthèse des désordres observés

En synthèse, le système d'endiguement de Lamothe présentait en janvier 2024 un état général relativement bon, avec aucun secteur ne devant être traité en urgence (gravité 3), malgré un état de végétalisation avancé sur la quasi-totalité du linéaire.

Les principaux désordres (degré de gravité 2) observés lors de la VTA de janvier 2024 sont les suivants :

- arbres isolés (observations 25, 27 et 28),
- souches (observations 4 et 29),
- arbre arraché (observation 3),
- cavité dans perré de 30 cm de profondeur (observation 24),
- présence d'une végétation ligneuse et d'une majorité de végétation arbustive et broussailleuse (observations A, E, G, I et N).



*Cavité en crête de digue (Observation 24)*



*Arbre arraché (Observation 3)*



*Végétation présente sur l'ouvrage (Observation N)*

**Figure 96 : Principaux désordres observés au droit du système d'endiguement de Lamothe**

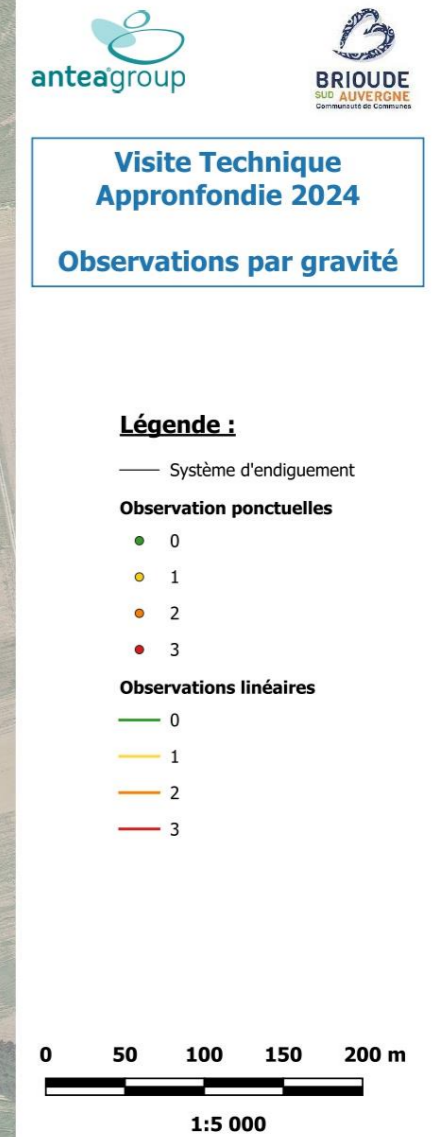
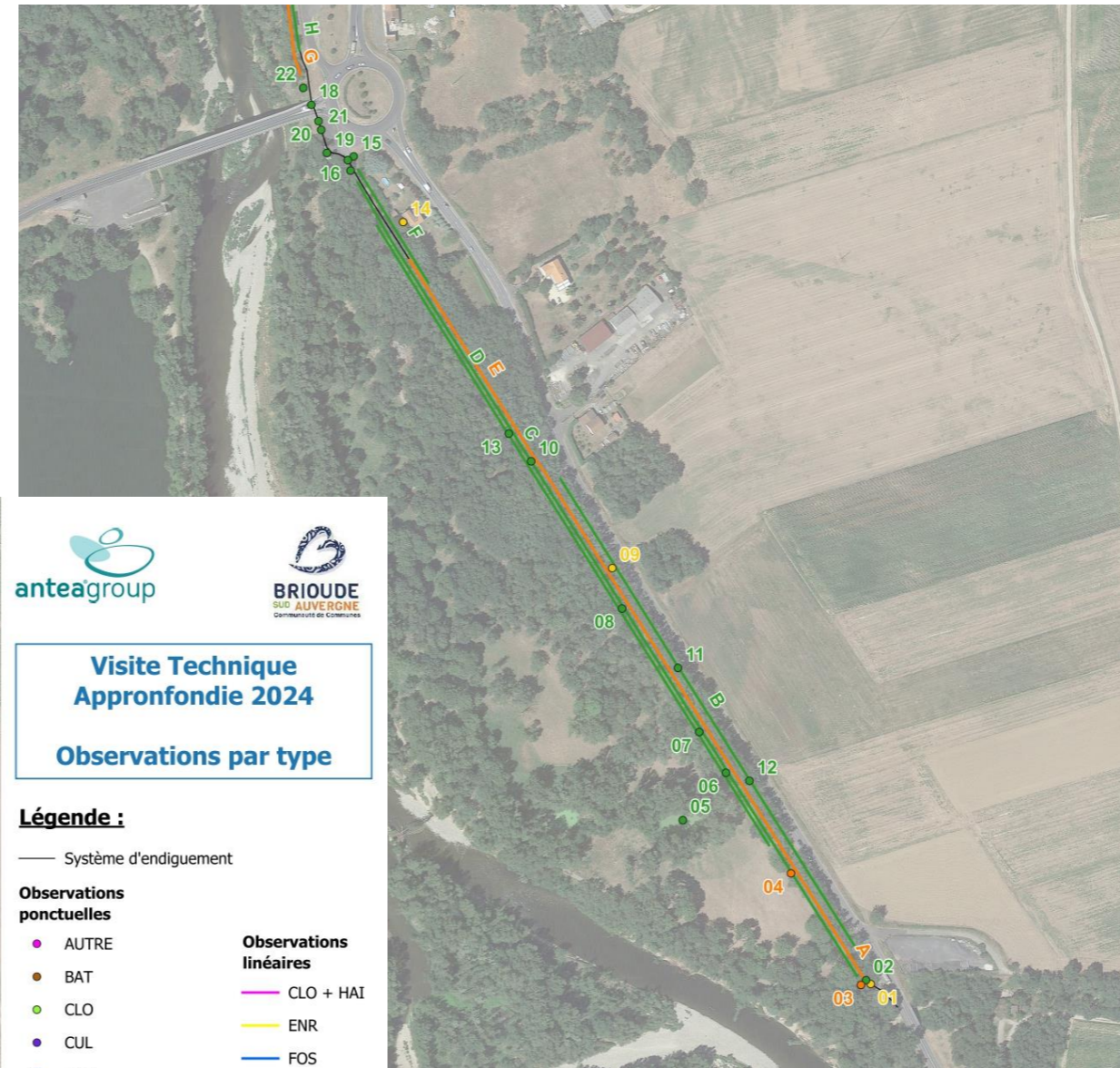
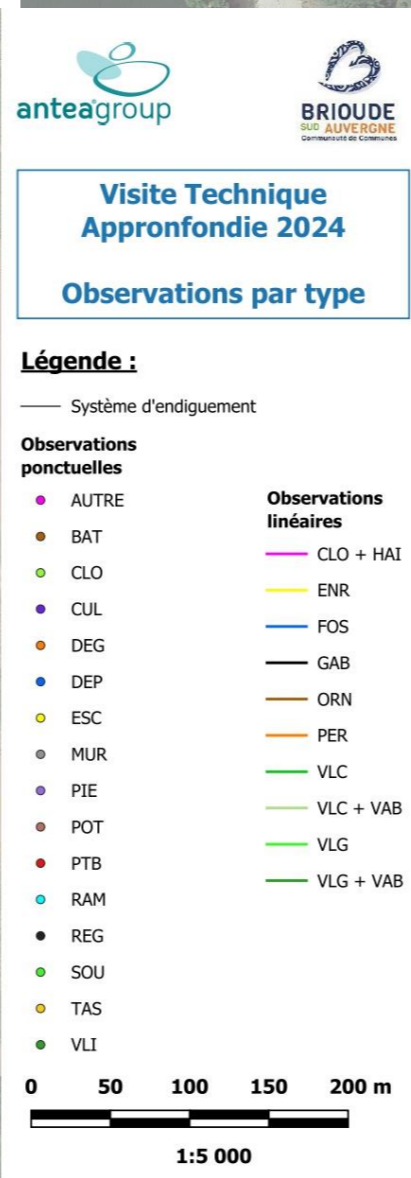


Figure 97 : Cartographie des observations par type (à gauche) et par degré de gravité (à droite) - partie 1 (source : VTA 2024, Antea Group)

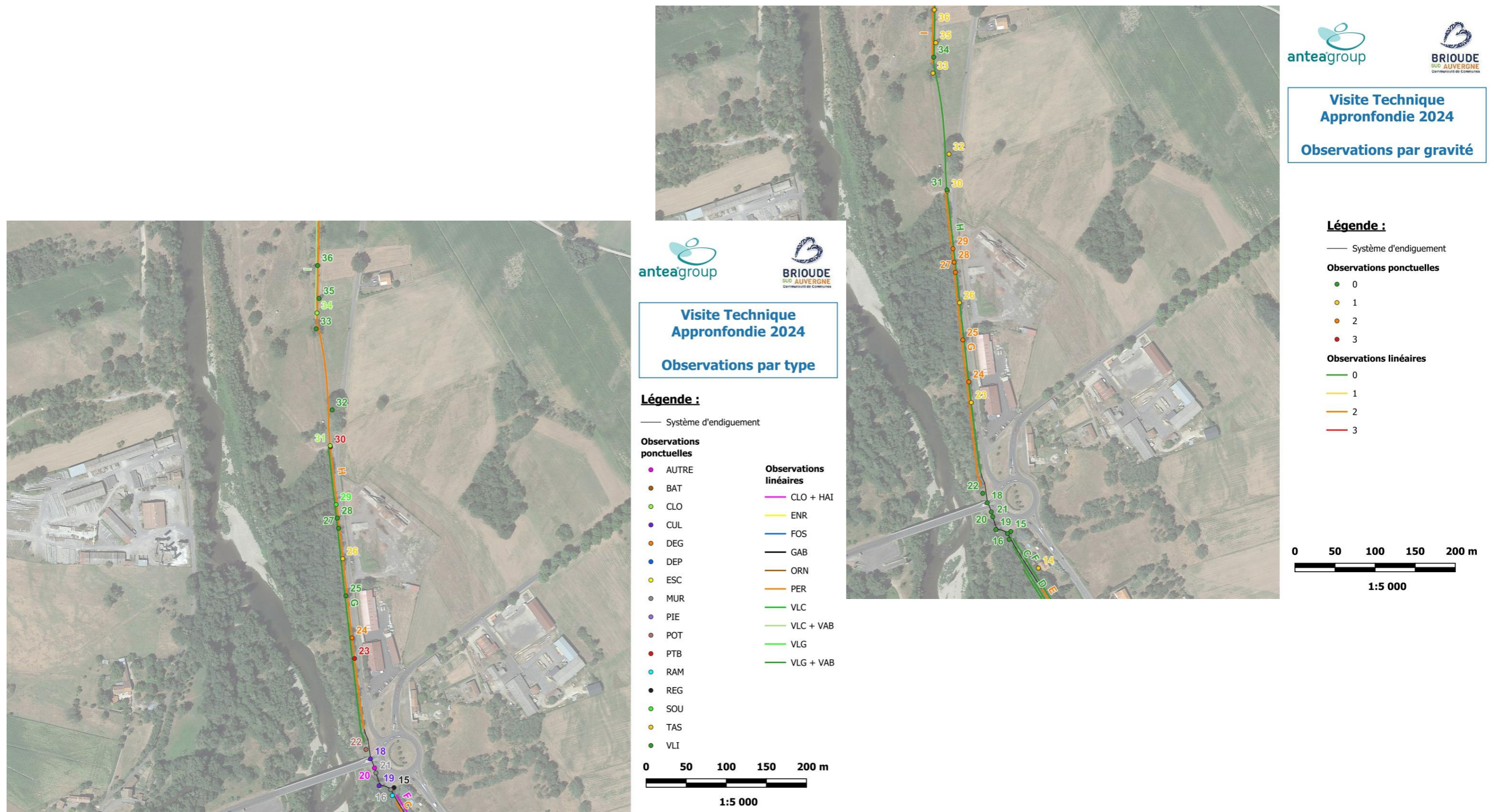


Figure 98 : Cartographie des observations par type (à gauche) et par degré de gravité (à droite) - partie 2 (source : VTA 2024, Antea Group)

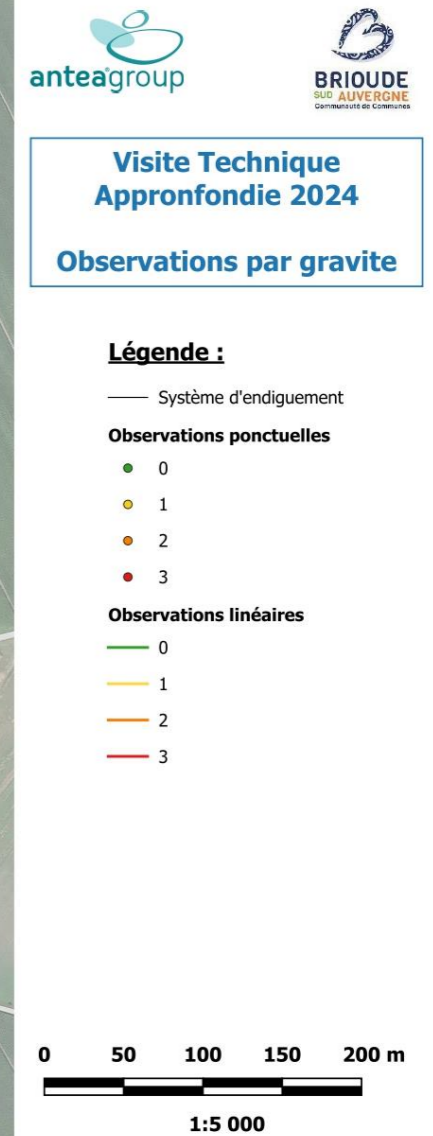
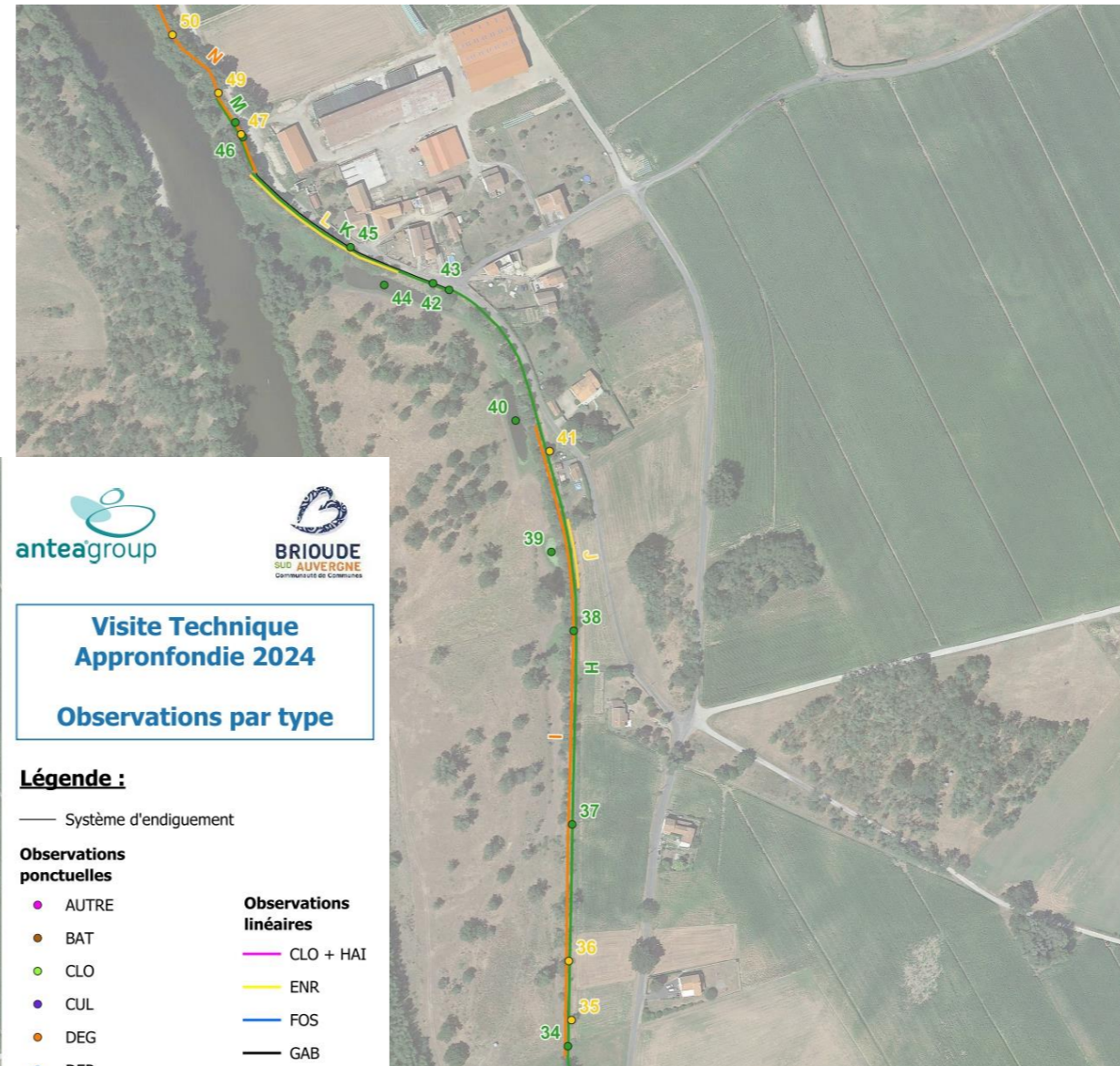
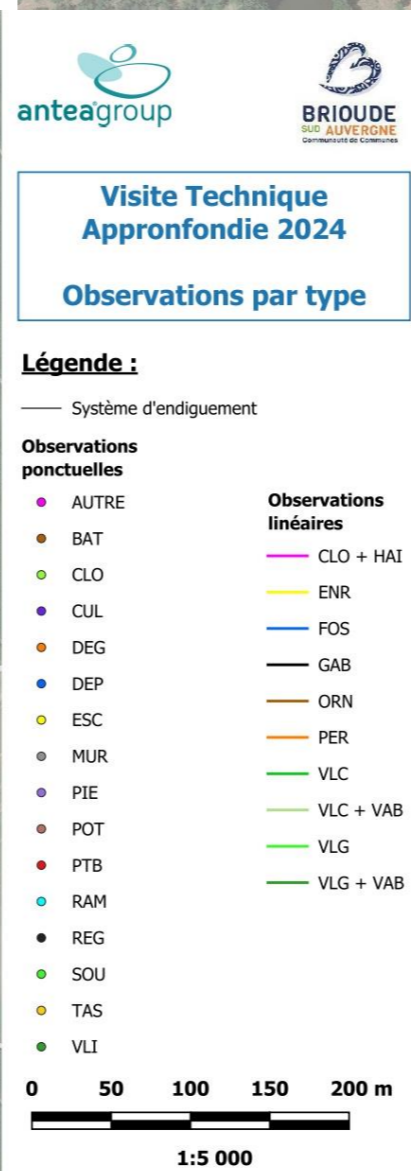
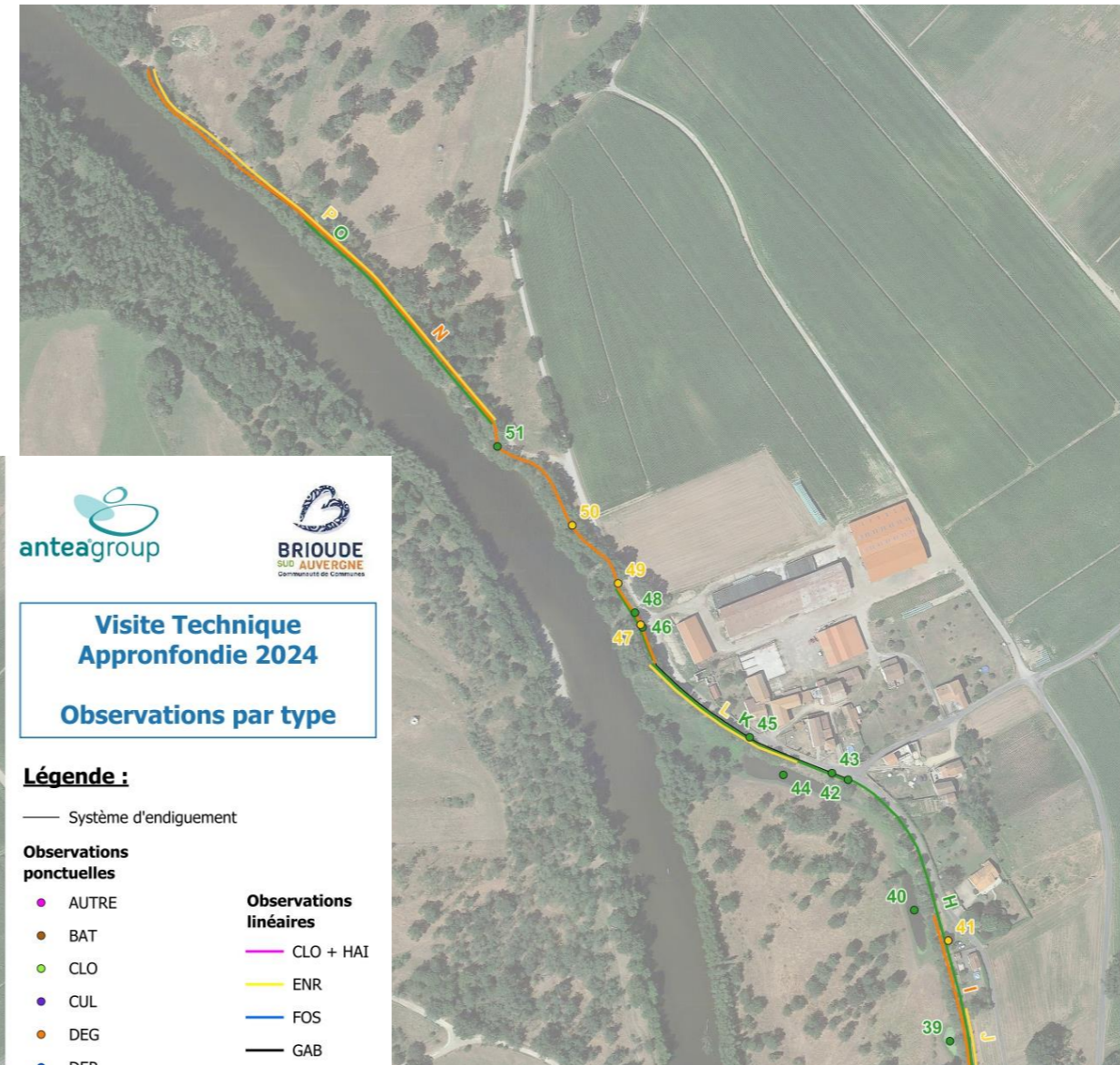
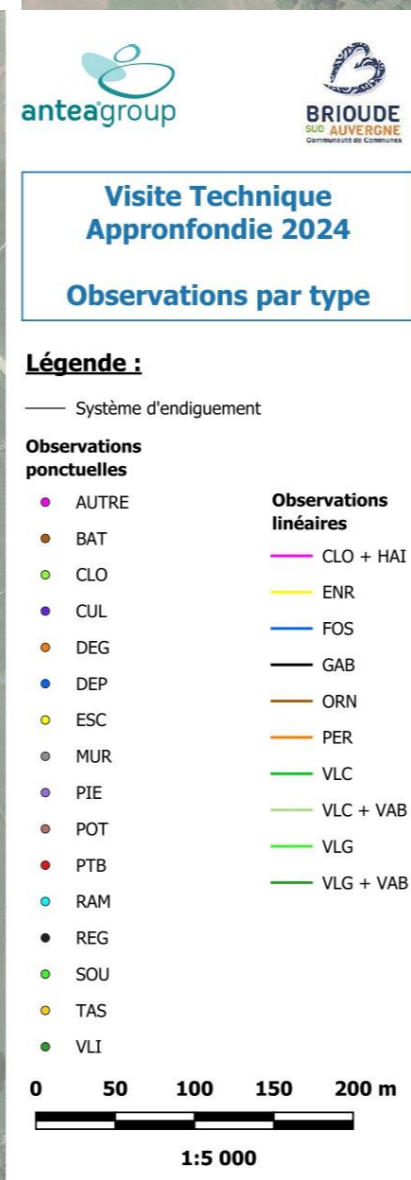


Figure 99 : Cartographie des observations par type (à gauche) et par degré de gravité (à droite) - partie 3 (source : VTA 2024, Antea Group)



anteagroup  
BRIOUDE  
SUD AUVERGNE  
COMMUNAUTÉ DE COMMUNES

**Visite Technique  
Approfondie 2024**

**Observations par gravité**

- Légende :**
- Système d'endiguement
  - Observations ponctuelles**
  - 0
  - 1
  - 2
  - 3
  - Observations linéaires**
  - 0
  - 1
  - 2
  - 3

0 50 100 150 200 m  
1:5 000

Figure 100 : Cartographie des observations par type (à gauche) et par degré de gravité (à droite) - partie 4 (source : VTA 2024, Antea Group)

### 7.2.2.3. Préconisations d'actions à entreprendre

A l'issue de la VTA, Antea Group a émis des préconisations en termes de solutions techniques et actions à mener vis-à-vis des désordres recensés :

Opérations	Surveillance particulière	Travaux d'entretien et de prévention	Travaux de réparation d'urgence
Surveillance spécifique (tassement, cavité, points bas), notamment en cas de crue et suivi de l'évolution	X		
Limitation de toute nouvelle implantation d'ouvrages / réseaux	X		
Inspection en détail les gabions	X		
Mise en place et tenir à jour un registre de l'ouvrage		X	
Etablissement d'un plan de gestion de la végétation		X	
Retrait de l'arbre dessouché / arraché		X	
Suppression des broussailles		X	
Coupe et dessouchage de la végétation ligneuse		X	
Opération de nettoyage de la mousse et rejointement des perrés maçonnés		X	
Rebouchage de la cavité en coulis béton		X	

Tableau 22 : Synthèse des opérations préconisées (source : VTA 2024, Antea Group)

Il a par ailleurs été recommandé au gestionnaire de mettre à jour le tableau des désordres en cours d'année sur la base des constatations faites sur le terrain par les agents d'exploitation.

### 7.2.3. Investigations/études géotechniques

Les éléments présentés ci-après ont été repris du « Diagnostic géotechnique - Mission G5 » réalisé par SEMOPHI en 2025 dans le cadre de la présente étude de dangers. Le rapport complet est disponible en Annexe 3.

#### 7.2.3.1. Investigations géotechniques

##### 7.2.3.1.1 Programme d'investigations

Une campagne de reconnaissance géophysique a été réalisée le 21 novembre 2024 :

- Réflectométrie radar, réalisée depuis la crête de digue de manière longitudinale et le long que plusieurs profils transversaux,
- Mesure du champ électromagnétique, réalisée depuis la crête de digue de manière longitudinale.

Une campagne de reconnaissance géotechniques a été réalisée du 9 au 17 décembre 2024. Huit sondages carottés avec essais de perméabilité, ont été réalisés depuis la crête de la digue, à l'exception du sondage SC7 réalisé en pied de digue.



Figure 101 : Plan d'implantation des investigations géotechniques 1/4 (source : SEMOPHI)

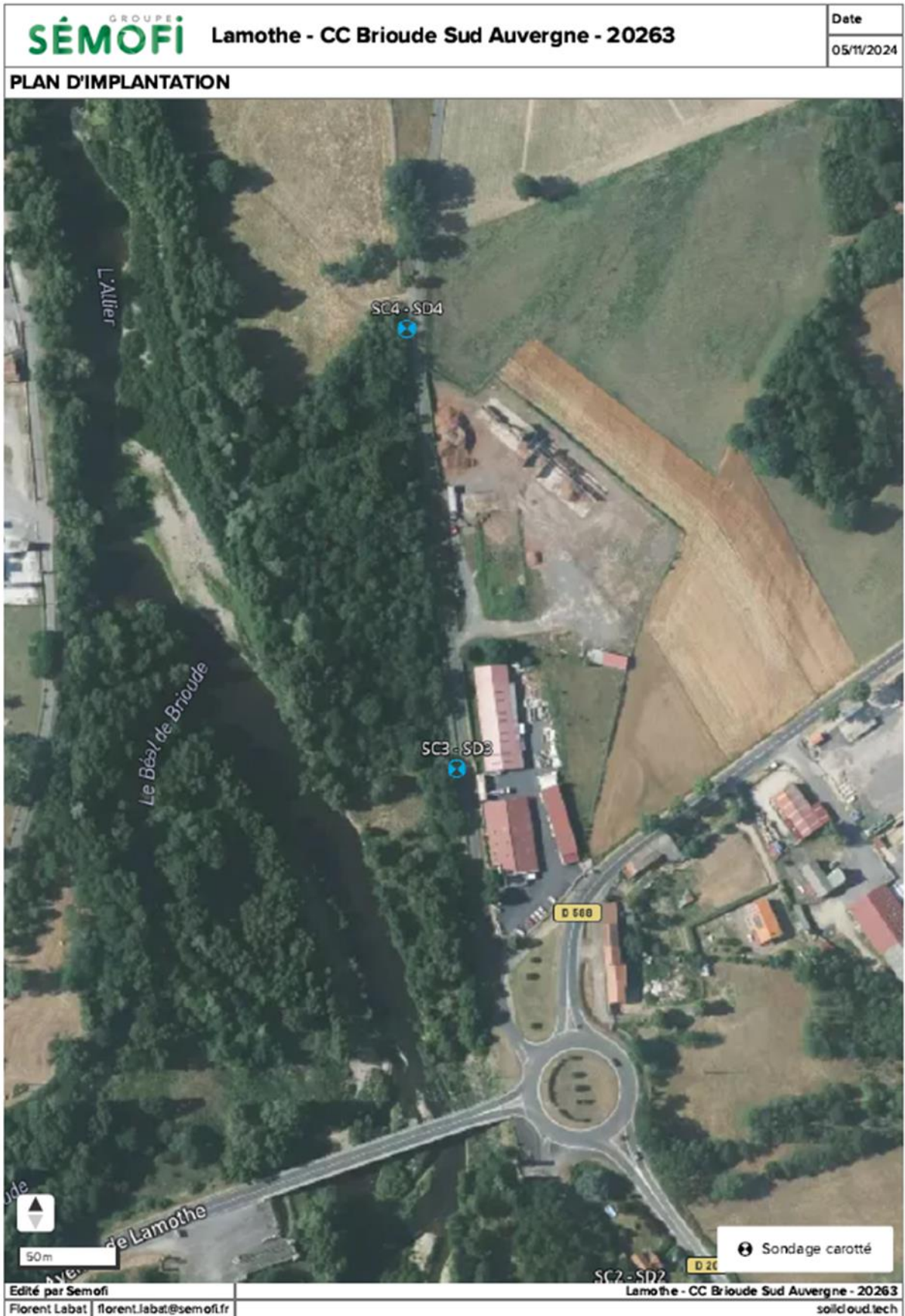


Figure 102 : Plan d'implantation des investigations géotechniques 2/4 (source : SEMOPHI)

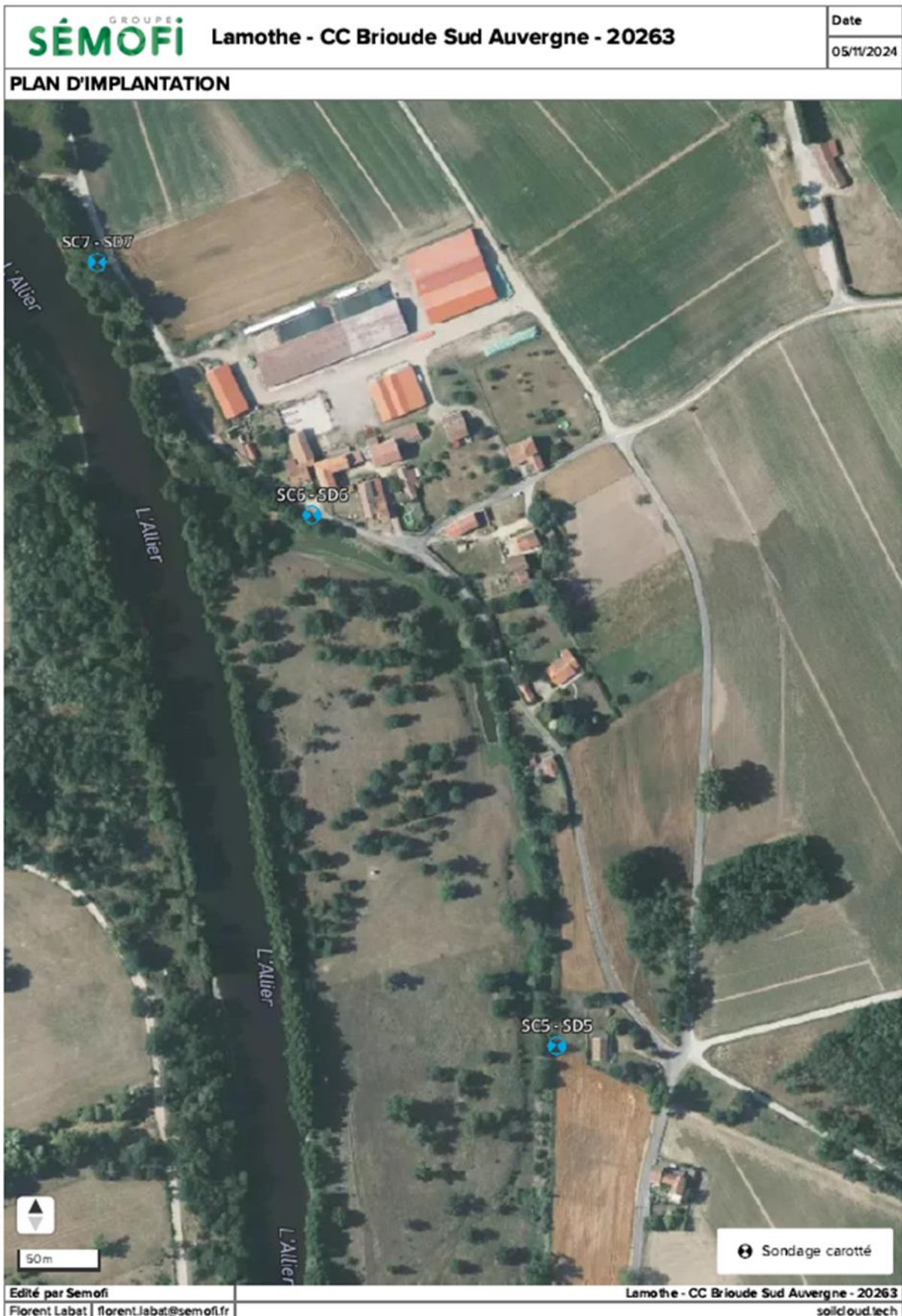


Figure 103 : Plan d'implantation des investigations géotechniques 3/4 (source : SEMOPHI)

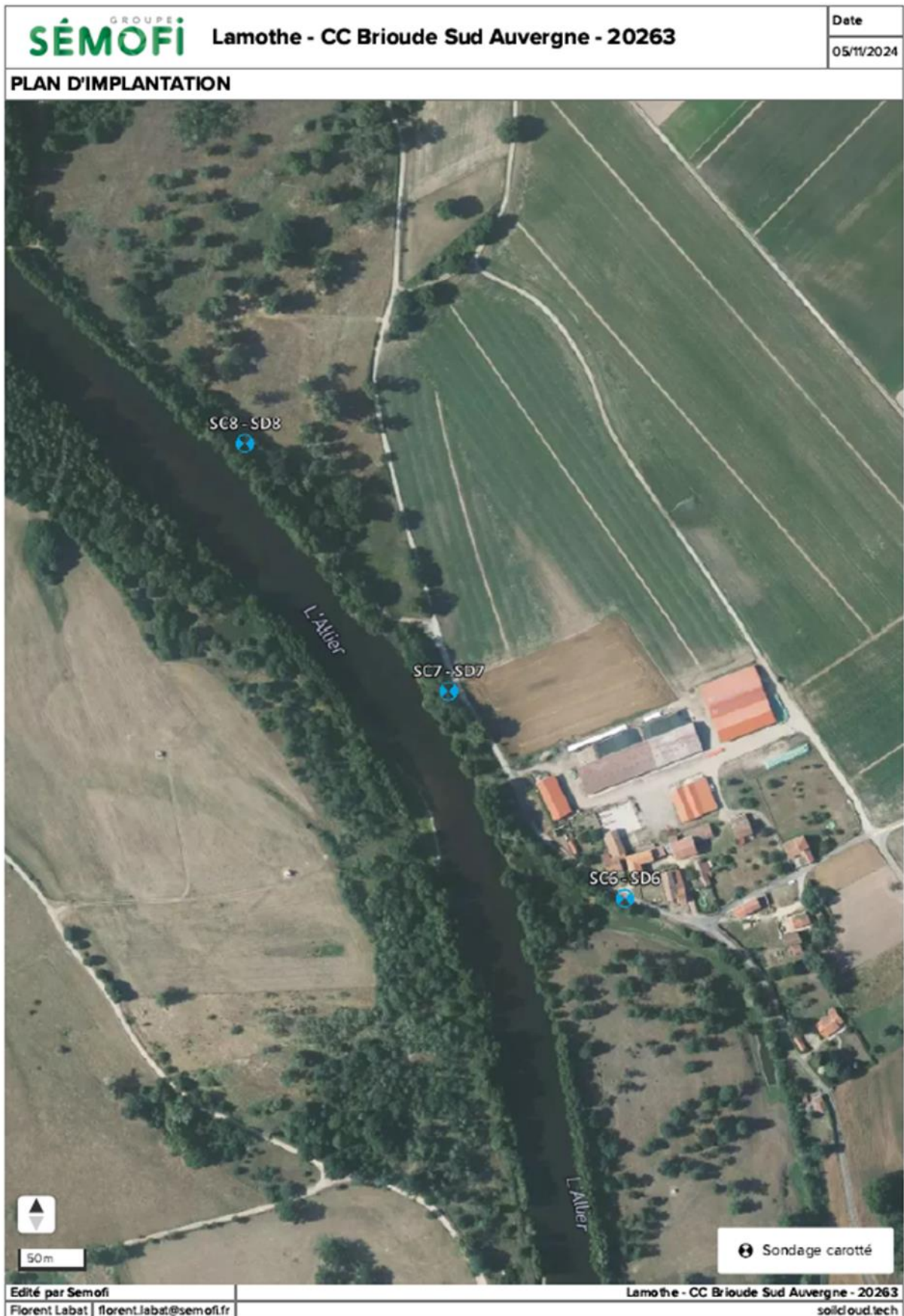


Figure 104 : Plan d'implantation des investigations géotechniques 4/4 (source : SEMOPHI)

Les essais en laboratoire effectués sur des échantillons de sol prélevés au droit des investigations in-situ sont présentés ci-après :

Sondage	Teneur en eau	VBS	Analyse granulométrique	Sédimentométrie	Masse volumique	Boite de Casagrande	Essai triaxial CU+u
SC1 1,6-3,0m	1	1	1	1	1		1
SC1 4,5-6,0m	1	1	1	1	1	1	
SC2 1,5-3,0m	1	1	1	1			
SC2 4,5-6,0m	1	1	1	1			
SC3 1,5-3,0m	1	1	1	1	1	1	
SC3 4,3-5,5m	1	1	1	1			
SC4 1,5-2,0m	1	1	1	1	1		1
SC4 4,5-6,0m	1	1	1	1			
SC5 0,5-1,0m	1	1	1	1	1	1	
SC5 6,0-7,0m	1	1	1	1	1	1	
SC6 1,5-3,0m	1	1	1	1	1		1
SC6 5,0-6,0m	1	1	1	1			
SC7 1,5-2,5m	1	1	1	1	1		1
SC7 5,5-6,0m	1	1	1	1			
SC8 0,0-1,0m	1	1	1	1			
SC8 1,0-1,5m	1	1	1	1			

Tableau 23 : Programme des essais en laboratoire (source : SEMOPHI)

### 7.2.3.1.2 Résultats des investigations

#### ❖ *Facies et description lithologique générale*

L'ensemble des investigations géotechniques a permis de caractériser les formations géologiques, dont la succession lithologique, de haut en bas, est la suivante :

- **C1 – Remblais de la digue :**
  - les tronçons 1 et 2 de la digue sont constitués par un ensemble assez homogène de matériaux sablo-limoneux, parfois légèrement argileux, protégés par une carapace en blocs maçonnés (basalte) d'une épaisseur de 20 à 30 cm environ,
  - au niveau du tronçon 3 (récent), le sondage SC8 a mis en évidence que le remblai de la digue est constitué par un ensemble de matériaux sablo-graveleux plus ou moins riche en galets, jusque vers 1,3 m/TN, puis par un ensemble de matériaux très riches en galets de taille importante ( $d_{max} > 100\text{mm}$ ), ayant entraîné le refus prématuré des opérations de carottage,
  - aucune clé d'ancrage n'a été identifiée et aucun géotextile n'est présent à la base du corps de digue,
- **C2 – Alluvions de l'Allier :**
  - cette formation est représentée par un ensemble de matériaux limono-sableux, à graveleux, de couleur brun à grise et de consistance hétérogène. Du fait de son mode de dépôt, des variations latérales de faciès sont susceptibles d'être observées au sein de cette formation,

- La formation a été reconnue au droit de l'ensemble des sondages, jusqu'à une profondeur de 7,0 m/TN (arrêt volontaire des sondages,
- Certains sondages (SC3, SC6, SC7) ont révélé la présence d'horizon très graveleux et riches en blocs dont la perméabilité est attendue relativement élevée. Cette formation présente un comportement boulant du fait d'une fraction fine parfois peu représentée.

Couche	SC1		SC2		SC3		SC4	
	m/TN	NGF	m/TN	NGF	m/TN	NGF	m/TN	NGF
Tête	424,72		423,19		421,95		420,90	
C1	3,2	421,5	2,0	421,19	1,0	421,95	1,0	419,9
C2	>7,0	-	>7,0	-	>7,0	-	>7,0	-
Couche	SC5		SC6		SC7		SC8	
	m/TN	NGF	m/TN	NGF	m/TN	NGF	m/TN	NGF
Tête	419,35		419,53		418,1		419,22	
C1	1,3	418,05	3,2	416,33	1,0	417,1	2,0	417,22
C2	>7,0	-	>7,0	-	>7,0	-	>7,0	-

Tableau 24 : Profondeurs des formations rencontrées (source : SEMOPHI)

#### ❖ Niveau piézométrique

Aucun piézomètre n'a été mis en place dans le cadre des investigations géotechniques. Plusieurs niveaux d'eau ont toutefois été observés entre 0,8 et 6,8 m/TN lors de la campagne d'investigation géotechnique. Cependant ces niveaux d'eau sont considérés comme non stabilisés et ne sont donc pas considérés comme représentatifs du niveau de nappe réel.

#### ❖ Mesures de perméabilité in-situ

Des essais de perméabilité de type Nasberg et Lefranc ont été effectués au droit des sondages destructifs.

Nom du sondage	Profondeur de l'essai (m/TN)	Faciès concerné	Perméabilité m/s
SC1	1,0 – 2,0	C1 - Remblais	$9,4 \cdot 10^{-6}$
SC2	1,0 – 2,0	C1 - Remblais	$2,2 \cdot 10^{-4}$
SC2	5,0 – 6,0	C2 - Alluvions	$9,3 \cdot 10^{-4}$
SC3	1,0 – 2,0	C1 - Remblais	$7,7 \cdot 10^{-6}$
SC4	4,0 – 5,0	C2 - Alluvions	$5,1 \cdot 10^{-6}$
SC5	2,0 – 3,0	C2 - Alluvions	$3,4 \cdot 10^{-6}$
SC6	5,0 – 6,0	C2 - Alluvions	$6,4 \cdot 10^{-4}$
SC7	1,0 – 2,0	C2 - Alluvions	$4,9 \cdot 10^{-6}$
SC7	3,0 – 4,0	C2 - Alluvions	$1,1 \cdot 10^{-5}$
SC8	2,0 – 3,0	C2 - Alluvions	$8,6 \cdot 10^{-5}$

Tableau 25 : Résultats des essais de perméabilité (source : SEMOPHI)

### ❖ *Identification des sols en laboratoire*

Les essais d'identification des sols en laboratoires ont été effectués par le biais des échantillons intacts prélevés au droit des sondages carottés :

- les identifications GTR menées sur les Remblais (C1) constitutifs du corps de digue présentent des résultats hétérogènes, avec des matériaux classés dans les catégories B4 (graves argileuses) à B5 (sables argileux) au niveau des tronçons 1 et 2,
- les essais réalisés au niveau du tronçon 3 mettent en évidence des matériaux appartenant à la classe D3 (graves alluvionnaires propres),
- les Alluvions (C2), présentent également des classes GTR très hétérogènes allant des sols Limono-argileux (A1) à gravelo-sableux (C1B4).

### ❖ *Mécanique des sols*

Les résultats des essais de mécanique des sols en laboratoire montrent que les Remblais (C1) présentent majoritairement un comportement frottant et de faibles valeurs de cohésion.

Les Alluvions (C2) présentent également de faibles valeurs de cohésion avec une valeur d'angle de frottement interne traduisant la présence d'une fraction sableuse très représentées.

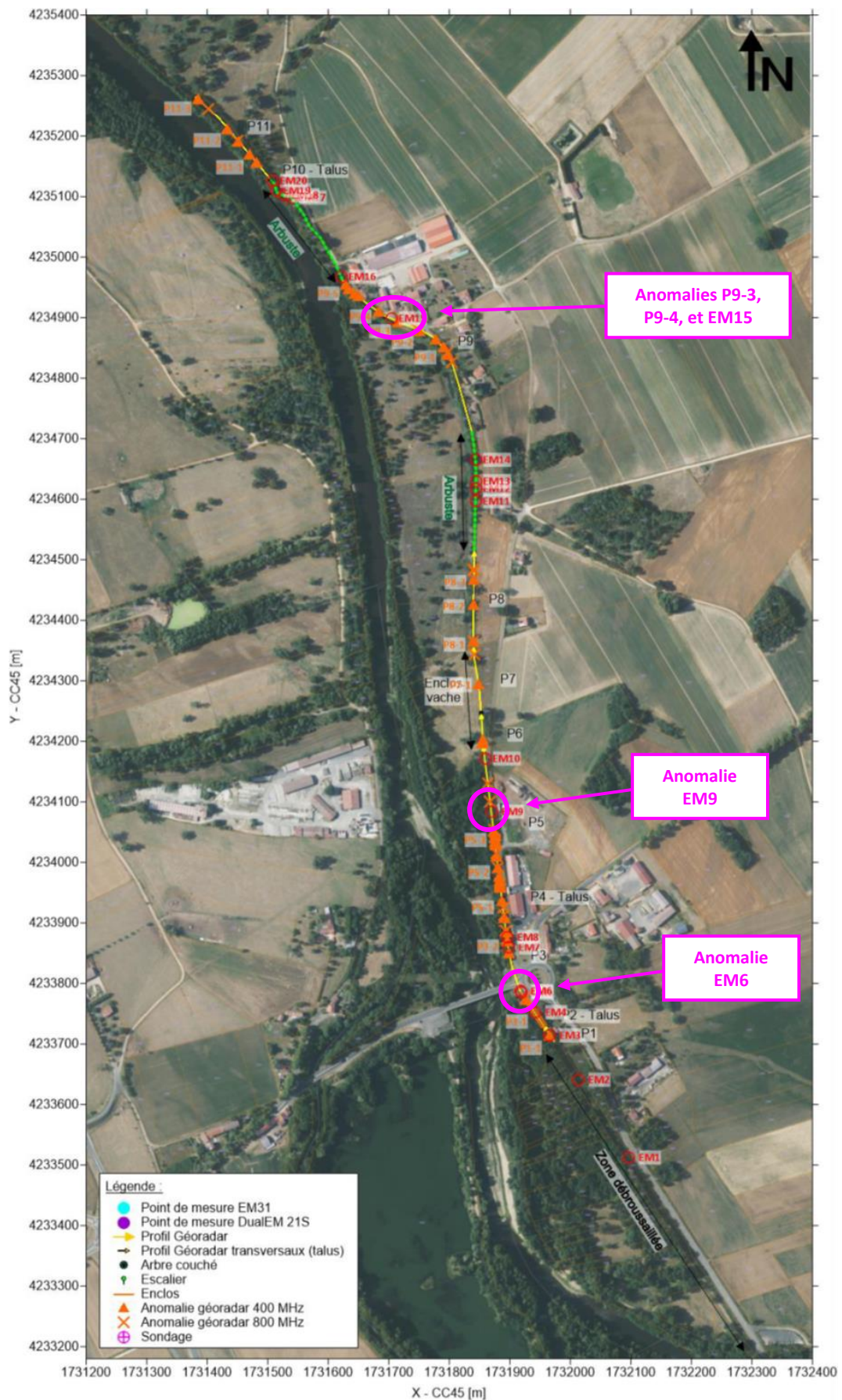
### ❖ *Résultats des mesures géophysiques*

Au regard des résultats obtenus, il est alors possible d'établir les constatations suivantes :

- **Méthode électromagnétique :**
  - les valeurs mesurées présentent une forte variabilité de conductivité électrique. Cela s'explique notamment par une variation du niveau d'eau (mesurée sur les sondages) ce qui influe sur la capacité des matériaux rencontrés de transmettre le courant électrique. Cette particularité a été prise en considération pour l'identification des anomalies,
  - la majorité des anomalies sont identifiées autour de 1,6 m de profondeur, soit à proximité de la limite entre les remblais de digue (C1) et les alluvions grossières de l'Allier (C2),
  - dans l'ensemble, les anomalies identifiées semblent caractériser des décompactions mineures, en lien avec de possibles hétérogénéités lithologiques (variation de porosité, présence de blocs, etc...),
  - **trois anomalies présentent une signature très marquée qui semblent caractériser la présence d'une forte décompaction voire d'un vide. Ces anomalies, nommées EM6 (tertre rond-point), EM9 (tronçon 2) et EM15 (aval tronçon 2),**
- **Méthode géoradar :**
  - dans la continuité des observations réalisées par la méthode électromagnétique, l'essentiel des anomalies identifiées sont localisées autour de 2,0 m de profondeur,
  - des anomalies identifiées semblent caractériser majoritairement des décompactions mineures avec des hétérogénéités ponctuelles,
  - les premiers mètres (remblais de digue) présentent peu de réflecteurs et aucun désordre significatif,
  - **les anomalies P9-3 et P9-4, situées au niveau de l'anomalie EM15 (aval tronçon 2), semblent caractériser des désordres significatifs.**

La section de digue située à proximité des anomalies EM15, P9-3 et P9-4 semble correspondre à un secteur gagné dans l'emprise de la rivière d'après les données d'archive. Ainsi, ces anomalies pourraient correspondre à un faible compactage des matériaux au moment de sa construction.

Dans l'ensemble, bien qu'un total de 20 anomalies électromagnétiques et 19 géoradar aient été identifiées sur le linéaire investigué, seules 4 d'entre-elles sont significatives ce qui témoigne d'un état général correct de la digue et des couches sous-jacentes jusqu'à 6,5 m de profondeur.



### 7.2.3.2. Diagnostic géotechnique (G5)

#### 7.2.3.2.1 Localisation des profils étudiés

La localisation des profils de digue étudiés sont les suivants :

- **Profil P1** : profil jugé type le long du Tronçon n°1 et proche du sondage SC2,
- **Profil P2** : profil jugé type le long du tronçon n°2, proche du sondage SC3 et au voisinage d'une zone concernée par des indices de vide dans la maçonnerie lors de la VTA,
- **Profil P3** : profil où la digue est non maçonnée et présente un aspect hétérogène (proche SC7),
- **Profil P4** : profil jugé type le long du tronçon n°3, proche du sondage SC8.

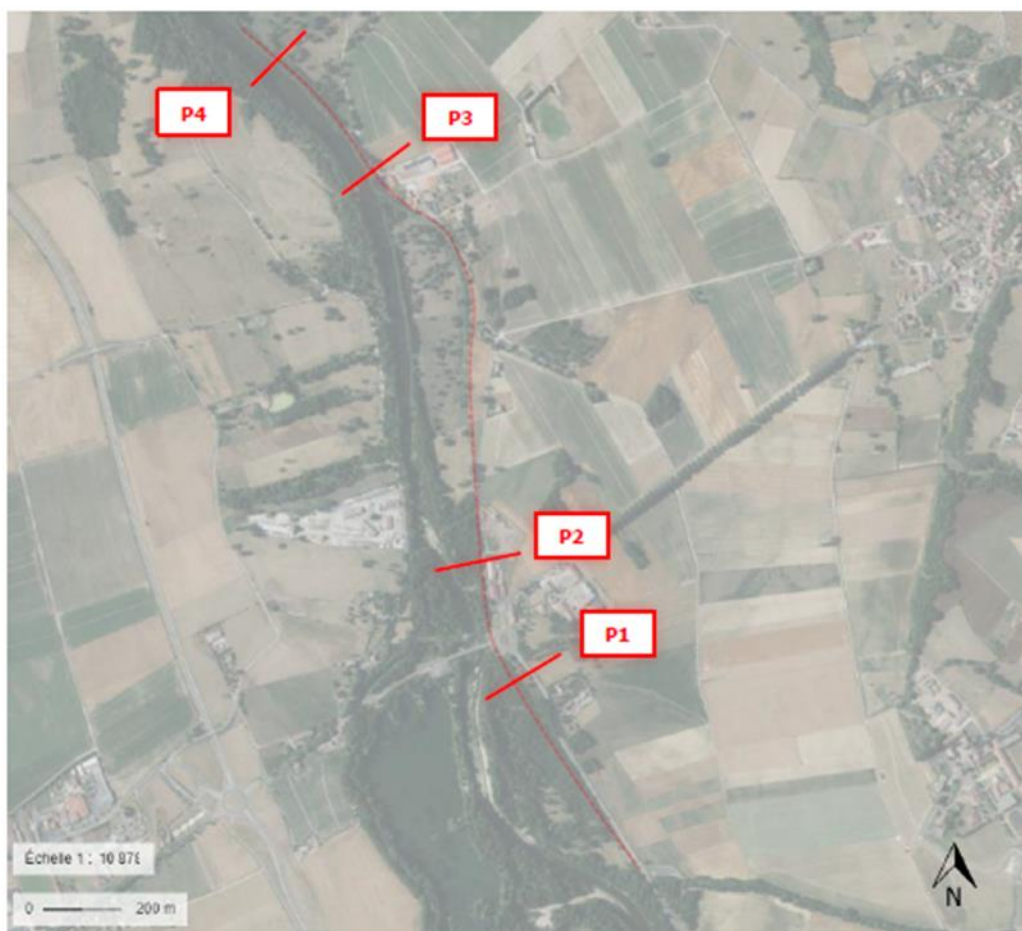


Figure 106 : Localisation des profils étudiés (source : SEMOPHI)

#### 7.2.3.2.2 Hypothèses / Méthodologie

L'étude de site, l'analyse historique ainsi que les investigations géotechniques ont permis d'identifier un certain nombre de contraintes déterminantes dans le cadre du diagnostic et notamment d'établir les modèles géotechniques au droit de chacun des profils étudiés.

La géométrie de l'ouvrage a été établie à partir des relevés LIDAR ainsi que du profil en long de la crête de l'ouvrage levé par le cabinet FREITAS en octobre 2014.

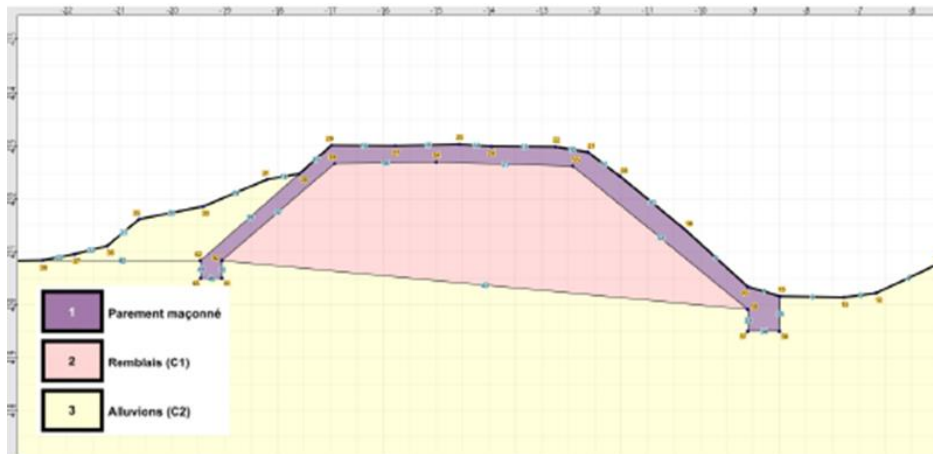


Figure 107 : Profil P1 retenu dans la suite de l'étude (source : SEMOPHI)

Formation	Nature de sol	Profil P1	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°] <sup>(1)</sup>	c' [kPa] <sup>(1)</sup>	Perméabilité [m/s]
		Base [mNGF]				
Parement maçonné	Maçonnerie	422,7	25	45	10	1.10 <sup>-2</sup>
C1 - Digue	Sable et graviers	420,4	18	33	0	2.10 <sup>-4</sup>
C2 - Alluvions	Sable et graviers	< 410	18	34	1	9.10 <sup>-4</sup>

(1) Les caractéristiques intrinsèques des sols ont été estimées à partir des résultats des investigations et de notre expérience.

Tableau 26 : Modèle géotechnique de calcul – Profil P1 (source : SEMOPHI)

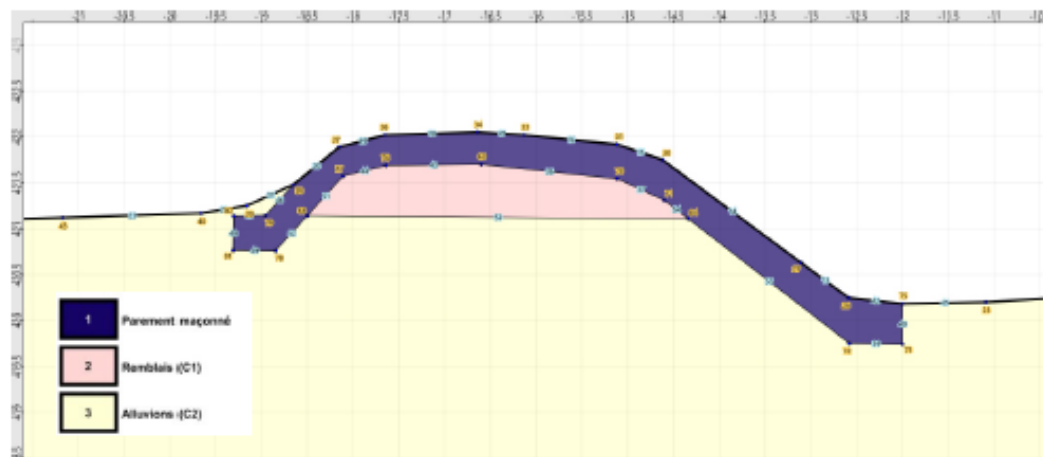


Figure 108 : Profil P2 retenu dans la suite de l'étude (source : SEMOPHI)

Formation	Nature de sol	Profil P1	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°] <sup>(1)</sup>	c' [kPa] <sup>(1)</sup>	Perméabilité [m/s]
		Base [mNGF]				
Parement maçonné	Maçonnerie	421,7	25	45	10	1.10 <sup>-2</sup>
C1 - Digue	Sable et graviers	421,1	18	33	0	2.10 <sup>-5</sup>
C2 - Alluvions	Sable et graviers	< 410	18	34	1	5.10 <sup>-5</sup>

(2) Les caractéristiques intrinsèques des sols ont été estimées à partir des résultats des investigations et de notre expérience.

Tableau 27 : Modèle géotechnique de calcul – Profil P2 (source : SEMOPHI)

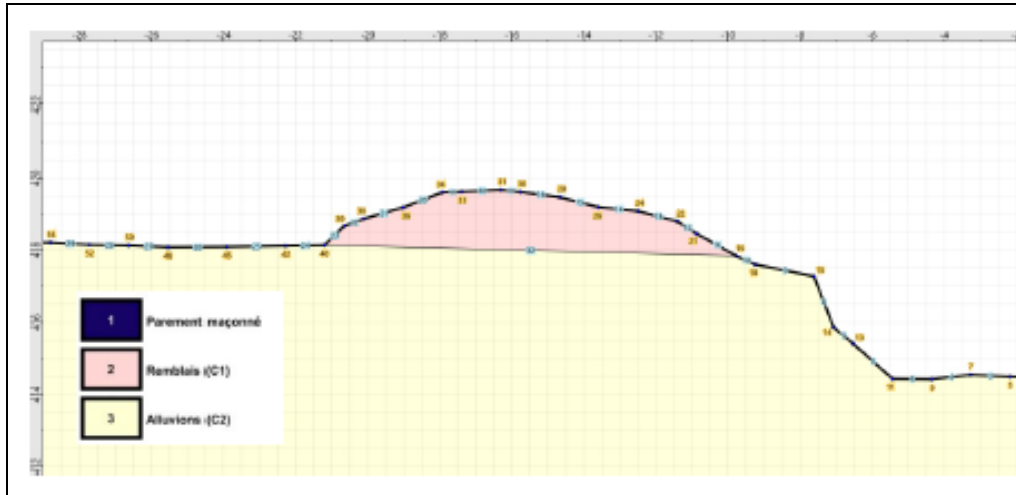


Figure 109 : Profil P3 retenu dans la suite de l'étude (source : SEMOPHI)

Formation	Nature de sol	Profil P1	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°] <sup>(1)</sup>	c' [kPa] <sup>(1)</sup>	Perméabilité [m/s]
		Base [mNGF]				
C1 - Digue	Limons et sables	418,0	18	33	3	5.10 <sup>-5</sup>
C2 - Alluvions	Sable et graviers	< 410	18	34	1	1.10 <sup>-4</sup>

(3) Les caractéristiques intrinsèques des sols ont été estimées à partir des résultats des investigations et de notre expérience.

Tableau 28 : Modèle géotechnique de calcul – Profil P3 (source : SEMOPHI)

Formation	Nature de sol	Profil P4	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°] <sup>(1)</sup>	c' [kPa] <sup>(1)</sup>	Perméabilité [m/s]
		Base [mNGF]				
C1 - Digue	Sable et graves	417,8	18	36	0	1.10 <sup>-4</sup>
C2 - Alluvions	Sable et graves	< 410	18	34	1	1.10 <sup>-4</sup>
Noyau argileux	Argile	-	19	25	5	1.10 <sup>-7</sup>
Béton	Béton	-	25	45	100	1.10 <sup>-10</sup>
Gabion	Grave	-	23	20	40	1.10 <sup>-2</sup>
Enrochement	Grave	-	23	0	45	1.10 <sup>-2</sup>

(1) Les caractéristiques intrinsèques des sols ont été estimées à partir des résultats des investigations et de notre expérience.

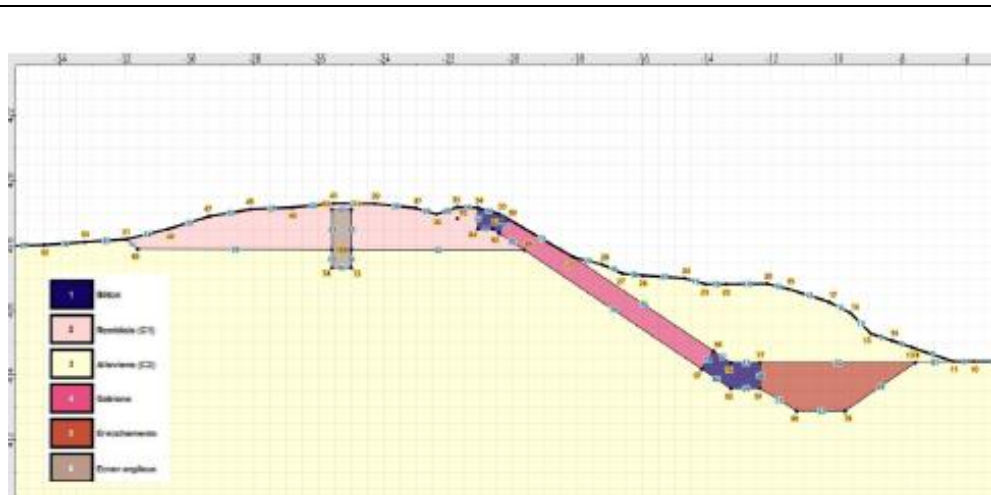


Figure 110 : Profil P4 retenu dans la suite de l'étude (source : SEMOPHI)

Tableau 29 : Modèle géotechnique de calcul – Profil P4 (source : SEMOPHI)

Les niveaux de crue retenus au droit des différents profils sont issus des résultats des modélisations hydrauliques réalisées dans le cadre de la présente étude de dangers.

Selon les recommandations pour la justification des barrages et des digues en remblai du CFBR, les situations et les états limites à étudier sont les suivants :

Etats limites	§	Situation de projet	Vérification
Glissement de talus amont	4.4.5	Situation normale d'exploitation (étiage) Situation rare de décrue rapide (de puis la cote Q10, Q20, Q30, Q50) Situation exceptionnelle décrue rapide (depuis la cote Q100) Situation extrême (étiage + séisme)	A mener
	4.5.5		
	4.6.5		
	4.7.5		
Glissement de talus aval	4.4.6	Situation normale d'exploitation (étiage) Situation rare de crue (Q10, Q20, Q30, Q50) Situation exceptionnelle de crue (Q100) Situation extrême (étiage + séisme)	A mener
	4.5.6		
	4.6.6		
	4.7.6		
Défaut de portance de la fondation	4.4.7	Situation transitoire en fin de construction	Non concerné
	4.5.7		
	4.6.7		
	4.7.7		
Soulèvement en pied aval	4.4.8	Situation rare de crue (Q10, Q20, Q30, Q50) Situation exceptionnelle de crue (Q100)	A mener
	4.5.8		
	4.6.8		
	4.7.8		
Erosion interne	4.4.8	Situation rare de crue (Q10, Q20, Q30, Q50) Situation exceptionnelle de crue (Q100)	A mener
	4.5.8		
	4.6.8		
	4.7.8		

Tableau 30 : Vérifications minimales selon recommandations CFBR

### 7.2.3.2.3 Vérification de la stabilité des parements

La vérification de la stabilité des parements de l'ouvrage a été menée par la méthode des tranches de BISHOP à l'aide du logiciel TALREN V6<sup>®</sup> en retenant l'approche de calcul proposée dans les recommandations pour la justification des barrages et des digues en remblai du CFBR (2015), ainsi que l'approche de calcul de l'Eurocode 7.

Le réseau d'écoulement s'établissant au travers du corps de la digue a été évalué à l'aide du logiciel PLAXIS 2D V21<sup>®</sup> de manière à permettre la prise en compte de l'aspect temporaire de la crue.

L'ouvrage étudié étant situé en zone sismique 2, la prise en compte d'une situation sismique est donc nécessaire. Les valeurs d'accélération retenues dans l'analyse ont été établies conformément aux prescriptions du rapport du MEDDE de 2014 concernant le risque sismique et la sécurité des ouvrages hydrauliques.

### 7.2.3.2.4 Vérification vis-à-vis de l'érosion interne

L'érosion interne est un phénomène d'arrachement puis d'entraînement des particules dans le corps de l'ouvrage en remblai ou dans sa fondation par les forces hydrodynamiques des écoulements souterrains.

Quatre mécanismes d'initiation sont décrits à ce jour et seront étudiés dans cette note en fonction des cas rencontrés :

- **l'érosion de conduit** : ce phénomène se développe à la faveur d'un défaut initial (fissure, conduit racinaire, terrier, claquage hydraulique, etc.). L'eau circulant dans ce conduit développe des contraintes d'entraînement suffisantes pour arracher et transporter les particules constituant les parois. Ce phénomène intéresse les sols au comportement cohésif,
- **l'érosion régressive** : ce phénomène (renard hydraulique) est un processus qui se produit avec l'augmentation du gradient hydraulique sous la fondation ou dans le corps du remblai. L'eau atteint localement des vitesses susceptibles d'entraîner progressivement les éléments les plus fins du sol et augmente ainsi le débit. Progressivement des éléments plus gros sont entraînés, l'arrachement des particules progresse vers l'amont générant un conduit depuis l'aval,
- **l'érosion de contact** : ce phénomène est susceptible d'intervenir à l'interface entre deux couches présentant un contraste granulométrique important. Les particules les plus fines sont entraînées par l'écoulement dans l'espace poreux de la couche de matériaux grossiers ou dans les fissures ouvertes du matériau fissuré. L'apparition d'un tel phénomène pourrait être à l'origine de désordre s'exprimant sous la forme de tassement ou l'apparition de fontis en crête de l'ouvrage du fait de l'érosion interne des matériaux.  
→ Afin d'étudier la possibilité du développement d'un tel phénomène au droit de l'ouvrage, une vérification du critère de filtre proposé par Terzaghi (critère géométrique) est nécessaire.
- **la suffusion** : il s'agit d'un phénomène affectant certains types de sols instables où les particules les plus fines sont entraînées au sein du squelette du sol que constitue les matériaux les plus grossiers.  
→ Pour évaluer la sensibilité à la suffusion d'un matériau, l'approche proposée par Kenney et Lau (1985) a été retenue.

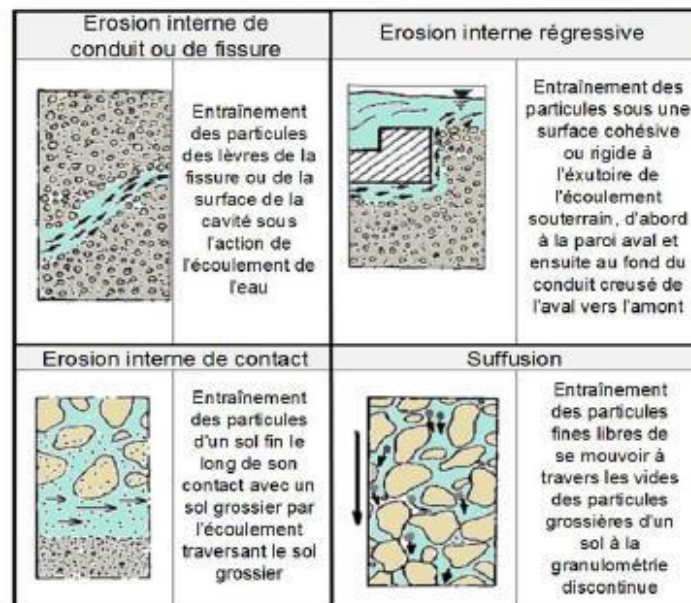


Figure 111 : Les 4 modes d'érosion interne (source : projet ERINOH)

L'étude du modèle hydraulique interne de l'ouvrage a permis d'identifier plusieurs chemins d'écoulement susceptibles de se développer au sein de l'ouvrage au droit de chacun des profils étudiés.

Le réseau d'écoulement s'établissant au travers du corps de la digue a été évalué à l'aide du logiciel PLAXIS 2D V21<sup>®</sup>. Cette modélisation permet également d'évaluer les gradients hydrauliques de sortie ( $I_e$ ) lors des phases de crue et de décrue.

Ces gradients de sortie peuvent être comparés à un gradient critique retenu voisin de :  $I_{ct} \approx 0,14$  pour un sol sableux fin à 0,20 pour un sable grossier d'après la bibliographie (d'après Fondations et Ouvrages en terre, G. Philipponat, et d'après le Guide international sur les digues, CEREMA - 2019).

### 7.2.3.2.5 Conclusion du diagnostic

Le tableau suivant récapitule la sensibilité du système d'endiguement vis-à-vis des différents phénomènes susceptibles de survenir en cas de crue :

Phénomène auquel est soumis l'ouvrage	Sensibilité de l'ouvrage	Recommandations
Instabilité des parements vis-à-vis du glissement générale	Tronçon T1 : non avérée Tronçon T2 : non avérée Raccordement T2/T3 : non avérée Tronçon T3 : non avérée	Inspection visuelle de la digue après crue pour identifier et conforter les instabilités mineures éventuelles.  Notons néanmoins que la digue de raccordement entre les tronçons T2 et T3 se trouve à très faible distance de la berge de l'Allier. Sa stabilité pourrait être impactée à terme par un éventuel phénomène d'affouillement de la berge.
Soulèvement hydraulique du pied aval de la digue	Non avérée	Les sondages réalisés ne mettent pas en évidence de contexte géotechnique favorable au développement de ce phénomène.
Erosion interne de la digue	Tronçon T1 : Avérée à partir de Q20	Notre analyse montre que la survenue d'un phénomène d'érosion régressive et/ou de suffusion des Alluvions (C2) en pied de parement aval est possible à partir d'une crue Q20.  Une étanchéification des parements par rejointement de la maçonnerie et mise en place d'un écran étanche pourrait réduire la sensibilité.
	Tronçon T2 : Avérée à partir de Q100	Notre analyse montre que la survenue d'un phénomène d'érosion régressive et/ou de suffusion des Alluvions (C2) en pied de parement aval est possible à partir d'une crue Q100.  Une étanchéification des parements par rejointement de la maçonnerie et mise en place d'un écran étanche pourrait réduire la sensibilité.
	Raccordement T2/T3 : Avérée	Notre analyse montre que la survenue d'un phénomène d'érosion de contact à l'interface Remblais (C1) / Alluvions (C2) est possible en pied de parement amont. Les volumes en jeu sont néanmoins relativement faibles.  Inspection visuelle de la digue après crue pour identifier et conforter les instabilités mineures éventuelles.
	Tronçon T3 : non avérée	Notre analyse ne met pas en évidence le développement de gradients hydrauliques préjudiciables.  (hors problématique de végétation excessive)

Tableau 31 : Synthèse concernant la stabilité de l'ouvrage (source : SEMOPHI)

Le diagnostic montre que :

- l'ensemble des tronçons constituant le système d'endiguement est stable vis-à-vis des phénomènes de glissement générale des parements et de soulèvement hydraulique quelques soit le type de crue considéré,
- mais que les différents tronçons sont concernés par des instabilités en lien avec les phénomènes d'érosion interne, pour différent niveau de crue :
  - Tronçon n°1 : un phénomène d'érosion interne, par suffusion et/ou érosion régressive est avéré à partir d'une crue de type Q<sub>20</sub>,

- Tronçon n°2 : un phénomène d'érosion interne, par suffusion et/ou érosion régressive est avéré à partir d'une crue de type  $Q_{100}$ ,
- Raccordement T2/T3 : un phénomène d'érosion interne, par érosion de contact, est avéré pour tous type de crue. Les volumes en jeu sont néanmoins très limités, et le risque de rupture brutale est non avéré,
- Tronçon T3 : non avéré.

La sensibilité de l'ouvrage vis-à-vis de ces phénomènes est susceptible d'être aggravée par la présence de racines d'arbre et de terriers d'animaux.

### 7.3. Etude des défaillances structurelles du système d'endiguement

L'ensemble des éléments de connaissance du système d'endiguement permet d'évaluer la probabilité de défaillance selon chaque mécanisme de rupture pour une crue donnée.

**Le présent chapitre évalue la probabilité de défaillance du système d'endiguement en situation actuelle (sans travaux).**

#### 7.3.1. Rupture par surverse

La rupture par surverse peut se produire pour un déversement faible sur la crête d'une digue en terre. Le mécanisme d'érosion régressive s'amorce alors à partir du parement aval puis attaque la crête jusqu'à ce qu'une brèche soit ouverte. L'érosion se poursuit ensuite et agrandit cette brèche. Le phénomène peut durer de quelques minutes à quelques heures selon la granulométrie des matériaux, leur cohésion, le revêtement de la crête ainsi que la hauteur de la lame d'eau. La partie rompue correspond généralement à toute la hauteur de la digue.

Pour rappel le système d'endiguement de Lamothe n'est pas conçu pour résister à la surverse (pas de déversoir aménagé). Cependant, certains tronçons présentent des hauteurs très faibles voire nulles ainsi que des dispositions constructives qui leurs confèrent une relativement bonne résistance face à la surverse (perré et crête maçonnée). A ce titre, le **niveau de résistance à la surverse** est jugé :

- fort au niveau du tronçon T2c où la hauteur de l'ouvrage est nulle,
- moyen au niveau du tronçon T2a ainsi que sur la partie aval du tronçon T2b (PM 1760 à 1855) constitués d'un parement maçonné côté zone protégée avec une route goudronnée en pied d'ouvrage,
- faible sur le reste du linéaire du système d'endiguement.

Le **niveau de sollicitation à la surverse** est quant à lui déterminé en fonction de la hauteur de revanche disponible, à savoir la différence entre le niveau de crête de digue et le niveau de la ligne d'eau, comme indiqué ci-après :

Revanche (R) / Surverse (S)	Niveau de sollicitation
$R \geq 30$ cm	Faible
$0 \leq R < 30$ cm	Moyen
$R < 0$ (surverse)	Fort
$S > 20$ m	Très fort

Figure 112 : Niveau de sollicitation à la surverse

Les classes de risque suivantes sont appliquées en fonction du croisement du niveau de résistance et du niveau de sollicitation à la surverse définis précédemment. Cette cotation intègre les incertitudes liées à la modélisation ainsi que les possibles fluctuations de la ligne d'eau.

		Niveau de sollicitation à la surverse			
		Faible	Moyen	Fort	Très Fort
Niveau de résistance à la surverse	Fort	Faible	Faible	Faible	Moyen
	Moyen	Faible	Faible	Moyen	Fort
	Faible	Faible	Moyen	Fort	Fort

Tableau 32 : Critères d'évaluation des probabilités de défaillance par surverse

Pour rappel, les lignes d'eau au droit du système d'endiguement de Lamothe (cf. §4.2.2.2.3) sont les suivantes :

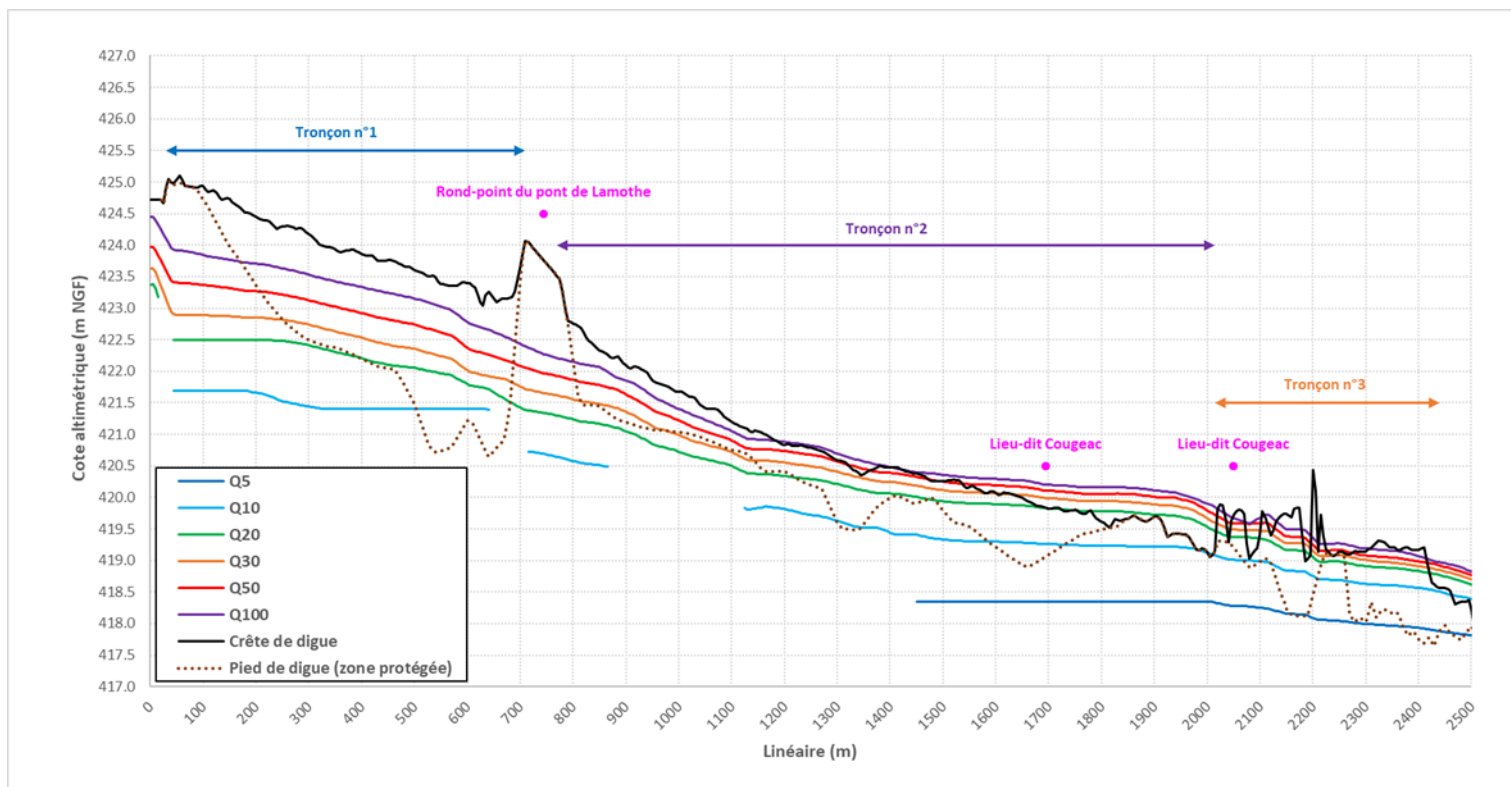


Figure 113 : Lignes d'eau au droit du système d'endiguement de Lamothe

Ainsi dans la configuration actuelle, les probabilités de défaillance attendues pour le risque de rupture par surverse sont récapitulées dans le tableau ci-après.

Tronçon	Section	Niveau de résistance		Crue	Niveau de sollicitation	Risque de défaillance	
Tronçon n°1	T1a	Faible		$Q \leq Q_{100}$	Faible	Faible	
	T1b						
	T1c						
Tronçon n°2	T2a	Moyen		$Q \leq Q_{30}$	Faible	Faible	
				$Q_{50} \leq Q \leq Q_{100}$	Moyen		
	T2b	Faible	Moyen	$Q \leq Q_5$	Faible		
				$Q = Q_{10}$	Moyen		
				$Q \geq Q_{20}$	Très fort		Fort
	T2c	Fort		$Q \leq Q_5$	Faible		Faible
				$Q = Q_{10}$	Fort		
$Q \geq Q_{20}$				Très fort	Moyen		
Tronçon n°3	T3a	Faible		$Q \leq Q_5$	Faible	Faible	
				$Q = Q_{10}$	Moyen	Moyen	
				$Q = Q_{20}$	Fort	Fort	
				$Q \geq Q_{30}$	Très fort	Fort	
	T3b			$Q \leq Q_5$	Faible	Faible	
				$Q = Q_{10}$	Moyen	Moyen	
				$Q \geq Q_{20}$	Très fort	Fort	
	T3c			$Q \leq Q_5$	Faible	Faible	
				$Q = Q_{10}$	Moyen	Moyen	
				$Q = Q_{20}$	Fort	Fort	
			$Q \geq Q_{30}$	Très fort	Fort		

Tableau 33 : Evaluation des probabilités de défaillance par surverse

### 7.3.2. Rupture par érosion externe

L'érosion externe par l'Allier sur le système d'endiguement de Lamothe combine les deux risques suivants :

- affouillement du pied de digue,
- érosion fluviale sur le talus côté cours d'eau.

La probabilité d'apparition d'un affouillement du pied de digue peut être évaluée en fonction de la largeur du franc bord et de la présence ou non de facteurs améliorant ou aggravant.

Le franc bord (ou ségonal) est la portion du lit majeur située entre le lit mineur et la digue. Les terrains qui le constituent protègent le pied de digue de l'érosion latérale. Plus le franc bord est large moins la probabilité d'apparition d'affouillement en pied de digue est grande.

Pour rappel, aucune érosion de berges/talus n'a été recensée lors de la VTA 2023 (cf. Annexe 2). On notera cependant que la partie aval du linéaire du système d'endiguement de Lamothe (depuis le lieu-dit de Cougeac) est en contact (quasi) direct avec la berge de l'Allier et le tronçon 2c semble avoir été en partie gagné sur l'Allier.

Les classes de risque suivantes sont appliquées en fonction de la largeur du franc-bord et de la vitesse d'écoulement devant l'ouvrage par rapport une vitesse d'arrachement de :

- $V_{\text{Arrachement}} = 3 \text{ m/s}$  pour un talus en terre végétalisé,
- $V_{\text{Arrachement}} = 5 \text{ m/s}$  pour un parement en « protégé » (perré maçonné, gabions ou béton).

Scénario	Risque de défaillance
Largeur franc-bord < 10 m et $V > 1.25 \times V_{\text{Arrachement}}$	Fort
Largeur franc-bord < 10 m et $V_{\text{Arrachement}} < V < 1.25 \times V_{\text{Arrachement}}$	Moyen
Largeur franc-bord < 10 m et $V < V_{\text{Arrachement}}$	Faible
Largeur franc-bord > 10 m	

Tableau 34 : Critères d'évaluation des probabilités de défaillance par érosion externe

A noter que dans une démarche sécuritaire, un « facteur aggravant » de 1,5 a été appliqué sur les vitesses d'écoulements au niveau des secteurs en extrados de l'Allier, à savoir les tronçons T3a et T3b.

Au regard des largeurs de franc-bord, des vitesses d'écoulement relativement limitées sur l'intégralité du linéaire (2,8 m/s max pour  $Q_{50}$ ) et de l'absence de traces d'érosion de berges/talus relevées lors de la VTA 2023, le risque de défaillance par érosion externe du système d'endiguement est jugé faible pour toutes les crues étudiées.

Tronçon	Crue	Risque de défaillance
Tronçon n°1	$Q \leq Q_{100}$	Faible
Tronçon n°2		
Tronçon n°3		

Tableau 35 : Evaluation des probabilités de défaillance par érosion externe

### 7.3.3. Rupture par glissement

L'aléa glissement de talus est un mécanisme de rupture entraîné par une instabilité d'ensemble de l'ouvrage. Il apparaît lorsque les résistances au cisaillement des matériaux constitutifs de la digue ou de sa fondation sont inférieures aux charges motrices appliquées par le poids des matériaux, les pressions d'eau dans l'ouvrage, et les surcharges de service. Il peut affecter les matériaux du corps de digue mais également les sols de fondation.

Les glissements de talus peuvent être observés dans différentes situations, à l'amont comme à l'aval :

- suite à une modification du profil de la digue (détérioration des talus sous l'action de l'érosion externe par exemple, aménagement anthropique tel que reprofilage ou réhausse...),
- lors d'un épisode de crue :
  - Glissement du talus aval suite à la mise en charge de l'ouvrage,
  - Glissement du talus amont lors de la décrue, phase durant laquelle la diminution de la charge sur l'ouvrage entraîne une décompression et un lessivage des matériaux constitutifs des talus,
- suite à l'évolution défavorable des caractéristiques des matériaux de constitution ou de fondation de l'ouvrage (cycle de dessiccation-imbibition, fluage, liquéfaction ...).

Pour rappel, le diagnostic géotechnique réalisé dans le cadre de la présente étude de dangers (cf. §7.2.3.2.3) a conclu, que dans la configuration actuelle, l'ensemble des tronçons constituant le système d'endiguement est stable vis-à-vis des phénomènes de glissement générale des parements quel que soit le type de crue considéré.

Tronçon	Crue	Risque de défaillance
Tronçon n°1	$Q \leq Q_{100}$	Faible
Tronçon n°2		
Tronçon n°3		

Tableau 36 : Evaluation des probabilités de défaillance par glissement

### 7.3.4. Rupture par érosion interne

La rupture suite à un mécanisme d'érosion interne, peut se produire dans le corps de la digue, dans sa fondation (suffusion, développement d'un renard) ou aux interfaces (au contact de la fondation, d'un organe traversant, ou entre deux matériaux différents).

De manière générale, l'évaluation de l'aléa érosion interne est basée sur un critère hydraulique : le gradient hydraulique critique. Il s'agit du seuil limite à partir duquel les forces d'écoulement dans la digue deviennent suffisantes pour détacher et entraîner des particules fines du sol conduisant à la formation d'un renard hydraulique (régressif) ou au début d'un processus de suffusion.

Pour rappel, le diagnostic géotechnique réalisé dans le cadre de la présente étude de dangers (cf. §7.2.3.2.3) a conclu que, dans la configuration actuelle, les différents tronçons sont concernés par des instabilités en lien avec les phénomènes d'érosion interne, pour différent niveau de crue :

- Tronçon n°1 : un phénomène d'érosion interne, par suffusion et/ou érosion régressive est avéré à partir d'une crue de type  $Q_{20}$ ,
- Tronçon n°2 : un phénomène d'érosion interne, par suffusion et/ou érosion régressive est avéré à partir d'une crue de type  $Q_{100}$ ,
- Raccordement T2/T3 : un phénomène d'érosion interne, par érosion de contact, est avéré pour tous type de crue. Les volumes en jeu sont néanmoins très limités, et le risque de rupture brutale est non avéré,
- Tronçon T3 : non avéré.

Tronçon	Crue	Risque de défaillance
Tronçon n°1	$Q \leq Q_{10}$	Faible
	$Q_{10} < Q < Q_{20}$	Moyen
	$Q \geq Q_{20}$	Fort
Tronçon n°2	$Q \leq Q_{50}$	Faible
	$Q_{50} < Q < Q_{100}$	Moyen
	$Q \geq Q_{100}$	Fort
Tronçon n°3	$Q \leq Q_{100}$	Faible

Tableau 37 : Evaluation des probabilités de défaillance par érosion interne

### 7.3.5. Synthèse sur la performance du système d'endiguement

L'analyse de risques a permis d'évaluer la probabilité de défaillance des différents tronçons du système d'endiguement suivant les différents mécanismes de rupture.

Tronçon	Rupture par surverse	Rupture par érosion externe	Rupture par glissement	Rupture par érosion interne	Rupture par soulèvement hydraulique
Tronçon n°1	$Q \leq Q_{100}$			$Q \leq Q_{10}$	
				$Q_{10} < Q < Q_{20}$	
				$Q \geq Q_{20}$	
Tronçon n°2	$Q \leq Q_{10}$	$Q \leq Q_{100}$	$Q \leq Q_{100}$	$Q \leq Q_{50}$	$Q \leq Q_{100}$
	$Q_{10} < Q < Q_{20}$			$Q_{50} < Q < Q_{100}$	
	$Q \geq Q_{20}$			$Q \geq Q_{100}$	
Tronçon n°3	$Q \leq Q_5$			$Q \leq Q_{100}$	
	$Q = Q_{10}$				
	$Q \geq Q_{20}$				

Risque de défaillance	Probabilité
Fort	$P > 50 \%$
Moyen	$5 \% \leq P \leq 50 \%$
Faible	$P < 5 \%$

Tableau 38 : Synthèse des risques de rupture par tronçon

La limite de sureté (associée à une probabilité conditionnelle de 5 %) est placée à la frontière entre un risque faible (vert) à moyen (orange) tandis que la limite de danger (associée à une probabilité conditionnelle de 50 %) est placée à la frontière entre un risque moyen (orange) à fort (rouge).

Au regard de cette analyse, la Communauté de Communes Brioude Sud Auvergne, autorité gémapienne du système d'endiguement de Lamothe, a retenu, lors de son Conseil Communautaire du 30/09/2025, les **niveaux de protection** suivants pour le système d'endiguement de Lamothe :

- **Tronçons n°1 et n°2** : crue de l'Allier atteignant un niveau de 420,40 m NGF à l'échelle limnimétrique située sur la pile rive gauche (face latérale) du pont de Lamothe comparable à un niveau atteint par un débit de l'ordre de 785 m<sup>3</sup>/s (T = 10 ans),
- **Tronçon n°3** : crue de l'Allier atteignant un niveau de 419,40 m NGF à l'échelle limnimétrique située sur la pile rive gauche (face latérale) du pont de Lamothe comparable à un niveau atteint par un débit de l'ordre de 494 m<sup>3</sup>/s (T = 5 ans).

Les niveaux de protection tels qu'ils sont définis intègrent une incertitude de 30 cm vis-à-vis des niveaux de l'Allier au droit l'échelle de référence (NP = NQ<sub>x</sub> – 30 cm).

Le **niveau de danger** (risque de défaillance ≥ 50 %) est quant à lui associé à une **crue de l'Allier** atteignant un niveau de 421,35 m NGF à l'échelle limnimétrique située sur la pile rive gauche (face latérale) du pont de Lamothe comparable à un niveau atteint par un débit de l'ordre de 1 065 m<sup>3</sup>/s (T = 20 ans).

## 8. Etude des risques de venues d'eau dans et en dehors de la zone protégée

Le présent chapitre précise les risques de venues d'eau dans et en dehors de la zone protégée pour les différents scénarios demandés dans l'arrêté du 30 septembre 2019 qui précise le plan des études de dangers des digues organisées en systèmes d'endiguement.

Le modèle hydraulique a permis de déterminer les caractéristiques des écoulements (hauteurs d'eau, vitesses) qui ont été cartographiées et présentées dans les pages suivantes ainsi que le croisement de ces deux paramètres pour définir la dangerosité des venues d'eau.

La dangerosité des écoulements a été qualifiée de la façon suivante, conformément à l'arrêté du 30 septembre 2019, en fonction des hauteurs d'eau et des vitesses d'écoulements mesurées, mais également de la configuration topographique des terrains inondés :

Hauteurs d'eau / Vitesses d'écoulements	$0 < v < 0.5 \text{ m/s}$	$v \geq 0.5 \text{ m/s}$
$0 < h < 1 \text{ m}$	Eaux non - dangereuses	Eaux dangereuses
$1 \leq h < 2 \text{ m}$	Eaux dangereuses	Eaux dangereuses
$h \geq 2 \text{ m}$ et points topographiques particuliers (points bas, cuvettes et zones de dissipation d'énergie)	Eaux particulièrement dangereuses	

Tableau 39 : Critères de définition de la dangerosité des venues d'eau

### 8.1. Scénario 1 : Fonctionnement nominal du système d'endiguement

Ce scénario présente le système d'endiguement de Lamothe en fonctionnement nominal jusqu'aux différents niveaux de protection.

Dans ce scénario, les crues correspondant aux différents niveaux de protection des différents tronçons du système d'endiguement sont contenues par les ouvrages (aucune entrée d'eau n'est observée au sein de la zone protégée), soit :

- Tronçon n°3 : crue de l'Allier atteignant un niveau de 419,40 m NGF à l'échelle limnimétrique située sur la pile rive gauche (face latérale) du pont de Lamothe comparable à un niveau atteint par un débit de l'ordre de 494 m<sup>3</sup>/s (T = 5 ans),
- Tronçons n°1 et n°2 : crue de l'Allier atteignant un niveau de 420,40 m NGF à l'échelle limnimétrique située sur la pile rive gauche (face latérale) du pont de Lamothe comparable à un niveau atteint par un débit de l'ordre de 785 m<sup>3</sup>/s (T = 10 ans).

#### 8.1.1. Scénario 1a - Tronçon n°3 - Q<sub>5</sub> = 494 m<sup>3</sup>/s











Les cartographies de hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement découlant de ce scénario, ainsi que de l'aléa issu du croisement de ces deux paramètres, sont présentées ci-après.



**Etude de dangers du  
système d'endiguement  
de Lamothe**

**Scénario 1a  
Fonctionnement nominal  
du système d'endiguement  
Q5**

**Légende**

-  Zone protégée (T3 / Q5)
- Système d'endiguement**
-  Tronçon n°1
-  Tronçon n°2
-  Tronçon n°3
-  Autres ouvrages en remblais
- Hauteurs d'eau (m)**
-  0.00 - 0.50
-  0.50 - 1.00
-  1.00 - 1.50
-  1.50 - 2.00
-  > 2.00

0 250 500 m




Figure 114 : Hauteurs d'eau - Scénario 1a (fonctionnement nominal T3) –  $Q_5 = 494 \text{ m}^3/\text{s}$

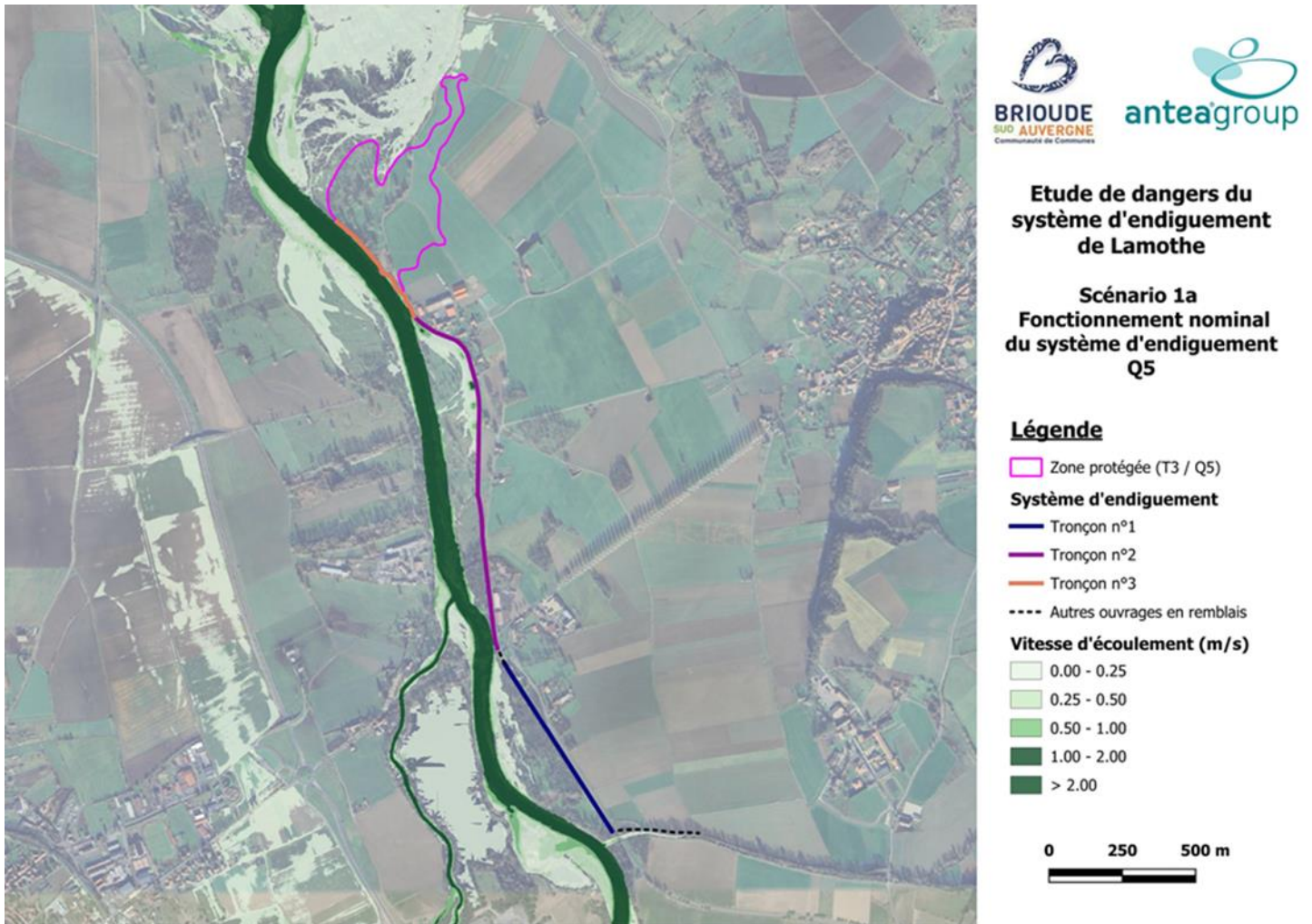


Figure 115 : Vitesses d'écoulement - Scénario 1a (fonctionnement nominal T3) –  $Q_5 = 494 \text{ m}^3/\text{s}$

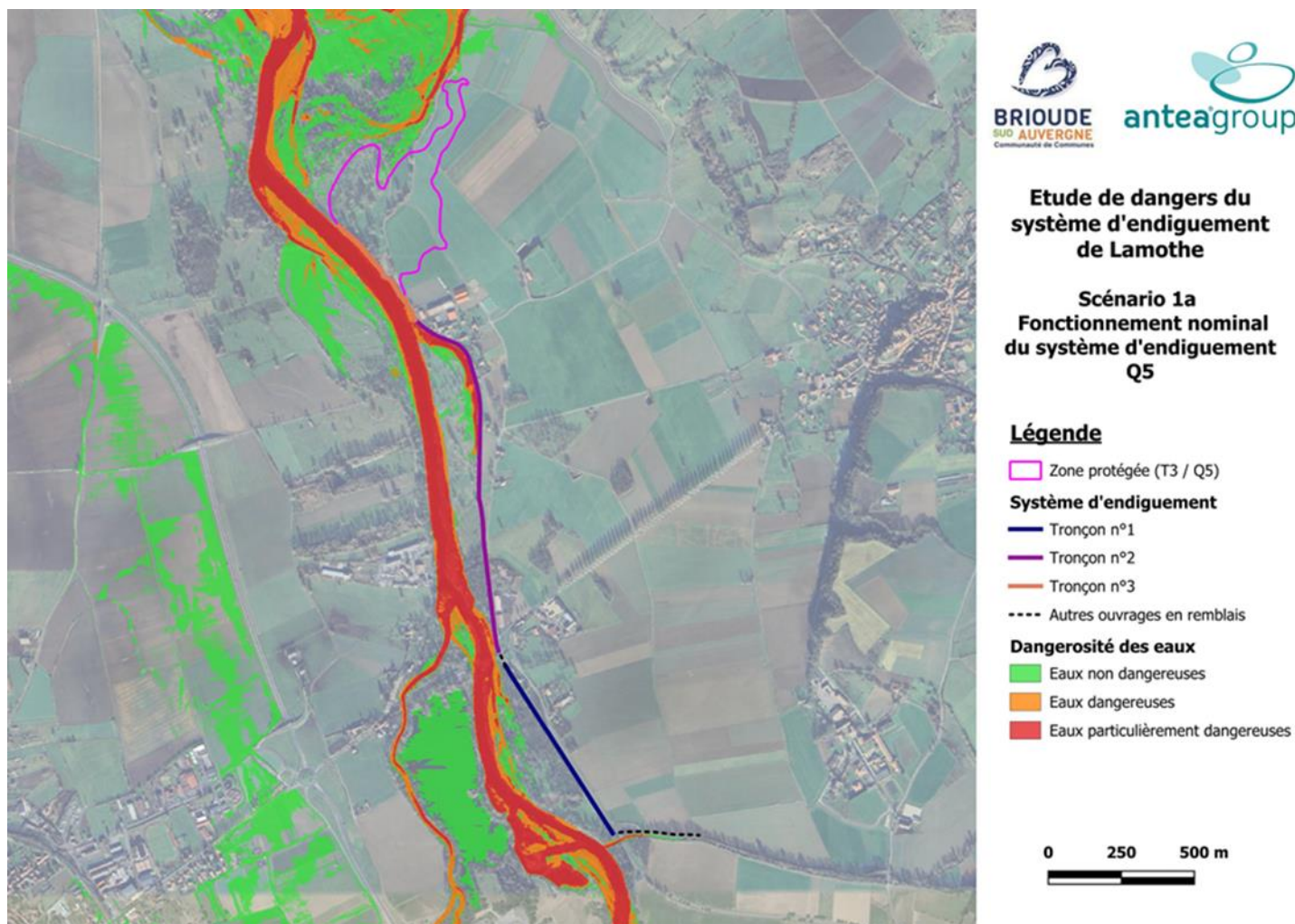


Figure 116 : Dangerosité des eaux - Scénario 1a (fonctionnement nominal) –  $Q_5 = 494 \text{ m}^3/\text{s}$

Les zones d'eaux particulièrement dangereuses se situent dans le lit mineur des cours d'eau ainsi que dans les différents bras morts de l'Allier.

### 8.1.2. Scénario 1b - Tronçons n°1 et 2 - $Q_{10} = 785 \text{ m}^3/\text{s}$

Les cartographies de hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement découlant de ce scénario, ainsi que de l'aléa issu du croisement de ces deux paramètres, sont présentées ci-après.



**Etude de dangers du  
système d'endiguement  
de Lamothe**

**Scénario 1b  
Fonctionnement nominal  
du système d'endiguement  
Q10**

**Légende**


 Zone protégée (T1-T2 / Q10)

**Système d'endiguement**

 Tronçon n°1

 Tronçon n°2


 Tronçon n°3

 Autres ouvrages en remblais

**Hauteurs d'eau (m)**

 0.00 - 0.50

 0.50 - 1.00

 1.00 - 1.50

 1.50 - 2.00

 > 2.00

0 250 500 m



Figure 117 : Hauteurs d'eau - Scénario 1b (fonctionnement nominal) -  $Q_{10} = 785 \text{ m}^3/\text{s}$

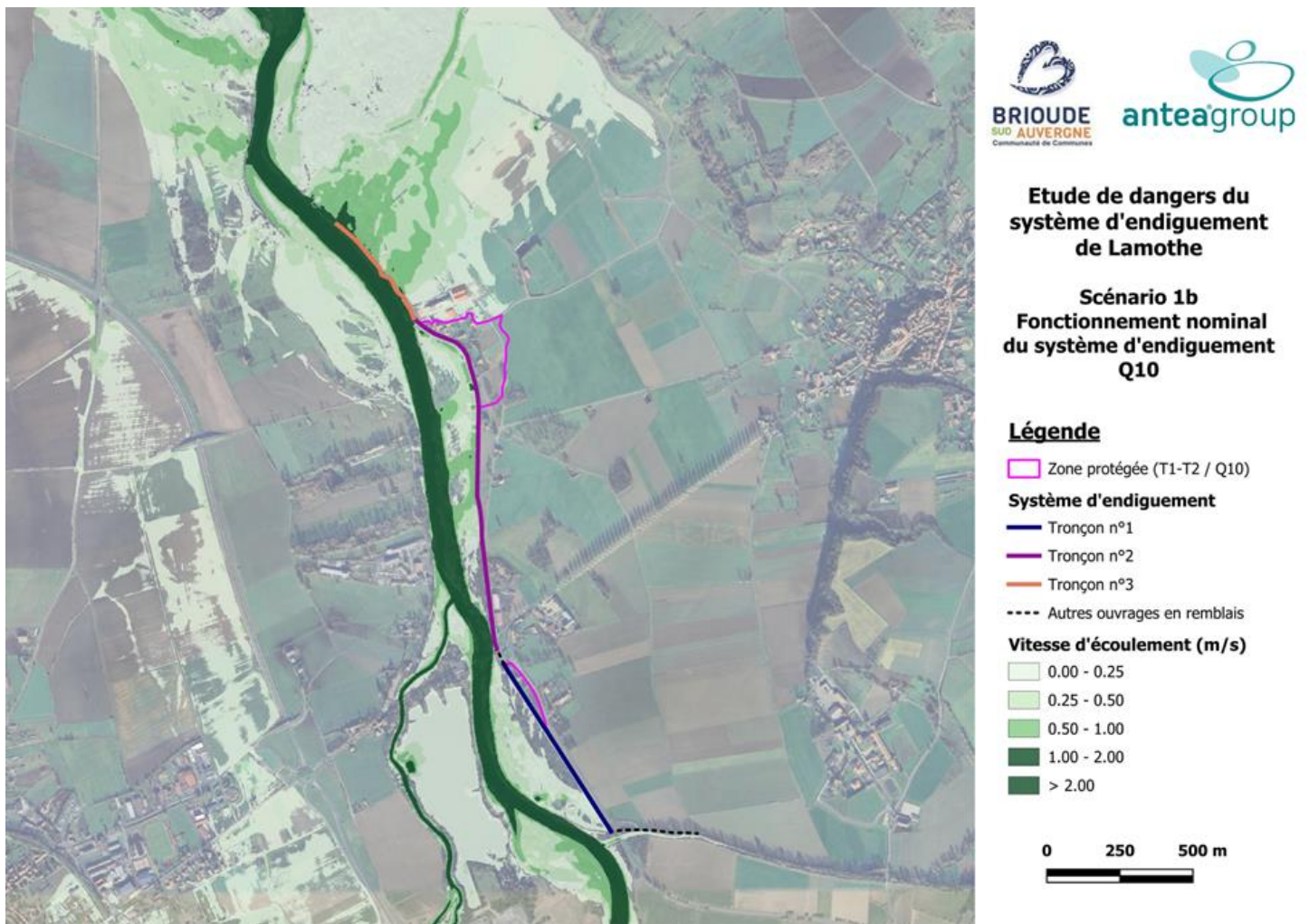


Figure 118 : Vitesses d'écoulement - Scénario 1b (fonctionnement nominal) -  $Q_{10} = 785 \text{ m}^3/\text{s}$

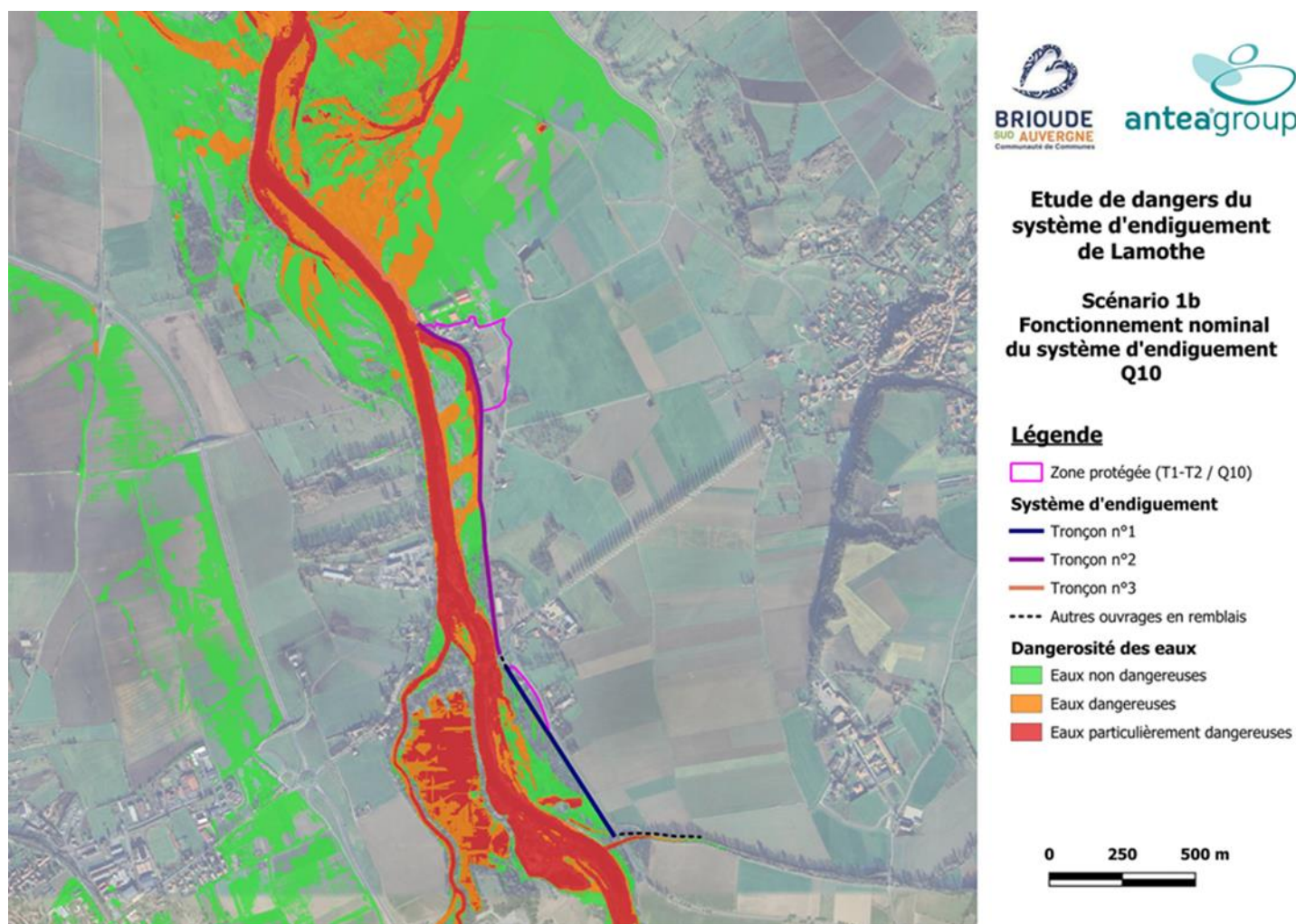


Figure 119 : Dangerosité des eaux - Scénario 1b (fonctionnement nominal) -  $Q_{10} = 785 \text{ m}^3/\text{s}$

Les zones d'eaux particulièrement dangereuses se situent dans le lit mineur des cours d'eau, dans les différents bras morts de l'Allier ainsi que dans l'étang de Chevalier.

## 8.2. Scénario 2 : Défaillance fonctionnelle du système d'endiguement

Sans objet, du fait de l'absence de dispositif de régulation des écoulements au sein du système d'endiguement.

## 8.3. Scénario 3 : Défaillance structurelle du système d'endiguement

Ce scénario présente le système d'endiguement de Lamothe avec une défaillance structurelle. Cette défaillance structurelle correspond à un risque conditionnel de rupture d'au moins 50 % pour l'un des tronçons constitutifs du système d'endiguement.

Dans une démarche porteuse d'enseignements, il a été fait le choix d'étudier un scénario de brèche généré par un risque d'érosion interne au niveau du tronçon n°1 (PM 540) pour une crue de période de retour  $T = 50$  ans.

Les caractéristiques de la brèche modélisée sont les suivantes :

- Largeur de la brèche : 30 m,
- Niveau digue après la brèche : effacement complet jusqu'au niveau du terrain naturel côté zone protégée,
- Moment d'initiation de la brèche : charge hydraulique maximale
- Durée de formation de la brèche : 30 min (idem PPRI).

Les cartographies de hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement découlant de ce scénario, ainsi que de l'aléa issu du croisement de ces deux paramètres, sont présentées ci-après.

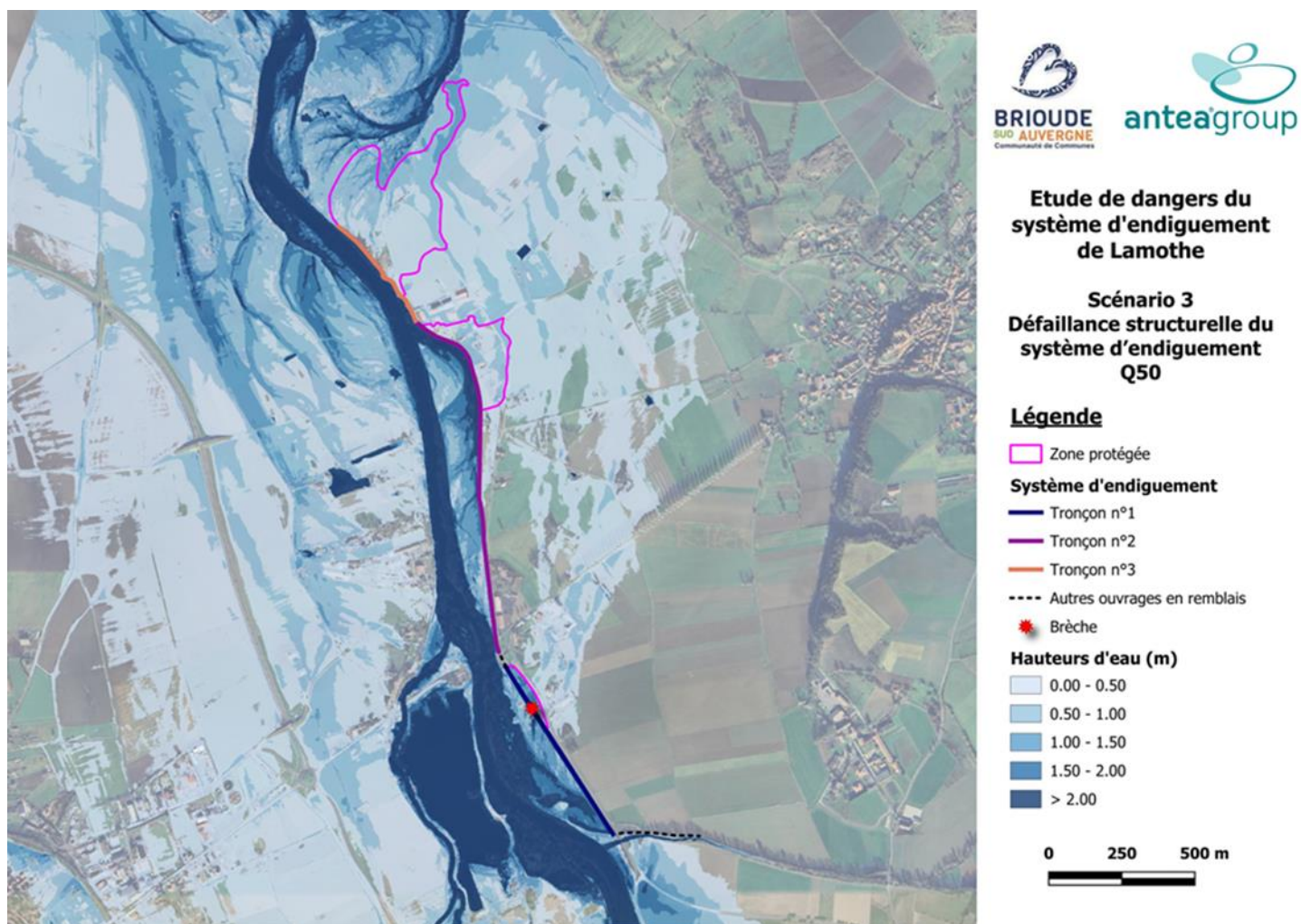


Figure 120 : Hauteurs d'eau - Scénario 3 (défaillance structurelle) -  $Q_{50} = 1501 \text{ m}^3/\text{s}$

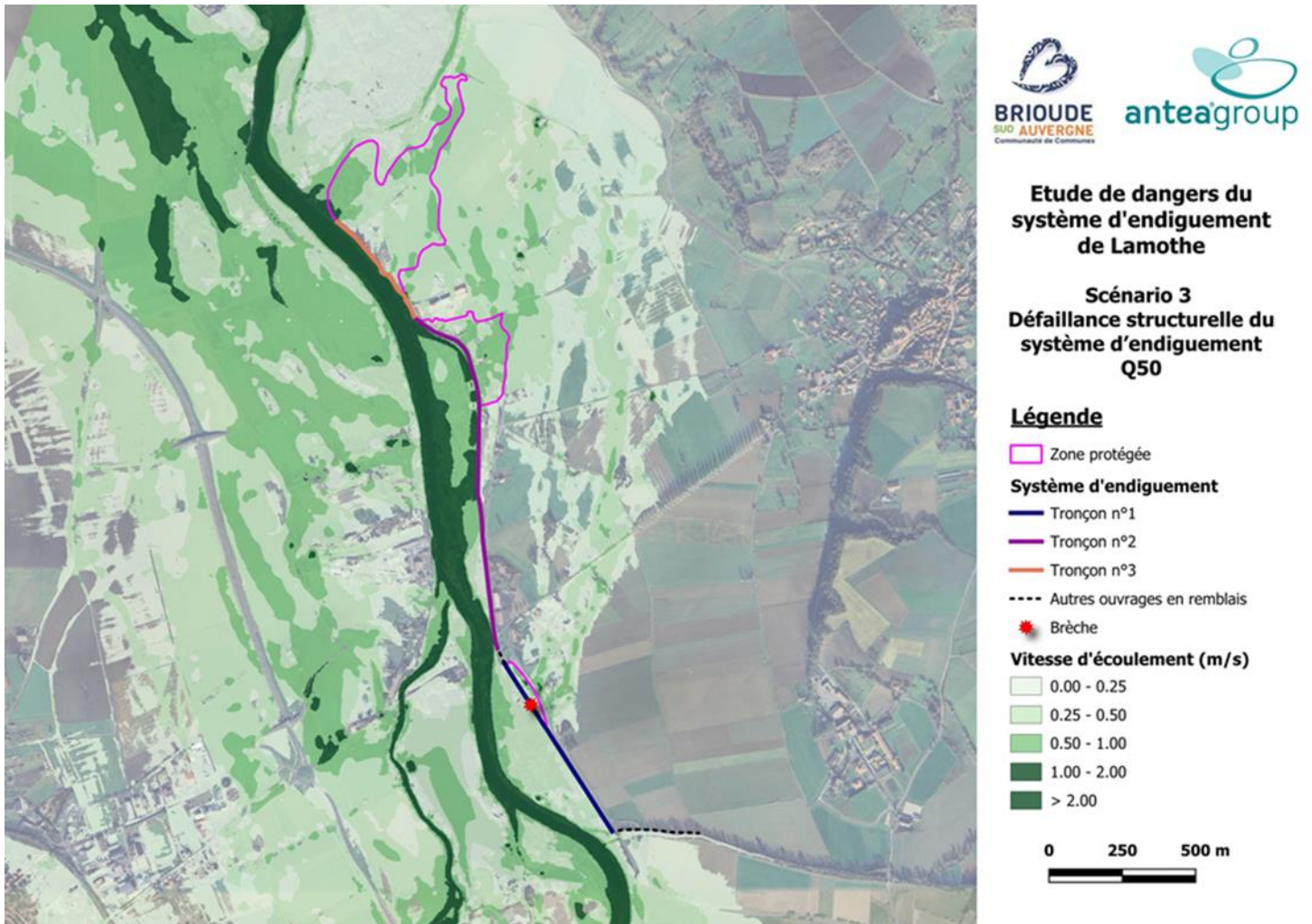


Figure 121 : Vitesses d'écoulements - Scénario 3 (défaillance structurelle) -  $Q_{50} = 1501 \text{ m}^3/\text{s}$

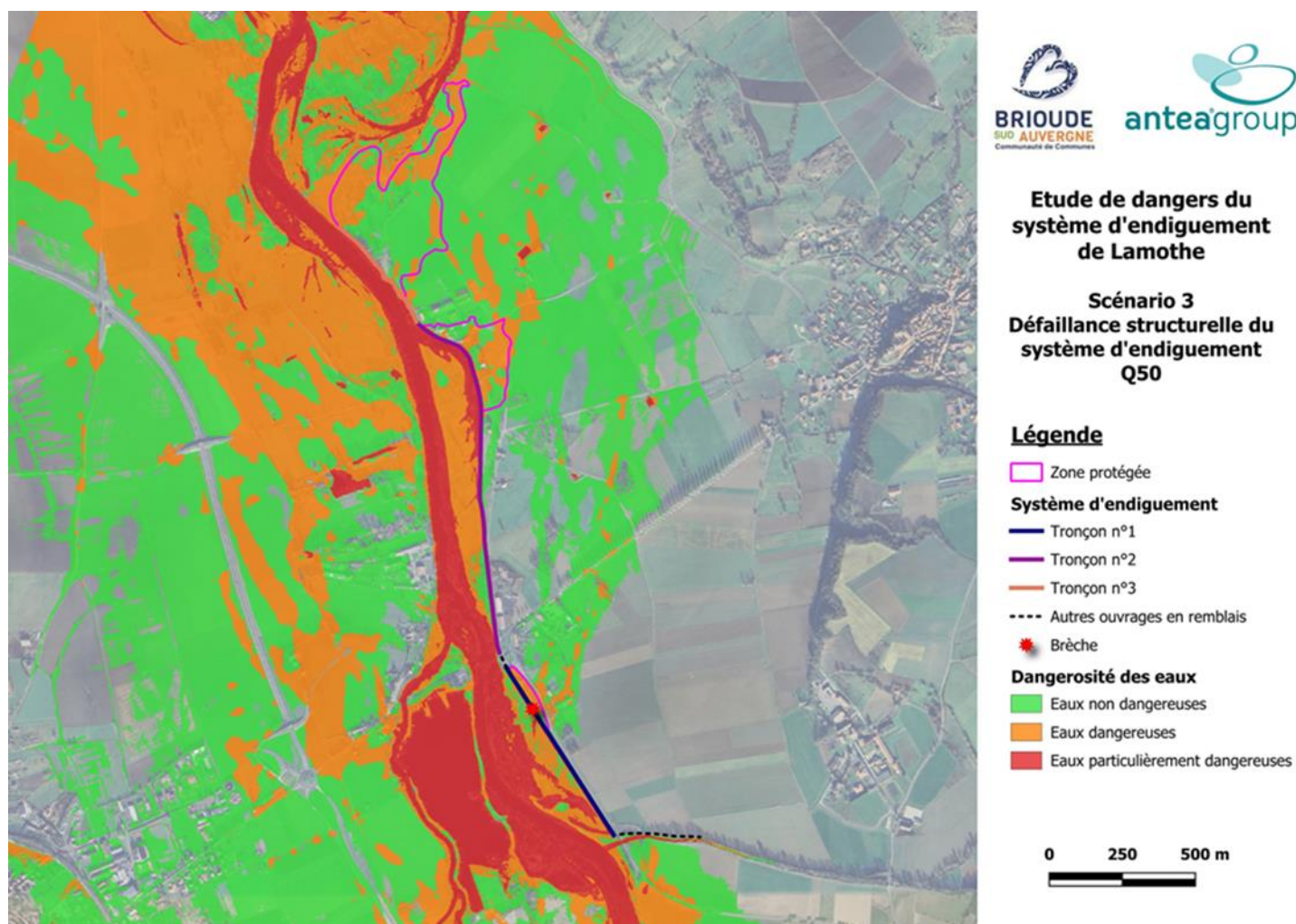


Figure 122 : Dangerosité des eaux - Scénario 3 (défaillance structurelle) -  $Q_{50} = 1501 \text{ m}^3/\text{s}$

Les zones d'eaux particulièrement dangereuses se situent dans le lit mineur des cours d'eau, dans les différents bras morts de l'Allier, dans l'étang de Chevalier ainsi que localement au droit de secteur présentant des points bas topographiques.

#### 8.4. Scénario 4 : Prise en compte de l'évènement de référence du PPRI

Ce scénario facultatif n'a pas été traité dans le cadre de la présente étude de dangers.

## 9. Présentation et analyse de l'organisation mise en place par le gestionnaire pour l'exercice de ses missions

La Communauté de Communes Brioude Sud Auvergne a rédigé un document décrivant l'organisation mise en place pour assurer la gestion du système d'endiguement, son entretien et sa surveillance en toutes circonstances. Les parties demandées dans le cadre de l'étude de dangers présentées ci-dessous sont tirées de ce document.

### 9.1. Organisation du gestionnaire

La gestion du système d'endiguement est assurée par la Communauté de Communes Brioude Sud Auvergne au titre de la compétence GEMAPI. En tant que gestionnaire historique, l'ASA de Lamothe intervient au titre de l'entretien et de la surveillance courante.

Les engagements respectifs des deux acteurs ont été formalisés dans une convention annexée au document d'organisation :

- **Obligations réglementaires liées à la sécurité et à la sûreté des ouvrages hydrauliques** : La Communauté de Communes Brioude Sud Auvergne s'engage à réaliser les démarches et obligations relatives à la prévention des inondations impliquant le système d'endiguement de Lamothe,
- **Travaux et réparations structurelles** :
  - La Communauté de Communes Brioude Sud Auvergne s'engage à réaliser les travaux et réparations structurelles nécessaires au maintien des performances hydrauliques du système d'endiguement,
  - La Communauté de Commune Brioude Sud Auvergne s'engage à informer l'ASA de Lamothe avec un préavis d'un mois avant toute intervention structurelle sur l'ouvrage. Pour les interventions présentant un caractère d'urgence pour la sécurité des personnes, la Communauté de Commune Brioude Sud Auvergne pourra intervenir sans préavis,
- **Entretien et surveillance courante** : L'ASA de Lamothe s'engage à réaliser les opérations d'entretien mineures et de surveillance courantes telles que définies dans les consignes de gestion de l'ouvrage. La communauté de communes Brioude Sud Auvergne interviendra en appui de l'ASA de Lamothe pour des opérations d'entretien lourd.

La commune de Lamothe ainsi que le Syndicat Mixte d'Aménagement de l'Allier (SMAA) sont également amenés à intervenir.

### 9.2. Consignes écrites

Un tableau de synthèse de l'organisation mise en place est présenté ci-après.

	Actions	Structure concernée	Élément déclencheur	Description	Critère de fin d'action
Hors Crue	Dossier d'ouvrage	CCBSA + Mairie Lamothe + ASA + SMAA	À chaque production de nouveaux éléments	- tenir à jour le dossier d'ouvrage sur une plateforme de partage de fichier et de stockage en ligne pour consigner la vie de l'ouvrage - dossier en ligne partagé CCBSA/Mairie/SMAA/ASA	
	Signalétique	CCBSA	En cas de besoin	Installation de panneaux de sensibilisation et de repères de crue Installation d'un panneau d'affichage pour les arrêtés municipaux	
	Formation des intervenants	CCBSA/Mairie de Lamothe	Une fois par an	Réaliser un exercice par an avec tous les intervenants + former les nouvelles personnes en cas de changement d'interlocuteurs	à consigner dans le dossier d'ouvrage
	Visite de surveillance trimestrielle	ASA	Une fois tous les 3 mois	Visite visuelle de l'ouvrage	Compte rendu oral à la CCBSA Ajout d'une notification dans le dossier de l'ouvrage
	Visite de surveillance programmée	CCBSA + SMAA	Annuel (janvier-février)	Parcourir à pied l'ouvrage de l'amont à l'aval, si possible en période de basses eaux, après débroussaillage pour visualiser le pied de digue / - Vérifier le bon état général des ouvrages et recenser les désordres (Etat structurel et entretien de la végétation)	Compte-rendu de visite d'inspection selon le document d'organisation / Photographie
	Visite technique approfondie	CCBSA + SMAA	Tous les 6 ans (2030)	la VTA sera réalisée avec un expert hydraulique (BE agréé)	Rapport de visite ajouté au dossier d'ouvrage
	Entretien annuel de la végétation	CCBSA	Selon développement de la végétation	Fauchage de la végétation herbacée + débroussaillage Vigilance à prévoir : habitats d'intérêt et espèces exotiques envahissantes (cf. porté à connaissance du SMAT dans le dossier de l'ouvrage)	Eviter la période 15 mars- 15 aout (nidification, reproduction, floraison ...)
En crue	Surveillance météorologique et hydrologique	Mairie Lamothe + CCBSA	Régulier	Meteo-France + Vigicrues + alertes préfecture	
	Mise en alerte des structures mobilisées	Mairie Lamothe + CCBSA + ASA	Dès qu'un évènement susceptible de nécessiter une surveillance rapprochée est identifié	Points d'information réguliers entre les acteurs concernés A minima toutes les 12h ou bien en cas d'évènement intéressant la sécurité des ouvrages	Fin de l'évènement météo
	Surveillance rapprochée en cas de crue	CCBSA - Mairie Lamothe - ASA	- Vigilance Jaune - Débit prévu/observé > 250 m³/s à la station de vieille Brioude - Constatation d'un risque de mise en charge des ouvrages	Surveillance des niveaux chaque heure depuis un point sécurisé (à partir du Pont de Lamothe) avec message écrit envoyé sur l'un des téléphones d'astreinte (cf. document d'organisation)	- Arrêt des visites la nuit - Pas de visite en cas de mise en charge constatée sur les ouvrages ou de dépassement des niveaux de protection - Fin de l'évènement
Gestion de crise communale	Sollicitation de l'activation du PCS	Mairie Lamothe	En cas de dépassement du niveau de protection (à l'échelle, ou à la station de Vieille Brioude si pas possible de voir l'échelle) En cas de désordre important repéré lors de la surveillance rapprochée	Informers la commune du dépassement du niveau de protection des ouvrages	
	Information alerte à la population	Mairie Lamothe	En cas d'évènement	Informers la population Utilisation d'outils de diffusion d'alerte (application municipale)	
	Evacuation de la population	Mairie/Astreinte	En cas d'alerte de niveau rouge ou risque important identifié via la surveillance	Habitations exposées : bourg de Cougeac / maison en amont du pont Déclenchement du PCS par la commune de Lamothe	
	Fermeture des accès à la digue	Mairie de Lamothe		Mise en place de barrière ou de dispositif de fermeture de la digue (outil de protection des populations)	
	Arrêté de police du Maire	Mairie de Lamothe	Selon besoin	Affichage au niveau de la digue et en mairie	Fin de l'évènement météo
Post-Crue	Visite post crue	CCBSA + SMAA	A la suite de la survenue de crue dont le débit est supérieur à 250 m³/s (ref pont de Vieille-Brioude)	Parcourir à pied l'ouvrage de l'amont à l'aval, si possible en période de basses eaux, après débroussaillage pour visualiser le pied de digue / Vérifier le bon état général des ouvrages (Etat structurel et entretien de la végétation)	Compte-rendu de visite d'inspection selon le document d'organisation / Photographie
	Réparation des ouvrages	CCBSA	Après un évènement / lors de période de basses eaux	Travaux d'urgence / réalisation d'un marché à bon de commande	Rapport de travaux ajouté au dossier d'ouvrage
	Déclaration EISH	CCBSA		Evènements Importants pour la Sécurité Hydraulique (EISH)	

Tableau 40 : Tableau de synthèse de l'organisation mise en place (source : Document d'organisation)



## 9.3. Définition des procédures de surveillance

### 9.3.1. Surveillance hors crue

#### 9.3.1.1 Visite de surveillance trimestrielle

L'ASA assure les visites de surveillance régulières de l'ouvrage, a minima chaque trimestre, en réalisant un repérage visuel des désordres et évolutions notable des ouvrages.

L'ASA restitue les observations de la visite sous forme d'un compte-rendu oral à la CCBSA qui consigne les informations principales dans le dossier d'ouvrage.

#### 9.3.1.2 Visite de Surveillance Programmée (VSP)

La CCBSA, accompagnée du SMAA réalisera une visite de surveillance annuelle des ouvrages, a priori en janvier février. Cette visite sera programmée en période de basses eaux et après débroussaillage des ouvrages pour faciliter l'inspection visuelle.

Le linéaire de digue est intégralement parcouru et les observations de terrain sont consignées dans un compte-rendu respectant la structure présentée en fin de ce document. Les compte-rendu et photographies associées seront ajoutés au dossier d'ouvrage.

Une visite de surveillance peut aussi être programmée en cas d'anomalie identifiée au cours des visites de surveillance régulière.

#### 9.3.1.3 Visite Technique Approfondie (VTA)

Une Visite Technique Approfondie est réalisée par un prestataire externe (a priori BE agréé) a minima tous les 6 ans. Le rapport de visite sera ajouté au dossier d'ouvrage.

Des VTA complémentaires peuvent être programmées en cas de besoin identifié lors des visites de surveillance.

#### 9.3.1.4 Entretien régulier

La CCBSA assure un entretien régulier de l'ouvrage, avec a minima un entretien annuel préalable à la visite de surveillance programmée. L'entretien comprend le fauchage de la végétation herbacée et le débroussaillage des ouvrages.

Les opérations d'entretien doivent respecter plusieurs points de vigilance :

- Eviter la période 15 mars- 15 aout (nidification, reproduction, floraison ...),
- Préserver les habitats d'intérêt et éviter la dispersion des espèces exotiques envahissantes.

L'ASA peut aussi réaliser des opérations d'entretien mineurs (gestion ponctuelle de la végétation) à l'occasion des visites de surveillance régulières.

### 9.3.2. Surveillance en période de crue

Dès qu'un évènement susceptible de nécessiter une surveillance rapprochée est identifié par l'un des acteurs. La CCBSA, la mairie de Lamothe et l'ASA organisent des points d'informations réguliers (par

téléphone par exemple). Ces points d'information sont assurés a minima toutes les 12h ou bien en cas d'évènement intéressant la sécurité des ouvrages et s'arrêtent à la fin de l'évènement météo.

CCBSA	Président	Vice-Président
	Jean-Luc VACHELARD	Pascal GIBELIN
	Directeur Adjoint	
	Sébastien CHATEAU	
Commune de Lamothe	Maire	Adjoint
	Alain JARLIER	Alain MATHIEU
ASA Lamothe-Cougeac	Président	
	Philippe AVININ	
SMAA	Président	
	Jean-Louis PORTAL	
	Technicien	
	RANCON Jocelyn	

Figure 123 : Moyens humains mobilisables pour la surveillance en période de crue

Plusieurs éléments peuvent déclencher la surveillance rapprochée des ouvrages :

- Vigilance Jaune,
- Débit prévu/observé > 250 m<sup>3</sup>/s à la station de Vieille Brioude,
- Constatation d'un risque de mise en charge des ouvrages.

Les niveaux sont alors surveillés chaque heure depuis le pont de Lamothe et les informations sont partagées (par SMS) avec les personnes mobilisées au cours de la crue.

Des parcours des linéaires d'ouvrages sont organisés pour repérer les éventuels désordres ou risques de mise en charge des ouvrages. Afin de préserver la sécurité des intervenants les visites ne sont pas réalisées dans les conditions suivantes :

- la nuit,
- en cas de mise en charge constatée sur les ouvrages ou de dépassement des niveaux de protection.

La surveillance rapprochée s'arrête aussi à la fin de l'évènement de crue.

En cas de dépassement du niveau de protection (à l'échelle, ou à la station de Vieille Brioude si pas possible de voir l'échelle), ou bien en cas de désordre important repéré lors de la surveillance rapprochée. La CCBSA sollicite la mairie de Lamothe pour activer le PCS et prendre en charge la gestion opérationnelle de la crise. Cette gestion opérationnelle comprend l'information/alerte à la population, ainsi que, selon le besoin : l'évacuation de la population, la fermeture des accès à la digue, la publication d'arrêtés municipaux.

### 9.3.3. Surveillance post-crue

A la suite de la survenue de crue dont le débit est supérieur à 250 m<sup>3</sup>/s, une visite post-crue est réalisée par la CCBSA. Le linéaire de digue est intégralement parcouru et les observations de terrain sont consignées dans un compte-rendu. Les compte-rendu et photographies associées seront ajoutés au dossier d'ouvrage.

En cas de besoin de réparations identifiées lors des visites d'ouvrages, les travaux correspondants sont programmés en cohérence avec le niveau d'urgence constaté, de préférence en période de basses-eaux. Une fois les réparations réalisées, les rapports de travaux sont consignés dans le dossier d'ouvrage.

Les Evénements Importants pour la Sécurité Hydrauliques (EISH) sont signalés au préfet en respectant la procédure en vigueur, telle que définie par l'arrêté du 21 mai 2010 définissant l'échelle de gravité des événements ou évolutions concernant un barrage ou une digue ou leur exploitation et mettant en cause ou étant susceptibles de mettre en cause la sécurité des personnes ou des biens et précisant les modalités de leur déclaration.

## 9.4. Moyens d'information sur les crues

Les services de la CCBSA et de la mairie assurent une veille régulière sur les événements météorologiques susceptibles de générer des crues à partir des sources d'information (prévision /alerte) suivantes :

- Météo-France
- Vigicrues
- Alertes préfecture

L'échelle limnimétrique installée sur le pont de Lamothe est aussi utilisée pour repérer les niveaux de l'Allier et identifier les risques de dépassement des niveaux de protection. L'observation des niveaux sur l'échelle se fait depuis la rive gauche de l'Allier.

Les débits de l'Allier sont suivis en continu au niveau de la station de Vieille Brioude, située environ 5 km à l'amont du système d'endiguement.

Les mesures de débits sont consultables ici : <https://www.vigicrues.gouv.fr/station/K233081001>

## 9.5. Procédures d'information et de communication avec les autorités compétentes

Dès qu'un événement susceptible de nécessiter une surveillance rapprochée est identifié par l'un des acteurs. La CCBSA, la mairie de Lamothe et l'ASA organisent des points d'informations réguliers (par téléphone par exemple). Ces points d'information sont assurés a minima toutes les 12h ou bien en cas d'évènement intéressant la sécurité des ouvrages et s'arrêtent à la fin de l'évènement.

Lors de la surveillance rapprochée, les niveaux sont surveillés chaque heure depuis le pont de Lamothe et les informations sont partagées (par SMS) avec les personnes mobilisées au cours de la crue.

## 9.6. Dispositions prises par le responsable pour s'assurer en permanence du respect des procédures, auditer et réviser son organisation de gestion du système d'endiguement

La CCBSA rassemble tous les documents relatifs à la vie de l'ouvrage sur une plateforme de partage de fichier accessible pour les services de la CCBSA, de la mairie de Lamothe, de l'ASA et du SMAAA. Ce dossier sera continuellement actualisé au fur et à mesure de la vie de l'ouvrage.

La CCBSA et la mairie de Lamothe organiseront un exercice annuel de gestion de crue de l'Allier pour former/s'assurer que les intervenants maîtrisent bien les consignes de gestion et la coordination avec le PCS.

### **9.7. Rôle(s) de barrière de sécurité**

Le document d'organisation ne prévoit pas la mise en œuvre de barrières de sécurité.

## 9.8. Analyse de l'adéquation des moyens humains et de l'organisation mise en place par le gestionnaire

L'organisation mise en place par le gestionnaire est analysée ci-après par le rédacteur de l'étude de dangers au regard de la nature et de l'ampleur des ouvrages à surveiller.

Globalement le document d'organisation devra être revu afin d'être en conformité avec l'arrêté du 8 août 2022 précisant les obligations documentaires et la consistance des vérifications et Visites Techniques Approfondies des ouvrages hydrauliques autorisés ou concédé. Des éléments devront notamment être apportés concernant les points suivants (non traité/fourni lors de la rédaction de la présente étude de dangers dans le document d'organisation) :

- les conventions mises en place avec les différentes parties prenantes,
- les modalités d'entretien et de réparations courantes,
- les procédures pour effectuer les exercices et retours d'expériences,
- les procédures de formation des agents,
- les modalités de traçabilité,
- etc.

Concernant l'organisation du gestionnaire, il conviendrait de consolider l'organigramme des moyens humains de la CCBSA dédiés à la gestion et surveillance du ou des systèmes d'endiguements présents sur son territoire.

La surveillance des ouvrages en hors période de crue est assurée pour par les services de la CCBSA de du SMAA :

- le registre d'ouvrage mis en place est à tenir à jour,
- les moyens actuels devront être maintenus et adaptés au besoin.

En période de crue, la surveillance des ouvrages et gestion de crue est assurée par les agents de la CCBSA, la mairie de Lamothe ainsi que l'ASA :

- il conviendrait de clarifier la répartition des rôles de chacun des intervenants,
- le Plan Communal de Sauvegarde (PCS) de la commune doit être mis à jour pour prendre en compte les éléments de la présente étude de dangers,
- la CCBSA devra communiquer fréquemment avec la commune pour l'informer de l'évolution du système d'endiguement, de la mise à jour des études, des niveaux d'alerte nécessitant une éventuelle révision du PCS, etc. afin que les échanges CCBSA / commune soient efficaces,
- il conviendrait de s'assurer que les agents soient soumis à un régime d'astreinte en nombre suffisant afin de vérifier la disponibilité effective de 2 agents affectés à la surveillance des ouvrages en tout temps et toute circonstance

Concernant l'information auprès des services compétents en matière de prévision et d'annonce de crue, l'organisation et les moyens humains du gestionnaire apparaissent adaptés :

- il est organisé selon un système permettant d'assurer un suivi régulier des conditions hydrométéorologiques,
- en période de crise, il devra toutefois s'assurer d'être en connexion permanente avec le Service de Prévision des Crues (SPC),
- l'information des services préfectoraux et de la DREAL devra également être systématique lors que le niveau de protection est atteint.

Concernant l'alerte des autorités compétentes en cas de besoin :

- une seule commune (Lamothe) est concernée par le système d'endiguement, simplifiant les échanges,
- la commune de Lamothe est organisée suivant son Plan Communal de Sauvegarde (PCS). Il conviendra de s'assurer que ce dernier soit établi en cohérence avec l'organisation du gestionnaire et calé sur les mêmes niveaux d'alerte.

Par ailleurs, afin de renforcer le processus de suivi de son organisation, le gestionnaire est invité à :

- Identifier une personne nommément désignée en charge du suivi et de l'actualisation du processus de surveillance des ouvrages,
- Instaurer tous les six mois un audit des consignes en vigueur de façon à mettre à jour les informations y figurant, en particulier les coordonnées des personnes pouvant être contactées,
- Prévoir un audit technique des consignes à l'issue de chaque événement significatif,
- Ajouter un paragraphe dans les consignes stipulant le processus de vie et d'actualisation des consignes et modalités de surveillance des ouvrages, reprenant les points listés ci-dessus.

## 9bis Recommandations de l'organisme agréé qui réalise l'étude de dangers

Les éléments ci-après constituent des recommandations de l'organisme agréé qui a réalisé la présente étude de dangers en vue de conforter à moyen ou à long terme la protection apportée par le système d'endiguement.

On notera tout d'abord que :

- **le niveau de protection du tronçon n°1 est jugé « bas »** dans le sens où le niveau de la crête (niveau de protection apparent) de ce tronçon est significativement inférieur (entre 1,5 et 3,5 m environ) au niveau de protection retenu (cf. §4.2.2.2.3),
- de plus, les résultats de l'étude d'un scénario d'une rupture de digue réalisée dans le cadre de la révision du PPRI (cf. §4.2.2.1.2) montre que **le tronçon n°1 semble présenter un « sur-risque »** (même si cela ne correspond pas stricto sensu aux attentes de note « niveau bas ») induit par le « surdimensionnement » de l'ouvrage (sur-vitesses significatives générées au droit de certaines habitations).

A ce titre, la Communauté de Communes Brioude Sud Auvergne devra au choix proposer aux services de l'Etat (avec calendrier de réalisation assorti) :

- un **programme de travaux sur le tronçon n°1 du système d'endiguement permettant une augmentation du niveau de protection** afin de faire disparaître le « sur-risque » tel qu'imperméabilisation du parement amont de l'ouvrage éventuellement associé à la création d'un écran anti-renards en pied amont et/ou la création d'une recharge filtrante à l'aval de l'ouvrage permettant de réduire la sensibilité du tronçon n°1 vis-à-vis du phénomène d'érosion interne,  
**ET/OU**
- des **mesures de réduction du risque visant à supprimer ou à limiter drastiquement le « sur-risque »** associé au tronçon n°1, telles qu'un arasement partiel de la digue, la mise en place d'un ou plusieurs déversoirs et/ou en complément si besoin, la mise en place de servitudes limitant l'installation de nouveaux enjeux.

**A noter que la première solution est celle envisagée à ce stade par la Communauté de Communes Brioude Sud Auvergne.**

Par ailleurs, il est également recommandé de :

- Assurer un suivi renforcé du tronçon n°1, notamment en période de crue, jusqu'à la réalisation des mesures de réduction/suppression du « sur-risque » (cf. ci-avant). Ce dernier pourrait prendre la forme suivante :
  - prévoir une inspection visuelle de l'ouvrage lors d'épisode de crue, de manière à identifier d'éventuelles zones de fuite devant être considérées comme des zones potentiellement affectées par des problématiques d'érosion interne,
  - prévoir une inspection visuelle de l'ouvrage après chaque épisode de crue significatif, de manière à identifier les instabilités de surface (déformations, fontis, etc.) pouvant éventuellement affecter la crête de l'ouvrage et/ou les parements afin de programmer les travaux de confortement adaptés,
- Assurer un suivi renforcé du tronçon T3b situé à proximité immédiate des berges l'Allier vis à vis du risque d'érosion externe,

- Nivelier le niveau zéro de l'échelle limnimétrique de référence située sur la pile rive gauche (face latérale) du pont de Lamothe et mettre à jour le document d'organisation en indiquant également les hauteurs par rapport au 0 de l'échelle,
- Matérialiser les différents niveaux de référence des consignes écrites sur l'échelle limnimétrique,
- Appliquer les actions à entreprendre préconisées à l'issue de la Visite technique Approfondie (VTA) de février 2024 (cf. Annexe 2),
- Se tenir informer auprès des services de l'Etat d'un éventuel risque de capture de l'Allier par la carrière de Lamothe,
- Appliquer les recommandations formulées au §9.8.

## 10. Cartographie

Les cartes administratives (cf. §3.1 et §2.3) ainsi que les cartes de venues d'eau (cf. §8) sont intégrées dans le présent rapport.

## Observations sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable. Les incertitudes ou les réserves qui seraient mentionnées dans la prise en compte des résultats et dans les conclusions font partie intégrante du rapport.

En conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou d'une reproduction partielle de ce rapport et de ses annexes ainsi que toute interprétation au-delà des énonciations d'Antea Group ne sauraient engager la responsabilité de celui-ci. Il en est de même pour une éventuelle utilisation à d'autres fins que celles définies pour la présente prestation.

Les résultats des prestations et des investigations s'appuient sur un échantillonnage ; ce dispositif ne permet pas de lever la totalité des aléas liés à l'hétérogénéité des milieux naturels ou artificiels étudiés. Par ailleurs, la prestation a été réalisée à partir d'informations extérieures non garanties par Antea Group ; sa responsabilité ne saurait être engagée en la matière.

Antea Group s'est engagé à apporter tout le soin et la diligence nécessaire à l'exécution des prestations et s'est conformé aux usages de la profession. Antea Group conseille son Client avec pour objectif de l'éclairer au mieux. Cependant, le choix de la décision relève de la seule compétence de son Client.

Le Client autorise Antea Group à le nommer pour une référence scientifique ou commerciale. A défaut, Antea Group s'entendra avec le Client pour définir les modalités de l'usage commercial ou scientifique de la référence.

Ce rapport devient la propriété du Client après paiement intégral de la mission, son utilisation étant interdite jusqu'à ce paiement. A partir de ce moment, le Client devient libre d'utiliser le rapport et de le diffuser, sous réserve de respecter les limites d'utilisation décrites ci-dessus.

Pour rappel, les conditions générales de vente ainsi que les informations de présentation d'Antea Group sont consultables sur : <https://www.anteagroup.fr/fr/annexes>



# ANNEXES

## **Annexe 1 : Annexe bibliographique**

Date	Titre	Auteur
mai-78	Etude préliminaire de l'aménagement de la vallée de l'Allier entre Brassac et Vieille Brioude	SOGREAH
avr-15	Outils d'aide à la gestion des lits de la Loire, de l'Allier et de la Dore	DREAL Centre-Val de Loire
mai-17	Etude hydraulique de l'Allier et de ses affluents sur le bassin de Brioude dans le cadre de la révision du PPRI	BRL Ingénierie
nov-20	Etude de réduction des risques de dysfonctionnement sédimentaire associés à la capture de l'Allier par les gravières de Lamothe et Mirefleurs	ARTELIA
avr-21	PPRI de l'Allier brivadois et de ses affluents	DDT 43
août-22	Etude pour l'élaboration d'un schéma de gestion de l'espace de mobilité de l'Allier	VEODIS 3D
nov-22	État des lieux/diagnostic des outils de la gestion de l'espace de mobilité de l'Allier	CESAME
juin-25	Diagnostic géotechnique - Mission G5	SEMOPHI

## **Annexe 2 : Visite Technique Approfondie 2023 de la digue de Lamothe (source : Antea Group, janvier 2024)**

## **Annexe 3 : Diagnostic géotechnique – Mission G5 (source : SEMOPHI, juin 2025)**

