



DIAGNOSTIC DU MUR DU MOULIN DES MALADES SUR LE CANAL DU RHONE AU RHIN A RANCHOT

NOTE TECHNIQUE

Voies Navigables de France – Direction Territoriale Rhône-Saône

DIAGNOSTIC DU MUR DU MOULIN DES MALADES SUR LE CANAL DU RHONE AU RHIN A RANCHOT

Voies Navigables de France – DTRS

NOTE TECHNIQUE

Indice :	Etabli par :	Vérifié par :
C		

ARTELIA Ville et Transport – INE
Agence de Bourgogne / Franche-Comté
21 Avenue Albert Camus
21000 DIJON

Mentions légales

Note technique
DIAGNOSTIC DU MUR DU MOULIN DES MALADES SUR LE CANAL DU RHONE AU RHIN A RANCHOT

SOMMAIRE

A. PREAMBULE	6
B. PRESENTATION GENERALE.....	8
1. LOCALISATION DE L'OUVRAGE	9
2. PRÉSENTATION DE L'OUVRAGE	9
3. CONTEXTE ADMINISTRATIF	12
C. DIAGNOSTIC VISUEL.....	13
1. OBJECTIFS	14
2. PROTOCOLE DE VISITE	14
2.1. Intervention sur les parties émergées	14
2.1.1. Parties d'ouvrages inspectées	14
2.1.2. Conditions de la visite.....	14
2.1.3. Moyens matériels.....	15
2.2. Intervention sur les parties immergées	15
2.2.1. Parties d'ouvrages inspectées	15
2.2.2. Conditions de la visite.....	15
3. DIAGNOSTIC VISUEL DE L'OUVRAGE	16
3.1. Hiérarchisation des désordres	16
3.2. Diagnostic des parties émergées	16
3.3. Diagnostic des parties immergées	20
3.3.1. Parement du mur côté canal (face amont)	22
3.3.2. Parement du mur côté Doubs (face aval)	23
D. PISTES D'AMENAGEMENT POUR LE CONFORTEMENT DE L'OUVRAGE.....	25
1. SYNTHÈSE DU DIAGNOSTIC.....	26

2. PRÉCONISATIONS DE TRAVAUX	27
2.1. Solution n°1 : Reprises ponctuelles de l'ouvrage.....	27
2.2. Solution n°2 : Confortement de l'ouvrage.....	28
2.3. Solution n°3 : Reconstruction de l'ouvrage	29
2.4. Optimisation de la gestion de l'ouvrage	29
3. PROCÉDURES RÉGLEMENTAIRES.....	30
E. SYNTHÈSE	31

ANNEXES	37
Annexe 1 – Relevés topographiques de l'ouvrage	38
Annexe 2 – Localisation des désordres en partie émergée	39
Annexe 3 – Reportage photographique des désordres en partie émergée	40
Annexe 4 – Localisation des désordres en partie immergée – Côté canal (vue amont).....	41
Annexe 5 – Localisation des désordres en partie immergée – Côté Doubs (vue aval).....	42
Annexe 6 – Reportage photographique des désordres en partie immergée	43

TABLEAUX

Tableau 1. Synthèse des désordres recensés sur les parties émergées de l'ouvrage	16
Tableau 2. Synthèse des désordres recensés sur les parties immergées de l'ouvrage - Côté canal	20
Tableau 3. Synthèse des désordres recensés sur les parties immergées de l'ouvrage - Côté Doubs	21

FIGURES

Figure 1. Localisation du mur du moulin des Malades sur le canal du Rhône au Rhin à Ranchot..	9
Figure 2. Mur du moulin des Malades sur le canal du Rhône au Rhin	10
Figure 3. Coupe transversale type du mur du moulin des Malades.....	10
Figure 4. Déversoir de décharge du mur du moulin des Malades	11
Figure 5. Photos d'archives du 04/11/1931	11
Figure 6. Photos d'archives du 29/01/1932	12
Figure 7. Exemples de désordres de gravité 1 - Ecaillage (à gauche) et épaufrures/fracture (à droite) du béton de surface	18
Figure 8. Exemples de désordres de gravité 2 - Altération du béton et Infiltrations d'eau ponctuelles (à gauche) et fers apparents en surface (à droite).....	19
Figure 9. Exemples de désordres de gravité 3 - Eclatements prononcés du béton de surface avec surverse.....	19
Figure 10. Etat actuel du déversoir de décharge	19

Figure 11. Exemples de désordres immergés - Affouillement en pied de mur (à gauche) et éclatement du béton (à droite).....	21
Figure 12. Exemples de rainures et alcôves intégrés à l'ouvrage	22
Figure 13. Etat ponctuel du mur - Côté canal (à gauche) et côté Doubs (à droite)	22
Figure 14. Coupe transversale de l'ouvrage au droit de l'abscisse 190.5 m caractérisée par un affouillement en pied de mur de profondeur 0.70 m	23
Figure 15. Coupe transversale de l'ouvrage au droit de l'abscisse 220 m caractérisée par un renard hydraulique en pied de mur	23
Figure 16. Résurgence (à gauche) et affouillement (à droite) en pied de mur	24
Figure 17. Coupe transversale de l'ouvrage au droit de l'abscisse 495.5 m caractérisée par une résurgence en pied de mur	24
Figure 18. Exemples de désordres impactant la partie émergée du mur du moulin des Malades	26
Figure 19. Exemples de désordres impactant la partie immergée du mur du moulin des Malades	26



A. PREAMBULE

Le mur du « moulin des Malades », localisé sur la commune de Ranchot (39), a été aménagé entre les écluses 61 et 62 du canal du Rhône au Rhin afin de permettre une meilleure lisibilité de la voie de navigation, par séparation physique du Doubs et du canal sur un tronçon d'environ 700 ml.

Aujourd'hui, ce mur présente un état dégradé et de récents témoignages des exploitants du secteur font état de plusieurs désordres pouvant nuire à terme à la stabilité de l'ouvrage. Il s'agit notamment :

- De fuites sous-fluviales ;
- D'une dégradation de l'arase du mur en plusieurs endroits ;
- D'une destruction partielle d'environ 1.00 m de hauteur sur les 4 derniers mètres du mur, côté écluse 61.

Dans ce contexte, Voies Navigables de France souhaite réaliser le diagnostic complet du mur du moulin des Malades, afin de caractériser les désordres structurels impactant l'ouvrage et de définir un programme de travaux de confortement permettant d'assurer sa pérennité.

La mission d'ARTELIA consiste à réaliser le diagnostic visuel du mur du moulin des Malades sur le canal du Rhône au Rhin à Ranchot et à formaliser les principales observations et préconisations éventuelles dans la présente note de synthèse.



B. PRESENTATION GENERALE

1. LOCALISATION DE L'OUVRAGE

Le mur du moulin des Malades se situe sur la commune de Ranchot, dans le département du Jura (39). Cet ouvrage a été aménagé entre les écluses n°61 de Ranchot et n°62 du Moulin des Malades sur le canal du Rhône au Rhin, sur un linéaire de 708 m.

Le mur du Moulin des Malades à Ranchot est localisé sur la carte suivante :

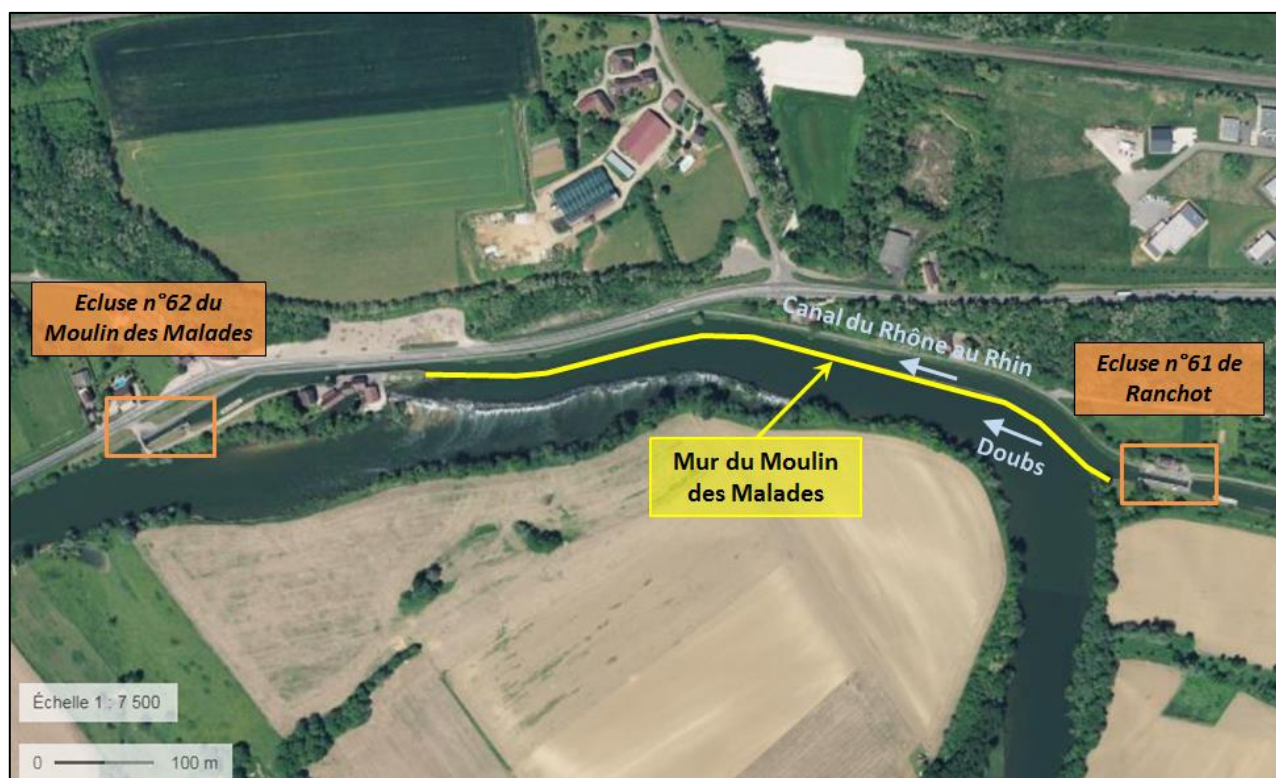


Figure 1. Localisation du mur du moulin des Malades sur le canal du Rhône au Rhin à Ranchot

A noter que le barrage de Ranchot, aménagé sur le Doubs et permettant le maintien de la cote de retenue pour l'alimentation du bief, se situe à proximité immédiate du mur à l'étude. En effet, ce barrage est localisé à seulement 25m en rive gauche du mur, et longe l'ouvrage sur près de 400 m à son extrémité aval.

2. PRESENTATION DE L'OUVRAGE

Le mur du moulin des Malades s'étend sur un linéaire de 708 m entre les écluses n°61 de Ranchot et n°62 du Moulin des Malades. En partie émergée et visible, cet ouvrage en béton est constitué de deux niveaux distincts :

- Une partie inférieure, immergée ou enterrée selon les parties d'ouvrage, arasée à la cote moyenne 210.05 m NGF et de largeur 2.00 m en tête (sur les parties observables a minima, potentiellement plus large au niveau des fondations) ;
- Une partie supérieure, émergée côté rivière, arasée à la cote moyenne 211.19 m NGF, de largeur 1.00 m et ayant fait l'objet d'un récent confortement de surface, par reprise de la crête au béton.



Figure 2. Mur du moulin des Malades sur le canal du Rhône au Rhin

Concernant la structure du mur, VNF précise également que :

- Le mur est fondé sur de la roche (donnée non vérifiée, en l'absence d'investigations géotechniques) ;
- A sa base, l'ouvrage est constitué d'un mur poids côté Doubs et d'une bêche côté canal.

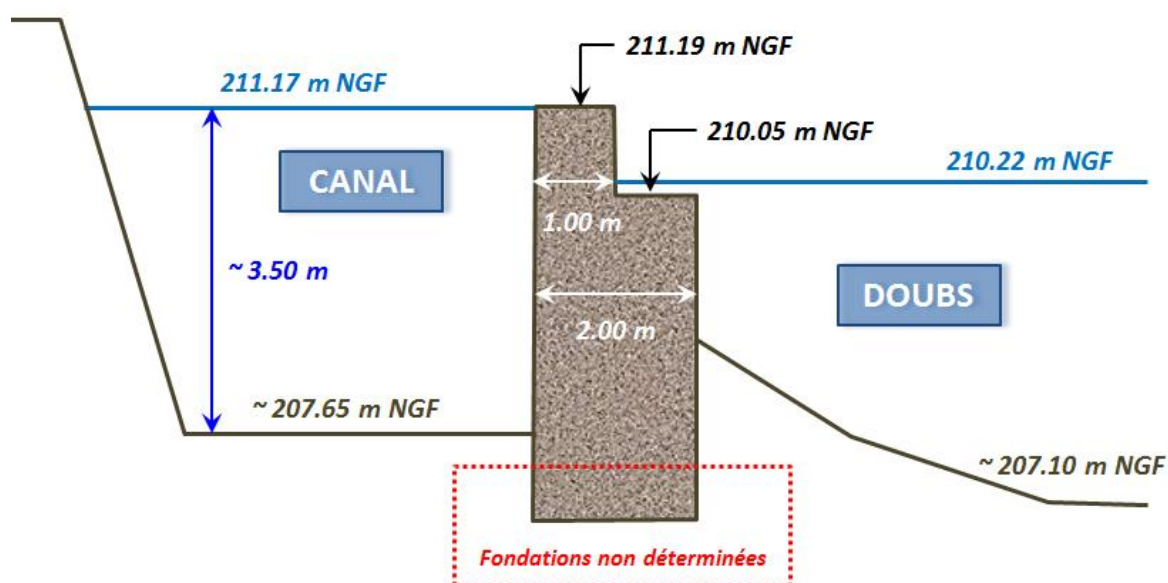


Figure 3. Coupe transversale type du mur du moulin des Malades

A son extrémité amont (côté écluse 61), le mur du moulin des Malades est muni d'un déversoir de décharge, permettant de réguler le niveau d'eau dans le bief. Celui-ci est constitué de madriers en bois, insérés dans le mur à l'étude via des réservations du béton. Cet ouvrage correspond également à une ancienne porte permettant aux bateaux d'accéder au Doubs pour effectuer le curage de la retenue en amont du barrage.

A son extrémité aval (côté écluse 62), le mur du moulin des Malades se raccorde sur le mur en pierres de taille assurant le soutènement de la berge, en prolongement du bajoyer de l'écluse 62. Une échelle est fixée à ce mur, unique point d'accès à l'ouvrage (hors accès fluvial).



Figure 4. Déversoir de décharge du mur du moulin des Malades

Construit dans les années 1930, le mur du moulin des Malades permettait d'assurer la navigation sur le canal du Rhône au Rhin avec une hauteur d'eau de 2.30 m dans la passe navigable. Aujourd'hui, cette hauteur a été portée à 4.00 m afin de pallier aux difficultés rencontrées pour l'alimentation de ce bief. En l'état, on observe à bas débits une différence de niveau d'eau de l'ordre de 1.00 m entre le canal et le Doubs sur ce tronçon.

Seuls quelques travaux ponctuels de confortement ont été réalisés il y a 15-20 ans sur l'ouvrage. Il s'agit notamment de :

- Mise en œuvre d'une longrine béton en pied de mur côté canal ;
- Comblement de plusieurs cavités au béton (travaux subaquatiques, réalisés en eau).

Au-delà, VNF ne dispose d'aucun élément sur l'ouvrage, à l'exception de quelques photos d'archives datant de sa construction.



Figure 5. Photos d'archives du 04/11/1931



Figure 6. Photos d'archives du 29/01/1932

3. CONTEXTE ADMINISTRATIF

Le propriétaire et gestionnaire du mur du moulin des Malades est Voies Navigables de France, représenté par la Direction Territoriale Rhône-Saône et par délégation la Subdivision de Dole.

	VOIES NAVIGABLES DE FRANCE Direction Territoriale Rhône Saône Subdivision de Dole 2, rue du Général Béthouard BP83 39 108 DOLE Cedex
Téléphone : 03 84 70 80 05	



C. DIAGNOSTIC VISUEL

1. OBJECTIFS

Le diagnostic du mur du moulin des Malades à Ranchot doit permettre de dresser un état des lieux complet de l'ouvrage et d'avertir le Maître d'ouvrage en cas de nécessité de travaux urgents de confortement.

Dans le cadre du diagnostic visuel, la visite de terrain des parties visibles consiste à :

- Observer sur le site les différentes parties d'ouvrages identifiées, notamment sur les relevés topographiques réalisés à cet effet ;
- Dresser un état structurel des ouvrages visibles et accessibles, et identifier les grandes caractéristiques de ces derniers ;
- Relever et caractériser les désordres apparents.

2. PROTOCOLE DE VISITE

L'inspection visuelle du mur du moulin des Malades a été réalisée par deux équipes, ayant intervenu en simultané :

- Une **équipe ARTELIA**, pour le diagnostic des **parties émergées**, visibles et accessibles à pied ;
- Une **équipe NAUTILIA**, pour le diagnostic des **parties immergées**, uniquement accessibles par des plongeurs.

2.1. INTERVENTION SUR LES PARTIES EMERGEES

2.1.1. Parties d'ouvrages inspectées

Les parties d'ouvrages visibles inspectées sont les suivantes :

- La **partie supérieure du mur** : crête, revêtements éventuels, état des bétons, déplacements d'ensemble, passages d'eau, végétation, ... ;
- La **tête de la partie inférieure du mur** : revêtements éventuels, état des bétons, déplacements d'ensemble, végétation, embâcles, ... ;
- Les **aménagements connexes**, dont le déversoir de décharge du bief ;
- Les **abords immédiats** de l'ouvrage.

2.1.2. Conditions de la visite

La visite a été réalisée par deux personnes d'ARTELIA, qui se sont déplacées à pied sur l'ouvrage sur l'ensemble de son linéaire.

La visite s'est déroulée le 11 juillet 2019.

Les conditions climatiques étaient convenables pour réaliser l'inspection visuelle des ouvrages, avec un ciel couvert. Les conditions hydrologiques sur le Doubs étaient également bonnes, avec un débit d'étiage permettant une circulation aisée sur l'ouvrage et une bonne visibilité des parties hors d'eau.

2.1.3. Moyens matériels

Le matériel utilisé lors de l'inspection de terrain est le suivant :

- Appareil-photo numérique GPS ;
- Mètre ;
- Fiches de terrain ;
- Carte du secteur d'étude ;
- Relevés topographiques de l'ouvrage.

2.2. INTERVENTION SUR LES PARTIES IMMERGEES

2.2.1. Parties d'ouvrages inspectées

Les parties d'ouvrages visibles inspectées sont les suivantes :

- Les **parements du mur** (parties immergées et émergées, côté canal et côté Doubs) : état des bétons, fissures ou cavités, déplacements d'ensemble, passages d'eau, enrochements éventuels, ... ;
- Les **aménagements immergés connexes**, dont le déversoir de décharge du bief ;
- Les **abords immédiats immergés** de l'ouvrage.

2.2.2. Conditions de la visite

La visite a été réalisée par trois personnes de NAUTILIA, qui ont réalisé l'inspection subaquatique de l'ouvrage sur l'ensemble de son linéaire, côté canal et côté Doubs, soit environ 1400 ml d'investigations. L'équipe d'intervention se composait de :

- Un chef d'opérations hyperbares, scaphandrier de classe 2A-M2/MR, en qualité d'agent d'inspection d'ouvrages d'art immergés ;
- Deux scaphandriers de classe 2A-M0 H0B0.

L'inspection s'est déroulée entre le 8 et le 15 juillet 2019.

Les conditions climatiques étaient convenables pour réaliser l'inspection visuelle des ouvrages, avec un ciel couvert à dégagé. Les conditions hydrologiques sur le Doubs étaient également bonnes, avec un débit d'étiage permettant une intervention subaquatique en toute sécurité.

3. DIAGNOSTIC VISUEL DE L'OUVRAGE

3.1. HIERARCHISATION DES DESORDRES

L'impact des désordres est différent en fonction de leur nature. C'est pourquoi il est nécessaire de définir une échelle permettant de qualifier la gravité des désordres, selon leur impact sur la stabilité de l'ouvrage.

L'échelle de gravité ici proposée est la suivante :

- **Gravité 1 : Travaux à long terme (10 à 12 ans)**

Désordre peu prononcé et/ou rare – Suivi régulier ou non intervention.

- **Gravité 2 : Travaux à moyen terme (5 à 6 ans)**

Désordre prononcé et/ou fréquent – Surveillance spécifique ou fréquence des visites de surveillance adaptée.

- **Gravité 3 : Travaux à court terme (1 à 2 ans)**

Désordre compromettant la sécurité de l'ouvrage – Surveillance renforcée et intervention à prévoir.

Les principaux désordres observés sur le mur du moulin des Malades sont présentés ci-après par partie d'ouvrage.

3.2. DIAGNOSTIC DES PARTIES EMERGÉES

La carte de localisation des désordres en partie émergée est présentée en annexe 2 du présent rapport.

D'amont en aval, les désordres observés sur les parties émergées du mur du moulin des Malades sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 1. Synthèse des désordres recensés sur les parties émergées de l'ouvrage

Synthèse du diagnostic des parties émergées				
N° Désordre	Type de désordre	Localisation	Dimensions	Code gravité
01	Soulèvement et fracture du béton dus à la végétation	Revêtement de la crête	1.00 m	1
02	Eclatement du béton de surface	Revêtement de la crête	1.00 m	1
03	Eclatement du béton de surface + Infiltrations d'eau à travers le mur (canal => Doubs)	Revêtement de la crête Parement côté Doubs	1.50 m	2
04	Infiltrations d'eau à travers le mur (canal => Doubs)	Parement côté Doubs	0.30 m	2
05	Ecaillage du béton de surface	Revêtement de la crête	0.90 m	1
06	Faïençage et épaufrure du béton de surface	Revêtement de la crête	0.50 m	1
07	Ecaillage du béton de surface	Revêtement de la crête	1.00 m	1
08	Epaufrure du béton de surface	Revêtement de la crête	0.40 m	1
09	Ecaillage du béton de surface + 4 fuites mineures ponctuelles (canal => Doubs)	Revêtement de la crête Parement côté Doubs	0.50 m	2
10	Double épaufrure et début de fracture du béton de surface	Revêtement de la crête	0.60 m	1
11	Fracturation du béton + Infiltrations d'eau mineures (canal => Doubs)	Revêtement de la crête Parement côté Doubs	1.00 m	2
12	Eclatement du béton de surface + Infiltrations d'eau mineures (canal => Doubs)	Revêtement de la crête Parement côté Doubs	7.00 m	2

13	Eclatement ponctuel du béton de surface + Développement important de la végétation + 2 fuites mineures ponctuelles (canal => Doubs)	Revêtement de la crête Parement côté Doubs	3.00 m	2
14	Ecaillage du béton de surface + 5 fuites mineures ponctuelles (canal => Doubs)	Revêtement de la crête Parement côté Doubs	2.00 m	2
15	Fracturation du béton du parement + 2 fuites modérées (canal => Doubs)	Parement côté Doubs	2.50 m	2
16	Eclatement du béton de surface	Revêtement de la crête	2.00 m	1
17	Altération prononcée du béton du parement + Développement important de la végétation + Fuites importantes (canal => Doubs)	Parement côté Doubs	4.00 m	3
18	Eclatement du béton de surface + Infiltrations d'eau modérées (canal => Doubs)	Revêtement de la crête	1.00 m	2
19	Eclatement du béton de surface + Fers à béton apparents	Revêtement de la crête	9.00 m	2
20	Double fracture du béton + Epaufure	Revêtement de la crête	0.30 m	1
21	Eclatement du béton de surface + Fers à béton apparents	Revêtement de la crête	3.50 m	2
22	Eclatements ponctuels du béton de surface (x2) + Développement de la végétation	Revêtement de la crête	1.00 m	1
23	Fracture du béton de surface	Revêtement de la crête	0.20 m	1
24	Eclatement du béton de surface + Treillis apparent	Revêtement de la crête	0.50 m	2
25	Eclatement ponctuel du béton de surface	Revêtement de la crête	0.70 m	1
26	Eclatements successifs du béton de surface (x3) + Fers apparents	Revêtement de la crête	12.00 m (3 x 4.00 m)	2
27	Succession d'épaufrures côté canal	Revêtement de la crête	7.00 m	1
28	Eclatement prononcé du béton de surface avec surverse ponctuelle	Revêtement de la crête	5.00 m	3
29	Eclatement du béton de surface + Fers à béton apparents	Revêtement de la crête	21.00 m	2
30	Eclatement du béton de surface + Développement important de la végétation + 5 fuites mineures (canal => Doubs) + Fers à béton et treillis apparents	Revêtement de la crête Parement côté Doubs	15.00 m	2
31	Ecaillage et éclatement du béton de surface + Treillis apparent	Revêtement de la crête	5.00 m	2
32	Eclatement du béton de surface	Revêtement de la crête	1.50 m	1
33	Fractures du béton de surface (x2) dues à la végétation	Revêtement de la crête	0.50 m	1
34	Eclatement du béton de surface avec surverse (canal => Doubs)	Revêtement de la crête	6.00 m	3
35	Eclatement du béton de surface avec surverse (canal => Doubs) + Fracture du béton	Revêtement de la crête	5.00 m	3
36	Epaufure du béton de surface	Revêtement de la crête	0.60 m	1
37	Eclatement du béton de surface avec surverse (canal => Doubs)	Revêtement de la crête	6.00 m	3
38	Double épaufrure du béton de surface	Revêtement de la crête	2 x 1.00 m	1
39	Eclatement du béton de surface avec surverse (canal => Doubs)	Revêtement de la crête	1.00 m	3
40	Eclatement du béton de surface avec surverse (canal => Doubs)	Revêtement de la crête	6.00 m	3
41	Eclatement du béton de surface avec surverse (canal => Doubs)	Revêtement de la crête	4.00 m	3
42	Eclatement du béton de surface avec surverse (canal => Doubs)	Revêtement de la crête	2.00 m	3
43	Altération prononcée du béton de surface, avec plusieurs épaufrures, fractures et une surverse sur 1m + Développement important de la végétation	Revêtement de la crête Parement côté Doubs	16.00 m	2

44	Eclatement du béton de surface avec surverse (canal => Doubs)	Revêtement de la crête	2.00 m	3
45	Fracture du béton de surface + Epaufrure	Revêtement de la crête	1.00 m	1
46	Cavité dans béton de surface	Revêtement de la crête	0.30 m	1
47	Eclatement du béton de surface + Epaufrure	Revêtement de la crête	0.20 m	1
48	Epauftures marquées du béton de surface + Développement ponctuel de la végétation	Parement côté canal Parement côté Doubs	0.50 m / 0.60 m	1
49	Eclatement du béton de surface avec surverse (canal => Doubs)	Revêtement de la crête	2.50 m	3
50	Léger sous-cavement du pied de mur	Parement côté Doubs	2.50 m	1

Au total, le diagnostic visuel des parties émergées de l'ouvrage a permis d'identifier une cinquantaine de désordres répartis sur l'ensemble du linéaire inspecté.

La partie émergée du mur du moulin des Malades est concernée par de nombreux désordres mineurs, d'impact faible à modéré sur la stabilité d'ouvrage, ainsi que par quelques zones potentiellement plus sensibles pour la pérennité de l'ouvrage. **Le reportage photographique complet des désordres émergés est joint en annexe 3 du présent rapport.**

Les principaux points à retenir suite à l'inspection visuelle des parties émergées de l'ouvrage sont les suivants :

- Près de la moitié des désordres (44%) sont de gravité 1, sans impact significatif sur l'ouvrage. Il s'agit principalement de :
 - Epaufures du béton de surface ;
 - Eclatement localisé du béton de surface, sur des linéaires réduits ;
 - Fractures ponctuelles ou début de fracture du béton ;
 - Ecaillage ponctuel du béton de surface.



Figure 7. Exemples de désordres de gravité 1 - Ecaillage (à gauche) et épaufures/fracture (à droite) du béton de surface

- 34% des désordres sont de gravité 2, nécessitant une surveillance spécifique afin de s'assurer de leur non dégradation. Il s'agit principalement de :
 - Infiltrations d'eau ponctuelles à travers le mur, depuis le canal vers le Doubs ;
 - Fracturation marquée du béton de surface ;
 - Eclatements prononcés du béton de surface, sur des linéaires significatifs ou avec mise à nu des fers à béton ;

- Désordres accentués par le développement de la végétation sur l'ouvrage.



Figure 8. Exemples de désordres de gravité 2 - Altération du béton et Infiltrations d'eau ponctuelles (à gauche) et fers apparents en surface (à droite)

- 22% des désordres sont de gravité 3, nécessitant une intervention pour limiter toute dégradation évolutive de l'ouvrage. Il s'agit essentiellement des éclatements très prononcés du béton de surface, induisant une surverse permanente ou ponctuelle des écoulements du canal vers le Doubs. Le phénomène de lessivage du béton pourra se poursuivre à terme si aucune opération n'est entreprise pour consolider la crête de l'ouvrage.



Figure 9. Exemples de désordres de gravité 3 - Eclatements prononcés du béton de surface avec surverse

- Le déversoir de décharge présente quant à lui un état convenable, hormis l'éclatement d'une pierre de taille en rive gauche et le développement ponctuel de mousses sur l'ouvrage.



Figure 10. Etat actuel du déversoir de décharge

Note technique

DIAGNOSTIC DU MUR DU MOULIN DES MALADES SUR LE CANAL DU RHONE AU RHIN A RANCHOT

3.3. DIAGNOSTIC DES PARTIES IMMERGEES

Les plans de localisation des désordres en partie immergée sont présentés en annexe 4 (côté canal) et en annexe 5 (côté Doubs) du présent rapport.

Les désordres observés sur les parties immergées du mur du moulin des Malades sont présentés dans les tableaux suivants :

Tableau 2. Synthèse des désordres recensés sur les parties immergées de l'ouvrage - Côté canal

Synthèse du diagnostic des parties immergées - Côté canal (amont)					
N° Désordre	Abscisse	Type de désordre	Dimensions	Code gravité	N° Photo/Film
51	20-24 m	Fissure du béton	L = 4.00 m	2	P3
52	41 m	Fissure du béton	-	2	Film 9
53	72 m	Affouillement en pied de mur	L = 0.50 m	1	P5
54	149 m	Renard hydraulique en pied de mur (canal => Doubs)	L = 0.10 m	3	-
55	160 m	Eclatement du béton	L = 0.20 m	1	P9
56	165 m	Affouillement en pied de mur	L = 1.25 m / P = 0.20 m	1	P10
57	173 m	Affouillement en pied de mur	L = 3.00 m / P = 0.40 m	2	P11
58	186 m	Affouillement en pied de mur	L = 1.80 m / P = 0.85 m	2	-
59	190.5 m	Affouillement en pied de mur	L = 1.00 m / P = 0.70 m	2	-
60	195 m	Renard hydraulique en pied de mur (canal => Doubs)	-	3	Film 4
61	197 m	Affouillement en pied de mur	L = 0.60 m / P = 0.50 m	1	-
62	205 m	Fissure du béton	L = 5.00 m	2	-
63	209 m	Fissure aspirante dans le béton (canal => Doubs)	-	3	Film 6
64	210 m	Fissure aspirante dans le béton (canal => Doubs)	-	3	Film 7
65	219 m	Renard hydraulique en pied de mur (canal => Doubs)	L = 0.25 m	3	Film 14
66	221 m	Eclatement du béton	L = 0.10 m	1	-
67	230 m	Cavité dans le béton	L = 0.65 m / P = 0.20 m	2	P14
68	250 m	Cavité dans le béton	L = 0.60 m / P = 0.55 m	2	P15
69	293 m	Renard hydraulique en pied de mur (canal => Doubs)	-	3	Film 12
70	294 m	Renard hydraulique en pied de mur (canal => Doubs)	-	3	Film 11
71	312 m	Cavité dans le béton	L = 0.45 m / P = 0.35 m	1	P16
72	330 m	Eclatements du béton + Fissures du béton	L = 0.18 m L = 3.16 m	2	P19 à P22 Film 8
73	375 m	Cavité dans le béton	-	1	P24
74	400 m	Fissure du béton	L = 3.43 m	2	Film 10
75	475-488 m	Fissure du béton	-	2	Film 13
76	488-489 m	Affouillements en pied de mur (x2)	-	1	P27 / P28
77	500 m	Affouillement en pied de mur	-	1	P29
78	558 m	Affouillement en pied de mur	L = 1.00 m / P = 0.20 m	1	P33
79	566 m	Renard hydraulique en pied de mur (canal => Doubs)	L = 0.50 m	3	-
80	575 m	Affouillement en pied de mur	L = 1.00 m / P = 0.50 m	2	-

Tableau 3. Synthèse des désordres recensés sur les parties immergées de l'ouvrage - Côté Doubs

Synthèse du diagnostic des parties immergées - Côté Doubs (aval)					
N° Désordre	Abscisse	Type de désordre	Dimensions	Code gravité	N° Photo/Film
81	149 m	Renard hydraulique en pied de mur (canal => Doubs)	L = 1.00 m	3	P5
82	153 m	Affouillement en pied de mur	L = 2.00 m	2	P6
83	340 m	Affouillement en pied de mur	L = 1.20 m / P = 0.45 m	2	P17
84	420 m	Résurgence en pied de mur (canal => Doubs)	-	3	P21
85	435 m	Eclatement du béton en pied de mur	L = 0.60 m / H = 0.25 m	1	P22
86	481 m	Cavité dans le béton	L = 0.60 m / P = 0.20 m	1	-
87	495 m	Résurgence en pied de mur (canal => Doubs)	L = 0.35 m / H = 0.30 m	3	-
88	545 m	Cavité dans le béton	L = 0.20 m / P = 0.25 m	1	P25
89	634 m	Affouillement en pied de mur	L = 1.50 m / P = 0.15 m	1	P32
90	647 m	Affouillement en pied de mur	L = 0.30 m / P = 0.15 m	1	P34
91	677 m	Affouillement en pied de mur	L = 1.20 m / P = 0.22 m	1	P36

Au total, le diagnostic visuel des parties immergées de l'ouvrage a permis :

- D'identifier des désordres, d'impact plus ou moins prononcé, principalement caractérisés par des affouillements en pied de mur, des fissures du béton ou encore des infiltrations d'eau à travers l'ouvrage depuis le canal vers le Doubs ;

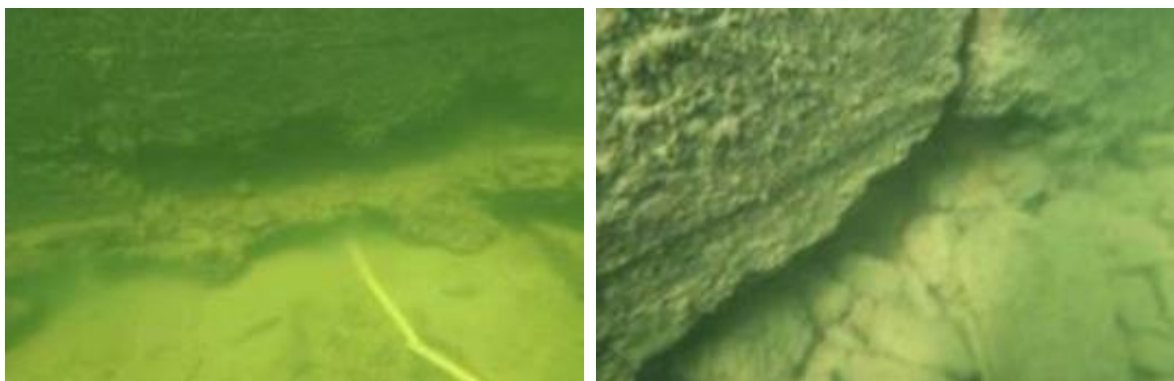


Figure 11. Exemples de désordres immergés - Affouillement en pied de mur (à gauche) et éclatement du béton (à droite)

- De localiser des alcôves ou des rainures, intégrés à l'ouvrage et répartis sur l'ensemble du linéaire de l'ouvrage, côté canal et côté Doubs ;



Figure 12. Exemples de rainures et alcôves intégrés à l'ouvrage

- De caractériser l'état du mur sur certains secteurs.



Figure 13. Etat ponctuel du mur - Côté canal (à gauche) et côté Doubs (à droite)

Le reportage photographique complet des désordres immergés est joint en annexe 6 du présent rapport. Celui-ci est complété par 14 films réalisés lors de l'inspection subaquatique et joints au dossier.

Les principaux points à retenir suite à l'inspection visuelle des parties immergées de l'ouvrage sont les suivants :

3.3.1. Parement du mur côté canal (face amont)

Il s'agit de la partie d'ouvrage la plus dégradée, avec plusieurs secteurs particulièrement impactés par des affouillements en pied de mur ou zones d'aspiration d'eau (renards hydrauliques). Les principaux linéaires concernés sont les suivants :

- **Environ 70 ml entre les abscisses 150 et 220 m** : ce linéaire est notamment impacté par :
 - Deux fissures verticales aspirantes (passages d'eau dans le sens canal => Doubs) ;
 - Trois renards hydrauliques ponctuels et de faibles dimensions localisés en pied de mur (diamètre 0.10 à 0.25 m) ;

- Trois affouillements prononcés en pied de mur, de profondeur supérieure à 0.50 m ou de longueur supérieure à 2.00 m.
- **Deux zones ponctuelles aux abscisses 493 et 566 m**, impactées par deux renards hydrauliques ;
- **Deux zones ponctuelles aux abscisses 41, 330 et 400 m**, impactées par des fissures verticales du béton sur toute la hauteur du mur, sans aspiration d'eau.

Au-delà, plusieurs désordres plus localisés et de moindre ampleur ont également été identifiés. Il s'agit principalement de début d'affouillement en pied de mur, d'éclatement localisé du béton ou encore de cavité ponctuelle dans le parement, sans infiltration d'eau.

Coupe PM 190.5 m

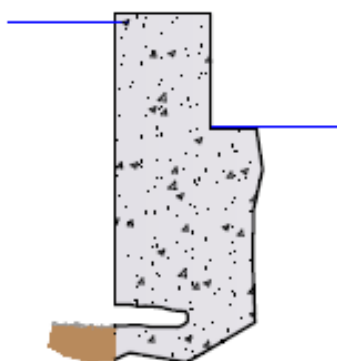


Figure 14. Coupe transversale de l'ouvrage au droit de l'abscisse 190.5 m caractérisée par un affouillement en pied de mur de profondeur 0.70 m

Coupe PM 220 m

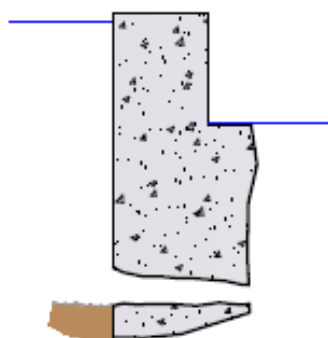


Figure 15. Coupe transversale de l'ouvrage au droit de l'abscisse 220 m caractérisée par un renard hydraulique en pied de mur

3.3.2. Parement du mur côté Doubs (face aval)

Cette partie de l'ouvrage présente un état moins dégradé, avec seulement 11 désordres rencontrés dont 3 sont de gravité 3. Il s'agit uniquement de renards hydrauliques, avec la présence de résurgence en pied de mur des eaux en provenance du canal.

Pour le reste, la partie immergée de l'ouvrage côté Doubs présente quelques désordres mineurs uniquement :

- Affouillements ponctuels en pied de mur ;
- Eclatement localisé du béton ;
- Cavité ponctuelle dans le béton.

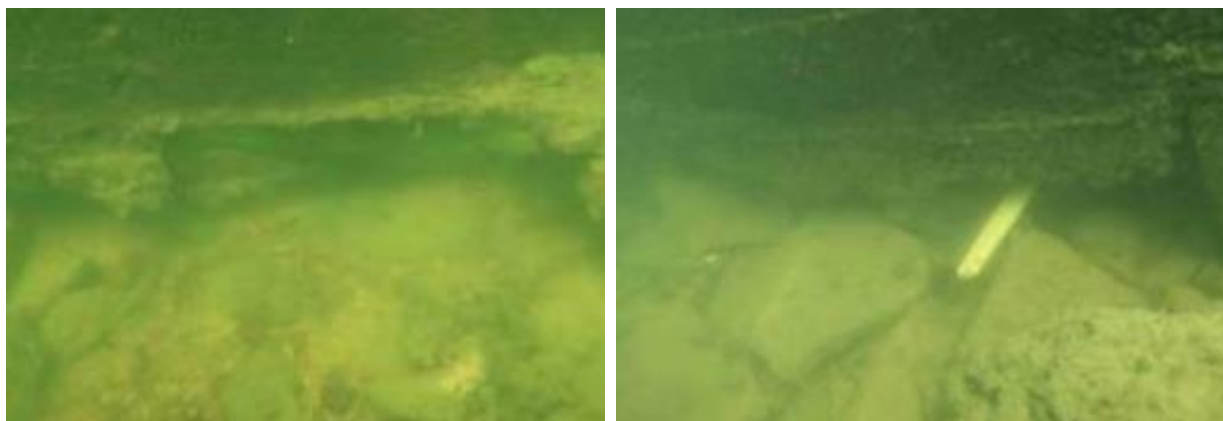


Figure 16. Résurgence (à gauche) et affouillement (à droite) en pied de mur

Coupe PM 495.5 m

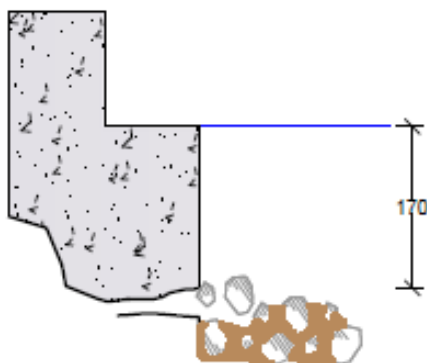


Figure 17. Coupe transversale de l'ouvrage au droit de l'abscisse 495.5 m caractérisée par une résurgence en pied de mur

Le parement du mur côté Doubs est davantage dégradé en tête, sur ses parties émergées, en raison des aléas météorologiques et hydrologiques, ainsi que du développement de la végétation.



D. PISTES D'AMENAGEMENT POUR LE CONFORTEMENT DE L'OUVRAGE

1. SYNTHÈSE DU DIAGNOSTIC

Le diagnostic visuel du mur du moulin des Malades à Ranchot a permis de mettre en évidence les constats suivants :

- La partie émergée du mur est principalement impactée par une **dégradation du béton de surface**, plus récent que le reste de l'ouvrage et induisant une surverse permanente sur plusieurs zones, ainsi que par des **infiltrations d'eau plus ou moins importantes à travers l'ouvrage**, en lien avec le niveau d'eau du canal plus élevé que celui du Doubs. Au-delà, de nombreux désordres mineurs ont également été identifiés, avec notamment des fissures, éclatements ou épaufures du béton constitutif de l'ouvrage.



Figure 18. Exemples de désordres impactant la partie émergée du mur du moulin des Malades

- La partie immergée du mur présente un état plus dégradé côté canal, avec plusieurs secteurs particulièrement impactés par des **affouillements prononcés en pied d'ouvrage**, des **fissures verticales** sur toute la hauteur du mur, ou encore la présence de points d'aspiration caractéristiques des phénomènes de **renards hydrauliques**. Deux tronçons de 70 et 40 ml sont principalement concernés, ainsi que deux zones plus ponctuelles. Au-delà, plusieurs désordres localisés et de moindre ampleur ont pu être identifiés sur une majeure partie du linéaire : début d'affouillement, éclatement partiel du béton ou cavité ponctuelle dans le parement, sans infiltration d'eau.

Le parement côté Doubs présente quant à lui un état moins dégradé en partie immergée, à l'exception néanmoins de quelques passages d'eau à travers l'ouvrage.

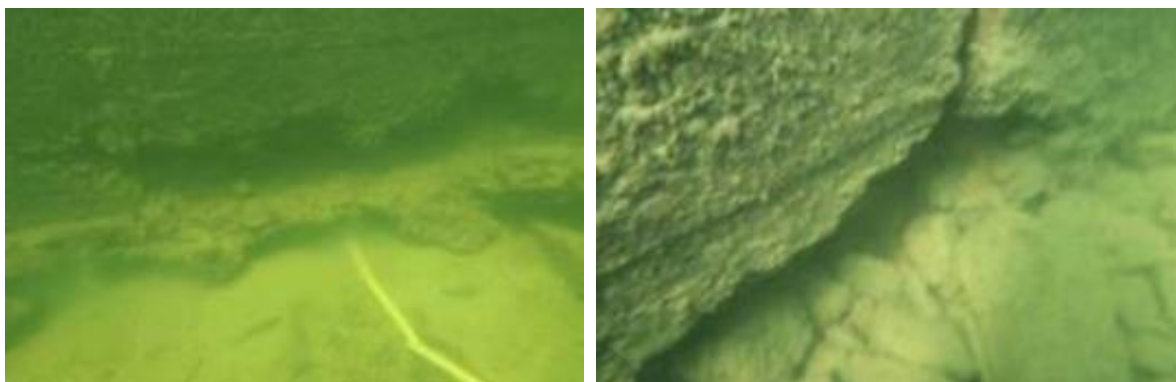


Figure 19. Exemples de désordres impactant la partie immergée du mur du moulin des Malades

D'une manière générale, le mur du moulin des Malades est soumis, depuis sa construction dans les années 1930, à différents phénomènes contribuant à son altération au cours du temps :

- Les aléas météorologiques et hydrologiques ;
- Le développement de la végétation en partie émergée, qui accélère la dégradation de l'ouvrage par fissuration du béton et création de passages d'eau préférentiels ;
- La mise en charge de l'ouvrage côté canal, en lien avec une différence de niveau d'eau de l'ordre de 1.00 m entre le canal et le Doubs en exploitation normale.

Ces différents phénomènes conduisent à une dégradation progressive et naturelle du béton, par lessivage et/ou éclatement en surface et par fissuration et/ou affouillement en profondeur. Ces désordres sont évolutifs et accentués par les passages d'eau préférentiels qui se sont créés au cours des années à travers l'ouvrage. A terme, les passages d'eau désormais existants risquent d'accélérer la dégradation de l'ouvrage, pouvant conduire à sa ruine totale ou partielle, ainsi qu'à une interruption de la navigation sur ce tronçon du CRR.

2. PRECONISATIONS DE TRAVAUX

Sur la base du diagnostic réalisé, des pistes de travaux de confortement de l'ouvrage sont proposées ci-après. L'objectif est ici d'assurer la pérennité du mur du moulin des Malades et l'usage de la navigation associé, passant par :

- Le traitement des infiltrations d'eau à travers l'ouvrage, en priorité ;
- Le confortement de la crête du mur ;
- La prise en compte des désordres mineurs (fissures, cavités, affouillements, ...).

Plusieurs solutions de confortement sont proposées, de la moins ambitieuse à la plus ambitieuse, selon le souhait du Maître d'ouvrage et le budget alloué à cette opération.

Remarque :

Les coûts estimatifs annoncés ci-après constituent uniquement des enveloppes budgétaires, visant à donner à VNF un ordre de grandeur quant à l'ampleur des travaux à réaliser. En cas de travaux, une étude spécifique devra être réalisée afin de dimensionner la solution technique retenue, définir le mode opératoire en phase travaux et préciser l'estimation financière associée.

2.1. SOLUTION N°1 : REPRISES PONCTUELLES DE L'OUVRAGE

La solution de confortement n°1, d'ambition faible, consiste uniquement à traiter les désordres les plus sensibles pour la durabilité de l'ouvrage. Cette solution permettra de limiter ponctuellement la dégradation du mur, mais le risque de réapparition de désordres restera important sur le long terme puisque la structure initiale sera conservée.

Les principales opérations envisagées sont les suivantes :

- Comblement des passages d'eau immergés par injection d'hydrobéton au sein des cavités ;
- Comblement des infiltrations d'eau émergées par injection de béton ;
- Traitement des fissures les plus importantes ;
- Reprise de la crête du mur au béton.

A noter que, dans la mesure du possible et sous réserve d'autorisation de la DDT39, les travaux devront être réalisés en eau et côté canal uniquement. En effet :

- En cas de mise à sec du canal, la pression hydrostatique exercée par le Doubs sur le mur serait importante et pourrait aggraver les désordres actuels, voire en créer de nouveaux. Une intervention en eau serait donc à privilégier, à la condition d'utiliser un béton spécifique et adapté, de type **hydrobéton**.
- Les travaux seront menés côté canal uniquement puisque les passages d'eau sont essentiellement rencontrés sur cette partie de l'ouvrage. De plus, cette organisation permet de limiter les risques de pollutions accidentelles dans le Doubs et de faciliter le déroulement des travaux, via un accès fluvial par le canal.

L'enveloppe financière associée à de tels travaux est estimée à environ 400 K€ HT, hors frais de maîtrise d'œuvre et d'investigations complémentaires (sondages géotechniques, analyses du béton, ...).

2.2. SOLUTION N°2 : CONFORTEMENT DE L'OUVRAGE

La solution de confortement n°2, d'ambition modérée, consiste à reprendre l'intégralité du pied d'ouvrage côté canal et à traiter les principaux désordres en partie émergée. En effet, les désordres les plus préjudiciables pour la pérennité de l'ouvrage (passages d'eau, affouillements marqués, ...) sont localisés en pied de mur côté canal : le comblement de ces cavités et des passages d'eau associés, ainsi que le renforcement mécanique du pied d'ouvrage, permettra de limiter les phénomènes de dégradation rencontrés (affouillements notamment, donnant lieu à terme à des infiltrations d'eau).

Les principales opérations envisagées sont les suivantes :

- Comblement des passages d'eau immergés et reprise de la totalité des affouillements par mise en œuvre d'une longrine en béton en pied d'ouvrage côté canal, éventuellement confortée en butée par un rideau de palplanches de hauteur utile 1.00 m ;
- Comblement des cavités les plus importantes par injection de béton ;
- Traitement des fissures et cavités mineures par mise en œuvre d'un béton projeté sur le parement côté canal ;
- Reprise de la crête du mur au béton.

Pour ce type d'opération, la mise à sec du canal est à privilégier afin de prévoir un ancrage suffisant de la longrine et une mise en œuvre du béton respectant les règles de l'Art usuelles. Néanmoins, l'assèchement de la passe navigable pourra se heurter aux contraintes suivantes :

- Planification de l'intervention en période de chômage du canal, période plus sensible au risque de crues sur le Doubs ;
- Mise en œuvre d'un soutènement provisoire visant à stabiliser le mur durant toute la durée des travaux, afin de palier à la poussée hydrostatique induite par le Doubs ;
- Mise en œuvre de dispositifs de pompage, tenant compte des arrivées d'eau depuis le Doubs à travers les cavités et fissures existant dans le mur du moulin des Malades.

L'enveloppe financière associée à de tels travaux est estimée à environ 1 300 K€ HT, hors frais de maîtrise d'œuvre et d'investigations complémentaires (sondages géotechniques, analyses du béton, ...).

2.3. SOLUTION N°3 : RECONSTRUCTION DE L'OUVRAGE

La solution de confortement n°3, d'ambition maximale, consiste à reconstruire l'ouvrage de façon à garantir sa pérennité et en s'affranchissant des limites techniques du béton, aujourd'hui rencontrées dans la plupart des désordres relevés sur le mur (lessivage, fissuration, ...).

Le principe de reconstruction proposé consiste à mettre en œuvre un double rideau de palplanches, de part et d'autre du mur existant. L'interstice entre les deux rideaux sera :

- Soit occupé par le mur existant, conservé en l'état, selon la position des rideaux et l'emprise disponible ;
- Soit comblé par les déblais issus du démantèlement de l'ouvrage originel, complété par du gros béton en surface pour finaliser l'arase du mur.

Les principales opérations envisagées sont les suivantes :

- Mise en œuvre du rideau de palplanches côté Doubs, servant également de batardeau en phase chantier ;
- Démantèlement ou conservation du mur actuel ;
- Mise en œuvre du second rideau de palplanches côté canal ;
- Comblement de l'interstice entre les deux rideaux et finalisation de l'arase au gros béton.

Cette solution, bien que beaucoup plus onéreuse, permet néanmoins de disposer d'un ouvrage peu sensible aux aléas météorologiques et hydrologiques, réduisant ainsi considérablement les risques de dégradation et besoins de maintenance sur le long terme.

La principale contrainte réside dans la hauteur des palplanches, ici relativement importante : la hauteur utile du mur étant de l'ordre de 4.00 m, les palplanches devront posséder une longueur de 10 à 12 m environ pour être autostables. Une telle longueur peut présenter des risques de refus au battage, compte tenu de la proximité supposée du substratum rocheux sur ce secteur (auquel cas, des dispositifs d'ancrage dans le rocher pourront être également prévus).

L'enveloppe financière associée à de tels travaux est estimée à environ 2 800 K€ HT, hors frais de maîtrise d'œuvre et d'investigations complémentaires (sondages géotechniques, analyses du béton, ...).

2.4. OPTIMISATION DE LA GESTION DE L'OUVRAGE

Dans la mesure du possible selon l'enjeu de navigation sur ce tronçon du CRR, et afin de limiter la mise en charge permanente du mur côté canal, favorisant les passages d'eau et la dégradation de l'ouvrage, il serait intéressant d'abaisser le niveau du canal à hauteur de la crête du barrage sur le Doubs. En effet, l'équilibre ou le quasi-équilibre des lignes d'eau permettrait de diminuer les écoulements interstitiels à travers le mur, induits par la différence de charge de part et d'autre de l'ouvrage.

L'abaissement optimal ici préconisé s'élève à 0.95 m côté canal, d'après les relevés topographiques disponibles. Un abaissement plus faible permettrait également, dans une moindre mesure, d'améliorer la situation actuelle par réduction de la pression hydrostatique appliquée sur le mur.

Rappelons que la hauteur d'eau dans la passe navigable a récemment été portée à 4.00 m afin de pallier aux difficultés rencontrées pour l'alimentation de ce bief (contre 2.30 m lors de la construction du mur).

3. PROCEDURES REGLEMENTAIRES

Les procédures réglementaires visées pour les travaux de confortement du mur du moulin des Malades sont les suivantes :

- **Loi sur l'Eau :**
 - Solution n°1 – Reprises ponctuelles : Porté à connaissance visant à informer la DDT39 des travaux projetés et des mesures de prévention mises en œuvre pour le bon déroulement du chantier ;
 - Solution n°2 – Confortement de l'ouvrage : Porté à connaissance visant à informer la DDT39 des travaux projetés et des mesures de prévention mises en œuvre pour le bon déroulement du chantier ;
 - Solution n°3 – Reconstruction de l'ouvrage : Dossier d'autorisation environnementale, éventuellement d'étude d'impact selon étude au cas par cas.
- **Espèces protégées :**

Quelle que soit la solution retenue : a priori non concerné, compte tenu de la nature de l'ouvrage et de ses abords. A confirmer auprès de la DREAL.

- **Monuments historiques :**

Non soumis, car aucun édifice classé et/ou inscrit au titre des Monuments historiques n'est localisé sur la commune de Ranchot.

En cas de réalisation de travaux, ces procédures réglementaires seront à confirmer auprès de la DDT39 au préalable.



E. SYNTHÈSE

Le diagnostic visuel du mur du moulin des Malades à Ranchot a permis de mettre en évidence l'état dégradé de l'ouvrage, qui a subi au fil des années de nombreuses altérations accentuées par les aléas climatiques et hydrologiques. Parmi les désordres rencontrés, on retiendra en particulier :

- Les **désordres majeurs** (gravité 1), menaçant la stabilité de l'ouvrage et qu'il sera nécessaire de traiter à court terme. Il s'agit principalement des passages d'eau depuis le canal vers le Doubs, des affouillements les plus prononcés en pied d'ouvrage côté canal, des fissures verticales sur toute la hauteur du mur, ou encore de l'arase du mur très dégradée, voire absente, sur plusieurs tronçons, induisant une surverse permanente sur l'ouvrage.
- Les **désordres mineurs** (gravité 2 ou 3), de moindre ampleur mais nécessitant néanmoins une surveillance régulière. Il s'agit principalement des débuts de fissures ou d'affouillements, ainsi que des désordres ponctuels impactant le béton (éclatements, épaufrures, ...).

Face à ce constat, plusieurs orientations de travaux de confortement ont été proposées. Celles-ci ne supportent pas les mêmes coûts d'investissement, selon l'objectif fixé par VNF pour la reprise de l'ouvrage. Les différentes logiques d'intervention envisagées sont les suivantes :

- Une **intervention peu ambitieuse**, de coût maîtrisé, consistant à reprendre de manière ponctuelle les désordres les plus préjudiciables pour la stabilité du mur (passages d'eau et arase supérieure notamment). Ce type d'intervention présente néanmoins l'inconvénient de voir les désordres traités réapparaître à moyen terme, impliquant des ré-interventions régulières pour le traitement de ces nouveaux désordres.
- Une **intervention raisonnée**, de coût important eu égard aux dimensions de l'ouvrage, permettant un confortement global de l'ouvrage, en particulier côté canal où les désordres les plus prononcés ont été identifiés.
- Une **intervention très ambitieuse**, de coût très important, visant à reconstruire un nouvel ouvrage constitué d'un double rideau de palplanches. Bien que très onéreuse, cette alternative permettrait de créer un mur moins sujet aux aléas climatiques, réduisant ainsi les coûts d'entretien de l'ouvrage et les investissements sur le long terme.

Au-delà des travaux de confortement de l'ouvrage, une autre piste d'optimisation peut également être envisagée pour la gestion et l'exploitation du mur du moulin des Malades. Celle-ci consisterait, dans la mesure du possible et selon l'enjeu de navigation sur ce tronçon du CRR, à abaisser le niveau d'eau dans la passe navigable. Ce fonctionnement hydraulique permettrait de réduire la mise en charge de l'ouvrage et de limiter ainsi les écoulements interstitiels à travers le mur, ceux-ci étant susceptibles d'aggraver les fissures ou cavités existantes.

Enfin, notons qu'en cas d'abaissement possible de la ligne d'eau sur environ 1.00 m (soit jusqu'à la hauteur de la crête du barrage), la question de la conservation du mur se devra d'être abordée. La voie navigable pourrait ici n'être délimitée que par des systèmes flottants (sous réserve de pouvoir maîtriser l'engravement dans le chenal navigable), en remplacement du mur actuel nécessitant des opérations lourdes de confortement.





F. COMPLEMENTS AU DIAGNOSTIC – INCIDENT DE NOVEMBRE 2019

1. OBSERVATIONS SUR SITE

En novembre 2019, un exploitant VNF a constaté un abaissement brutal du niveau d'eau du canal, sur une hauteur de 30 cm environ. Cet incident était dû à l'arrachement du basting supérieur de l'ancienne porte localisée en extrémité du mur, aujourd'hui jouant un rôle de déversoir de trop-plein du canal.

Suite au nettoyage de la végétation en place, une visite complémentaire sur site a permis d'identifier les désordres suivants :

- Augmentation de la fissuration du béton support par rapport à la visite de juillet 2019 ;
- Soulèvement du béton support à son extrémité, par le développement du système racinaire d'une part, mais également par les écoulements du Doubs en cas de crue (sous-pressions et turbulences locales) ;
- Dégradation avancée du béton sur une hauteur d'au moins 60 cm.



Figure 20. Etat de l'ouvrage en juillet 2019



Figure 21. Etat de l'ouvrage en novembre 2019

Aujourd'hui, l'extrémité en béton semble être maintenue principalement par la tige métallique fixant les batardeaux. Un soulèvement complet et/ou mouvement supplémentaire de cet élément pourrait ici conduire à une brèche plus importante dans l'ouvrage (par absence d'élément support du batardeau supérieur), ce qui abaissera le niveau du canal d'environ 0.60 m.

Note technique

DIAGNOSTIC DU MUR DU MOULIN DES MALADES SUR LE CANAL DU RHONE AU RHIN A RANCHOT

Dans ce contexte, il conviendrait d'envisager des travaux de confortement de cette partie d'ouvrage, dans l'attente de travaux plus importants à l'échelle du mur du moulin des Malades.

Remarque :

Avant ce constat, le batardeau supérieur n'était pas fixé dans sa rainure, et disposait d'une marge de mobilité horizontale et verticale. Il est également possible qu'un niveau du Doubs équivalent à celui du canal ait mobilisé le batardeau supérieur, indépendamment du mouvement du béton.

2. PROGRAMME DE TRAVAUX D'URGENCE

En premier lieu, et bénéficiant de la période de chômage durant l'hiver 2019/2020, VNF procédera au retrait des deux batardeaux supérieurs afin d'abaisser le niveau du canal et de limiter les contraintes appliquées au mur (poussée et infiltrations internes).

Dans un second temps, et selon les moyens à disposition, VNF pourra procéder à une réparation de la partie d'ouvrage dégradée au niveau de l'ancienne porte. Cette opération passera par les étapes suivantes :

- **Isolement hydraulique de la zone de travail :**
 - Mise en œuvre d'un batardeau en terre côté Doubs, avec protection du parement amont contre l'affouillement en cas de crue (batardeaux en palplanches à éviter, en l'absence d'informations sur le sous-sol, et notamment le niveau du substratum rocheux) ;
 - Abaissement du niveau d'eau dans le canal, à compléter si nécessaire par l'installation d'un second batardeau ;
 - Pompage pour épuisement du fond de fouille, avec décantation/filtration des eaux pompées avant rejet dans le milieu aquatique.
- **Nettoyage de la zone de travail :**
 - Démantèlement des éléments de béton dégradés, a minima au droit des fissures observées ;
 - Purge des éléments instables ou non porteurs, sur toute la hauteur nécessaire.
- **Coulage en place d'un massif en béton armé** respectant la géométrie du mur, muni de glissières pour accueillir les batardeaux (et éventuellement d'une potence pour leur manutention) :
 - Mise en œuvre de béton armé impérative ;
 - Utilisation d'un béton de bonne qualité (classe C30/37 a minima, classe d'exposition XF2/XC4) et conforme avec la norme NF EN 206-1 pour les bétons, et la norme complémentaire associée NF EN 206-1/CN.
- **Réaménagement de la zone après travaux :**
 - Démantèlement soigné du batardeau côté Doubs et remise en eau du canal ;
 - Retalutage de la berge au droit du passage des engins ;
 - Eventuel confortement en enrochements.

Il s'agit ici uniquement d'un **programme de travaux d'urgence** visant à éviter la création d'une brèche sur cette partie du mur. Rappelons néanmoins qu'une reprise générale de l'ouvrage reste à prévoir à court terme, sur la base du diagnostic réalisé, afin d'assurer la pérennité de l'ouvrage.

Note technique

DIAGNOSTIC DU MUR DU MOULIN DES MALADES SUR LE CANAL DU RHONE AU RHIN A RANCHOT

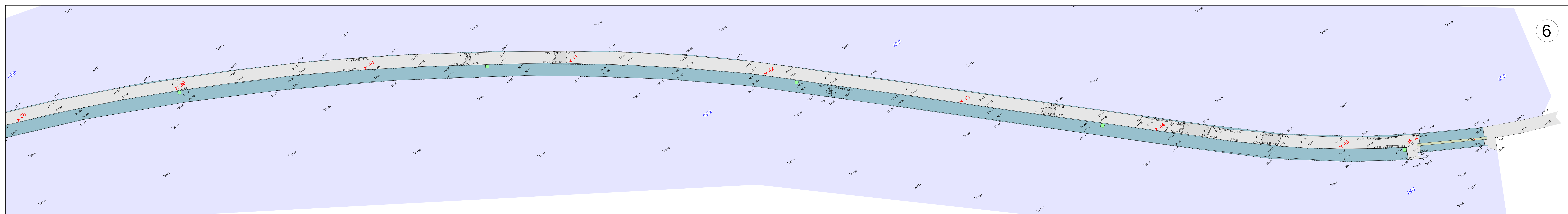
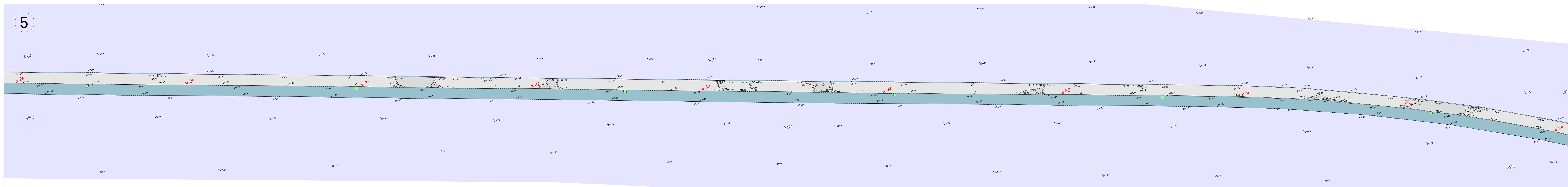
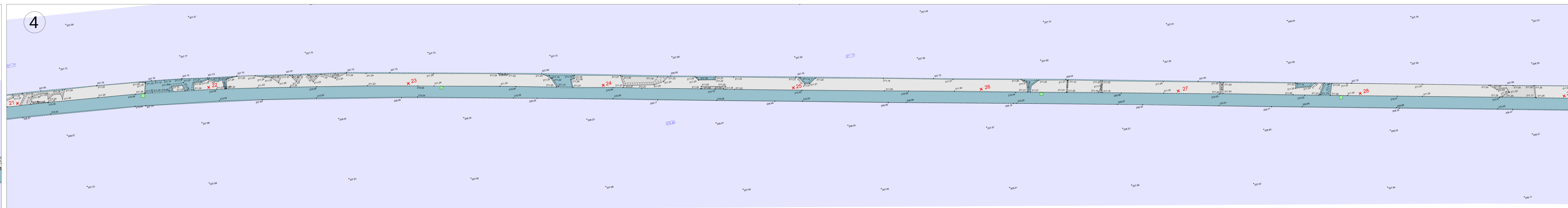
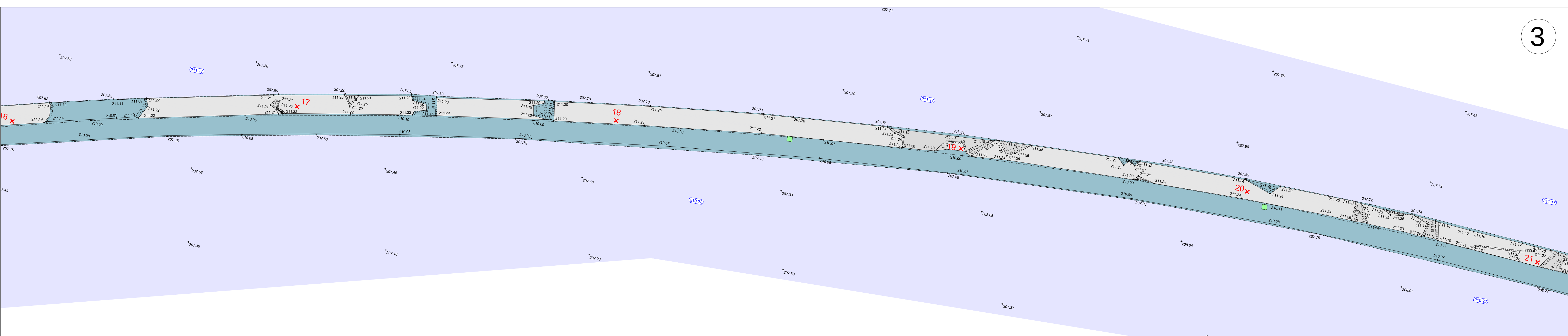
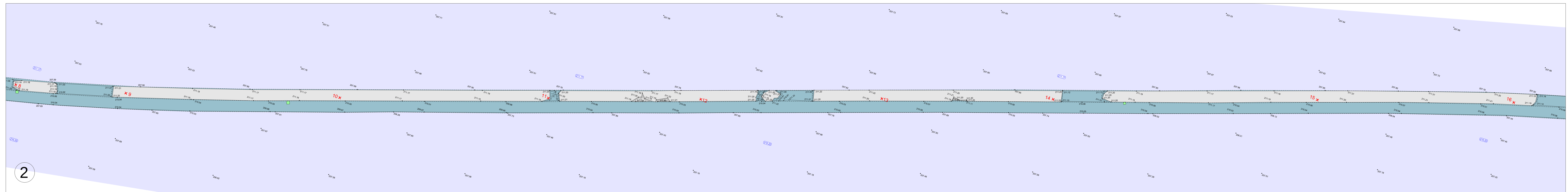
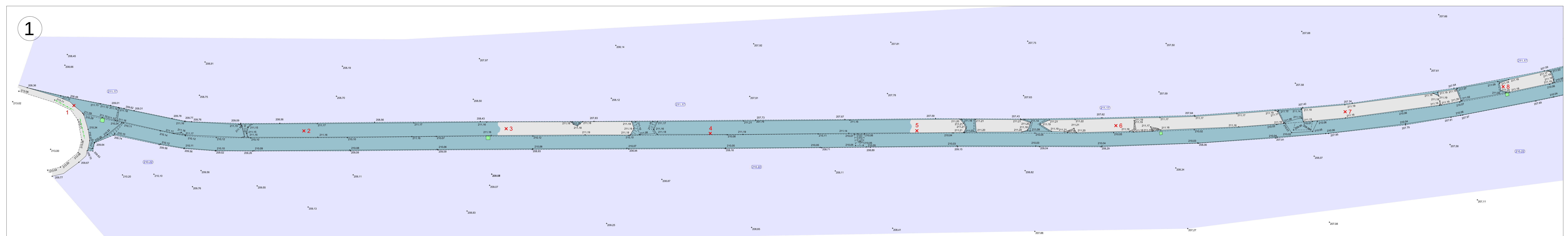
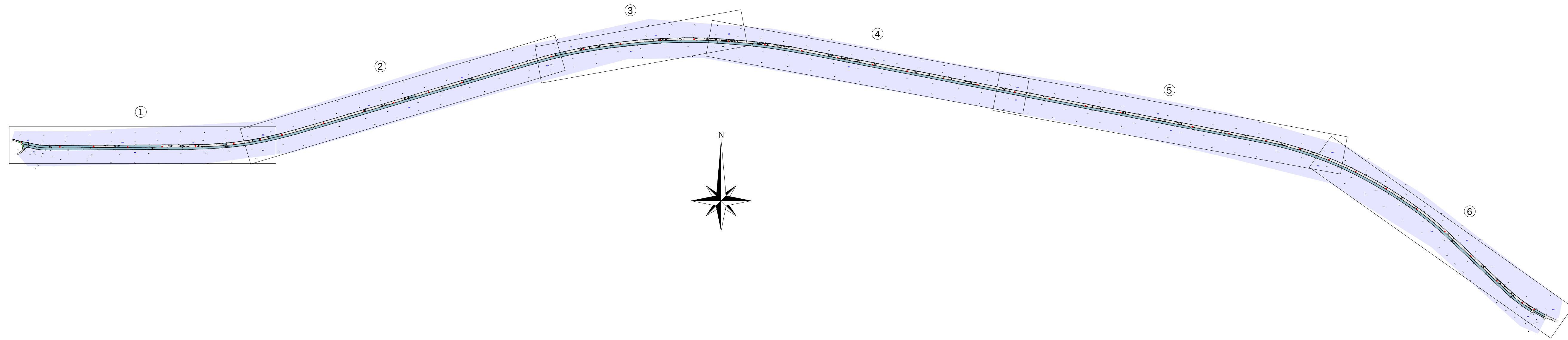


ANNEXES



ANNEXE 1 – Relevés topographiques de l'ouvrage

Plan de situation
Echelle 1 / 1 000



ARTELIA Ville et transport

Bureau de Simonon
19 Avenue Albert Camus
21000 Dijon
Tel : 03 80 76 15 12



Eaux & Environnement
Canaux & Submerses
Gestion de déchets
SIC & SIBSD

Affaire n°969

Diagnostic d'un barrage de séparation entre canal et Doubs à Rénarchon (39)

Lévé topographique

Élévation amont

Plans topographiques			
Eau & Environnement			
Canaux & Submerses			
Gestion de déchets			
SIC & SIBSD			

Planimétrie	Système	Lambert 55 - Zone CC-47	
	Réfraction	RTM GPS - Que lrs	
	Corrèct de marées		
Abscisse	Coordonnées	NAD 83	
	Datation	Sur le repère n°C A.I.3 - 75	
	Corrèct de latitude	RTM GPS - Que lrs	
	Echelle	Pour la distance L = 1 000	Foison sur L = 2 000

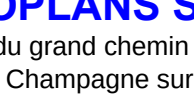
Date	Affaire	Indice	Phase / Modification	Resp.	Contrôle
20/06/19	969	1	Lévé topographique	SB	DK
Niveaux d'eau mesurés le 20/06/2019 en l'absence de variation significative au cours de relevé					

GEOPOLANS S.A.S.
2 rue du grand chèvillon
33130 Champagne sur Vignasse
Sebastien MAURY
Mobile : 06 86 13 32 12
E-mail : s.maury@geopolans.fr

David KIEFFERS
Mobile : 06 30 50 78 13
Email : d.kieffers@geopolans.fr

ATTENTION :

Les données relatives aux coordonnées géographiques sont susceptibles d'être modifiées sans préavis par les services techniques des Régions de France, de l'Etat ou de collectivités locales. Elles ne doivent pas être utilisées pour des opérations de haute précision.



www.geopolans.fr

Elévation amont

Echelle en X : 1/100

Echelle en Y : 1/100

PC : 207.00 m

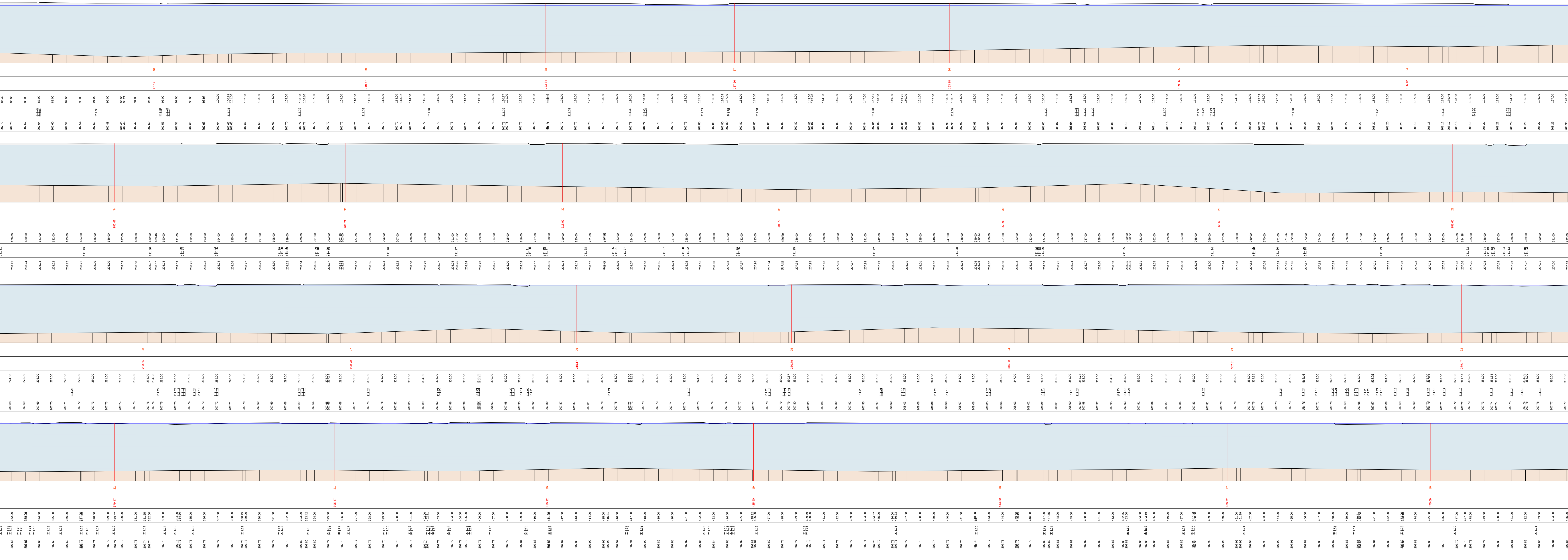
N° point de repère

Abscisses des repères

Abscisses cumulées

Altitudes crête du mur

Altitudes pied du mur

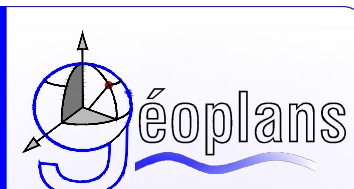




ARTELIA Ville et transport

Bureaux de Simonon
19 Avenue Albert Camus
21000 Dijon

Tél : 03 80 78 75 12



Affaire n°969

Diagnostic d'un barrage de séparation
entre canal et Doubs à Ranchot (39)

Levé topographique

Elévation amont

Planimétrie	Système	Lambert 93 - Zone CC 47
Rattachement	RTK GPSRS - Sat info	
Contrôle de stabilité		
Altimétrie	Système	NGF IGN 69
Rattachement	Sur le repère n°C.B.L3 - 75	
Contrôle de stabilité	RTK GPSRS - Sat info	

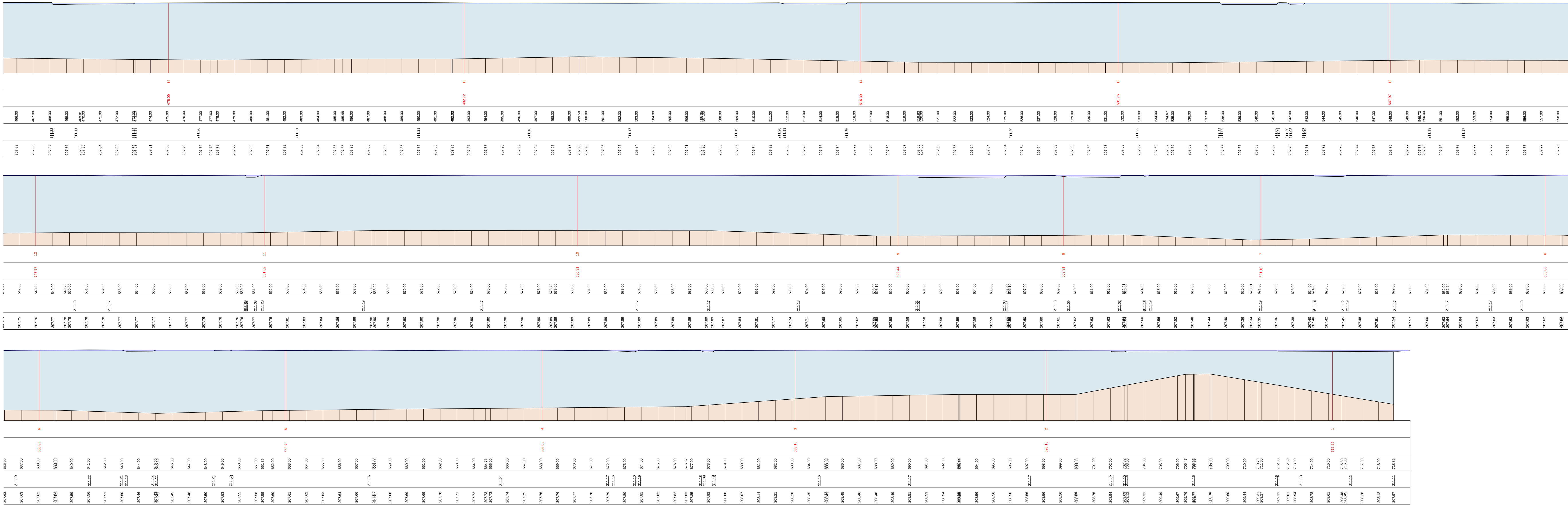
Echelles : Elévation au 1 / 100

Date	Affaire	Indice	Phase / Modification	Resp.	Contrôle
20/06/19	969	1	Levé topographique	SB	DK
			Niveaux d'eau mesurés le 20/06/2019 en l'absence de variation significative en cours de relevé		

GEOPLANS S.A.S.
2 rue du grand chemin
21310 Champagny sur Vingeanne

Daniel KIEFFER
Mobile : 06 30 31 78 13
Email : d.kieffer@géoplans.fr

Attestation :
Les réseaux indiqués sur ce document sont schématisés et non vérifiés. Le présent document ne constitue pas un document d'opinion de conseil ou de recommandation de travaux.
Il est recommandé de vérifier les données et les informations avant de commencer les travaux.
Le présent document est la propriété de GEOPLANS S.A.S. et ne peut être réutilisé sans l'autorisation écrite de GEOPLANS S.A.S.



Echelle en X : 1/100

Echelle en Y : 1/100

PC : 207.00 m



ARTELIA Ville et transport

Bureaux de Simenon
19 Avenue Albert Camus
21000 Dijon

Tél : 03 80 78 75 12

Affaire n°969

**Diagnostic d'un barrage de séparation
entre canal et Doubs à Ranchot (39)**

Levé topographique

Élévation aval

Planimétrie	Système	Lambert 93 - Zone CC 47
	Rattachement	RTK GPRS - Sat info
Altimétrie	Contrôle de stabilité	/
	Système	NSF IGN 69
	Rattachement	Sur le repère n°C.B.L3 - 75
	Contrôle de stabilité	RTK GPRS - Sat info
Echelles		

Elevation au 1 / 100

Date	Affaire	Indice	Phase / Modification	Resp.	Contrôle
20/06/19	969	1	Levé topographique	SB	DK
			Niveaux d'eau mesurés le 20/06/2019 en l'absence de variation significative en cours de relevé		

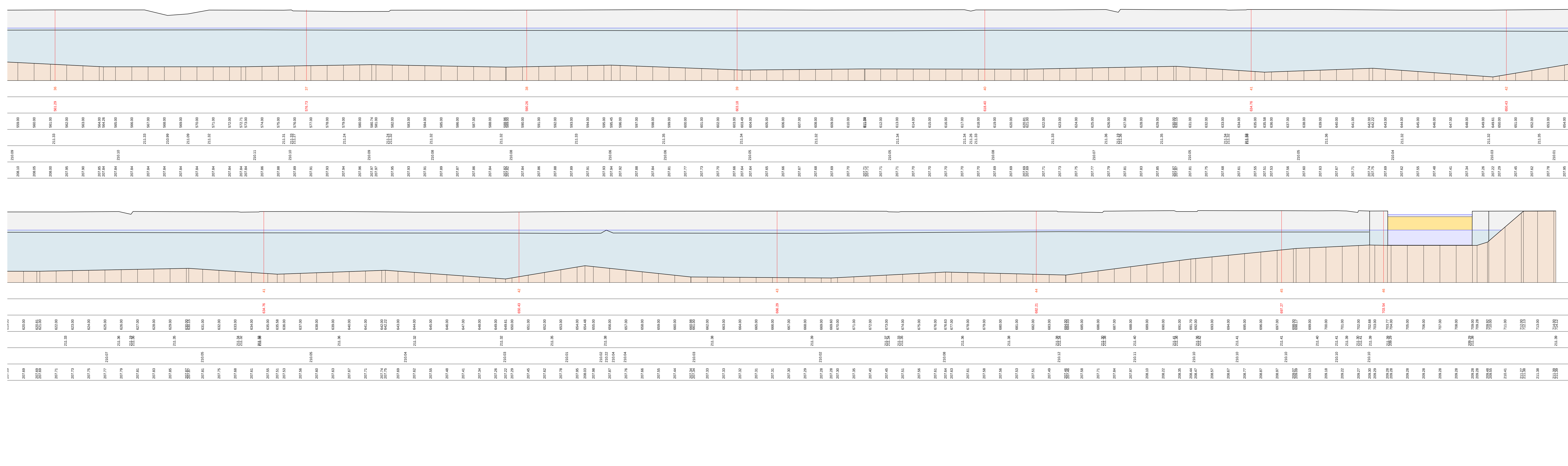
GEOPANS S.A.S.
2 rue du grand chemin
21310 Champagny sur Vingeanne

Sébastien BAUDRY
Mobile : 06 80 31 22 21
Email : s.baudry@geopans.fr

Daniel KIEFFER
Mobile : 06 30 31 78 13
Email : d.kieffer@geopans.fr

ATTENTION :
- Les réseaux indiqués sur ce document sont schématisés et non
réalisés. Le client doit se renseigner pour se débiter d'un
compteur de démarrage de travaux
- Si des éléments techniques sont nécessaires, ils le sont à titre informatif
opérations hors des filières catégorielles. Le présent plan n'a pas de
valeur juridique et ne remplace pas un plan de situation

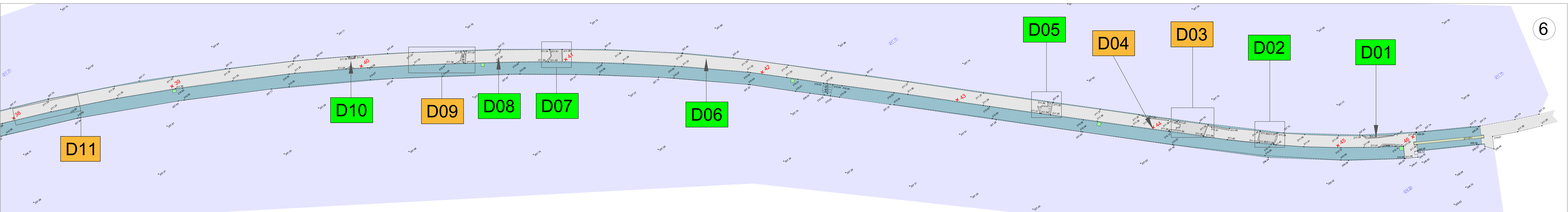
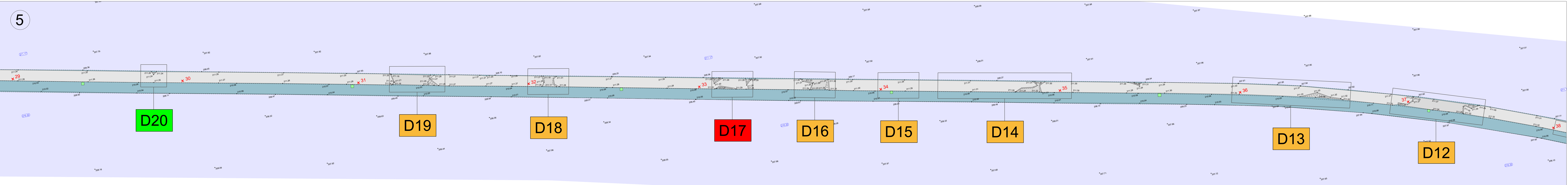
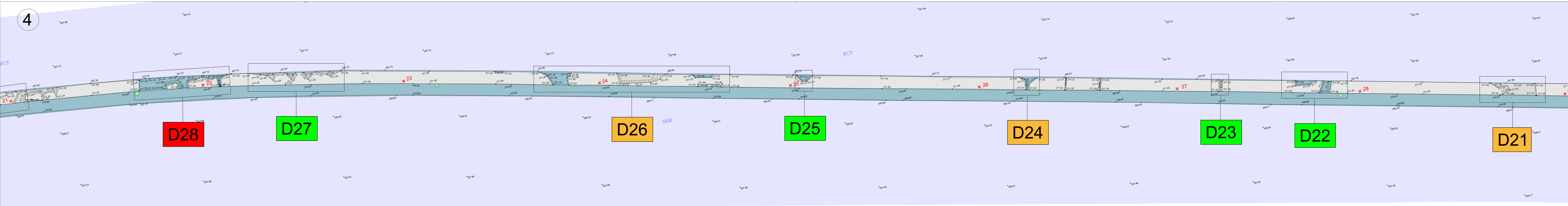
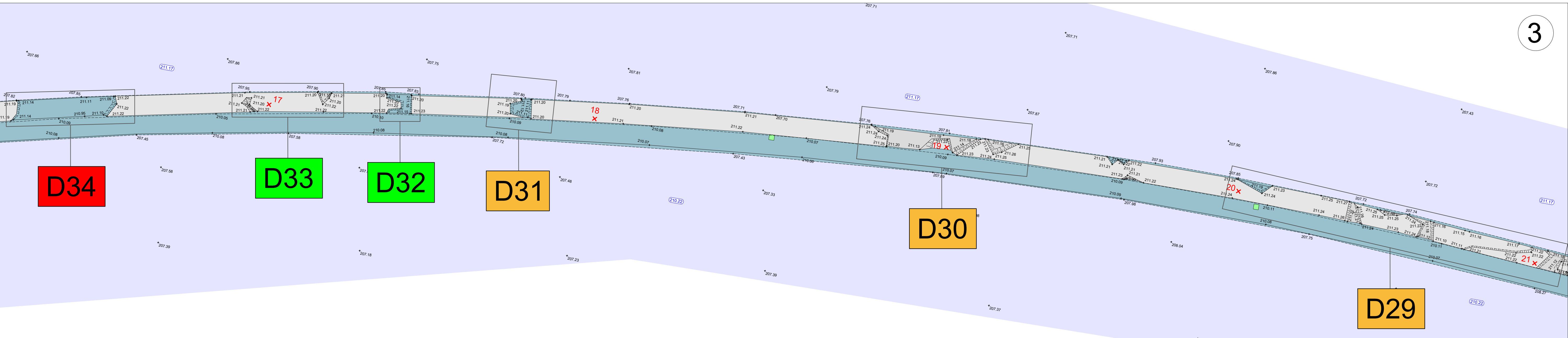
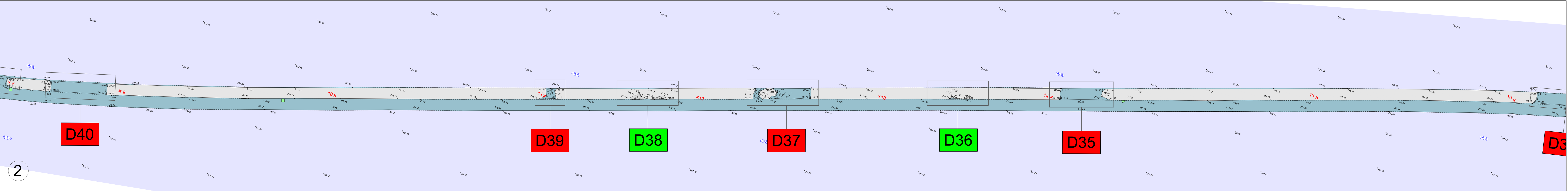
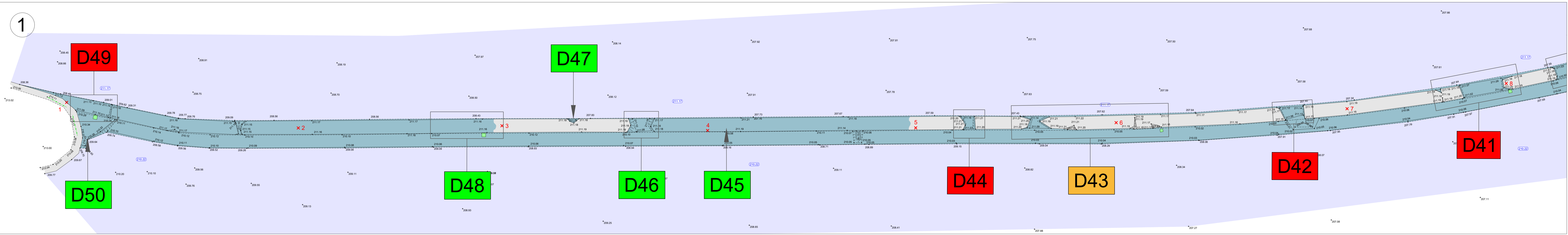
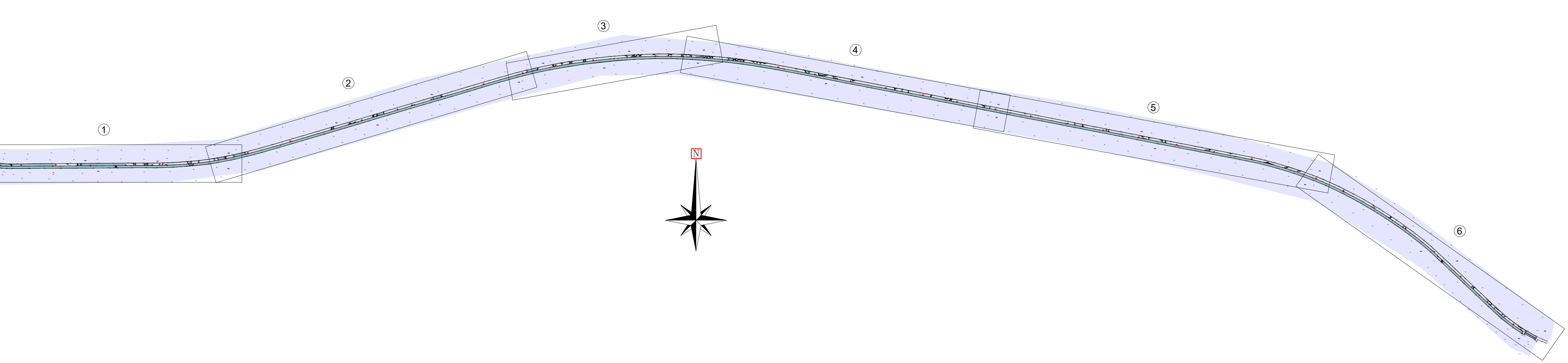
www.geopans.fr





ANNEXE 2 – Localisation des désordres en partie émergée

Plan de situation
Echelle 1 / 1 000



Légende

- Gravité 1 : Désordre peu prononcé et/ou rare
- Gravité 2 : Désordre prononcé et/ou fréquent
- Gravité 3 : Désordre compromettant la sécurité de l'ouvrage
- D01 Identifiant de désordre

ARTELIA Ville et transport
21 Avenue Albert Camus
21000 Dijon
Tél : 03 80 78 75 12

Affaire n°969

Diagnostic d'un barrage de séparation
entre canal et Doubs à Ranchot (39)

Levé topographique
Élévation amont

Date	Affaire	Indice	Phase / Modification	Resp.	Contrôle
20/06/19	969	1	Levé topographique	SB	DK

Niveaux d'eau mesurés le 20/06/2019 en l'absence de variation significative en cours de relevé

GEOPLANS S.A.S.
2 rue du grand chemin
21100 Châtigny-sous-Vingeanne
Sébastien BAUDRY
N°06 88 13 22 21
Email : s.baudry@geoplans.fr

Daniel KIEFFER
N°06 30 31 78 13
Email : d.kieffer@geoplans.fr

ARTELIA
N°06 88 13 22 21
Email : s.baudry@geoplans.fr



ANNEXE 3 – Reportage photographique des désordres en partie émergée

			
Identifiant D01		Identifiant D02	
Soulèvement et fracture du béton sur 1.00m	Gravité 1	Eclatement du béton de surface sur 1.00 m	Gravité 1
			
Identifiant D03		Identifiant D04	
Eclatement du béton de surface sur 1.50 m + Infiltrations d'eau	Gravité 2	Infiltrations d'eau	Gravité 2
			
Identifiant D05		Identifiant D06	
Ecaillage du béton de surface sur 0.90m	Gravité 1	Faïençage et épaufrure du béton de surface sur 0.50 m	Gravité 1
			
Identifiant D07		Identifiant D08	
Ecaillage du béton de surface sur 0.90m	Gravité 1	Epaufrure du béton de surface sur 0.40m	Gravité 1

			
Identifiant D09		Identifiant D10	
Ecaillage béton de surface sur 0.50m + 4 fuites ponctuelles	Gravité 2	Double épaufrure et début de fracture du béton de surface sur 0.60 m	Gravité 1
			
Identifiant D11		Identifiant D12	
Fracturation du béton sur 1.00 m + Infiltrations d'eau mineures	Gravité 2	Eclatement du béton sur 7.00 m + Infiltrations d'eau mineures	Gravité 2
			
Identifiant D13		Identifiant D14	
Eclatement ponctuel du béton + Végétation + 2 fuites ponctuelles	Gravité 2	Ecaillage du béton de surface sur 2m + 5 fuites mineures ponctuelles	Gravité 2
			
Identifiant D15		Identifiant D16	
Fracturation du béton du parement + 2 fuites modérées	Gravité 2	Eclatement du béton de surface sur 2.00m	Gravité 1

			
Identifiant D17		Identifiant D18	
Altération prononcée du béton + Végétation + Fuites importantes	Gravité 3	Eclatement du béton de surface sur 1m + Infiltrations d'eau modérées	Gravité 2
			
Identifiant D19		Identifiant D20	
Eclatement du béton de surface sur 9m + Fers à béton apparents	Gravité 2	Double fracture du béton + Epaufure sur 0.30 m	Gravité 1
			
Identifiant D21		Identifiant D22	
Eclatement du béton de surface sur 3.50m + Fers à béton apparents	Gravité 2	Eclatements ponctuels du béton de surface (x2) + Végétation	Gravité 1
			
Identifiant D23		Identifiant D24	
Fracture du béton de surface sur 0.20m	Gravité 1	Eclatement du béton de surface sur 0.50m + Treillis apparent	Gravité 2

			
Identifiant D25		Identifiant D26	
Eclatement ponctuel du béton de surface sur 0.70m	Gravité 1	Eclatements successifs du béton de surface (x3) sur 12m	Gravité 2
			
Identifiant D27		Identifiant D28	
Succession d'épaufrures sur 7m	Gravité 1	Eclatement prononcé du béton de surface sur 5m + Surverse ponctuelle	Gravité 3
			
Identifiant D29		Identifiant D30	
Eclatement du béton de surface + Fers à béton apparents	Gravité 2	Eclatement béton de surface sur 15m + Végétation + Fuites + Fers apparents	Gravité 2
			
Identifiant D31		Identifiant D32	
Ecaillage et éclatement du béton de surface sur 5m + Treillis apparent	Gravité 2	Eclatement du béton de surface sur 1.50 m	Gravité 1

			
Identifiant D33		Identifiant D34	
Fractures du béton de surface (x2) dues à la végétation	Gravité 1	Eclatement du béton de surface avec surverse sur 6m	Gravité 3
			
Identifiant D35		Identifiant D36	
Eclatement du béton de surface avec surverse sur 5m + Fracture du béton	Gravité 3	Epaufrement du béton de surface sur 0.60m	Gravité 1
			
Identifiant D37		Identifiant D38	
Eclatement du béton de surface avec surverse sur 6m	Gravité 3	Double épaufrure du béton de surface sur 2x1.00 m	Gravité 1
			
Identifiant D39		Identifiant D40	
Eclatement du béton de surface avec surverse sur 1.00 m	Gravité 3	Eclatement du béton de surface avec surverse sur 6.00 m	Gravité 3

			
Identifiant D41		Identifiant D42	
Eclatement du béton de surface avec surverse sur 4.00 m	Gravité 3	Eclatement du béton de surface avec surverse sur 2.00 m	Gravité 3
			
Identifiant D43		Identifiant D44	
Altération prononcée béton de surface sur 16m + Surverse sur 1m +	Gravité 2	Eclatement du béton de surface avec surverse sur 2.00 m	Gravité 3
			
Identifiant D45		Identifiant D46	
Fracture du béton de surface sur 1.00m + Epaufure	Gravité 1	Cavité dans béton de surface sur 0.30m	Gravité 1
			
Identifiant D47		Identifiant D48	
Eclatement du béton de surface sur 0.20m + Epaufure	Gravité 1	Epaufures du béton de surface sur 0.50m/0.60m + Végétation	Gravité 1

			
Identifiant D49		Identifiant D50	
Eclatement du béton de surface avec surverse sur 2.50 m	Gravité	Léger sous-cavement du pied de mur sur 2.50 m	Gravité
	3		1

ANNEXE 4 – Localisation des désordres en partie immergée – Côté canal (vue amont)





NAUTILIA TRAVAUX SUBAQUATIQUES
5 Rue des Armateurs
68110 ILLZACH
☎ 03.89.310.305
✉ contact@groupe-nautilia.com



19.133 - Mur du moulin des malades

Elévation amont - Coupes - plan schématique



Inspection du : 08 au 10/07/2019

Unité : cm

ECH :

Plan 2/2

Date : 05/09/19

AIGLE.G

Ce document est la propriété intellectuelle de NAUTILIA TS et ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation.

ANNEXE 5 – Localisation des désordres en partie immergée – Côté Doubs (vue aval)

Elévation aval
Echelle en X : 1/100
Echelle en Y : 1/100
PC : 207,00 m
N° point de repère
Abscisses des repères

Coupe PM 65 m

Coupe PM 91 m

Coupe PM 121 m

Coupe PM 154 m

Coupe PM 179 m

Coupe PM229 m

Coupe PM 268 m

Coupe PM 283 m

Coupe PM 472 m

Coupe PM 495.5 m

19.133 - Mur du moulin des malades

Elévation aval - Coupes - plan schématique



Inspection du : 08 au 10/07/2019

Unité : cm

ECH :

Plan 1/2

Date : 05/09/19

AIGLE.G

Ce document est la propriété intellectuelle de NAUTILIA TS et ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation.



NAUTILIA TRAVAUX SUBAQUATIQUES
5 Rue des Amateurs
68110 ILLZACH
☎ 03.89.310.305
✉ contact@groupe-nautilia.com



LEGENDE	
	Béton
	TN
	Désordre
	Enrochement
	Niveau d'eau
	Vegetation
	Photo + n° (partie à sec)
	Photo + n° (partie immergée)
	Résurgence

ANNEXE 6 – Reportage photographique des désordres en partie immergée

CAHIER PHOTOGRAPHIQUE N° 19.133



ARTELIA – Ville et Transport

Diagnostic d'un barrage de séparation entre canal et Doubs à RANCHOT (39)

Inspection subaquatique

Du 8 au 10 juillet 2019

	Nom	Date de diffusion	Visa
Rédacteur :	K. LANGUEREAU	09/2019	
Vérificateur :	M.MULLER	09/2019	

Sommaire

I.	INSPECTION FACE AVALE (côté Doubs).....	3
A.	Face non immergée.....	3
B.	Face immergée.....	13
II.	INSPECTION FACE AMONT (côté canal)	22

I. INSPECTION FACE AVALE (côté Doubs)

A. Face non immergée

POSITIONNEMENT

56m : trou

PHOTO



PHOTO

1

58m à 81m : fissure



2



91m : trou



3

118m : trou

4



120m : trou traversant

5



149m à 156m

6

Trou, fissure et eau



165m

7

fissure



179m : fissure

8



183m : trous

9



203m : trou

10



224m : trou/fissure

11



227m : trou/fissure

12



239m : fissure

13



254m : fissure

14



256m : fissure/végétation

15



259 m : fissure/végétation

16



269m : fissure/végétation

17



285m : fissure/infiltrations

18



288m : fissure/infiltration

19



291 à 298m
Fissures/trous/végétation

20



309m
Fissure/éclats de béton/trou

21



335m : fissure

22



351 à 353m : fissure

23



255 à 360m

24



369m : fissure

25



402m : fissures/résurgence

26



447m : trous et fissures

27



500m : infiltration

28



511m :
trous/infiltrations/résurgence

29





520 à 544m :
trous/fissures/humidité

30 et
31



561m : humidité/végétation

32



561 à 565m :
trou/végétation/fissure

33





570 à 576m :
fissure/humidité/trou



593m : trou

34



595 à 603m : fissure

35



610m : fissure

36



619 à 627m : fissure

37

682 à 700m : fissure et
infiltration



38



B. Face immergée

POSITIONNEMENT
93m : alcove

PHOTO

NUMERO PHOTO
1



*109m : palplanches
au fond*

2



*110m état de surface
du mur*

3



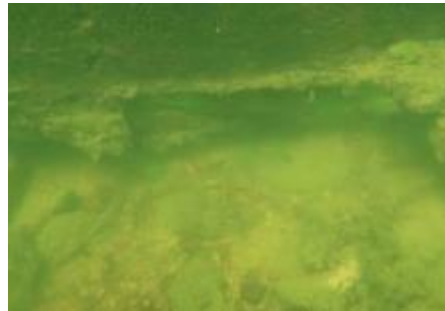
127m

4



149m : résurgence

5



153m : affouillement

6



162m : rainure

7



175m : état du mur

8



200m : plaques tombées

9



207m : alcove

10



235m : alcove

11



269m : début de marche béton

12



271m : rainure

13



*287m : jonction mur
fond*

14



296m : rainure

15



302m : rainure

16



340m : affouillement

17



342m : rainure

18



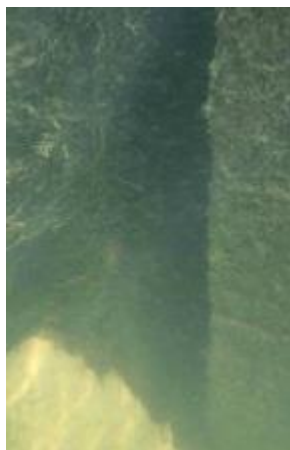
365m : rainure

19



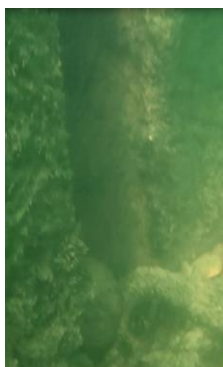
380m : rainure

20



420m : résurgence et rainure

21



435m : éclat

22



517m : début de
marche béton

23



521m : fin de la
marche béton

24



545m : réparation ?

25



558m : fond/TN

26



560m :
rainure/réservation

27



575m : affouillement
et rainure

28



594m : rainure

29



607m : début galette
béton

30



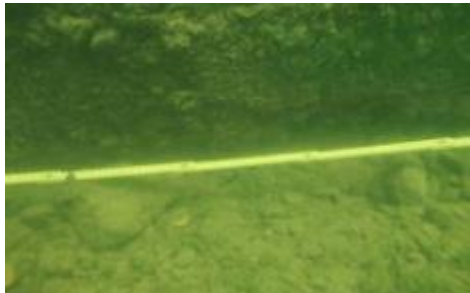
620m : fin galette
béton

31



634m : affouillement

32



640 à 647m : marche
béton en pied de mur

33



647m : affouillement

34



656m :
rainure/réservation

35





II. INSPECTION FACE AMONT (côté canal)

POSITIONNEMENT

PHOTO

NUMERO PHOTO

0 à 14m : semelle
béton

1



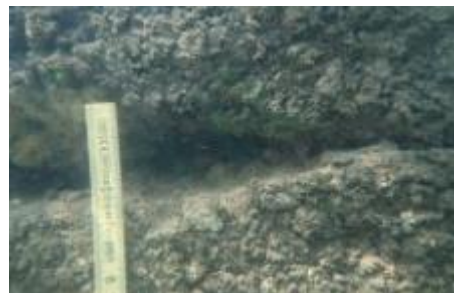
14m : rainure

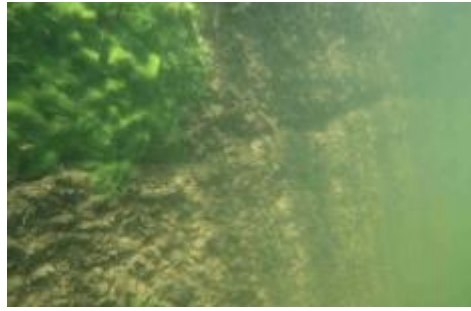
2



20 à 24m : fissure

3





*53m : réservation
rideau de palpieux
bois au fond*

4



72m : affouillement

5



*75m : semelle béton
(fondation)*

6



78m : Fond en pied de mur

7



90m : état de surface du mur

8



160m : éclat de béton

9



165 : affouillement

10



173m : affouillement

11



193m : marche

12



196m : marche

13



230m : trou

14



250m : trou

15



310m : joint

16



312m : trou

17



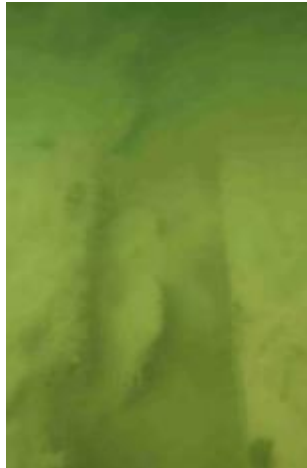
324m : alcove

18



330 m : éclat

19



330m : fissure de surface

20



330m : fissure

21



336m : éclat

22



360m : début de
marche béton
(fondation ou reprise)

23



375m : trou

24



395m : alcove

25



415m : alcove

26



488m : affouillement

27



489 : affouillement

28



500 : affouillement

29



510m : alcôve

30



525m : état du mur

31



550m : alcôve

32



558 : affouillement

33/34



III. Conclusion :

La face amont (côté canal) présente 3 zones de dégradations importantes avec affouillements et renards (aspirations)

14 films ont été réalisés :

Film	Titre
1	Vanne
2	Marche en pied de mur départ vanne
3	Pied du mur à 110m
4	Aspiration 149m
5	Affouillement marche effondrée 165m
6	Fissure 175m
7	Fissure 190m
8	Désordres 330-335m
9	Fissure 335m
10	Désordres 375-395m
11	Désordre 420m (aspiration)
12	Désordre 421m (aspiration)
13	Désordre 440m (aspiration)
14	Désordre 495m (aspiration)

La face avale (côté Doubs) présente peu de dégradations immergées, seule la partie hors d'eau est dégradée par les aléas météorologiques et la végétation. Elle subit également la poussée côté canal car l'équipression n'est pas assurée. La jonction entre le mur générique et le coffrage béton sur 20 cm est fortement dégradé voir absent.