
Diagnostic du canal de la Vésubie

Version 2

| Version n° | Du | Auteur |
|------------|------------|--------------------|
| 0 | 27/08/2019 | Héloïse Hubert |
| 1 | 29/10/2021 | Romain Pinatel |
| 2 | 28/03/2024 | Virginie Lallemand |



Etude réalisée avec le concours financier
de l'Agence de l'eau RMC

TABLE DES MATIERES

| | | |
|----------|---|----|
| I. | Contexte | 6 |
| I.1 | Introduction | 6 |
| I.2 | Objet de l'étude..... | 6 |
| II. | Présentation de l'ouvrage..... | 7 |
| II.1 | Description générale de l'ouvrage | 7 |
| II.2 | Fonctionnement de l'ouvrage | 7 |
| II.3 | Description détaillée de l'ouvrage..... | 8 |
| II.4 | Historique du canal | 16 |
| II.5 | Description du service exploitation du canal | 19 |
| III. | Evaluation de l'état de l'ouvrage..... | 20 |
| III.1 | Types de désordres principaux | 20 |
| III.2 | Critères de notation | 21 |
| III.2.1 | Etat du génie civil : la classification par les indices IQOA..... | 22 |
| III.2.2 | Hydraulique | 23 |
| III.2.3 | Géotechnique | 23 |
| III.2.4 | Végétation | 24 |
| III.2.5 | Accès au site | 24 |
| III.2.6 | Accès motorisé dans le canal | 24 |
| III.2.7 | Accès piéton dans le canal | 24 |
| III.2.8 | Criticité | 25 |
| III.2.9 | Sûreté | 26 |
| III.2.10 | Sécurité du service (secours)..... | 26 |
| III.2.11 | Rôle stratégique | 28 |
| III.3 | Pondération des critères d'évaluation | 28 |
| III.4 | Résultats de la notation | 29 |
| III.4.1 | Etat du génie civil : la classification par les indices IQOA..... | 29 |
| III.4.2 | Hydraulique | 34 |
| III.4.3 | Géotechnique | 36 |
| III.4.4 | Végétation | 39 |
| III.4.5 | Accès au site | 40 |
| III.4.6 | Accès motorisé dans le canal | 40 |
| III.4.7 | Accès piéton dans le canal | 40 |
| III.4.8 | Criticité | 41 |
| III.4.9 | Sécurité du service..... | 41 |
| III.4.10 | Rôle stratégique | 41 |
| III.4.11 | Note globale | 42 |
| IV. | Actualisation du SIG | 45 |
| IV.1 | Construction de la cartographie spécifique au canal..... | 45 |
| IV.2 | Limites et axes d'amélioration du SIG | 48 |
| V. | Analyse du fonctionnement du canal..... | 49 |
| V.1 | Localisation des zones fuyardes : mesures de débit..... | 49 |

| | | |
|-------|---|----|
| V.2 | Mesures permanentes du débit | 52 |
| VI. | Programme de travaux | 54 |
| VI.1 | Travaux d'entretien | 54 |
| VI.2 | Travaux de complexité moyenne..... | 56 |
| VI.3 | Etudes et travaux spécifiques..... | 59 |
| VII. | Chiffrage estimatifs des travaux | 65 |
| VII.1 | Travaux d'entretien | 66 |
| VII.2 | Travaux de complexité moyenne..... | 66 |
| VII.3 | Etudes et travaux spécifiques..... | 71 |
| | Création d'un radier..... | 71 |
| | Confortement des voiles..... | 72 |
| | Poutrelles de protection..... | 72 |
| | Réhabilitation du tronçon de l'Ibac | 73 |
| | Estimation des coûts de réhabilitation dans la zone de Duranus | 74 |
| | Estimation des coûts de réhabilitation sur la zone de l'Ibac | 75 |
| VIII. | Phasage prévisionnel des travaux de réhabilitation | 76 |
| IX. | Conclusion | 77 |
| X. | Annexe..... | 78 |
| X.1 | Annexe 1 : Historique des désordres survenus sur le canal | 78 |
| X.2 | Annexe 2 : Numérotation des tronçons | 81 |
| X.3 | Annexe 3 : Détail de la notation de chaque tronçon..... | 82 |
| X.4 | Annexe 4 : Classement final des tronçons | 83 |
| X.5 | Annexe 5 : Travaux réalisés en 2021 à la prise d'eau de Saint Jean La Rivière | 84 |
| X.6 | Annexe 6 : Liste des couches du SIG, spécifiques au canal | 85 |
| | X.6.1 Les cinq couches | 85 |
| | X.6.2 Table attributaire d'un tronçon | 92 |
| X.7 | Annexe 7 : Phasage prévisionnel des travaux de réhabilitation..... | 93 |

TABLE DES FIGURES ET TABLEAUX

| | | |
|-----------|--|----|
| Figure 1 | : Tracé du canal de la Vésubie..... | 7 |
| Figure 2 | : Usages et prélèvements du canal de la Vésubie..... | 8 |
| Figure 3 | : Vallons de Pareyre et Duranus | 9 |
| Figure 4 | : Dessableur | 9 |
| Figure 5 | : Tracé du canal de la prise d'eau à La Roquette sur Var..... | 11 |
| Figure 6 | : Tracé du canal de La Roquette sur Var à l'Usine de Super Rimiez | 12 |
| Figure 7 | : Localisation de la prise d'eau à Saint-Jean-la-Rivière, commune d'Utelle | 13 |
| Figure 8 | : <i>Prise d'eau de Saint Jean La Rivière avant 2020</i> | 13 |
| Figure 9 | : Cascade de Gairaut | 14 |
| Figure 10 | : Evénements majeurs de l'histoire du canal de 1930 à fin 2023 | 17 |
| Figure 11 | : Organigramme du service exploitation du canal (mise à jour de. 2023)..... | 19 |
| Figure 12 | : États du service et secours | 27 |
| Figure 13 | : Répartition du linéaire par indices IQOA (linéaire ; % linéaire de canal) | 29 |
| Figure 14 | : Répartition du linéaire selon le critère hydraulique (% de linéaire du canal) | 34 |
| Figure 15 | : Répartition du linéaire selon le critère géotechnique (% de linéaire de canal) | 37 |
| Figure 16 | : Page d'accueil du portail cartographique de Eau d'Azur | 45 |
| Figure 17 | : Liste des 5 couches SIG dédiées au canal | 46 |
| Figure 18 | : Représentation cartographique des différents types de section (capture d'écran du SIG) | 47 |

| | |
|--|----|
| Figure 19 : Représentation cartographique des désordres de génie civil (capture d'écran du SIG) | 48 |
| Figure 20 : Position des différentes stations de mesure | 50 |
| Figure 21 : Points de mesure du débit du canal en juin 2015 | 51 |
| Figure 22 : Echelles limnimétriques à la prise d'eau | 52 |
| Figure 23 : Vue des échelles limnimétriques à la prise d'eau | 53 |
| Figure 24 : Schéma des différents points de mesures permanents dans le canal | 53 |
| Figure 25 : Poutrelles au tunnel des Blocs | 60 |
| Figure 26 : Dimensions d'une poutrelle | 61 |
| Figure 27 : Ciel ouvert de la zone de l'Ibac | 61 |
| Figure 28 : Fuites sur le secteur de l'Ibac | 62 |
| Figure 29 : Fissuration secteur de l'Ibac | 63 |
| Figure 30 : Illustration pour la pose d'une buse, secteur Ibac | 64 |
| Figure 31 : Schéma explicatif pour la pose d'une buse, secteur de l'Ibac | 64 |
| | |
| Tableau 1 : Liste des équipements du canal | 10 |
| Tableau 2 : Amont et aval du canal | 11 |
| Tableau 3 : Caractérisation des désordres principaux | 20 |
| Tableau 4 : Indice IQOA | 22 |
| Tableau 5 : Notation du critère « Hydraulique » | 23 |
| Tableau 6 : Notation du critère « Géotechnique » | 23 |
| Tableau 7 : Notation du critère « Végétation » | 24 |
| La note du critère d'accès au site reflète la facilité d'accès aux berges du canal. Il est possible de se rendre aux abords du canal à différents endroits via des pistes ONF ou des pistes utilisées par les sapeurs-pompiers au niveau des points d'aspiration incendie. Mais la plupart des accès se font à pieds via des chemins plus ou moins praticables (risque de chute en bord de falaises ou glissade) : Tableau 8 : Notation du critère « Accès au site » | 24 |
| Tableau 9 : Notation du critère « Accès motorisé » | 24 |
| Tableau 10 : Notation du critère « Accès piéton » | 24 |
| Tableau 11 : Classes d'exposition au risque | 25 |
| Tableau 12 : Classes de niveau de gravité de l'accident | 25 |
| Tableau 13 : Niveau de criticité | 26 |
| Tableau 14 : Notation du critère « Sécurité des personnes » | 26 |
| Tableau 15 : Notation du critère « Sûreté » | 26 |
| Tableau 16 : Notation du critère « Sécurité du service » | 27 |
| Tableau 17 : Les 3 états de service | 27 |
| Tableau 18 : Notation du critère « Rôle Stratégique » | 28 |
| Tableau 19 : Coefficient de pondération des sous critères | 28 |
| Tableau 20 : Description des désordres du tunnel de Polonia | 30 |
| Tableau 21 : Description des désordres dans la galerie de Ruina Scura | 32 |
| Tableau 22 : Description des désordres du tronçon n°165 | 33 |
| Tableau 23 : Rappel de la notation du critère hydraulique | 34 |
| Tableau 24 : Description des désordres du siphon de Saint Blaise | 35 |
| Tableau 25 : Type et linéaire de protection contre les risques géotechniques | 36 |
| Tableau 26 : Description des désordres géotechniques au déversoir latéral de Saint Jean La Rivière | 38 |
| Tableau 27 : Description des désordres géotechniques du tronçon n°166 | 39 |
| Tableau 28 : Description des désordres de végétation sur le tronçon n°37 | 39 |
| Tableau 29 : Liste des accès motorisés dans le canal | 40 |
| Tableau 30 : Distances des différentes rampes par rapport à l'origine du canal | 40 |
| Tableau 31 : Notation du critère « Accès piéton » | 41 |
| Tableau 32 : Niveau de gravité de la chute en fonction de la hauteur du pont | 41 |
| Tableau 33 : Les vannes de bief | 42 |
| Tableau 34 : Extrait du classement final des tronçons | 42 |
| Tableau 35 : Type d'inspections du canal | 45 |
| Tableau 36 : Secteurs les plus fuyards | 50 |
| Tableau 37 : Analyse des désordres dans le secteur de l'Ibac | 62 |
| Tableau 38 : Devis estimatif des travaux d'entretien | 66 |
| Tableau 39 : Devis estimatif des travaux de réhabilitation du ciel ouvert 24 | 67 |
| Tableau 40 : Devis estimatif des travaux sur le tunnel des Blocs | 68 |
| Tableau 41 : Devis estimatif des travaux du pont de l'Ibac | 69 |
| Tableau 42 : Devis estimatif des travaux de complexité moyenne | 70 |

| | |
|---|----|
| Tableau 43 : Devis estimatif de la création d'un radier en béton armé | 71 |
| Tableau 44 : Devis estimatif création d'un radier en chape fibrée | 71 |
| Tableau 45 : Devis estimatif création d'un radier en chape armée | 71 |
| Tableau 46 : Devis estimatif construction de voiles | 72 |
| Tableau 47 : Devis estimatif des travaux de réhabilitation des encoches et poutrelles | 72 |
| Tableau 48 : Devis estimatif des travaux de remplacement des poutrelles | 72 |
| Tableau 49 : Devis estimatif du scénario 1 de la réhabilitation du tronçon de l'Ibac | 73 |
| Tableau 50 : Devis estimatif du scénario 2 de la réhabilitation du tronçon de l'Ibac | 73 |
| Tableau 51 : Estimation des coûts de réhabilitation dans la zone de Duranus | 74 |
| Tableau 52 : Estimation des coûts de réhabilitation sur la zone de l'Ibac..... | 75 |
| Tableau 53 : Extrait de la programmation pluriannuelle des travaux de réhabilitation sur le canal de la Vésubie de 2024 à 2029..... | 76 |

ACRONYMES ET ABREVIATIONS

| | |
|---------|--|
| AEP : | Alimentation en Eau Potable |
| CARF : | Communauté d'Agglomération de la Riviera Française |
| CCTP : | Cahier des Clauses Techniques Particulières |
| CO : | Ciel ouvert |
| DUP : | Déclaration d'Utilité Publique |
| MAPA : | Marché à Procédure Adaptée |
| MBC : | Marché à Bons de Commande |
| MNCA : | Métropole Nice Côte d'Azur |
| NGF : | Nivellement Général de la France |
| SD : | Schéma Directeur |
| SIECL : | Syndicat Intercommunal des Eaux des Corniches et du Littoral |
| SIG : | Système d'Information Géographique |

I. CONTEXTE

I.1 Introduction

Depuis plus d'un siècle, le canal de la Vésubie alimente gravitairement en eau la région niçoise et constitue encore aujourd'hui la principale ressource en eau de la ville, ainsi que des communes du Littoral et du Moyen Pays de la Métropole Nice Côte d'Azur.

En dépit des travaux d'entretien et des travaux de renforcement importants réalisés ces trente dernières années, le passage de cet ouvrage dans des zones particulièrement instables s'accompagne d'un risque permanent d'éboulement ou de rupture dont les conséquences pourraient être très graves, tant pour la pérennité de l'adduction d'eau que pour les dommages entraînés dans les terrains riverains.

Ces dernières années, le canal de la Vésubie a été fortement impacté par les événements météorologiques tels que la tempête Alex en octobre 2020, puis la tempête Aline en octobre 2023. Ces tempêtes ont modifié les conditions du transport sédimentaire de la rivière.

A ces risques naturels s'ajoute le vieillissement de l'ouvrage qui se manifeste notamment par des fuites diffuses tout le long du parcours qui peuvent aggraver les risques de glissement de terrain et diminuent le rendement de l'ouvrage.

L'accès au canal par tous sur une grande partie des sections à ciel ouvert accroît également le risque d'accident ou d'actes de malveillance.

Consciente de ces risques, la Eau d'azur a décidé de réaliser le diagnostic complet de l'ouvrage afin de définir un programme de travaux sur dix ans, de manière à pérenniser l'ouvrage, améliorer sa gestion et garantir la sécurité de l'alimentation en eau brute de la ville de Nice.

I.2 Objet de l'étude

Les principaux objectifs du diagnostic sont :

- établir un état des lieux complet des ouvrages formant le canal de la Vésubie comprenant le recueil et l'analyse des données existantes disponibles, l'analyse du fonctionnement du service gestionnaire et en y intégrant les études précédemment réalisées ;
- établir une reconnaissance complète des ouvrages et de leur état ;
- mettre à jour le SIG, et si nécessaire les plans, en y intégrant le report des reconnaissances exhaustives de terrain ;
- fournir une analyse fonctionnelle et technique de l'ouvrage existant ;
- établir un programme d'actions et d'investissements chiffrés et hiérarchisés (investissements prioritaires à réaliser dans les 5 ans, investissements à moyen puis long terme) pour améliorer le fonctionnement et réhabiliter l'ouvrage ;
- proposer un calendrier de principe du programme d'actions sur dix ans.

L'étude s'articule autour :

- de la collecte exhaustive des informations disponibles sur l'historique, l'état et le fonctionnement de l'ouvrage et de leur archivage ;
- de la visite détaillée de l'ouvrage afin d'apprécier son état et définir l'ensemble des travaux et actions techniques à mettre en œuvre pour le pérenniser ;
- de la rédaction d'un bilan de ces investigations ;
- de la mise en œuvre d'un support numérique facilitant la compréhension et la gestion de l'ouvrage ;
- d'un programme d'intervention chiffré proposant les améliorations à apporter et les investissements à prévoir.

II. PRESENTATION DE L'OUVRAGE

II.1 Description générale de l'ouvrage

Le canal de la Vésubie est le canal d'adduction d'eau brute qui alimente gravitairement la ville de Nice et le Littoral avec l'eau de la rivière Vésubie en descendant les versants gauches des vallées de la Vésubie et du Var, sur environ 31 kilomètres.

Le canal traverse 9 communes depuis la prise d'eau située à Saint-Jean-la-Rivière jusqu'à l'arrivée à l'usine de production d'eau potable de Super-Rimiez : Utelle, Duranus, Levens, La Roquette-sur-Var, Saint-Martin-du-Var, Saint-Blaise, Castagniers, Aspremont, Colomars et Nice. Une conduite DN800 alimente l'usine de traitement Jean Favre au col de Villefranche depuis les réserves de l'usine de Super-Rimiez. La vidange qui se jette dans la rivière Paillon depuis les réserves de Super-Rimiez, constitue la partie terminale de l'ouvrage.

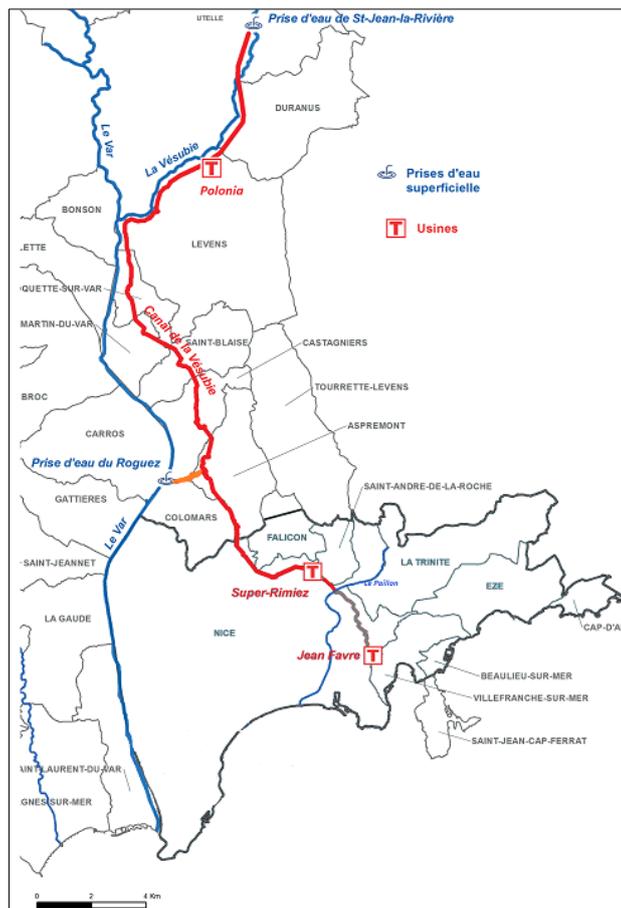


Figure 1 : Tracé du canal de la Vésubie

II.2 Fonctionnement de l'ouvrage

Chaque année, environ 50 millions de m³ d'eau transitent dans le canal de la Vésubie et alimentent trois usines de production d'eau potable : l'usine de Font de Linier à Levens (qui remplace l'usine de Polonia abandonnée depuis février 2019), l'usine de Super Rimiez et l'usine Jean Favre, toutes deux situées à Nice. Ce canal fournit également le réseau d'eau brute de la ville de Nice.

Depuis 1987, l'usine de pompage du Roguez à Castagniers permet de refouler l'eau captée en rive gauche du Var jusqu'à celui-ci. Ce secours peut réalimenter la partie aval du canal en injectant 1500 l/s maximum en cas de casse sur la partie amont du canal. En sens inverse, l'eau du canal permet de faire fonctionner la turbine du Roguez avant de se jeter dans le Var.

L'eau brute prélevée permet d'alimenter :

- l'usine de traitement de Font de Linier (ex-usine de Polonia), dans la partie amont du canal, desservant le secteur haut service des 10 communes Rive Gauche du Var ;
- l'usine de traitement de Super-Rimiez approvisionnant la ville de Nice ;
- l'usine de traitement Jean Favre au col de Villefranche fournissant le secteur Nice Est et les 4 communes du littoral ainsi que la principauté de Monaco et une partie des 8 communes gérées par la CARF ;
- le réseau municipal d'eau brute de la ville de Nice.

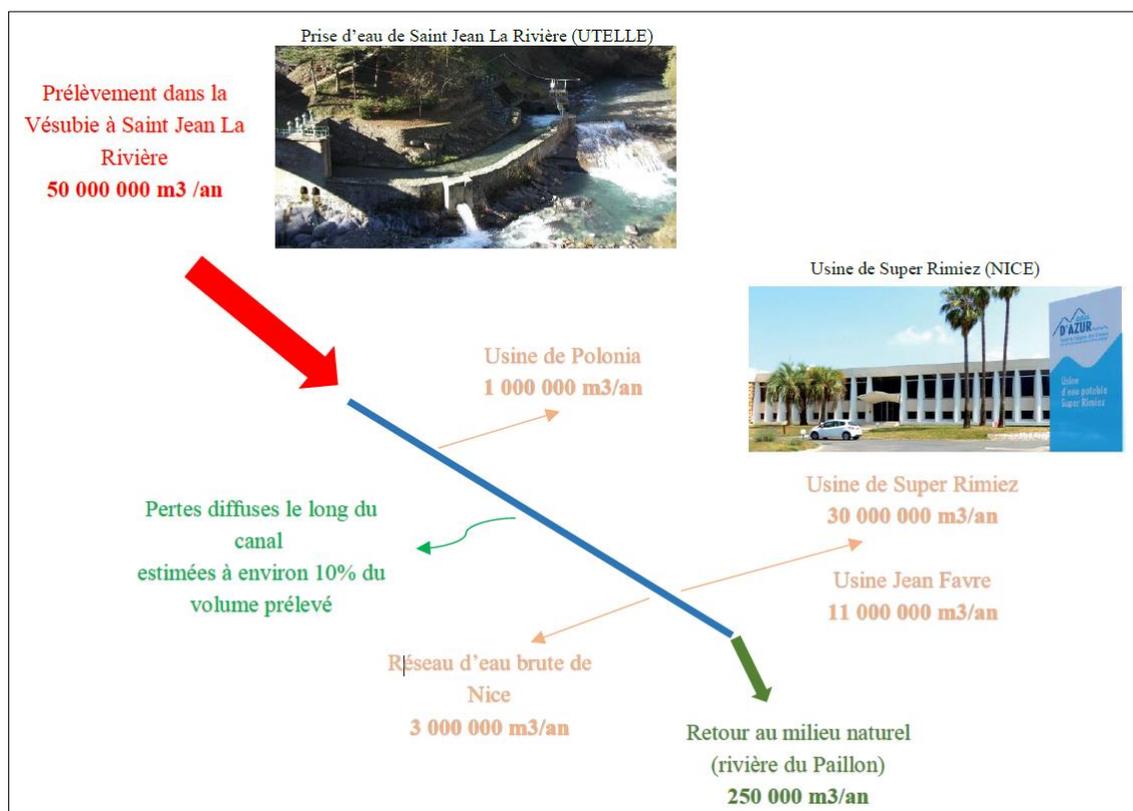


Figure 2 : Usages et prélèvements du canal de la Vésubie

L'eau de la Vésubie représente près des 2/3 de la ressource du territoire métropolitain. Le canal de la Vésubie est donc un ouvrage d'importance stratégique pour Eau d'Azur.

II.3 Description détaillée de l'ouvrage

Le canal de la Vésubie a été construit par la Compagnie Générale des Eaux à la suite du Contrat de Nice (1878) entre 1882 et 1888. Sa fonction initiale était d'être un canal d'irrigation et la première utilisation de l'eau du canal en eau potable date de 1896 (eau non désinfectée). En effet, à sa construction, cet ouvrage comportait un canal principal ainsi que trois rigoles secondaires et des rigoles tertiaires pour irriguer les terres agricoles alentours.

Désormais, le canal est utilisé en priorité pour l'adduction d'eau brute des usines de potabilisation et les anciennes rigoles présentes sur le canal ont été transformées en réseaux d'alimentation en eau potable à la suite du développement urbain des collines de Nice.

L'existence de trois prises d'eau secondaires dans les vallons de Pareyre (a), Duranus (b) et Lambergué (Figure 3) permettait d'injecter de l'eau dans le canal en période d'étiage de la rivière Vésubie ou en cas de fortes crues de cette dernière (injection d'eaux claires pour compenser l'augmentation de la turbidité des eaux de la Vésubie). Ces vallons ont cessé de fonctionner dans les années 1970 puis deux d'entre eux ont été remis en marche pour être finalement abandonnés définitivement en 2003.

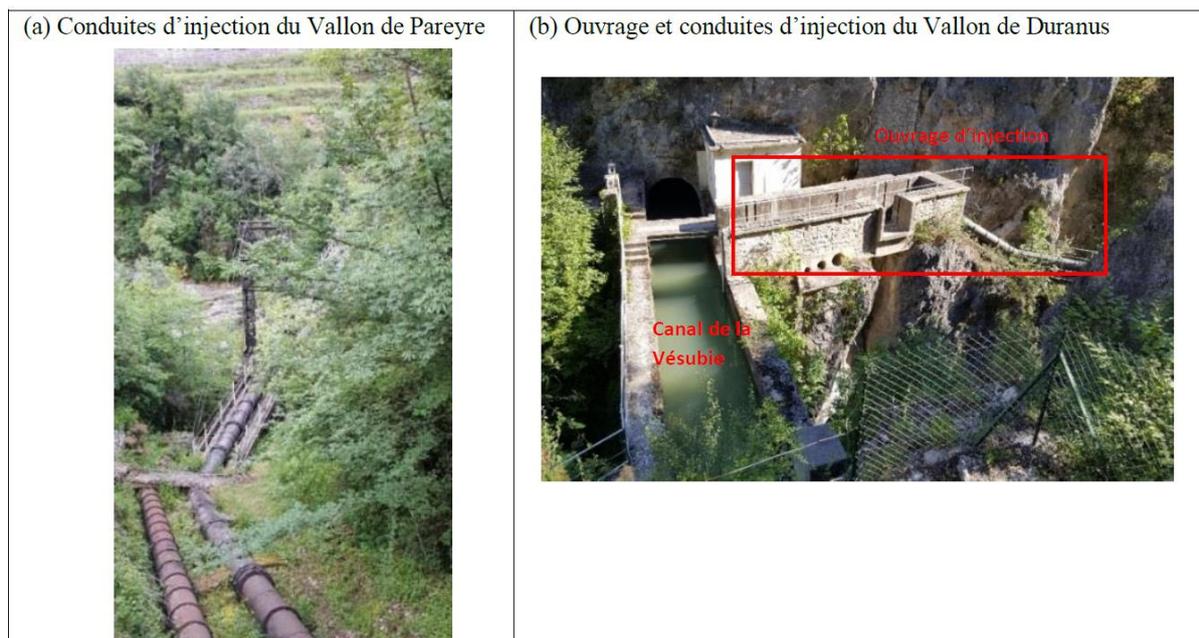


Figure 3 : Vallons de Pareyre et Duranus

En 1987, un dessableur (Figure 4) en aval de la prise d'eau à Saint Jean la Rivière a été mis en place afin de limiter le passage des particules fines dans le canal. En amont de l'ouvrage de dessablage le canal se dédouble entre l'ancien canal et le nouveau canal qui possède le dessableur. L'ancien canal est actuellement utilisé comme by-pass pour les phases de maintenance du dessableur.

Le dessableur est composé en fond de deux systèmes de pièges à sable successifs :

- Un système de chicanes pour la décantation primaire.
- Des tubes verticaux pour la décantation secondaire

Ces pièges sont en communication avec des vannes de purge, qui, ouvertes à intervalles réguliers, renvoient le sable à la rivière Vésubie.



Figure 4 : Dessableur

Equipements du canal

Sur chaque type de tronçon du canal de la Vésubie, plusieurs équipements sont présents, en voici la liste ainsi qu'une illustration :

| | | | |
|--|--|---|---|
| Passerelle et échelons sur ciel ouvert |  |  | Local en rive gauche du canal sur ciel ouvert |
| Vanne de bief motorisée sur pont |  |  | Ponceau d'évacuation des eaux pluviales sur ciel ouvert |
| Grille sur ciel ouvert |  |  | Vanne de décharge manuelle sur pont |

Tableau 1 : Liste des équipements du canal

| | Nom de l'équipement | Ciel ouvert | Tunnel | Galerie | Pont | Conduite |
|--------------------------------|---|-------------|--------|---------|------|----------|
| Hydraulique | Vanne de bief motorisée | 3 | | | 1 | |
| | Vanne de décharge motorisée | 2 | | | | |
| | Vanne de décharge manuelle | 5 | | | 15+ | 10+ |
| | Autre vanne | 4 | | | | 8+ |
| | Déversoir | 2 | | | 31 | |
| | Dégrilleur/Grille | 3 | | | | |
| Ouvrage de franchissement | Passerelle | 5 | | | 3 | |
| | Ponceau d'évacuation des eaux pluviales | 22 | | | | |
| Mesure et stockage de matériel | Sonde de niveau | 10 | | | 1 | |
| | Règle de niveau | 8 | | | 2 | |
| | Turbidimètre | 1 | | | | |
| | Coffret de télégestion | 2 | | | | |
| | Local/Edicule | 10 | 2 | | 3 | |
| Accès intérieur du canal | Echelons | 20+ | | | 16 | |
| | Rampe d'accès véhicule | 5 | | | | |
| Sécurité | Caméra d'exploitation | 7 | | | 1 | |
| | Projecteur | 6 | | | 1 | |
| | Garde-corps | 17 | | | 9 | |
| | Ligne de vie | 3 | | | | |

Tracé et profil du canal

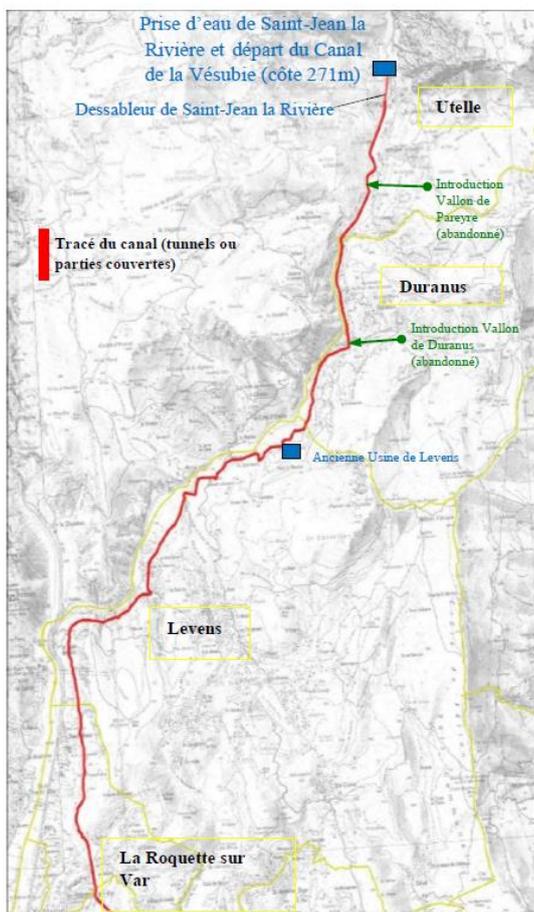
Du fait des diverses modifications du canal au cours du temps, l'eau brute du canal transite par des parties bien distinctes.

La partie amont du canal est d'origine et est constituée d'une alternance de tunnels, galeries, ciels ouverts et aqueducs. La partie aval quant à elle possède des portions busées et foncées dans lesquelles transitent l'eau destinée à la production d'eau potable, et le canal d'origine transporte quant à lui, les eaux destinées aux réseaux d'eau brute (eaux de loisirs).

Tableau 2 : Amont et aval du canal

| PARTIE AMONT | PARTIE AVAL | VIDANGE TERMINALE |
|--|--|--|
| De Saint Jean la Rivière au secours du Roguez | Du secours du Roguez à l'usine de Super Rimiez | De l'usine de Super Rimiez à la rivière du Paillon |
| 22,5 km : 12 km de tunnels +10.5 km non couverts | 8km : 5.5 km enterrés +2.5 km non couverts | 3 km |

La partie terminale est la vidange du canal depuis l'usine de Super Rimiez jusqu'à la rivière du Paillon. Bien qu'elle soit incluse dans le diagnostic du canal entrepris par Eau d'Azur, cette partie terminale n'est pas présentée dans l'étude. En effet, l'accès aux parties visitables représente de fortes contraintes d'exploitation en haute saison.



Entre la prise d'eau à Saint Jean la Rivière et la Roquette sur Var (Figure 5), les parties en tunnel sont majoritaires par rapport aux parties à ciel ouvert (les 2/3 du linéaire du canal sont couverts) du au terrain accidenté et montagneux (permettant ainsi à l'époque de la construction du canal de diminuer son linéaire et donc d'amoindrir le coût des travaux). A l'aval de la Roquette sur Var (Figure 6 ci-dessous) le terrain devient moins accidenté mais de nombreux ravins sont présents sur le parcours, impliquant que le canal comporte un certain nombre de courbes et de contre courbes et qu'il soit enfoncé dans les vallons.

Figure 5 : Tracé du canal de la prise d'eau à La Roquette sur Var

En 1987, la prise d'eau de secours du Roguez a été mise en service (au deux tiers du canal) afin d'alimenter l'usine de Super Rimiez en pompant l'eau du Var et en l'injectant dans le canal (voir page suivante Secours du canal : Prise d'eau du Roguez).

Au début des années 1990, la partie du canal entre la cascade de Gairaut et l'usine de Super Rimiez a été abandonnée (utilisée seulement pour faire transiter les eaux de loisirs) et remplacée par une conduite en siphon posée par fonçage. En 1995 et 1998, deux portions du canal ont été busées et mises en souterrain (partie Bégude-Sirole en 1995 et partie Le Pilon-Saint Pancrace-la Séréna en 1998).

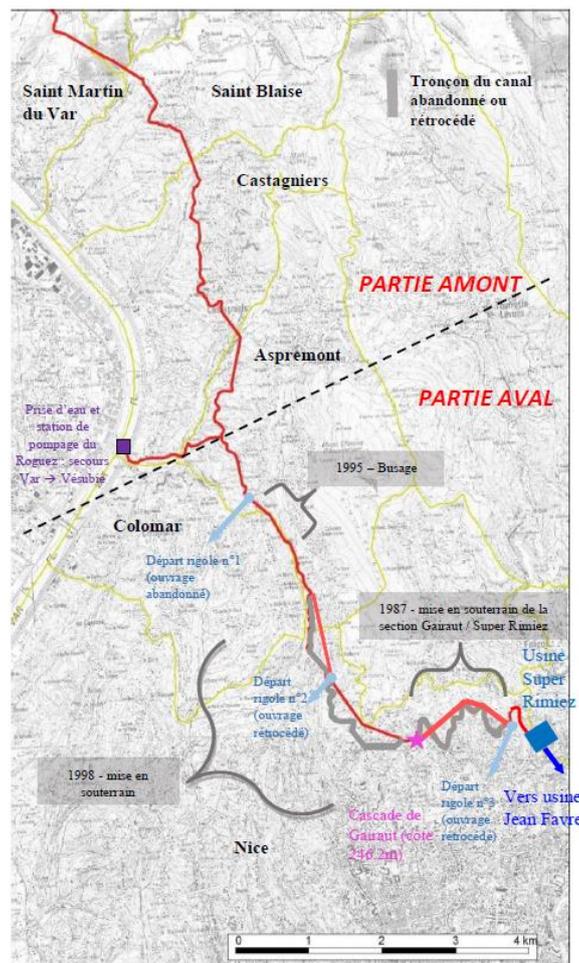


Figure 6 : Tracé du canal de La Roquette sur Var à l'Usine de Super Rimiez

Ouvrages d'art et équipements

Parmi les ouvrages d'art présents sur le canal, la prise d'eau à Saint Jean la Rivière, le siphon de Saint Blaise ainsi que la cascade de Gairaut (Figure 7) sont classés comme monuments historiques.

Il possède également des ponceaux et passerelles sur les parties à ciel ouvert permettant l'écoulement et l'évacuation des eaux pluviales et la traversée du canal.

Il présente des ouvrages de décharge comme des vannes de vidange et des déversoirs qui permettent de réguler le débit (aussi bien en fonctionnement normal ou pour la mise en chômage du canal). Ces ouvrages servent également de sécurité pour pallier à un dysfonctionnement ou à une pollution de l'eau du canal. Sur l'ensemble du linéaire, cinq vannes de bief sont présentes pour pouvoir court-circuiter le canal et isoler les zones qui nécessitent une intervention (inspection, entretien, réparation, traitement de la pollution...).

Prise d'eau du canal :

La prise d'eau du canal de la Vésubie à Saint Jean la Rivière, sur la commune d'Utelle, se trouve à une trentaine de kilomètres au nord de Nice. Le site comporte trois ouvrages principaux : la prise d'eau, le déversoir et le dessableur.

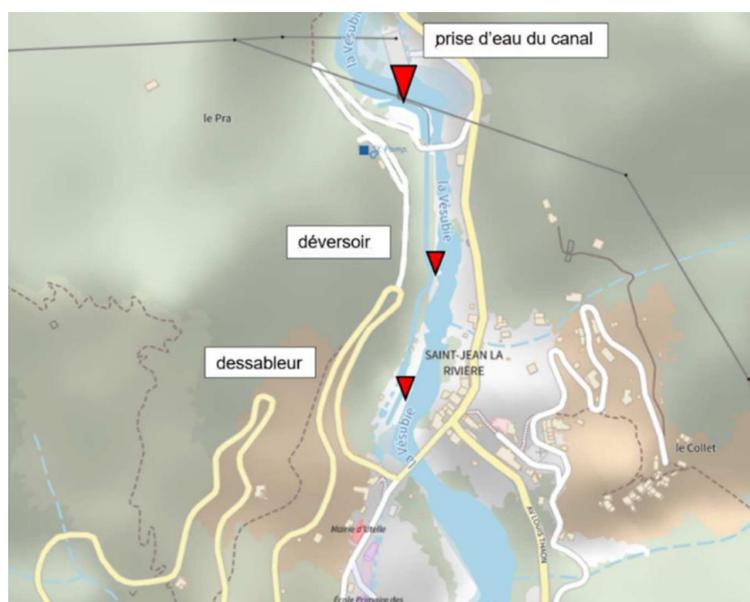


Figure 7 : Localisation de la prise d'eau à Saint-Jean-la-Rivière, commune d'Utelle

La prise d'eau du canal :

Construite dans les années 1880, elle a été réhabilitée en 2021 suite de la tempête Alex d'octobre 2020 qui l'avait fortement endommagée. Elle comprend la grille de prise d'eau, l'ouvrage de restitution du débit réservé et deux tronçons de tunnel en parallèle.



Figure 8 : Prise d'eau de Saint Jean La Rivière avant 2020

Le déversoir de Saint-Jean-La-Rivière :

Il déverse le surplus de débit en amont de la 1^{ère} vanne de bief du canal.

Le dessableur de Saint-Jean-La-Rivière :

Il a été construit en 1987 en dédoublant l'ancien canal, pour limiter le passage des particules fines. Celui-ci est composé de deux systèmes de pièges à sable successifs comme détaillé précédemment. Les vannes de purge sont ouvertes à intervalles réguliers et renvoient le sable décanté dans la rivière Vésubie.

Cascade de Gairaut :



Figure 9 : Cascade de Gairaut

La cascade de Gairaut, située au raccourci de la Croix à Nice, constitue le dernier débouché à l'air libre des eaux du canal de la Vésubie, à environ 1.4 km en amont des prétraitements de Rimiez. A la sortie de cet ouvrage, deux canalisations permettent :

- pour l'une d'alimenter en « eaux de loisirs » (espaces verts et nettoyage des rues) une partie du réseau d'eau brute de la commune de Nice. Ces eaux transitent notamment par le bassin de Saint-André après dégrillage et tamisage. Le débit utilisé pour les eaux de loisirs est d'environ 200 l/s, dont 80 l/s provenant de la dérivation présente à la cascade de Gairaut.
- pour l'autre d'amener l'eau brute destinée à la production d'eau potable aux prétraitements situés en amont de l'usine de Super Rimiez par une conduite Ø1800 mm. La station d'alerte pollution qui assure la surveillance de la qualité de l'eau admise sur les usines de traitement est située en aval de la cascade de Gairaut, avenue de Gairaut.

Secours du canal : Prise d'eau du Roguez

Afin de sécuriser la desserte de Nice et du littoral, un **secours du canal** a été mis en place. Depuis 1987, il existe une alimentation de secours du canal grâce au pompage du Roguez, pompant l'eau du Var pour approvisionner directement le canal au niveau du secteur du Trier sur la commune d'Aspremont.

Localisé aux deux tiers de la longueur totale du canal (22,6 km en aval de la prise d'eau, sur la commune d'Aspremont), ce secours est mis en marche lors de travaux ou de problème en amont sur le canal nécessitant un arrêt d'eau ou lors d'étiage de la rivière de la Vésubie. Il est une ressource complémentaire injectant au maximum 1 500 l/s dans le canal à l'aide de trois pompes de 500 l/s chacune et donc de continuer à alimenter l'usine de Super Rimiez.

Le refoulement du Roguez possède un linéaire d'environ 1.6 km (1535 m) entre la prise d'eau dans le Var et le canal de la Vésubie où l'eau transite dans une canalisation en acier de diamètre DN 1000 mm..

Indirectement il existe deux autres secours, permettant l'alimentation de la ville de Nice. En effet, deux champs captants dans la nappe du Var desservent les usines des Sagnes et des Prairies, usines de production d'eau potable de la ville de Nice, et permettent de compléter la distribution en eau de Nice Littoral (15% des volumes prélevés).

Le débit réservé de la rivière est de 925l/s, avec une autorisation de modulation selon la période de l'année :

- de 1067 l/s du 16 octobre au 14 juillet ;
- de 500 l/s du 15 juillet au 15 octobre ;

Ainsi, la turbine du Roguez est autorisée à fonctionner du moment que 925l/s à minima sont restitués à la Vésubie.

Débit et rendement du canal

Le canal de la Vésubie a été dimensionné de manière à pouvoir faire transiter un débit maximal de 4 000 l/s.

Cependant, à la suite des glissements de terrain survenus en 2000 sur la commune de Castagniers et donc le busage temporaire d'une partie du canal, le débit maximal autorisé prélevé au niveau de la prise d'eau à Saint Jean la Rivière a été réduit à 2 500 l/s. En 2005, une remise en état de cette partie du canal a été faite de manière à pouvoir faire transiter de nouveau un débit de 3200 l/s.

Le débit moyen soutiré à la prise d'eau de Saint Jean la Rivière est de 2 000 l/s mais avec l'augmentation du débit réservé celui-ci tombe en moyenne à 1 830 l/s. En effet, avant la mise en application de la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA 2006), le débit réservé était de 250 l/s mais depuis 2014 ce dernier a augmenté et varie au cours de l'année :

- - 500 l/s du 15 juillet au 15 octobre
- - 1 067 l/s du 16 octobre au 14 juillet

La mesure officielle du débit transitant dans le canal est faite au niveau du site « Les Châtaigniers », point de mesure contrôlé par l'Agence de l'Eau depuis le 1er octobre 2009.

Actuellement le canal n'est pas exploité à sa pleine capacité de 4m³/s et le débit actuel est compris entre 1 500 et 2 500 l/s ce qui correspond à une hauteur d'eau dans le canal d'environ 1,40 m et un temps de transit de l'eau brute de 8 heures.

Une étude du rendement du réseau AEP de la ville de Nice a fixé le volume des pertes en eau équivalent à 200 l/s, soit environ 10% du débit actuel du canal. De plus, lorsque que le réseau est alimenté non pas par le canal mais seulement par le secours du Roguez, ces pertes deviennent négligeables, prouvant ainsi qu'elles se situent principalement sur le réseau d'adduction (canal) et non sur le réseau de distribution. L'augmentation du rendement du réseau débute donc par l'identification des zones fuyardes du canal afin d'effectuer des travaux sur ce dernier, parfois plus simple à réaliser que sur un réseau de distribution enterré en milieu urbain.

Contexte géologique

Le canal a été construit en différents types de sections : ciels ouverts, tunnels et galeries. Les sections ont été creusées dans la roche pour les tunnels et galeries ou construit en maçonnerie pour les sections à ciel ouvert.

La géologie du canal est principalement constituée de deux types de roches, le calcaire ou le poudingue. De la prise d'eau à la commune de La Roquette, le calcaire est largement majoritaire, mais celui-ci laisse place ensuite au poudingue. L'évaluation visuelle des risques vis-à-vis de ces deux roches ne sont pas identiques. En effet, les fractures et les failles dans le calcaire sont visibles et peuvent provoquer des chutes successives de plusieurs bancs compacts de calcaire. En revanche, le poudingue est une roche très friable dont de nombreuses petites chutes dans le canal ont été observées. Cependant, il peut se fissurer à l'intérieur (fissure non visible) et provoquer un décrochement de grande ampleur.

Dû à de nombreux éboulements dans certaines zones et la nature des sols, certaines sections ont été modifiées. La partie aval quant à elle possède des portions busées et foncées (8,5 kms) dans lesquelles transitent l'eau destinée à la production d'eau potable, et le canal d'origine transporte quant à lui, les eaux destinées aux réseaux d'eau brute (eaux de loisirs).

La partie amont débute à la prise d'eau de Saint Jean la Rivière. Le linéaire de la section jusqu'à la zone de Levens possède 9kms de tunnels et galeries et 2kms à ciels ouverts. Deux tiers du linéaire des tunnels et galeries est non revêtu. Le terrain étant montagneux et accidenté dans ce secteur, opter pour cette configuration à l'époque permettait de diminuer son linéaire et donc de minimiser les coûts. Le canal traverse ensuite la zone de Levens et la zone de Plan du Var qui sont les plus critiques.

Depuis les années 60 de nombreux éboulements de terrain ont impactés le canal (décrochement de masse rocheuses, chutes de blocs...). Ces désordres ont conduit à la mise en place de nombreux ouvrages déflecteurs comme des poutrelles en béton ou des paravalanches. Ces ouvrages ont été majoritairement installés dans les années 70. Les ciels ouverts et les tunnels sont en béton armé.

A l'aval de la Roquette sur Var, le terrain devient moins accidenté mais il reste instable par endroit par exemple en amont du tunnel de la Roquette. De nombreux ravins sont présents sur le parcours ce qui explique le nombre important de courbes et contre courbes.

Etude géotechnique

Une étude géotechnique a été réalisée par un bureau d'étude extérieur en 2018 après des éboulements de terrain dans la zone de Plan du Var. Il s'agit d'une mission de type G5 (Mission géotechnique de type G5 selon la classification des missions géotechniques types, normes NF P 94-500). L'étude est un diagnostic de la falaise surplombant le canal de la Vésubie en amont du village de Plan du Var. La dernière étude antérieure connue datait de 1997. C'était une étude de faisabilité de parades contre les éboulements, réalisée par le CETE.

Selon ce rapport, des mouvements de terrain de type éboulements rocheux se sont produits en 1925 et 1963. Ces éboulements ont conduit à la rupture du canal et à la formation de coulées boueuses et de laves torrentielles.

D'autres éboulements se sont produits et ont atteint le village de Plan du Var.

L'étude réalisée en 2017 a donc permis d'analyser et de confirmer les observations réalisées en 1997.

Elle a montré que la zone de Plan du Var connaît de nombreux risques de décrochements de blocs rocheux dus aux falaises en surplomb du canal. Des préconisations de travaux pour ce cas de figure ont été proposées par le bureau d'étude. Ces préconisations sont présentées dans la partie 4 de l'étude.

II.4 Historique du canal

L'historique des travaux réalisés à la suite des divers dégâts survenus sur le canal n'est pas entièrement connu. En effet, beaucoup d'informations se sont perdues lors des changements d'exploitant (Compagnie Générale des Eaux, VEOLIA puis Eau d'Azur) ou ne sont plus accessibles en l'absence d'un service d'archivage organisé à Eau d'Azur à ce jour. Ce qui explique que les données disponibles relatent surtout les faits datant de l'après-guerre (transmission orale chez les exploitants d'une génération à une autre).

Les événements majeurs de l'histoire du canal de 1930 à fin 2023 sont récapitulés dans le schéma ci-dessous :

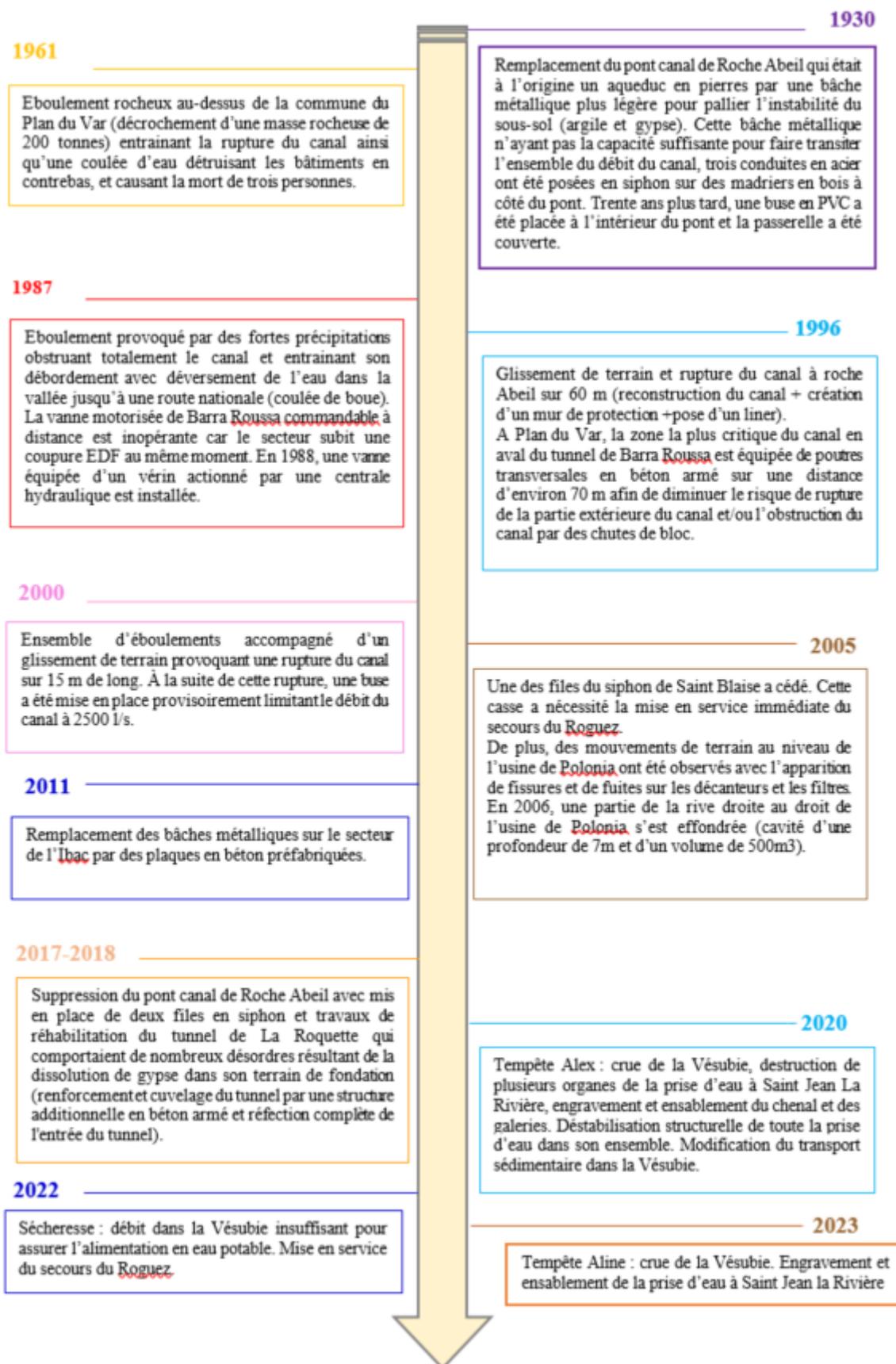


Figure 10 : Evènements majeurs de l'histoire du canal de 1930 à fin 2023

Les tempêtes Alex et Aline ont modifié les conditions du transport sédimentaire de la rivière. Phénomène constaté suite à la tempête Alex, lors d'une étude pilotée par le service Ressources d'Eau d'Azur. Cette étude met en avant la possibilité que cette situation d'aggravation du transport sédimentaire puisse perdurer au moins 10 ans (après la fin des travaux dans le lit de la rivière le temps que la ripisylve soit suffisante).

2 octobre 2020, la tempête Alex :

Un chômage forcé du canal a été mis en place lors de cette tempête, pour limiter les dégâts matériels, permettre les réparations et sécuriser le périmètre :

- du 02/10/2020 à janvier 2021 : chômage pendant la tempête, pour démarrer les travaux de réparation d'urgence
- durant l'été 2022 (mois de juin et juillet) afin de continuer les travaux de réparation et terminer le désensablement de la prise d'eau et du canal.

Lors de la tempête Alex, la prise d'eau de St Jean La Rivière a été hors service dû à l'ensablement du chenal et des galeries, la fragilisant structurellement..

Environ 400k€ ont donc été investis (commandes hors marché) pour la remise en eau en urgence (comprenant des opérations d'hélicoptage de machines, des interventions d'entreprises de travaux publics, l'intervention de services internes à Eau d'Azur pour la remise en service des vannes).

La continuité du service d'eau potable a été assurée grâce à la mise en fonctionnement du secours du Roguez (dont une pompe était hors service et une autre fortement dégradée par les eaux chargées du Var).

Nuit du jeudi 19 au vendredi 20 octobre 2023, la tempête Aline :

Lors de la tempête Aline, un chômage forcé du canal a eu lieu du 20/10/2023 au 18/11/2023 afin de limiter les dégâts matériels sur le canal et permettre ainsi sa remise en fonction au plus vite.

Depuis la tempête Aline à fin 2023 :

Les évènements pluvieux, même modérés, entraînent systématiquement un engravement et un ensablement du canal et/ou de ses abords.

Les épisodes de sécheresse de 2022 et 2023 :

Des périodes de sécheresse ont affecté la Métropole en 2022 et 2023. La Vésubie, ayant plusieurs usages, notamment la production d'électricité par EDF, la problématique de partage de la ressource vis-à-vis de l'enjeu électrique a émergé lors de ces épisodes de sécheresse.

Sécheresse de 2022 :

Elle a engendré des taux de sulfate élevés dans le canal de la Vésubie. Une dilution a été réalisée par la mise en service du secours du Roguez.

Cette sécheresse a également engendré des difficultés lors du passage au débit réservé d'octobre : les retenues EDF étant concomitantes à cette période. Une nouvelle fois, le secours du Roguez a été mis en service.

Sécheresse de 2023 :

Cette sécheresse a engendré des difficultés d'approvisionnement en eau du canal suite aux retenues d'eau effectuées par EDF.

Les difficultés d'alimentation en eau du canal ont été compensées par les pompages dans les champs captants des Sagnes, des Prairies et la mise en route du secours du Roguez

Le détail de certains des évènements survenus sur le canal se trouvent en annexe 1.

Ainsi depuis sa construction le canal de la Vésubie a subi plusieurs modifications du fait de l'apparition de désordres variés. Récemment achevés, les travaux de réhabilitation du tunnel de la Roquette représentent l'un des plus importants projets de la Eau d'Azur en termes de coûts (4 millions d'euros). Afin d'éviter de nouveaux travaux de réhabilitation d'une telle envergure, il est nécessaire de mettre en place un suivi plus régulier de l'ensemble du linéaire du canal. Cette démarche, s'insérant dans le cadre d'une meilleure gestion patrimoniale, permettra d'identifier et d'anticiper les différents désordres de cet ouvrage qui

pourraient apparaître à court et à long terme et de suivre leur évolution afin d'élaborer un programme de travaux sur dix ans.

II.5 Description du service exploitation du canal

Le canal de la Vésubie est géré par le service « Usine de Super Rimiez-Canal » de l'Agence de Nice. Ce service regroupe un effectif de cinq personnes comprenant le responsable Jean-Claude GROSSI ainsi que quatre agents permanents en charge de l'exploitation du canal. Ces agents ont sensiblement le même rôle et tous interviennent pour des opérations de maintenance et d'entretien du canal.

L'exploitation du canal comprend les prestations suivantes :

- Le contrôle permanent du débit du canal par la télégestion.
- La surveillance visuelle de l'ouvrage : inspection visuelle de routine le long du canal et surveillance vidéo 24h/24 des sites les plus sensibles
- Tests et contrôles périodiques du bon fonctionnement des équipements (vannes, capteurs de contrôle-commande, etc.)
- Travaux d'entretien et de maintenance
- Suivi de prestataires extérieurs pour de petits travaux d'entretien (débroussaillage, travaux de génie civil mineurs...)

En cas de travaux importants ou nécessitant une compétence technique particulière, la Eau d'Azur fait appel aux services de prestataires extérieurs. Par exemple, pour des travaux de génie-civil particuliers (reprise complète d'une section de tunnel, etc.) ou la mise en place de filets de protection contre les chutes de blocs dans l'environnement du canal.

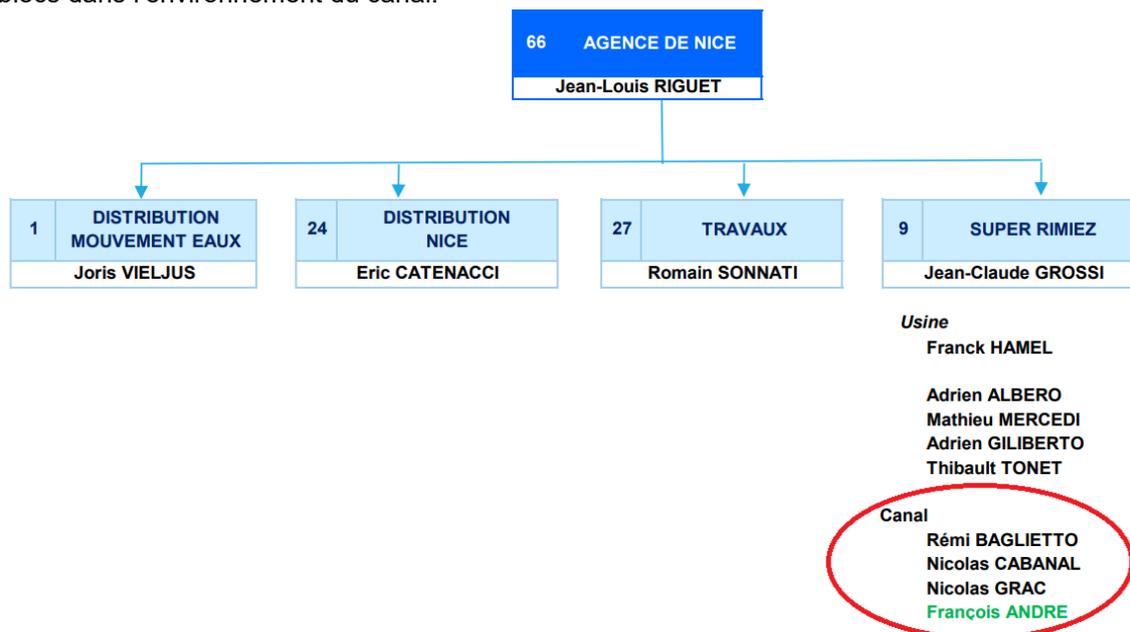


Figure 11 : Organigramme du service exploitation du canal (mise à jour de. 2023)

III. EVALUATION DE L'ETAT DE L'OUVRAGE

III.1 Types de désordres principaux

Les différents types de désordres observés sur le canal sont listés et décrits dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3 : Caractérisation des désordres principaux

| Type | Définition / Caractérisation | Photo (désordres observés sur le canal) |
|---|---|---|
| Fissure | <p>Ouverture plus ou moins linéaire, visible en surface d'une largeur comprise entre 0.2 et 2 mm (microfissure si ouverture inférieure à 0.2mm et lézarde si ouverture supérieure à 2mm)</p> <p>Localisation, nombre, longueur, largeur, orientation, Calcifiée, avec fuite ou suintement, avec épaufrure</p> |  |
| Epaufrure et éclat de béton (ou mortier) | <p>Fragment détaché de la masse du béton (ou mortier), localisé le plus souvent le long des armatures ou sur les arêtes</p> <p>Localisation, profondeur, surface</p> |  |
| Fuite et suintement | <p>Défaut d'étanchéité avec ou sans épanchement de calcite au niveau des traversées de parois, des fissures ou des reprises de bétonnage</p> <p>Localisation, quantification de la perte en eau</p> |  |
| Epanchement de calcite (Concrétions calcaires) | <p>Précipitation de carbonate de calcium (ou calcite) sur le parement à partir d'eaux en charge ayant transité dans les terrains (et au travers d'un revêtement) dont la pression est ramenée à la pression atmosphérique.</p> <p>Localisation, surface, couleur</p> |  |
| Eclatement et corrosion sur armatures | <p>Création de rouille expansive sous action de l'air ou de l'eau Fers oxydés apparents (chute du béton d'enrobage ou de la laitance). Écaille tombée, ou décollée mais toujours en place.</p> |  |
| Décollement du revêtement | <p>Défaut d'adhérence du revêtement au support</p> <p>Localisation, surface</p> |  |

Informations pour l'état des équipements et de l'environnement du canal

- *Désordres hydrauliques*

Les désordres hydrauliques font référence aux perturbations de l'écoulement qui incluent une modification du débit dû à des fuites ou à un phénomène de dépôt dans le canal. En effet, le tracé du canal comporte de nombreux méandres augmentant les risques de dépôt.

Les zones de dépôt ont été caractérisées par leur granulométrie (dépôt de cailloux, sable, ou argile), leur étendue et l'épaisseur de la couche de dépôt.

Les pertes en eau sont principalement liées à l'état du génie civil et peuvent également provenir d'équipements hydrauliques dégradés comme des vannes fuyardes.

- *Désordres géotechniques*

Les désordres géotechniques font référence à la stabilité du terrain naturel dans l'environnement du canal. Un simple examen visuel ne permet pas d'évaluer l'ensemble des désordres géotechniques et doivent faire l'objet d'étude particulière plus approfondie pour évaluer le risque pour l'ouvrage. Il n'en resta pas moins que l'observation de chutes de pierres ou de terre dans le canal, des couloirs d'éboulis ou de petits effondrements sur ces rives sont des signes précurseurs signalant les zones à risque.

- *Désordres liés à la végétation*

La végétation dans l'environnement proche du canal peut comporter un risque pour celui-ci. En effet les arbres en surplomb du canal peuvent éventuellement chuter dans ce dernier et obstruer l'écoulement. La végétation à proximité du canal peut dégrader sa structure avec des racines poussant à travers l'ouvrage. Enfin, une végétation trop abondante gêne les accès et la visibilité de l'ouvrage (désordre de génie civil non visible par exemple).

- *Désordres vis-à-vis des accès*

Les désordres au niveau des accès menant aux rives du canal et en son intérieur. En effet, les accès aux rives (route, piste, chemin, sentier...) doivent être praticables par véhicule ou à pieds.

Les accès à l'intérieur du canal regroupent les accès piéton (échelons) et les accès motorisés (rampe d'accès de véhicule). Les désordres éventuels sont leur état (corrosion des barreaux des échelons ou échelons cassés) ou leur absence qui rend plus difficile les interventions et les travaux sur le canal.

Informations pour la sûreté et la sécurité

- *Désordres vis-à-vis de la sûreté*

La sûreté fait référence à l'exposition aux risques d'intrusion et d'actes de malveillance sur le canal impactant sur la qualité de l'eau et le débit. Les actes de malveillance peuvent être des actes de sabotage (casse ou vol d'équipements par exemple) ou de contamination de l'eau. Ainsi la vulnérabilité de l'ouvrage en termes de sûreté est relative aux dispositifs de protection et de dissuasion dont les types et les quantités doivent être adaptés au risque (panneaux de danger, clôtures, caméras...).

- *Désordres vis-à-vis de la sécurité des personnes*

Les dispositifs mis en place sur le canal doivent permettre d'assurer la sécurité des intervenants sur celui-ci. Ils doivent être adaptés au risque et en quantité suffisante afin d'éviter tous accidents du travail (chutes dans le canal, blessures liées aux manipulations d'équipements...)

III.2 Critères de notation

Chaque tronçon du canal a été évalué sur la base d'une grille d'analyse multicritères. Les paramètres évalués à partir des inspections faites sur le terrain sont les suivants :

- Génie civil
- Hydraulique
- Géotechnique
- Végétation
- Accès au site
- Accès piéton dans le canal
- Accès motorisé dans le canal
- Criticité (sécurité des agents du canal)

- Sûreté (vulnérabilité du canal vis-à-vis des actes de malveillance)

Deux autres critères propres à la localisation du tronçon et indépendants de l'examen visuel ont été inclus dans la notation :

- Sécurité du service (secours)
- Rôle stratégique du tronçon.

Le génie civil est évalué sur la base des indices « Image de la Qualité des Ouvrages d'Art » qui comprennent 5 classes (la classe 1 correspondant au meilleur état).

Les autres critères sont notés sur 3, la note de 3 correspondant à l'état le plus dégradé, et la note 1 à l'état normal de l'ouvrage sans défaut.

Les paramètres de notation sont expliqués dans les paragraphes qui suivent.

III.2.1 Etat du génie civil : la classification par les indices IQOA

L'évaluation de l'état du génie civil des tronçons du canal se base sur la cotation IQOA (Image de la Qualité des Ouvrages d'Art) mise en place par les services de l'Etat pour les ponts et les tunnels (SETRA) dans le cadre surveillance des ouvrages basée sur l'instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art (ITSEOA).

Chacune des 5 classes dépend du type de désordres observés et des actions à réaliser pour réhabiliter l'ouvrage. Elles sont présentées en détails dans le tableau ci-dessous.

Cette méthode d'évaluation a été retenue car elle est reconnue au niveau national pour les ponts et les tunnels qui constituent un linéaire important du canal. De plus, elle est utilisée par d'autres maîtres d'ouvrages (par ex. Eau de Paris) et permettra donc de comparer l'état du canal (au moins pour les ponts et les tunnels du canal) aux ouvrages d'autres services sur une base commune.

Tableau 4 : Indice IQOA

| Classe | Signification | Actions |
|--------|--|---|
| 1 | - Bon état apparent | - Entretien courant |
| 2 | - Désordres mineurs n'affectant pas la structure | - Surveillance régulière - Travaux d'entretien spécialisé sans caractère d'urgence |
| 2E | - Défauts mineurs avec caractère évolutifs (risques d'évolution pouvant à terme affecter la structure) | - Travaux d'entretien spécialisé urgent |
| 3 | - Désordres structurels sans caractère d'urgence (structure altérée sans risque à court terme) | - Surveillance renforcée - Investigations spécialisées - Diagnostic - Travaux de réhabilitation sans caractère d'urgence |
| 3U | - Désordres structurels avec caractère d'urgence (ou structure altérée avec risques à court terme): - Stabilité d'ensemble compromise ou insuffisance de la capacité portante - Rapidité d'évolution des désordres | - Mise en sécurité - Mise sous haute surveillance - Investigations spécialisées - Diagnostic - Réparation d'urgence |
| NE | - Ouvrage non évalué | |

L'indice 1 correspond aux tronçons qui ne présentent pas de défauts notables, ni de dégâts particuliers. Cependant il peut y avoir des fines fissures (capillaires) isolées ou très localisées sans éclatements ou épaufrures. Pour les tronçons en béton armé, aucune armature ne doit être mise à nu. Il se peut que l'enduit d'étanchéité (revêtement du béton) se décolle ou cloque sur des surfaces négligeables par rapport à la surface totale du tronçon. Pour les tronçons en maçonnerie, il peut y avoir de petites détériorations superficielles des moellons comme des fissures isolées dans les joints mais le mortier de jointement est toutefois encore dur. L'indice 1 représente donc les tronçons en bon état.

L'indice 2 décrit les tronçons possédant quelques petits dégâts tels que des fissures avec de faibles efflorescences ou éclatements (pour le béton). Les surfaces touchées doivent être inférieures à 20% de la

surface totale et les défauts peuvent être réparés à l'occasion des travaux d'entretien courant par le service d'exploitation du canal. L'indice 2 représente les tronçons dans un état dit acceptable.

L'indice 2E réunit les tronçons présentant des défauts sur des surfaces variant de 20% à 40% de la surface totale du tronçon. De nombreuses fissures avec des éclatements peuvent être observées.

L'enduit d'imperméabilisation est dégradé de manière générale et le béton apparent peut à terme être attaqué (érosion du béton) Dans le cas de la maçonnerie les moellons sont dégradés en profondeur, le mortier est disloqué et certains moellons peuvent être branlants. L'indice 2E correspond aux défauts évolutifs et à un état qualifié de défectueux.

L'indice 3 correspond à un mauvais état du génie-civil mais non alarmant (sans caractère d'urgence). Il correspond aux tronçons présentant des dégâts avancés de type corrosion et mise à nu des armatures et éclatements du béton. Les surfaces touchées sont supérieures à 40% de la surface totale. Il existe de nombreuses fissures sur ces tronçons, parfois traversantes, avec des efflorescences. De plus, les joints sont disloqués et vidés en grand nombre sur les tronçons maçonnés.

L'indice 3U, état dit alarmant, représente les tronçons avec des dégâts très avancés, c'est-à-dire de larges fissures, des éclatements et des efflorescences sur plus de 50% de la surface du tronçon. Ces défauts mettent en péril la stabilité de l'ouvrage avec un risque d'effondrement de la voûte pour les tunnels et les galeries. Les parties maçonnées ont de nombreux joints disloqués et des moellons détachés. Cet état peut impliquer un arrêt temporaire de l'exploitation du canal en attendant les résultats d'une auscultation détaillée.

Les tronçons associés à l'**indice NE**, sont les tronçons qui n'ont pas encore été visités.

III.2.2 Hydraulique

Le critère « hydraulique » évalue les perturbations apportées à l'écoulement, avec ou non un impact sur le débit qui transite (dépôts, équipements fuyards, etc.).

En effet, le tracé du canal comporte de nombreux méandres qui augmentent les risques de dépôt.

Les zones de dépôt ont été caractérisées par leur granulométrie (dépôt de cailloux, sable, ou argile), leur étendue et l'épaisseur de la couche de dépôt.

Les pertes en eau sont principalement liées à l'état du génie civil cependant elles peuvent provenir d'équipements hydrauliques dégradés comme des vannes fuyardes.

Tableau 5 : Notation du critère « Hydraulique »

| | |
|---|--|
| 1 | Écoulement non perturbé et équipements hydrauliques en bon état |
| 2 | Écoulement non perturbé mais équipements hydrauliques avec des défauts mineurs |
| 3 | Écoulement perturbé dû à des équipements dégradés ou à des zones de dépôts |

III.2.3 Géotechnique

Ce critère reflète les risques géotechniques pour le canal : éboulement, glissement de terrain, etc.. L'attribution des notes dépend de l'existence ou non du risque, et de la présence ou non de dispositifs de protection du canal de type poutrelles, dalles ou filet sur les tronçons identifiés. Les risques sont évalués en fonction de la géologie dans l'environnement du canal ainsi que de l'humidité des rives.

Un simple examen visuel ne permet pas d'évaluer l'ensemble des désordres géotechniques et doivent faire l'objet d'étude particulière plus approfondie pour évaluer le risque pour l'ouvrage. Cependant, l'observation de chutes de pierres ou de terre dans le canal, des couloirs d'éboulis ou de petits effondrements sur des rives du canal sont des signes précurseurs et signalent les zones à risque.

Tableau 6 : Notation du critère « Géotechnique »

| | |
|---|--|
| 1 | Tronçons sans dangers géotechniques pour le canal |
| 2 | Tronçons avec risques géotechniques mais comportant des ouvrages de protection |
| 3 | Tronçons avec risques géotechniques sans ouvrages de protection |

III.2.4 Végétation

Le critère Végétation évalue la présence, la localisation, l'étendue de la végétation dans l'environnement du canal et son impact possible sur l'ouvrage. Une note de 3 correspond une végétation qui détériore le canal : présence de racines, queues de renard ou même arbres à travers les voiles, la voûte ou le radier. Une végétation non entretenue peut devenir envahissante (voiles recouverts) et risque aussi de cacher d'autres désordres.

En effet les arbres en surplomb du canal peuvent éventuellement chuter dans ce dernier et obstruer l'écoulement. La végétation à proximité du canal peut dégrader la structure du canal avec des racines qui poussent à travers l'ouvrage. Enfin, une végétation trop abondante gêne les accès et la visibilité de l'ouvrage (désordre de génie civil non visible par exemple).

Tableau 7 : Notation du critère « Végétation »

| | |
|---|---|
| 1 | Végétation sans risque pour le canal |
| 2 | Végétation à proximité immédiate du canal et végétation envahissante non entretenue |
| 3 | Végétation qui détériore la structure |

III.2.5 Accès au site

La note du critère d'accès au site reflète la facilité d'accès aux berges du canal. Il est possible de se rendre aux abords du canal à différents endroits via des pistes ONF ou des pistes utilisées par les sapeurs-pompiers au niveau des points d'aspiration incendie. Mais la plupart des accès se font à pieds via des chemins plus ou moins praticables (risque de chute en bord de falaises ou glissade) : Tableau 8 : Notation du critère « Accès au site »

| | |
|---|---|
| 1 | Accès par véhicule aux abords du canal |
| 2 | Accès à pied aux abords du canal via chemin facilement praticable |
| 3 | Accès à pied et chemin difficilement praticable |

III.2.6 Accès motorisé dans le canal

La note de l'accès motorisé dépend de la distance entre le tronçon et la rampe d'accès à l'intérieur du canal la plus proche. Dans le cadre de travaux d'entretien ou de réhabilitation, il doit être possible de se rendre le plus rapidement possible dans le tronçon souhaité avec le matériel nécessaire. Les distances ont été fixées selon le temps qu'il faut pour atteindre un tronçon avec un engin de travaux et peuvent être modifiées.

Tableau 9 : Notation du critère « Accès motorisé »

| | |
|---|--|
| 1 | Rampe d'accès véhicule à moins de 2km; |
| 2 | Rampe à plus de 2km ; |
| 3 | Rampe d'accès véhicule à plus de 5km ; |

III.2.7 Accès piéton dans le canal

Les accès piétons dans le canal correspondent aux échelons normalement situés en entrée et sortie des galeries/tunnels et à distance régulières sur les longues sections à ciel ouvert. Ils sont utiles car ils facilitent les déplacements et assurent une sécurité pour sortir rapidement de l'ouvrage. La notation dépend donc de l'emplacement, du nombre et de l'état des échelons présents sur le canal.

Tableau 10 : Notation du critère « Accès piéton »

| | |
|---|--|
| 1 | Echelons en bon état et en quantité suffisante |
| 2 | Echelons dégradés ou en quantité insuffisante |
| 3 | Absence d'échelons |

III.2.8 Criticité

Le service Sécurité de Eau d'Azur a élaboré une cotation des risques d'accidents du travail (DUER). Elle se base sur deux critères, la gravité de l'accident et la fréquence d'exposition aux risques. Dans le canal, la criticité mesure les risques pour la sécurité des agents d'exploitation ou tout autre intervenant. La note de ce critère résulte d'une combinaison entre la gravité de l'accident et la fréquence d'exposition au risque. Ainsi la criticité est définie comme le produit entre la fréquence (F) et la gravité (G) : Criticité = Fréquence (F) x Gravité (G)

La fréquence d'exposition au risque est notée de la manière suivante :

Tableau 11 : Classes d'exposition au risque

| Note | Fréquence d'exposition au risque |
|------|---|
| 1 | Rare : 1 à plusieurs fois /an |
| 2 | Occasionnelle : 1 à plusieurs fois /mois |
| 3 | Fréquente : 1 à plusieurs fois /semaine |
| 4 | Permanente : 1 à plusieurs fois/jour |

Pour le canal, cette fréquence définie est proportionnelle au nombre d'intervention sur chacun des tronçons. Certains tronçons auront une fréquence plus élevée du fait de la présence d'équipements qui nécessitent des manœuvres ou des vérifications (ouverture et fermeture de vanne, nettoyage de grille, calage des sondes de niveau...).

Dans le cadre de l'entretien du canal, les agents d'exploitation interviennent au moins une fois par mois sur l'ensemble des tronçons. Ainsi la note minimum sera de 2, soit une fréquence occasionnelle d'exposition aux risques.

La gravité dépend de la conséquence de l'accident lors d'une intervention et est notée sur 4 de la manière suivante :

Tableau 12 : Classes de niveau de gravité de l'accident

| Note | Niveau de gravité | Type d'accidents |
|------|-------------------|---|
| 1 | Bénin | Accident ou maladie sans arrêt de travail : Coupure superficielle, piqûre, hématome léger, corps étranger dans l'oeil, indisposition conduisant à des inconforts temporaires d'une ou plusieurs personnes, évènements et accidents bénins enregistrés |
| 2 | Sérieux | Accident ou maladie avec arrêt de travail inférieur à 3 mois : incapacité temporaire, lésion sans séquelle, intoxication mineure, douleur articulaire, fracture, coupure profonde, foulure, entorse, brûlure légère |
| 3 | Grave | Accident ou maladie avec arrêt de travail supérieur à 3 mois : blessures multiples, brûlures graves, intoxication majeure, fractures multiples |
| 4 | Très grave | Accident ou maladie entraînant la mort ou une incapacité permanente partielle : blessures mortelles, cancer professionnel, maladies réduisant l'espérance de vie, lésions sérieuses irréversibles, perte anatomique, mauvais santé conduisant à un handicap permanent |

Dans le cas du canal, la gravité dépend du type de manipulations et des risques de chutes. En effet, les ouvertures et fermetures de vannes manuelles, la pause de batardeaux ou encore le nettoyage de grilles présentent des risques dont les conséquences sont plus au moins grave. Pour les ponts, la gravité de la chute dépend de la hauteur par rapport au sol.

Toutefois ces risques sont amoindris par différents dispositifs de sécurité présents sur le canal (ligne de vie, garde-corps, caillebotis, caméra d'exploitation, gyrophare...)

La criticité s'obtient en faisant le produit des deux notes précédentes :

Tableau 13 : Niveau de criticité

| Gravité | Criticité | | | |
|-----------|-----------|----------|-------------|-------------|
| | 1-Faible | 2-Faible | 3-Faible | 4-Modéré |
| 1 | 1-Faible | 2-Faible | 3-Faible | 4-Modéré |
| 2 | 2-Faible | 4-Modéré | 6-modéré | 8-Important |
| 3 | 3-Faible | 6-Modéré | 9-Important | 12-Majeur |
| 4 | 4-Majeur | 8-Majeur | 12- Majeur | 16-Majeur |
| Fréquence | 1 | 2 | 3 | 4 |

Ainsi pour obtenir une note sur 3 comme pour les autres critères, les valeurs de criticité sont réparties en 3 fourchettes :

Tableau 14 : Notation du critère « Sécurité des personnes »

| | |
|----------|----------------------|
| 1 | Criticité de 1 à 4 |
| 2 | Criticité de 5 à 9 |
| 3 | Criticité de 10 à 16 |

III.2.9 Sûreté

Le critère « sûreté » évalue les risques vis-à-vis des actes de malveillance potentiels auxquels le canal est exposé. Il fait référence aux actions de sabotage (dégradations ou vols d'équipements) et de contamination de l'eau par autrui.

Les sections les plus sensibles sont celles qui sont stratégiques pour le canal, c'est-à-dire comportant des ouvrages de type vannes, dégrilleurs ou encore sonde de niveau qui disposent de dispositifs de sécurité insuffisants ou inexistantes et qui sont facilement accessibles par autrui.

Les sites touristiques du canal ou les sections à proximité immédiate mais qui ne sont pas stratégiques pour le canal sont exposées à un risque plus modéré.

La qualité de l'eau est en partie liée à la sûreté vis à vis de la contamination volontaire par autrui. Cependant l'eau transitant dans le canal n'étant pas de l'eau potable (station d'alerte pollution et traitement en aval dans les différentes usines), le risque pour les usagers est faible.

Tableau 15 : Notation du critère « Sûreté »

| | |
|----------|---|
| 1 | Tronçons avec dispositifs de sûreté ou sections sans dispositifs avec un risque négligeable vis-à-vis des actes de malveillance |
| 2 | Tronçons fréquentés par des personnes extérieures mais non stratégiques pour le canal |
| 3 | Tronçons stratégiques avec dispositifs de sécurité insuffisants ou sans dispositifs de sécurité |

III.2.10 Sécurité du service (secours)

Le critère Sécurité du service évalue la pérennité de l'alimentation en eau brute des usines de traitement d'eau potable de Font de Linier et de Super Rimiez par le canal en prenant en compte le secours du Roguez.

Le cas le plus défavorable correspond à un accident qui entrainerait l'arrêt complet de l'alimentation en eau de l'une des deux usines.

Le cas le plus favorable correspond à un accident sur la partie terminale, à l'aval de l'usine de Super Rimiez, car il serait sans impact sur l'alimentation en eau brute.

Le cas intermédiaire correspond à un mode dégradé de fonctionnement, qui nécessiterait le recours au secours du Roguez au débit limité de 1500 l/s.

Tableau 16 : Notation du critère « Sécurité du service »

| | |
|---|--|
| 1 | Accident dans la partie terminale à l'aval de Super Rimiez |
| 2 | Arrêt d'eau entre l'usine de Font de Linier et le secours du Roguez : service ok FdL et service partiel SR |
| 3 | Arrêt d'eau en amont de l'usine de Font de Linier (arrêt du service FdL et service partiel SR) ou en aval du secours du Roguez (service ok FdL et arrêt du service SR) |

La sécurité du service reflète la capacité du canal à assurer l'alimentation en eau brute des usines de traitement d'eau potable de Font de Linier et de Super Rimiez. En effet, le pompage du Roguez constitue la seule solution de secours pour l'alimentation du canal et de l'usine de Super Rimiez.

Un arrêt d'eau entre l'usine de Font de Linier et le secours du Roguez est le cas le moins défavorable car l'usine de Font de Linier reste alimentée par la partie amont du canal et l'alimentation de Super Rimiez est assurée par la mise en marche du secours du Roguez.

En revanche s'il y a un arrêt d'eau en amont de l'usine de Font de Linier alors l'alimentation de celle-ci n'est plus assurée par le canal mais l'usine de Super Rimiez est approvisionnée grâce au secours. Le cas le plus défavorable est le cas où l'usine de Super Rimiez n'est plus alimentée (et donc également l'usine de Jean Favre qui est alimentée par Super Rimiez), cas qui correspond à un arrêt d'eau en aval de l'arrivée du secours du Roguez.

Ainsi les notes 1, 2 et 3 reflètent les trois états du service qui sont respectivement, service assuré, partiellement assuré et non assuré :

Tableau 17 : Les 3 états de service

| | |
|---|---|
| 1 | Arrêt d'eau entre l'usine de Font de Linier et le secours du Roguez |
| 2 | Arrêt d'eau en amont de l'usine de Font de Linier |
| 3 | Arrêt d'eau en aval du secours du Roguez |

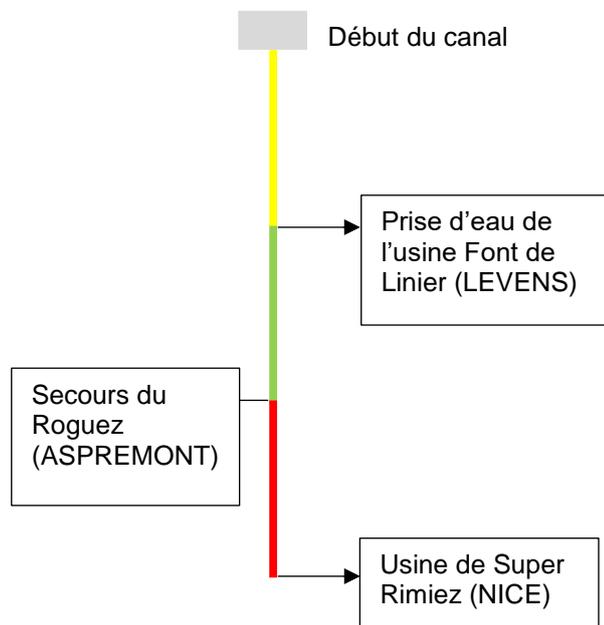


Figure 12 : Etats du service et secours

III.2.11 Rôle stratégique

Le rôle stratégique d'un tronçon représente l'importance de ce dernier dans le fonctionnement du canal. La note attribuée à un tronçon est proportionnelle aux impacts qu'auraient toutes formes de dégradation sur ce dernier. En effet, certains tronçons ne comportent pas d'ouvrages ou d'équipements et servent uniquement à faire transiter l'eau d'un point à un autre. En revanche d'autres tronçons comportent des ouvrages stratégiques pour le canal tels que des vannes de bief ou des prises d'eau, dont la dégradation voire le dysfonctionnement ont un impact non négligeable sur le fonctionnement du canal.

Tableau 18 : Notation du critère « Rôle Stratégique »

| | |
|----------|--|
| 1 | Tronçons sans ouvrages ou équipements particuliers (sections de transit de l'eau) |
| 2 | Tronçons avec ouvrages et équipements secondaires pour le fonctionnement du canal |
| 3 | Tronçons avec ouvrages stratégiques et rôle majeur pour le fonctionnement du canal |

III.3 Pondération des critères d'évaluation

Parmi ces critères, l'état du génie civil est jugé comme étant un critère prépondérant et les tronçons vont être classés dans un premier temps par classe d'indice IQOA.

En effet, le système d'évaluation de l'état du génie civil (1, 2, 2E, 3 et 3U) est un peu plus nuancé que celui des autres critères (1,2 ou 3) car il prend en compte l'évolution des défauts. Evaluer de manière précise l'état du génie civil du canal permet de pouvoir détecter le plus tôt possible les défauts afin de réduire leur ampleur et de limiter leurs conséquences et ainsi les coûts des travaux de réhabilitation.

De plus, une pondération plus importante est allouée au critère de génie civil car la résolution des désordres de génie civil nécessite une planification de travaux plus complexes et des compétences particulières, contrairement aux désordres des équipements ou de l'environnement du canal qui peuvent être résolus par des actions immédiates menées par les équipes de la REA.

Les dix autres critères dits « sous-critère » sont, quant à eux, associés à un coefficient de pondération proportionnel à leur impact sur le fonctionnement du canal et sur son rôle principal qui est d'assurer l'alimentation en eau des usines de production d'eau potable de Font de Linier et de Super Rimiez. Ainsi ce système de critères pondérés permet de discriminer les tronçons ayant obtenu le même indice pour l'état du génie-civil et de faire un second classement. Les coefficients de pondération sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 19 : Coefficient de pondération des sous critères

| Sous-critère | Coefficient de pondération (%) |
|------------------------|--------------------------------|
| Hydraulique | 25 |
| Géotechnique | 25 |
| Sécurité des personnes | 10 |
| Sûreté | 10 |
| Végétation | 5 |
| Rôle stratégique | 5 |
| Secours | 5 |
| Accès motorisé | 5 |
| Accès piéton | 5 |
| Accès au site | 5 |
| TOTAL | 100 |

Avec cette pondération, les critères hydraulique et géotechnique représentent à eux deux 50% de la note. En effet, leur impact sur le rôle du canal (qui est de faire transiter l'eau d'un point à un autre) est plus important par rapport aux autres critères.

La sécurité des personnes et la sûreté du canal arrivent en second (10% chacun). Les critères relatifs aux accès (accès au site, accès motorisé et piéton dans le canal) et à la végétation sont associés chacun à un coefficient de pondération de 5% car leur impact sur le fonctionnement du canal est moindre. Il en est de même pour le secours et le rôle stratégique (5% chacun) qui sont deux critères permettant de faire remonter dans le classement les tronçons sur lesquels il est nécessaire d'agir en priorité, indépendamment des désordres observés.

Pour chaque tronçon, les notes pondérées des dix critères seront sommées afin d'obtenir une note globale entre 10 et 30, appelée note d'état fonctionnel (NEF). Plus la note est élevée, plus le tronçon présente de désordres. Les tronçons seront répartis par classe d'indice IQOA puis classés par NEF de la plus forte à la plus faible. La NEF permet d'avoir une idée de l'état global de chaque tronçon et donc de l'état général de l'ensemble du canal. Cependant, chaque critère doit être analysé séparément afin de déterminer quelles actions sont à prévoir pour en améliorer l'état.

Cette répartition des coefficients de pondération est une première proposition et pourra être modifiée. Si les tronçons ne sont pas bien discriminés, il sera possible de modifier les coefficients de pondération afin d'augmenter ou de diminuer l'importance de chacun des critères.

III.4 Résultats de la notation

Les résultats de la notation pour chaque critère sont expliqués dans les paragraphes qui suivent.

La numérotation des tronçons est présentée en annexe 2.

Le détail de la notation de chaque tronçon est présenté en annexe 3.

Le classement final des tronçons est présenté en annexe 4.

III.4.1 Etat du génie civil : la classification par les indices IQOA

Le diagramme ci-dessous représente la répartition linéaire des tronçons du canal (de la partie amont, soit environ 22km) en fonction de chaque indice IQOA :

Aucun tronçon n'a été évalué en classe 3U : il n'y a donc pas de travaux de génie civil à réaliser en urgence

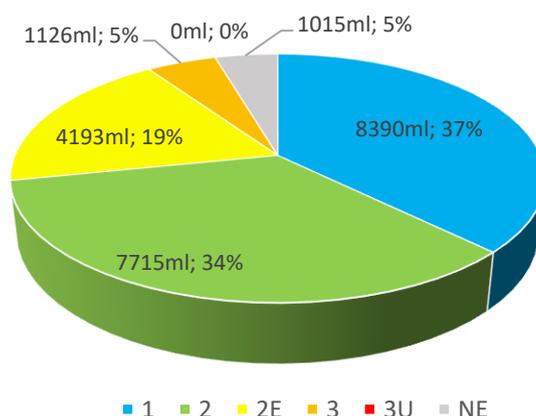


Figure 13 : Répartition du linéaire par indices IQOA (linéaire ; % linéaire de canal)

(il n'y a aucun tronçon avec un risque de rupture ou d'effondrement).

Cependant, 18 tronçons sur les 241 répertoriés sur la partie amont n'ont pas été évalués n'étant pas encore inspectés.

Près de 8500 mètres linéaire de canal présentent très peu de désordres (indice 1) et requièrent simplement un entretien courant du canal (curage et brossage des voiles par exemple) par le service d'exploitation.

Un peu plus d'un tiers du linéaire total du canal (36%) nécessite des travaux de réparation mineurs spécialisés (par une entreprise extérieure) mais qui ne sont pas urgents.

En revanche, sur près de 20% du linéaire du canal, il a été observé des désordres évolutifs qui impliquent des travaux d'entretien spécialisés urgent.

Enfin, un peu plus d'un kilomètre de canal, doit faire l'objet d'un diagnostic de génie civil détaillé dans le but de réaliser des travaux de réhabilitation.

Afin d'illustrer le type de dégâts observés sur le canal, l'état de trois tronçons ayant obtenu l'indice 3 (un tunnel, une galerie, un ciel ouvert) sont détaillés ci-dessous :

✚ Tronçon n°74 : tunnel de Polonia

Le tunnel de Polonia est situé au niveau de la commune de Levens et son linéaire est de 96.9 m. Sa section est rectangulaire avec une hauteur de voiles de 1.66 m. Sa voûte est majoritairement faite de moellons mais elle est en béton armé sur 11 m. Les voiles et le radier sont revêtus.

Tableau 20 : Description des désordres du tunnel de Polonia

| Description des désordres | Photos |
|--|---|
| <p>Le tunnel de Polonia présente de nombreux désordres notamment dans la première partie en moellons où les deux pignons du tunnel sont recouverts par un liner d'étanchéité. La voûte en moellons comporte de nombreuses lézardes transversales et longitudinales, avec une ouverture supérieure à 2 mm et ce phénomène de fissuration se trouve au niveau du mortier des moellons. Les lézardes transversales ont endommagé les voiles et le liner d'étanchéité se plisse et se décolle. L'ensemble de ces lézardes a été équipé de jauges pour mesurer l'évolution de leur ouverture mais aucun suivi n'a été fait.</p> |  |
| <p>Le rebord des voiles (jonction entre les voiles en béton et la voûte en moellons) présente plusieurs éclatements de l'enrobé du béton laissant apparaître des armatures corrodées.</p> |  |
| <p>Il y a ensuite un changement de revêtement au niveau de la voûte sur environ 11 m. Les cintres métalliques sont apparents et corrodés, les granulats du béton ainsi que les traces du coffrage sont très visibles. La corrosion du béton est sans doute due au vieillissement ou à un potentiel défaut d'enrobage des cintres. De plus, il semblerait que cette portion du tunnel ne soit pas d'origine, des cintres étant mis en place afin de renforcer sa structure.</p> |  |
| <p>Il y a également des fissures avec concrétions, des épanchements de calcite blanche et marron foncé dus à la dissolution de la chaux du ciment.</p> |  |

Des efflorescences blanchâtres de parement sont visibles au niveau des joints des moellons traduisant une infiltration d'eau par la voûte (réaction de l'eau avec le mortier des moellons). Certains joints des moellons sont vidés (phénomène de disjointement). Les têtes et les tympanes en amont et aval du tunnel ne présentent pas de désordres particuliers.



Bilan : Indice IQOA GC de 3 et note globale de 10,5 : Le tunnel de Polonia a donc **obtenu l'indice 3** car il comporte plusieurs désordres de génie civil qui pourraient à court terme, affecter la structure du tunnel (risque d'effondrement de la voûte par exemple) et causer des pertes en eau. Ces désordres sont probablement dus au vieillissement des matériaux de construction qui a pu être accéléré par des mouvements de terrain provoqués par l'instabilité du secteur de Polonia (secteur connu pour la présence de gypse). La présence d'un liner d'étanchéité sur les voiles et des jauges de suivi sur les lézardes prouve que ce tunnel a fait l'objet d'une surveillance particulière.

✚ Tronçon n° 93 : galerie de Ruina Scura

Tableau 21 : Description des désordres dans la galerie de Ruina Scura

| Description des désordres | Photos |
|---|--|
| <p>La galerie de Ruina Scura est située sur la commune de Levens et se trouve entre deux tunnels. Son linéaire est de 20 m mais son tracé n'est pas rectiligne (angle d'environ 10° pour le voile gauche). Elle est entièrement construite en moellons. Les voiles sont recouverts d'un enduit d'imperméabilisation en mortier de liant hydraulique et le radier est revêtu d'une couche de ciment. La galerie dispose d'une fenêtre en rive droite.</p> |  |
| <p>Dans les premiers mètres de la galerie, le radier comporte plusieurs lézardes qui se prolongent jusque sur les voiles. Ces lézardes sont accompagnées d'éclats et le revêtement du radier se décolle par plaques laissant affleurer le terrain naturel du dessous. Le radier de la galerie semble s'être soulevé, une différence de niveau ayant été observée. Un réseau de trois lézardes biaises sur le voile gauche est bien visible : elles sont espacées d'environ 15cm entre elles et disposent de la même orientation. Ces désordres sur le radier et les voiles de la galerie semblent être la conséquence d'un mouvement de torsion provoqué par des poussées du terrain.</p> |  |
| <p>Sur les 20m, la voûte présente des efflorescences blanchâtres ainsi que de petits stalactites, principalement en clé de voûte. A la sortie de la galerie, une lézarde transversale produit un décalage de 20 cm de haut entre les deux parties. Cette lézarde perpendiculaire à l'axe de la galerie semble avoir affecté les moellons de la maçonnerie entraînant un risque de chute de certains moellons.</p> |  |
| <p>Bilan : Indice IQOA GC de 3 et note globale de 15,5 : La structure de la galerie de Ruina Scura semble avoir subi un mouvement de torsion générale provoquant l'apparition de plusieurs lézardes sur l'ensemble de la structure en particuliers sur le radier et les deux voiles ainsi qu'un soulèvement du radier. Ces lézardes sont certainement à l'origine de fuites d'eau. Cette galerie nécessite une surveillance particulière pour suivre l'évolution de ces désordres ainsi qu'une étude géotechnique pour déterminer la cause des mouvements du sol à l'origine de ceux-ci.</p> | |

✚ Tronçon n°165 : ciel ouvert en béton préfabriqué

Tableau 22 : Description des désordres du tronçon n°165

| | |
|---|---|
| <p>Ce ciel ouvert de 45 m de long et 3.5 m de large est un tronçon particulier car le canal d'origine a été remplacé en 2011 par un assemblage de plaques en béton préfabriqué. Ainsi les deux voiles du canal sont constitués de 50 plaques de 2,50 m de large et de 8 cm d'épaisseur. Ces plaques ont été mises en place à l'époque afin d'alléger le poids de la structure du canal sur un terrain instable.</p> |  |
| <p>Lors de l'analyse de ce tronçon, des problèmes d'étanchéité avec des pertes en eau du canal ont été observés. Les joints entre les différentes dalles ne sont pas entièrement étanches, et des traces d'humidité sont visibles entre les plaques depuis l'extérieur du canal. Il y a également des pertes en eau visibles à la jonction entre les dalles des voiles et le radier.</p> |  |
| <p>L'observation depuis l'intérieur du canal a révélé de nombreuses fissures et lézardes verticales dans les plaques en béton préfabriqué. Ce phénomène de fissuration dû à la dilatation du béton est présent sur les deux voiles et sur tout le linéaire du ciel ouvert. La majorité de ces fissures ont fait l'objet de réparations antérieures, consistant à coller contre la plaque une bande de PVC. Cependant celles-ci ne sont plus efficaces car les bandes sont fissurées à leur tour ce qui laisse supposer que le désordre est évolutif. De plus, certaines de ces fissures sont traversantes.</p> |  |
| <p>Bilan : Indice IQOA GC de 3 et note globale de 15,5 : Ce ciel ouvert reconstruit en béton préfabriqué il y a quelques années est responsable de pertes en eau du canal. De plus, la structure est fragilisée par les fissures et lézardes présentes sur plus de 50% du nombre total de plaques et qui sont évolutives malgré les réparations en PVC. Certaines de ces fissures sont traversantes et pourraient devenir de plus en plus importantes et ainsi aggraver les fuites. Enfin, si dans un futur proche le débit du canal tend à augmenter (projet d'augmentation du débit à 4m³/s) la question de la résistance ou non de la structure au poids et aux forces exercées par l'eau est à étudier.</p> | |

III.4.2 Hydraulique

La majorité des tronçons (94%) ne présente pas de désordres (écoulement non perturbé). Seulement 4 tronçons (2% des tronçons au total) ont été identifiés comme possédant des équipements qui impliquent des pertes en eau du canal (2 vannes de décharge fuyardes, 4 vannes du siphon de Saint Blaise colmatées).

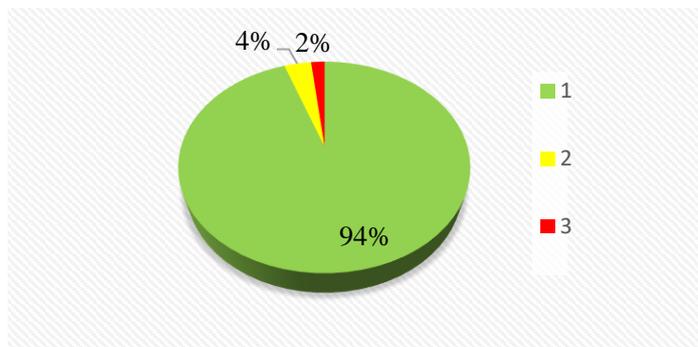


Figure 14 : Répartition du linéaire selon le critère hydraulique (% de linéaire du canal)

Tableau 23 : Rappel de la notation du critère hydraulique

| | |
|---|--|
| 1 | Écoulement non perturbé et équipements hydrauliques en bon état |
| 2 | Écoulement non perturbé mais équipements hydrauliques avec des défauts mineurs |
| 3 | Écoulement perturbé dû à des équipements dégradés ou à des zones de dépôts |

Les deux principaux désordres hydrauliques identifiés lors du diagnostic de 2018 se trouvaient au niveau de la prise d'eau à Saint Jean La Rivière et du siphon de Saint Blaise.

✚ Tronçon n°1 : ciel ouvert de la prise d'eau à Saint Jean la Rivière

Depuis 2018, d'importants travaux de réhabilitation ont été réalisés à la prise d'eau à Saint Jean La Rivière, suite aux dégâts causés par la tempête Alex d'octobre 2020.

Les problèmes constatés en 2018 ont donc été résolus.

Les travaux réalisés en 2021 pour pérenniser la remise en service du canal sont les suivants :

- Renouvellement des grilles (notamment l'ancienne grille, de 7 m de long et de 1,5 m de haut, constituée de rails horizontaux dans lesquels se bloquaient régulièrement de nombreux embâcles qui pouvaient gêner l'entrée d'eau dans le canal et qui étaient très difficiles à retirer de la grille)
- Renouvellement des passerelles béton acier
- Reprise des différents murs de soutènement
- Confortement du mur du chenal
- Démolition de l'ouvrage de restitution du débit réservé
- Restauration de l'ensemble des vannes et des gardes corps datant du 19^{ème} siècle
- Pose et motorisation de 2 nouvelles vannes pour isoler les galeries en cas de crue et pour permettre la restitution à terme du débit réservé
- Sécurisation du site (vidéo-surveillance, éclairage...)
- Pose d'une nouvelle grume

Des travaux ont été réalisés en 2021 voir le détail sur le plan en annexe 5.

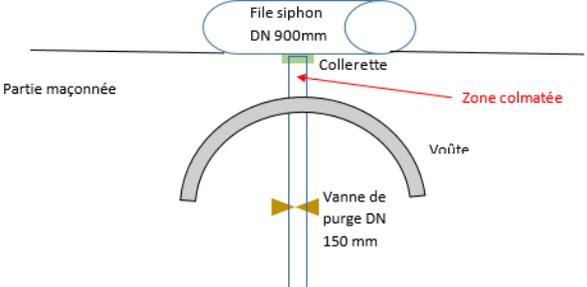
Aujourd'hui, en 2024, les derniers événements pluvieux ont systématiquement engendré un engravement et ensablement du canal, notamment au niveau de la prise d'eau. En effet, les conditions du transport sédimentaire de la rivière ont été modifiées suite aux tempêtes de 2020 et 2023. Des curages ont donc été réalisés pour remettre la prise d'eau en service à chaque fois et au plus vite (en 2 jours maximum).

Une étude pour trouver une solution pérenne évitant aux sédiments de perturber le fonctionnement de la prise d'eau va donc être lancée. Cette étude et les travaux s'y afférant prendront en compte une réflexion globale sur la modification du seuil et la construction de l'ouvrage de dévalaison. En effet, suite à la tempête

Alex, la reprise des ouvrages pour la continuité piscicole ayant été réalisée au niveau de la prise d'eau uniquement pour la montaison.

✚ Tronçon n° 176: siphon de Saint Blaise

Tableau 24 : Description des désordres du siphon de Saint Blaise

| Description des désordres | Photos |
|--|--|
| <p>La principale raison pour laquelle, le siphon obtient la note de 3 est la colmatation des vannes de vidange des quatre files qui constituent le siphon. En effet, le siphon étant d'origine, il y a depuis une vingtaine d'années une baisse de fréquence de manipulation des vannes jusqu'à ne plus pouvoir les manœuvrer.</p> |  |
| <p>Ces quatre conduites sont colmatées au niveau de la partie qui est dans la maçonnerie du pont et sont actuellement non fonctionnelles car aucun moyen n'a été trouvé pour pouvoir les curer. Ainsi dans le cas d'une casse sur une des files la vidange est impossible et il y a un risque d'obstruction à long terme à cause de l'accumulation des dépôts en partie basse du siphon.</p> |  |
| <p>Le problème de colmatation est illustré par le schéma suivant :</p> |  |
| <p>Bilan : Il est indispensable dans un premier temps de réaliser une étude spécifique dans le but de trouver une méthode pour vidanger l'eau des conduites. Par la suite, la partie de ces conduites colmatées n'étant pas accessible, il pourrait être envisageable d'effectuer un curage de ces conduites par un robot auto-cureur commandable à distance.</p> | |

III.4.3 Géotechnique

L'inspection du canal a permis d'analyser les différents types de protection présents sur le canal :

Tableau 25 : Type et linéaire de protection contre les risques géotechniques

| Type | Linéaire total (réparti sur plusieurs tronçons) | Commune | Photo |
|--|---|---|---|
| Poutrelles de protection sur le canal | 358.3 m | Levens et Saint Martin du Var (15 m de linéaire) |  |
| Dalles en béton sur le canal sur poutres métalliques | 11 m | Levens |  |
| Filet anti chute | 20 m | Levens |  |
| Ouvrage de soutènement des rives (mur ou gabions) | 11 m | Castagniers |  |

Au total, ces dispositifs représentent un linéaire de 345 m et sont localisés pour la majorité d'entre eux au niveau de la commune de Levens

L'évaluation du risque géotechnique pour les tronçons sans dispositifs s'est basée sur les configurations des rives et également sur le type de roches présentes. En effet, la géologie du canal est principalement constituée de deux types de roches : le calcaire et le poudingue. De la prise d'eau à la commune de La Roquette, le calcaire est largement majoritaire, mais celui-ci laisse place ensuite au poudingue. L'évaluation visuel des risques vis-à-vis de ces deux roches ne sont pas les mêmes. En effet, les fractures et les failles dans le calcaire sont visibles et peuvent provoquer des chutes successives de plusieurs bancs compacts de calcaire. En revanche, le poudingue est une roche très friable dont de nombreuses petites chutes dans le canal ont été observées. Cependant il peut se fissurer à l'intérieur (fissure non visible) et provoquer un décrochement de grande ampleur.

Les risques de glissement de terrain ont également été pris en compte dans l'évaluation du critère géotechnique. Cependant l'évaluation de ce risque n'est pas simple à réaliser par un examen visuel.

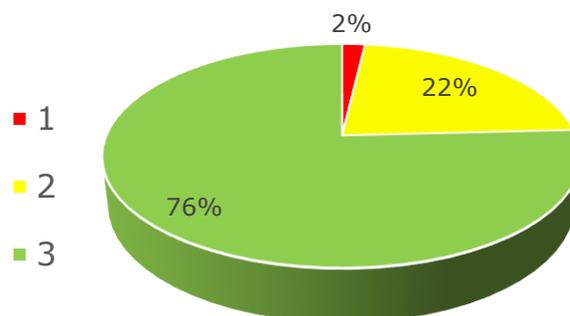


Figure 15 : Répartition du linéaire selon le critère géotechnique (% de linéaire de canal)

Les résultats de la notation montrent qu'un linéaire de 394 m du canal (2%) est au risque maximal (**note de 3**). Cependant ce linéaire semble être faible car l'étude du PPR Mouvement de terrain de la commune de Levens par exemple, montre que toute la commune est identifiée comme zone en danger vis-à-vis des chutes de blocs et des mouvements de terrain.

Ainsi l'évaluation du critère géotechnique est à affiner en se basant sur les PPR Mouvement de terrain des communes qui sont traversées par le canal.

Les risques identifiés les plus visibles ont été observés sur les tronçons suivants :

Tableau 26 : Description des désordres géotechniques au déversoir latéral de Saint Jean La Rivière

| Description des désordres | Photos |
|---|--|
| <p>Ce ciel ouvert dispose d'un déversoir latéral en rive gauche faisant des ouvrages de restitution du débit réservé de la rivière Vésubie. Le risque géotechnique identifié provient de la rive droite du canal disposant d'un ancien chemin d'accès au canal mais qui est fermé et non utilisé depuis de nombreuses années</p> | <p>Ancien chemin d'accès au canal</p> <p>Rivière Vésubie</p> <p>Déversoir</p>  |
| <p>Il semblerait que la rive droite en surplomb du canal subissent des mouvements de terrain et qu'une partie du sol semble se décrocher en dessous du bloc rocheux. La preuve de ce glissement de terrain est que les escaliers d'accès sont endommagés et tordus ainsi que la rambarde. Des cavités entre le sol et le bloc rocheux ont été observées lors de la visite.</p> |  |
| <p>Bilan : Ce tronçon a obtenu la note de 3 vis-à-vis du risque géotechnique car le risque d'effondrement d'une partie de la rive droite en surplomb du canal est certain. Il a entraîné une partie des escaliers et engendré la fermeture du chemin d'accès. Cet effondrement pourrait obstruer le canal ou dans le pire des cas, entraîner la rupture de celui-ci. Dans les deux cas, une intervention d'urgence sur le canal serait nécessaire mais ce tronçon est difficilement accessible (rive droite en surplomb et pentue et rivière Vésubie en contrebas pour la rive gauche), ainsi l'impact sur le fonctionnement du canal serait conséquent. Une étude géotechnique sur ce tronçon doit être réalisée afin d'évaluer le risque de glissement de terrain.</p> | |

Tronçon n°166 : ciel ouvert avec poutrelles de protection (commune de Saint Martin du Var)

Ce tronçon à ciel ouvert de 36.3 m de long possède une zone de poutrelles de protection en béton armé sur environ 15 m (jusqu'à l'entrée du tunnel en aval). Une quarantaine de poutrelles de 5 m de long, 20 cm de large et 30 cm de haut sont présentes et sont espacées entre elles de 25 cm.

Tableau 27 : Description des désordres géotechniques du tronçon n°166

| Description des désordres | Photos |
|---|---|
| <p>Le risque géotechnique se situe sur la rive gauche du canal, le terrain en surplomb étant constitué de poudingue. Des bancs étant susceptibles de se décrocher et de tomber sur les poutrelles. Il y a environ un an, un éboulement de poudingue ainsi que des chutes d'arbres ont eu lieu sur les poutrelles de protection. Certains blocs ont été enlevés mais il reste une grande partie sur les poutrelles qui cachent l'entrée du tunnel aval</p> |  |
| <p>Les poutrelles sont endommagées et des plaques en contreplaqué ont été mises en place sous les poutrelles de protection pour éviter la chute de pierres et de terre dans le canal.</p> |  |
| <p>Bilan : Dans un premier temps, il serait nécessaire d'évacuer les pierres et les blocs se trouvant sur les poutrelles de protection, de remplacer les poutrelles les plus endommagées et de trouver une solution plus solide et permanente que des plaques de contreplaqué. Enfin une étude géotechnique du terrain se trouvant en surplomb de ce tronçon sera à effectuer.</p> | |

III.4.4 Végétation

Pour quasiment 80% des tronçons, la végétation dans l'environnement du canal n'est pas gênante. Pour 12% , la végétation est abondante et à proximité de la structure, ainsi cette dernière pourrait à terme l'endommager. Sur quatre tronçons il a été observé une végétation dont les racines pénètrent dans la structure à travers les fissures et les joints (risque d'éclatement de béton ou de pierres si le développement racinaire se poursuit). Parmi les tronçons ayant obtenu la note de 3, il y a :

✚ Tronçon n° 37: tunnel de la Galerie

Tableau 28 : Description des désordres de végétation sur le tronçon n°37

| Description des désordres | Photos |
|--|--|
| <p>Le tunnel de la Galerie n'ayant pas de revêtement sur les voiles ou alors une simple couche d'enduit par endroits, présentent plusieurs zones de végétation abondante qui poussent à travers la structure du tunnel. Ces racines fragilisent le tunnel et favorisent aussi bien l'infiltration d'eau dans le tunnel que les fuites.</p> |  |

III.4.5 Accès au site

Plus d'un tiers des tronçons du canal a un accès facile où il est possible de se rendre aux abords ou à proximité du canal en véhicule via des pistes. Toutefois ces pistes d'accès sont à entretenir pour éviter leur dégradation car certaines sont en très mauvais état et rendent la circulation motorisée difficile : nombreux nids de poule ou cailloux gênant la circulation. De plus, certaines pistes sont très étroites avec des virages difficiles à négocier où des engins de travaux ne pourraient pas circuler.

Les notes 1 et 2 diffèrent selon la praticabilité plus ou moins bonne des chemins d'accès piéton.

III.4.6 Accès motorisé dans le canal

Le canal dispose de cinq rampes d'accès au total entre la prise d'eau et l'arrivée du secours du Roguez. Le tableau suivant donne les distances des différentes rampes par rapport à l'origine du canal :

Tableau 29 : Liste des accès motorisés dans le canal

| Secteur | N° Rampe | Point kilométrique du canal (km) |
|--------------|----------|----------------------------------|
| Polonia | 1 | 6 |
| Roche Abeil | 2 | 14 |
| Saint Blaise | 3 | 16 |
| Saint Blaise | 4 | 17,5 |
| Castagniers | 5 | 19,5 |

Cependant, seulement quatre d'entre elles sont actuellement utilisables. En effet, une benne à déchets du dégrilleur a été placée sur la n°3 en amont du siphon de Saint Blaise. La note d'accès sur 3 étant attribuée en fonction de la distance entre le tronçon et la rampe d'accès la plus proche, la rampe n°3 hors service n'a pas été prise en compte pour le calcul des distances.

Tableau 30 : Distances des différentes rampes par rapport à l'origine du canal

| Distance (km) | Note | Nombre de tronçons | Linéaire de canal (m) |
|-----------------|------|--------------------|-----------------------|
| < 2 km | 1 | 126 | 13667,8 |
| Entre 2 et 5 km | 2 | 101 | 8025,2 |
| > 5 km | 3 | 14 | 918,5 |

Les tronçons qui ne disposent pas d'une rampe à moins de 5km sont les 14 premiers tronçons du canal à partir de la prise d'eau à Saint Jean la Rivière. En effet la rampe d'accès n°1 se trouve à environ 6 km de la prise d'eau, d'où le projet de l'exploitant d'en créer une nouvelle au niveau de la commune d'Utelle.

En plus de la distance, les problèmes liés à l'accès motorisé concernent la praticabilité du canal par les engins de travaux sur certains tronçons.

Par exemple, le tunnel de l'Arpassa (commune de Levens), ne possède pas de radier contrairement au ciel ouvert se trouvant en amont de ce dernier. Ainsi cette différence crée une marche sur le radier qui rend difficile le passage des engins.

III.4.7 Accès piéton dans le canal

Les accès piétons dans le canal sont utiles car ils facilitent les déplacements et assurent une sécurité pour sortir de l'ouvrage. La notation dépend donc de l'emplacement, du nombre et de l'état des échelons présents sur le canal.

Les tronçons de type galerie et tunnel obtiendront la note de 1 s'il y a des échelons en entrée et en sortie. Les tronçons ayant des échelons dégradés (barreaux corrodés, cassés, ou manquants) ou en nombre insuffisant (pour les tronçons à ciels ouverts avec un linéaire important, plusieurs échelons peuvent être

nécessaires) obtiendront la note de 2. Enfin si des ponts ou des ciels ouverts ne disposent d'aucun échelon alors la note de 3 leur sera attribuée.

Tableau 31 : Notation du critère « Accès piéton »

| | |
|---|--|
| 1 | Echelons en bon état et en quantité suffisante |
| 2 | Echelons dégradés ou en quantité insuffisante |
| 3 | Absence d'échelons |

III.4.8 Criticité

La sécurité des personnes est évaluée en fonction de la fréquence d'exposition au risque et de la gravité de l'accident.

Pour la fréquence d'exposition au risque, l'ensemble des tronçons a obtenu au minimum la note de 2 car le linéaire du canal est entièrement parcouru par les agents une fois par mois. La note de 3 a été attribuée aux tronçons comportant des équipements particuliers et nécessitant l'intervention d'un agent tels que des vannes, des batardeaux ou des grilles. Seul le tronçon avec l'ouvrage de dessablage à Saint Jean la Rivière obtient la note de 4 car les 14 vannes de purge peuvent être manipulées plusieurs fois par jour en cas de crues de la Vésubie.

En ce qui concerne, la gravité de l'accident, l'ensemble des tunnels et des galeries a obtenu la note de 1 ou 2 car ces tronçons ne présentent pas de risque particulier.

Pour les ponts, la gravité dépend de la hauteur de chute par rapport au sol. Les hauteurs des différents ponts du canal et la gravité de la chute associée

Tableau 32 : Niveau de gravité de la chute en fonction de la hauteur du pont

| Hauteur par rapport au sol (m) | Gravité de la chute | Nombre de ponts |
|--------------------------------|---------------------|-----------------|
| Inférieure à 2 m | 1 à 2 | 7 |
| Entre 2 et 5m | 3 | 7 |
| Supérieure à 5m | 4 | 4 |

III.4.9 Sécurité du service

Ce critère traduit la capacité du canal à assurer l'alimentation des trois usines de traitement de Font de Linier, Super Rimiez et Jean Favre.

Les 164 tronçons entre l'usine de Font de Linier à Levens et le secours du Roguez à Aspremont ont la note de 1. En cas d'arrêt d'eau nécessaire sur ces tronçons, les deux usines de Font de Linier et de Super Rimiez seraient quand même alimentées (grâce à la mise en marche du secours pour l'usine de Super Rimiez).

En revanche, les 76 tronçons avec la note de 2 sont ceux en amont de l'usine de Font de Linier (entre les communes d'Utelle et de Levens) car s'il y a un arrêt d'eau sur ces derniers, l'usine de Font de Linier ne peut plus être alimentée.

Le ciel ouvert comportant l'arrivée du secours du Roguez a obtenu la note de 3 car un arrêt d'eau sur ce tronçon rendrait le secours non fonctionnel et donc l'usine de Super Rimiez ne serait plus alimentée.

III.4.10 Rôle stratégique

Les résultats montrent que 85% des tronçons du canal ne possèdent pas d'ouvrages ou d'équipements particuliers et sont de simples portions de transit de l'eau d'un point à un autre. 11% sont équipés d'ouvrages secondaires tels que des vannes de vidange.

Les dix tronçons ayant obtenu la note de 3 sont ceux qui présentent des équipements indispensables au bon fonctionnement du canal :

- Tronçons avec les 4 vannes de bief (4 vannes de bief sur la Partie Amont du canal 1 sur la Partie Aval)

Tableau 33 : Les vannes de bief

| N° Vanne de bief | Commune | Distance par rapport à la prise d'eau |
|------------------|--------------|---------------------------------------|
| 1 | Utelle | 200m |
| 2 | Levens | 6km |
| 3 | Levens | 10km |
| 4 | Saint Blaise | 16km |

- la prise d'eau et le dessableur à Saint Jean La Rivière
- le siphon de Saint Blaise
- l'arrivée du secours du Roguez.

III.4.11 Note globale

Les 241 tronçons du canal ont été classés par classe d'indices IQOA de la plus dégradée à la moins dégradée (3, 2 E, 2 et 1) puis par note d'état fonctionnel (NEF) de la plus forte à la plus faible (respectivement de 30 à 10). Ce classement permet d'identifier les tronçons du canal dont l'état global est le plus dégradé et fournit l'état de référence (« état 0 ») du canal sur la partie amont. Un extrait du classement est présenté ci-dessous (tous les tronçons d'indice IQOA 3 et ceux ayant obtenu une NEF supérieure ou égal à 15) :

Plus la note est élevée plus les désordres sont importants.

Tableau 34 : Extrait du classement final des tronçons

| n° Tronçon | Type | GC | Sécurité du service | Rôle stratégique | Hydraulique | Géo-technique | Sûreté | Criticité | Végétation | Accès motorisé | Accès piéton | Accès site | Note Globale |
|------------|-------------|----|---------------------|------------------|-------------|---------------|--------|-----------|------------|----------------|--------------|------------|--------------|
| 93 | Galerie | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 15,5 |
| 165 | Ciel ouvert | 3 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 15,5 |
| 64 | Ciel Ouvert | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 13,5 |
| 110 | Galerie | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 11,5 |
| 74 | Tunnel | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 10,5 |
| 92 | Tunnel | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 11 |
| 172 | Tunnel | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 10,5 |
| 195 | Ciel Ouvert | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 10 |
| 233 | Pont | 2E | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 19 |
| 24 | Ciel Ouvert | 2E | 2 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 18 |
| 204 | Pont | 2E | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 18 |
| 67 | Tunnel | 2E | 2 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 16 |
| 174 | Ciel Ouvert | 2E | 1 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 16,5 |
| 159 | Galerie | 2E | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 16 |
| 166 | Ciel Ouvert | 2E | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 16 |
| 117 | Tunnel | 2E | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 15 |
| 221 | Pont | 2 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 18,5 |
| 226 | Pont | 2 | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 18 |
| 28 | Ciel Ouvert | 2 | 2 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 17 |
| 8 | Aqueduc | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 | 15,5 |
| 120 | Ciel Ouvert | 2 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 16 |
| 215 | Pont | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 15,5 |
| 239 | Pont | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 15,5 |
| 3 | Ciel Ouvert | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 23 |
| 1 | Ciel ouvert | 1 | 2 | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 | 1 | 3 | 2 | 2 | 22,5 |
| 118 | Pont | 1 | 1 | 3 | 1 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 18 |
| 176 | Vallon | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 17,5 |
| 241 | Ciel ouvert | 1 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 15,5 |
| 68 | Ciel Ouvert | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 15,5 |
| 76 | Ciel Ouvert | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 15 |

Pour rappel, le classement final des tronçons se trouve en annexe 4, ainsi que le détail en annexe 3.

Ce tableau permet d'identifier les tronçons les plus dégradés globalement mais également de mettre en avant les tronçons pour lesquels les difficultés en termes d'exploitation sont les plus importantes (difficultés liées aux critères des différents types d'accès et au critère sécurité).

Les tronçons (8 au total) en tête du classement sont les tronçons dont le génie civil est le plus dégradé (indice IQOA 3) et nécessitent donc des auscultations plus poussées pour déterminer quels types de travaux sont à prévoir pour améliorer leur état et ainsi réduire les pertes d'eau dans le canal.

Cependant, ces 8 tronçons possèdent une note globale assez faible (entre 10 et 15,5) ce qui montre que les autres critères ne posent pas de problèmes majeurs. Seuls deux tronçons parmi les 8 ont obtenu une note de 3 pour un critère : le tronçon n°93 (premier au classement) a obtenu une note de 3 pour la géotechnique, et le tronçon n°110 pour l'accès au site.

Le critère géotechnique est à analyser en priorité car pour le tronçon n°93, les désordres du génie civil semblent liés au mouvement du terrain.

Les tronçons d'indice IQOA 2E présentés dans le tableau du dessus sont les tronçons ayant obtenu une note globale supérieure à 15. Ces tronçons comportent des désordres de génie civil qui ont été jugés comme évolutifs. Ainsi d'après les inspections du canal, ces tronçons requièrent des travaux spécialisés à réaliser rapidement afin de contenir leur évolution et éviter qu'ils ne s'aggravent et passent en classe IQOA 3. Parmi l'ensemble des critères, le critère géotechnique est le plus dégradé pour la moitié des tronçons (4 tronçons sur les 8). Ce critère étant l'un des plus importants en termes d'impact sur le fonctionnement du canal (25% de la note), il est nécessaire d'agir en priorité sur ce dernier afin de pérenniser l'ouvrage en réalisant des études géotechniques. Enfin deux tronçons possèdent un état dégradé vis-à-vis du critère hydraulique, état dû à deux vannes fuyardes, responsables de pertes en eau pour le canal.

Les tronçons d'indice 2 comportent des désordres mineurs de génie civil, c'est-à-dire qu'ils sont à surveiller mais il n'a pas d'urgence pour l'intervention. Le critère d'accès au site est le plus mauvais pour l'ensemble de ces 7 tronçons. Cependant ce critère n'impacte pas directement le fonctionnement du canal mais pose des problèmes liés à l'exploitation du canal. En effet, ces tronçons sont difficiles d'accès (temps de marche important, mauvais praticabilité du sentier...) et pourraient engendrer des difficultés pour se rendre sur le site afin de réaliser des travaux et des interventions futures.

Enfin, en bas du tableau, les tronçons en bon état vis-à-vis du génie civil (indice IQOA 1) sont regroupés. Pour la majorité de ces tronçons, ils ont un rôle stratégique élevé, c'est à dire qu'ils comportent des équipements indispensables au bon fonctionnement du canal. Parmi eux, sont présents les deux tronçons avec les notes globales les plus mauvaises (22,5 et 23) de l'ensemble du classement. Ces deux tronçons à ciel ouvert sont ceux de la prise d'eau à Saint Jean La Rivière, leur note est élevée car ils comportent de nombreux équipements (rôle stratégique) nécessitant des interventions plus régulières par les agents (sécurité) et l'accès motorisé dans le canal se fait difficilement (rampe d'accès à plus de 5km). Ainsi bien que ces 7 tronçons ne présentent pas une structure dégradée (génie civil en bon état), ils ne doivent pas être laissés de côté en termes d'interventions à prévoir car ils sont importants pour le canal et d'autres critères sont en mauvais état.

Ainsi ce tableau permet d'identifier les zones les plus problématiques et il est possible de lister un ensemble de prestations nécessaires afin d'améliorer l'état du canal et de pérenniser son fonctionnement ainsi que son exploitation. Cependant, elles doivent être hiérarchisées de telle façon à prendre en compte : leur importance pour le maintien du fonctionnement du canal (priorité), la durée, les acteurs (en interne ou par appel d'offres), et les coûts (d'exploitation ou d'investissement).

A partir de l'évaluation de l'état de l'ouvrage et de ce classement, les prestations possibles à prévoir par la Eau d'azur selon les différents services sont :

- Etudes de génie civil
 - Visites par un expert GC des sites jugés classe 3 pour mise en surveillance et/ou commande de diagnostic
 - Étude prioritaire de la partie lbac en béton préfabriqué sous garantie décennale
 - Remplacement des poutrelles de protection endommagées ou manquantes.

- Etudes hydrauliques
 - Réhabilitation des vidanges du siphon de St Blaise
 - Sécurisation prise d'eau (changement de la grille)
 - Vannes de vidanges fuyardes à remplacer.

- Etudes géotechniques
 - Sécurisation lbac pour évacuation des déblais
 - Glissement de terrain en surplomb du déversoir de la prise d'eau
 - Tunnels des blocs.

- Sécurité

Vérification des points sensibles avec l'équipe Sécurité pour la pose de garde-corps manquants sur les ponts.

- Sûreté

Vérification des points sensibles avec l'équipe Sûreté.

- Etudes des accès :

- Création d'une rampe d'accès véhicule dans le canal au niveau de la commune d'Utelle (secteur des Châtaigniers,) sur le ciel ouvert des Châtaigniers, à environ 1 km de la prise d'eau.
- Pose des échelons manquants et remplacement des échelons cassés
- Etude de réhabilitation de pistes...

- Végétation

Prise en compte des points sensibles dans le programme d'entretien avec appui extérieur si besoin. Parmi ces propositions de prestations, peu d'entre elles sont réalisables par le service d'exploitation du canal (en interne) car ce dernier est formé uniquement à l'entretien et à la maintenance du canal ; il ne possède donc ni les compétences ni les moyens matériels pour les prestations les plus complexes.

Ainsi celles qui peuvent être prévues en interne sont : le remplacement des échelons, la pose de garde-corps et l'entretien de la végétation.

Ces actions viseront à faciliter et améliorer l'exploitation du canal mais n'amélioreront pas l'état du canal en lui-même et ne semblent donc pas prioritaires. Cependant, les mises en place d'échelons et de garde-corps peuvent être réalisées rapidement (dans les 6 prochains mois par exemple) et nécessitent en amont des travaux et une commande du matériel nécessaire (type, quantité, linéaire...).

Les travaux seront réalisés par le service travaux de Eau d'Azur. En ce qui concerne la végétation, celle-ci est entretenue en continu par le service d'exploitation du canal avec le soutien d'une entreprise extérieure (la SERPE, marché à bon de commande) qui intervient en général une fois par an pour la coupe d'arbres. Ainsi l'entretien de la végétation ne nécessite pas d'actions particulières et n'engendre pas de coûts supplémentaires pour Eau d'Azur.

De plus, le remplacement des vannes de vidange fuyardes (critère hydraulique) a un délai d'exécution assez rapide (changement réalisable dans les 6 prochains mois) et peut être réalisé en interne.

D'un point de vue fonctionnel, la priorité au niveau des actions en interne est donnée au remplacement des vannes fuyardes car elles concernent directement le fonctionnement du canal en lui-même contrairement à la pose des échelons et des garde-corps (accès et sécurité des agents).

De plus, une dernière prestation est à prévoir en interne, l'analyse de la vulnérabilité de l'ouvrage vis-à-vis des actes de malveillance par les personnes extérieures. Cette analyse sera effectuée par l'ingénieur sûreté Eau d'Azur qui est arrivé en juin 2018. Cependant cette dernière n'est pas urgente car le canal est un ouvrage transportant de l'eau brute et non de l'eau potable (l'analyse de la sûreté est prioritaire sur les réservoirs d'eau potable Eau d'Azur).

L'ensemble des autres prestations proposées requièrent des compétences particulières et nécessitent de faire appel à des entreprises extérieures. Elles vont donc engendrer des coûts plus importants et les délais d'exécution seront plus longs.

En effet, la démarche en amont des travaux de génie civil ou de géotechnique consiste à mandater un expert dans ces domaines afin de déterminer quelles sont les solutions à envisager afin de réhabiliter (travaux de GC) et de sécuriser (travaux de géotechnique) les tronçons ayant obtenu un indice IQOA 3 pour le génie civil ou une note de 3 pour le risque géotechnique.

En termes de travaux de génie civil, la priorité est donnée au tronçon en béton préfabriqué (tronçon n°165) notamment car le secteur comporte un risque vis-à-vis des chutes de blocs (falaise en poudingue très friable en surplomb du canal) et des glissements de terrain.

Ces prestations de nature différente peuvent être réalisées conjointement et simultanément par les différents services concernés mais leur réalisation dépendra du budget annuel. Les études de génie civil et de géotechnique semblent être les plus urgentes à démarrer, tout en priorisant celles qui représentent le risque le plus immédiat pour le canal (étude du secteur de l'Ibac avec la partie en béton préfabriquée et étude géotechnique du glissement de terrain au niveau du ciel ouvert de la prise d'eau).

Les prestations à prévoir sur les zones identifiées comme les plus problématiques viennent d'être exposées. Cependant les autres tronçons doivent faire l'objet d'un suivi régulier.

En effet, l'évaluation de l'état du canal a permis d'identifier les problèmes majeurs qui sont actuellement présents sur le canal. Afin de suivre l'évolution de l'état global des tronçons du canal, il est nécessaire de

mettre en place une planification rigoureuse des inspections ultérieures du canal. Trois types d'inspections peuvent être mises en place afin de suivre l'état du canal :

Tableau 35 : Type d'inspections du canal

| Nom | Inspections périodiques | Inspections intermédiaires | Inspections spéciales |
|---------------------------|---|---|--|
| But | contrôle visuel à intervalles réguliers | détecter à temps les futurs désordres | Déterminer les travaux à prévoir (Inspection plus approfondie, auscultation) |
| Fréquence | tous les 3ans, 2ans pour les ponts | intervalles plus courts que les inspections périodiques | ponctuelle |
| Tronçons concernés | tous, indice 1 et de 2 du GC | Indice 2E, (et en fonction des résultats des inspections périodiques) | Indice 3 (et en fonction des résultats des inspections périodiques) |

Toute inspection ou action sur le canal doit être enregistrée. Chaque nouvelle inspection d'un tronçon doit faire l'objet d'une fiche visite et d'une fiche ouvrage datées et complétées, à placer dans le dossier d'ouvrage du tronçon.

IV. ACTUALISATION DU SIG

Une des phases majeures du diagnostic du canal consiste à faire un relevé topographique de ce dernier et intégrer les données relatives à chaque tronçon dans le SIG, Système d'Information Géographique, de Eau d'Azur.

L'objectif final est d'avoir une vue d'ensemble sur le canal afin de visualiser les zones ayant des désordres, par type de désordres. Etant donné la longueur du canal, cela permettra de situer plus précisément les zones prioritaires et ainsi aider à la programmation des travaux en établissant un phasage par zones géographiques.

IV.1 Construction de la cartographie spécifique au canal



Figure 16 : Page d'accueil du portail cartographique de Eau d'Azur

En accord avec les relevés topographiques et le tableau récapitulatif de données, cinq couches principales ont été créées dans le SIG.

Les types de section sont renseignés sous forme de tracé linéaire correspondant au relevé topographique. Les autres couches sont renseignées sous forme de point ponctuel rattaché à une section spécifique du canal. Ces couches possèdent chacune des sous couches sur trois niveaux.

Un appareil de relevé GPS utilisé par les équipes du département SIG a permis de faire des relevés GPS afin de reproduire le tracé et le découpage en tronçons du canal sur le SIG. Le tracé actuel est donc conforme au linéaire du canal et permet de géo localiser avec précision tous les accès et les équipements du canal.

Chaque tronçon dispose d'une table attributaire dont le nombre d'attribut pourra évoluer. L'attribut « ID » a été construit de façon à y retrouver le numéro de tronçon défini lors du diagnostic (241 tronçons). Ainsi, l'ID d'un tronçon a été construit de la façon suivante :

Numéro de tronçon + CV + S +code Insee de la commune

CV signifie Canal de la Vésubie

S signifie section

Exemple pour le tronçon suivant :

| n° Tronçon | Commune/Secteur |
|------------|-----------------|
| 30 | Duranus |

Son ID dans le SIG est donc : 30CVS055

Les autres attributs de chaque tronçon sont listés en annexe 2.

Lors de la deuxième phase du diagnostic (phase de l'état des lieux et les visites de l'ouvrage), des levés topographiques du canal ont été réalisés. Ensuite, à l'aide des fiches de visites, un inventaire des équipements et des désordres a été établi.

Toutes les informations collectées sur le canal ont été regroupées et réparties afin d'obtenir un SIG visuellement parlant et ne faisant apparaître que les informations majeures.

Pour cela, les cinq couches suivantes ont été créées :

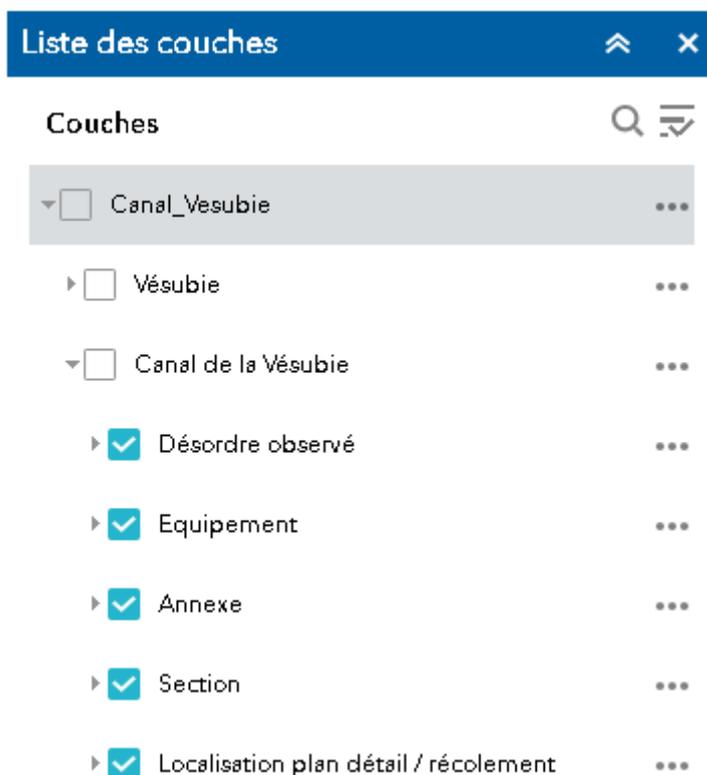


Figure 17 : Liste des 5 couches SIG dédiées au canal

Le premier élément visuel est le découpage du canal par type de section. Chaque type de section dispose d'un code couleur spécifique :



Figure 18 : Représentation cartographique des différents types de section (capture d'écran du SIG)

Chaque couche permet d'afficher les éléments recherchés. Par exemple, la couche « Désordre observé » permet d'afficher les différents types de désordres correspondant aux critères de notation définis lors de la réalisation du diagnostic.

- Canal de la Vésubie ...
- Désordre observé ...
- Génie civil ...
- Hydraulique ...
- Sécurité ...
- Sûreté ...
- Végétation ...
- Accessibilité ...
- Géotechnique ...

Toujours en guise d'exemple, les différents types de désordres de génie civil sont représentés sur la carte par une légende spécifique à chaque type de désordre :

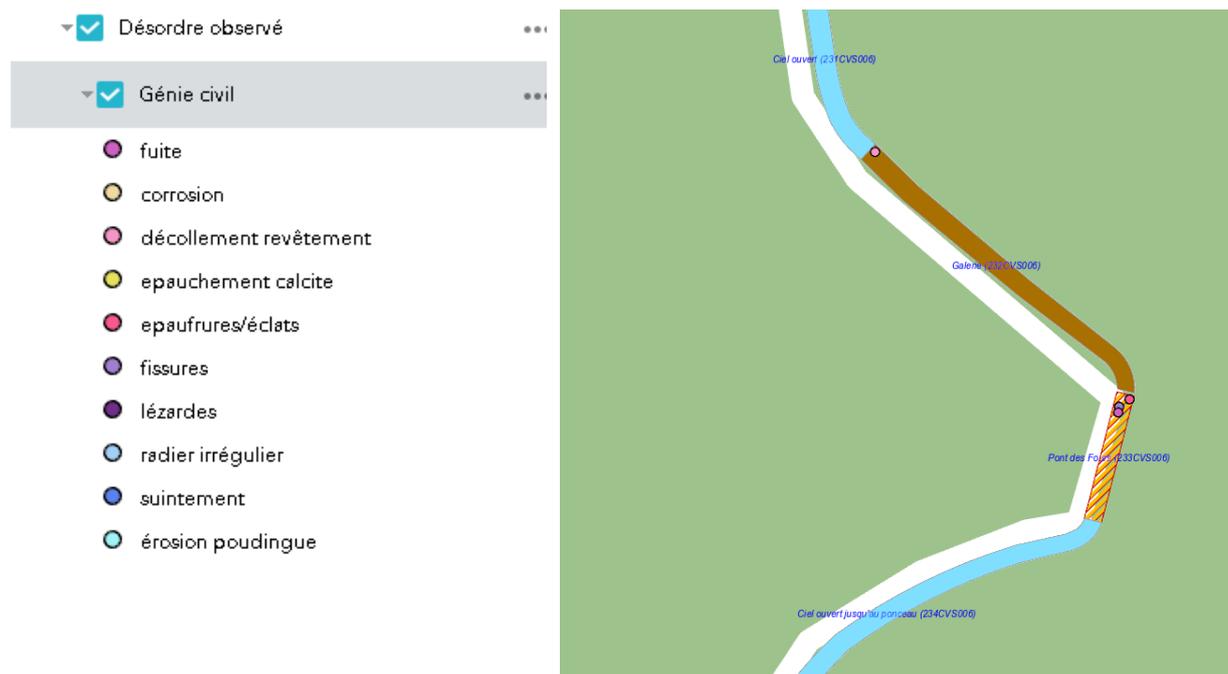


Figure 19 : Représentation cartographique des désordres de génie civil (capture d'écran du SIG)

Le détail des autres couches est donné en annexe 6.

L'outil ARQGIS a permis de mettre à jour le tracé du canal et d'ajouter les informations répertoriées pour chaque tronçon.

Ainsi, la représentation sous SIG permet de faire ressortir les éléments importants du canal, par exemple l'emplacement des différents accès.

L'organisation des couches SIG et l'intégration des données sont réalisées en collaboration avec des membres de l'équipe du département SIG et ressources en eau.

IV.2 Limites et axes d'amélioration du SIG

La précision de l'appareil de mesure et le manque de précision pour les successions tunnels et galeries (zones très difficiles d'accès) sont des limites à considérer lors de l'utilisation du fichier SIG.

La notation des différents critères est une information pour le moment absente du le SIG.

Les attributs suivants pourraient être ajoutés à la table attributaire du tronçon :

- Note Génie Civil
- Note Secours
- Note Rôle
- Note Hydraulique
- Note Géotechnique
- Note Sûreté
- Note Criticité
- Note Végétation
- Note Accès au site
- Note globale

Deux nouvelles couches pourraient être créées :

- Notation globale
- Notation par critère

La couche « notation par critère » pourrait reprendre le code couleur « vert, jaune, rouge » attribué à chaque critère. Tous les tronçons ayant obtenus la note de 3 pour le critère géotechnique pourraient ainsi

apparaître en rouge sur la carte. Cet affichage visuel et cartographique permettrait un zonage plus efficace par type de travaux à réaliser.

Exemple :

| n° Tronçon | Type | Nom | GC | Secours | Rôle | Hydr | Géo | Sûr | Crit | Vég | Acc mot | Acc pié | Acc site | Note Globale |
|---------------|---------|---------------------------|----|---------|------|------|-----|-----|------|-----|------------|------------|-------------|--------------|
| 93 | Galerie | Fenêtre Ruina Scura | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 15,5 |

Ainsi le tronçon 93 s'afficherait en rouge si l'on sélectionne la sous-couche « note Géotechnique ». Il s'afficherait également en rouge si l'on sélectionne la couche « Notation globale ». Il s'afficherait en vert si l'on sélectionne la sous couche « note Rôle ».

Cela permettra, à l'aide du code couleur choisi pour chaque note de désordre, de voir la répartition géographique des tronçons nécessitant des travaux prioritaires. Cela viendra en appui des tableaux listant les numéros de tronçons et leur notation (annexes 2,3 et 4).

Un découpage de la note globale pourrait être défini :

- En vert : tronçon ayant obtenu une note globale inférieure ou égale à 7
- En jaune : tronçon ayant obtenu une note globale comprise entre 8 et 14 inclus
- En rouge : tronçon ayant obtenu une note supérieure ou égale à 15.

Ces améliorations permettraient d'avoir un support visuel pour la programmation des prochains travaux de réhabilitation et faciliterait ainsi le zonage des travaux futurs.

L'objectif final est de créer un SIG métier du Canal de la Vésubie, c'est-à-dire un outil dédié dont le but est de faciliter le quotidien.

Le SIG doit être :

- la base de données regroupant la connaissance sur tous les éléments du patrimoine, aujourd'hui possible grâce aux éléments du diagnostic et aux couches déjà créées
- l'outil qui permet de capitaliser l'historique des interventions sur ce patrimoine, notamment les dysfonctionnements et les défaillances, c'est une amélioration qui devra être apportée au SIG actuel
- l'outil qui permet de mettre à jour toute nouvelle donnée recueillie suite à des interventions pour réparation ou travaux neufs.

Le SIG du canal constituera alors une base de données centrale qui devra évoluer en fonction de la progression de la connaissance patrimoniale du Canal.

V. ANALYSE DU FONCTIONNEMENT DU CANAL

V.1 Localisation des zones fuyardes : mesures de débit

Afin de localiser les fuites et d'optimiser l'exploitation du canal, une campagne de mesure de débit a été réalisée en 2016 par la société Mesures & Environnement. L'entreprise a réalisé deux campagnes de mesures : chacune ayant un débit entrant dans le canal fixé (soit à 1500 l/s et 2500 l/s). 12 points de mesure ont été sélectionnés pour 23.8 Km de linéaire.

Ces mesures ont montré que des pertes sont notables sur quasiment la totalité du linéaire du canal. Elles sont estimées à 211 l/s, soit 184489 m3/j pour un débit entrant de 1500 l/s et 297 l/s, soit 17452,8 m3/j pour un débit entrant de 2500 l/s.

Néanmoins, la campagne de mesure précédente s'est arrêtée au niveau de la station de pompage du Roguez. Aucune connaissance de l'état du réseau et des pertes ne sont notables à partir du point de roulement du Roguez jusqu'à l'usine de super Rimiez.

Les secteurs les plus fuyards sont répertoriés dans le tableau ci-dessous et une carte détaillant la position des différentes stations de mesure est représentée ci-dessous:

Tableau 36 : Secteurs les plus fuyards

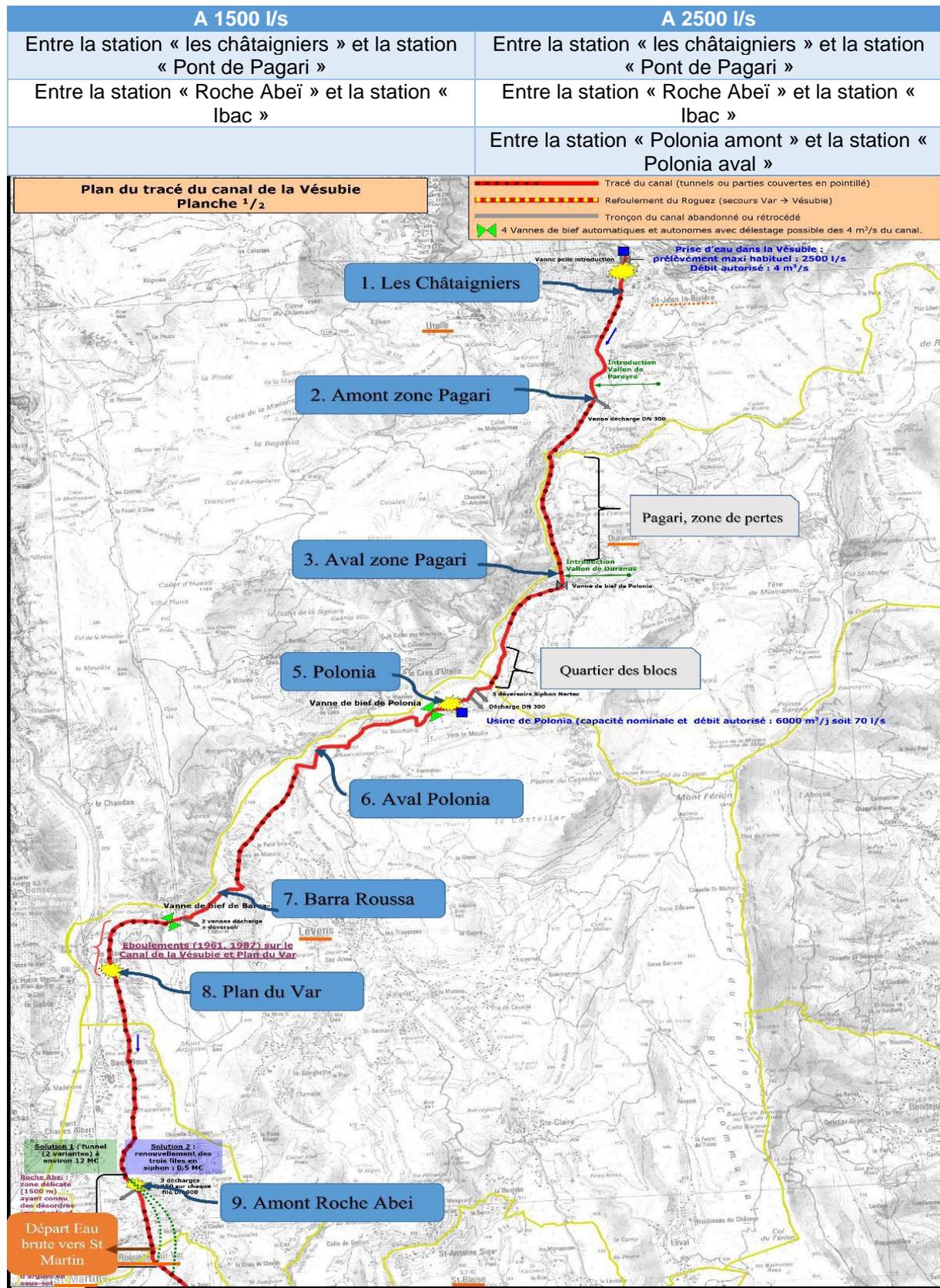


Figure 20 : Position des différentes stations de mesure

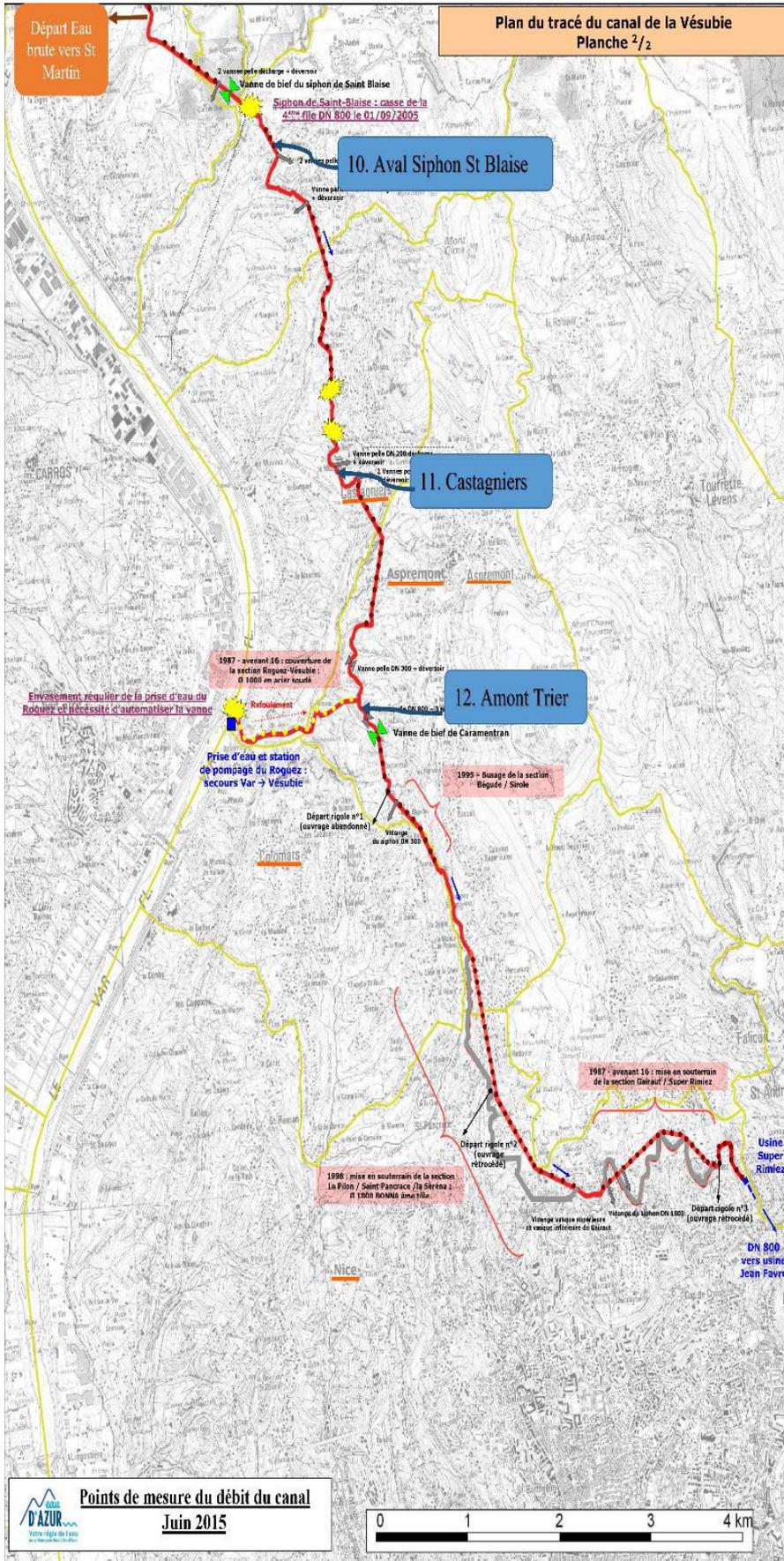


Figure 21 : Points de mesure du débit du canal en juin 2015

Cependant la campagne de 2016 présentait certaines incohérences. En effet les mesures entre le point amont et le point aval d'un même tronçon n'avaient pas toujours lieu le même jour. Cela a entraîné des erreurs dans les résultats avec, par exemple, le tronçon aval qui avait un débit plus important que le tronçon amont.

En 2019 une nouvelle campagne de mesure de débit a été réalisée par la société Mesures & Environnement afin d'évaluer les pertes de débits et de constater l'évolution des fuites précédemment détectées. La méthode utilisée était la même que celle durant la campagne de 2016 cependant les mesures pour un même tronçon ont été réalisées simultanément.

Les mesures réalisées montrent l'existence de pertes sur la quasi-totalité du linéaire du canal. Bien que les pertes soient réparties sur l'ensemble du linéaire, certains secteurs s'avèrent être plus fuyards.

Les mesures ont été réalisées avec un débit de l'ordre de 1500 l/s. Les résultats de ces mesures ont montrés que les pertes de débit totales sur le linéaire étudié s'élèvent à environ 157 l/s. Ces pertes sont donc semblables à celles déterminées durant la campagne de 2016.

V.2 Mesures permanentes du débit

Suite aux travaux de réhabilitation réalisés après la tempête Alex, un nouveau fonctionnement de la prise d'eau a été réalisé et une nouvelle loi hydraulique a été retenue pour assurer la restitution du débit réservé. Pour cela, En novembre 2022, plusieurs Campagnes de jaugeages sur la Vésubie ont été réalisées en novembre 2022, dans le cadre de l'installation de capteurs de mesure Hauteur-Débit au niveau de la prise d'eau de Saint-Jean-La-Rivière.

En amont de la prise d'eau de Saint Jean La Rivière, une sonde de niveau piézométrique et une sonde de niveau radar permettent la mesure du débit dans la rivière (via la mesure de la hauteur d'eau dans la rivière). Par ailleurs, une échelle limnimétrique est installée au droit des vannes de restitution et est accessible pour contrôler le niveau d'eau en amont sur site.



Figure 22 : Echelles limnimétriques à la prise d'eau



Figure 23 : Vue des échelles limnimétriques à la prise d'eau

La sonde piézométrique « Chambre vieille » permet de mesurer la hauteur du plan d'eau et donc le débit restitué au cours d'eau.

Au niveau de la vanne de régulation, deux sondes de niveau piézométrique permettent de calculer le débit entrant dans le canal (en amont du Dessableur). Elles permettent de réguler le débit entrant dans le dessableur et de déverser le surplus dans la rivière via un seuil.

Ces appareillages servent à maîtriser les prélèvements d'eau par le canal de la Vésubie.

Le point de mesure situé aux Chataigniers est la mesure officielle du débit du canal à l'aval du dessableur. La mesure à Pont de Cros est réalisée par la DREAL : ce point mesure le débit de la rivière en aval de la prise d'eau et permet de vérifier que le débit réservé est respecté.

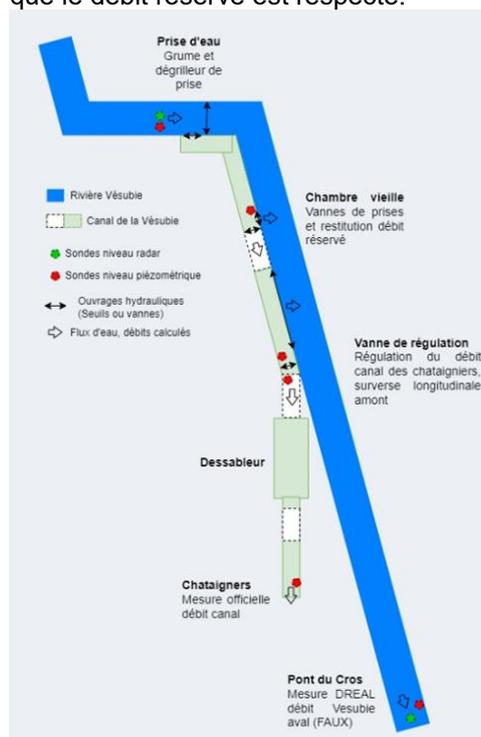


Figure 24 : Schéma des différents points de mesures permanents dans le canal

VI. PROGRAMME DE TRAVAUX

Le recensement de solutions envisageables pour chaque tronçon a permis de faire ressortir trois types de travaux majeurs :

- 1) Des travaux d'entretien qui peuvent être réalisés par les équipes Eau d'Azur (Canal, Entretien ouvrages, etc.) pour le maintenir en bon état de fonctionnement
- 2) Des travaux de complexité moyenne qui sont réalisables par les équipes internes à REA (Canal, Entretien ouvrages, STU, etc.) ou par des entreprises externes sur un marché de travaux existant.
- 3) Des travaux complexes devant faire l'objet d'études complètes et/ou d'un marché de travaux spécifique.

Pour les 1^{er} et 2^{ème} types de travaux, ils pourront être programmés lors des deux chômages annuels récurrents planifiés par l'exploitant, à savoir :

- Un chômage au printemps, en général au mois d'avril, d'une durée de trois à quatre semaines (avec un arrêt du chômage de 2 jours chaque semaine)
- Un chômage à l'automne, en général au mois d'octobre, d'une durée de trois à quatre semaines (avec un arrêt du chômage de 2 jours chaque semaine)

VI.1 Travaux d'entretien

Le canal de la Vésubie présente par endroit un manque d'ergonomie. La position géographique particulière de ce canal, combiné à la nature du terrain génèrent des contraintes importantes en termes d'accessibilité et de manœuvre pour le personnel d'exploitation.

Egalement, plusieurs zones notamment au niveau des ponts, présentent des risques de chutes et donc un manque de sécurisation pour le personnel intervenant. Ces problématiques rendent donc l'accès au canal compliqué et les travaux d'entretien parfois périlleux.



La figure ci-dessus illustre certains désordres répertoriés sur les tronçons, par exemple le manque de garde-corps et les échelons corrodés au pont de Costa Rosta dans la zone de Castagniers, ou encore une vanne manuelle fuyarde au ciel ouvert de Polonia.

Ces travaux sont catégorisés en tant que travaux d'entretien, et peuvent être réalisés par les équipes d'exploitation de Eau d'Azur, pendant les périodes de chômage du canal par exemple.

- › Installation de garde-corps
- › Installation ou remplacement d'échelons
- › Débroussaillage

Il s'agit de l'entretien de toutes les zones enherbées, coupées une ou plusieurs fois par an autres que les surfaces engazonnées traitées à la tondeuse.

La prestation devra être assurée à l'aide d'une débroussailleuse manuelle (rigide ou à dos) avec fil nylon, ou pour les surfaces importantes à la débroussailleuse sur roues (girobroyeur ou épareuse).

La hauteur de coupe est comprise entre 5 et 8cm, afin de laisser une impression visuelle de prairies, sans jamais mettre le terrain à nu.

Les déchets végétaux de coupe seront laissés sur place et étalés uniformément après avoir été suffisamment broyés afin de mesurer moins de 2cm. Les espaces traités devront présenter un aspect uniforme en fin d'opération.

Dans le cadre de l'intervention principale annuelle de fauchage, les rejets et gourmands se trouvant sur le tronc des arbres situés dans le périmètre traité, seront coupés et évacués à la déchetterie ou laissés proprement sur place sur décision de Eau d'Azur.

Afin de réduire l'utilisation de la débroussailleuse à fil (source de projection de gravillons le long du canal), il sera privilégié l'utilisation de désherbeur thermique (en dehors de la période juillet et août).

- › Evacuation de rochers ou de pierres (sans dynamitage)

Ces travaux consistent en l'évacuation de rochers ou pierres tombés dans le canal après réduction du volume des plus importants au marteau piqueur. Ils doivent être effectués manuellement par des équipes de 4 à 5 personnes.

Le transfert du matériel dans le canal s'effectue à partir des rampes d'accès situées en différents points du canal grâce à des chenillards de petit modèle (type Dumper) au vue de l'étréouitesse et des limites de hauteur que présentent certains tunnels où autres édifices constituant le canal. L'utilisation d'une chargeuse compacte type Bobcat 553 pourra également être nécessaire. A titre exceptionnel, un hélicoptage pourra être envisagé.

Au besoin, les rochers et pierres seront réduits au marteau piqueur de façon à permettre leur évacuation du canal. Ils sont ensuite disposés à une distance suffisante du canal pour garantir son accès et si possible, doivent être répartis uniformément sur le site. L'accès des équipes sur les lieux d'intervention se fait quasi intégralement de façon pédestre.

- › Entretien des équipements et appareils de mesure

Sur la totalité du canal de la Vésubie, 25 capteurs de niveau (sondes piézo et ultrasons) sont installés aux niveaux des sites sensibles comme les vannes de bief et de décharges, également sur les tronçons sensibles en terme de risque de chute de blocs, et également au niveau des siphons de Saint Blaise et Roche Abaille.

Tous les capteurs de niveaux sont contrôlés semestriellement : un agent d'exploitation relève la mesure sur la règle limnimétrique et valide la cohérence avec l'information remontée par le capteur au service Supervision de Eau d'Azur.

Au delà de 5cm d'écart entre la lecture de la mesure sur site et l'information relayée par le capteur, plusieurs opérations sont entreprises :

- nettoyage de la sonde sur site,
- si l'écart persiste suite au nettoyage, le remplacement de la sonde est planifié.

Dans le secteur des châtaigniers, à chaque chômage du canal (deux par an), un nettoyage du puits de mesure et des parois du canal est réalisé afin que la mesure reste la plus précise possible.

Au niveau de la prise d'eau de Saint Jean la Rivière, plusieurs capteurs de niveau sont également installés. Ils permettent de réaliser le calcul de débit dont découle le calcul du rejet. calcul de débit, calcul du rejet permet les mesures de seuil

Entretien à la prise d'eau de Saint Jean la Rivière :

Un curage annuel est systématiquement réalisé.

D'autres curages sont réalisés à chaque fois que nécessaire : en cas d'ensablement et engrèvement de la prise d'eau.

Le dessableur en aval de la prise d'eau est curé 2 fois par semaine à minima. Cette fréquence augmente en fonction des mesures de turbidité, pouvant atteindre 2 curages par jour.

VI.2 Travaux de complexité moyenne

- › Brossage mécanique des parois du canal
 - à inclure dans préparation de réparation GC

Cette opération consiste au brossage à l'aide d'un mini-chargeur de « type Bobcat 553 », équipé en fonction afin d'enlever les mousses, végétaux et concrétions qui se sont accumulés.

L'objectif est de récupérer une vue nette des parois sans endommager l'ouvrage.

- › Réfection de l'enduit d'imperméabilisation

L'imperméabilisation des surfaces du canal en contact avec l'eau se fera au moyen d'un micro mortier d'imperméabilisation type SikaTop®-107 Protection.

- › Ragrèages

L'opération consiste à reconstituer un parement en béton dans le cas des zones d'adhérence défectueuse décroûtée ou des saignées réalisées dans le béton pour dégager les armatures rouillées.

L'épaisseur moyenne de ces ragréages sera de 3cm (déduction faite du volume de l'armature).

La surface traitée par ragréage sera mesurée au niveau du parement de l'ouvrage en béton. Aucune fissuration de retrait ne sera acceptée.

Le ragréage sera réalisé par l'application d'un mortier de ragréage hydraulique prédosé renforcé par des fibres synthétiques sur primaire d'accrochage.

- › Traitement des fissures ponctuelles

L'opération consiste à étancher des fissures faiblement actives et traversantes.

Les fissures seront élargies au disque sur une largeur de 1 cm et une profondeur de 1,5 cm environ puis nettoyées par soufflage et garnies par un produit aux propriétés conformes au support d'origine.

- › Projection de béton armé (fermeture de lézardes)

L'ensemble des bétons mis en œuvre devront être de type conforme à la norme NF EN 206-1 et ses annexes nationales françaises.

Les classes d'exposition à respecter seront les suivantes en fonction de la nature des ouvrages :

- Parties d'ouvrage sans contact avec les terres et les eaux : XC3
- Parties d'ouvrage enterré : XA2 ;
- Parties d'ouvrage en contact des eaux du canal : XS3 ;

Les armatures seront conformes aux normes en vigueur :

- NF A 35-015 pour les ronds lisses
- NF A 35-016 pour les armatures à haute adhérence
- NF A 35-019 pour les treillis soudés

Les sections d'armatures à mettre en œuvre seront définies par le titulaire lors de ses études d'exécution.

- › Traitement des venues d'eau

L'opération consiste à étancher les éventuelles fuites d'eau ou suintements d'eau au travers de la paroi en béton armé du canal.

Ces travaux permettant d'appliquer le revêtement de protection sur un support dont l'humidité est relative sera compatible avec les produits à appliquer.

L'opération sera réalisée comme suivant :

- la localisation de la fuite ou du suintement d'eau,
- le dégagement du béton dans la zone concernée,
- la mise en place éventuelle de drains si venues d'eau trop importantes,

- l'application d'un mortier à prise très rapide pour étancher les venues d'eau depuis l'extérieur,
- et toutes sujétions de mise en œuvre.

La plupart des venues d'eau sont traitées par les travaux de ragréage et de projection de béton armé.

› Traitement des armatures métalliques

Cette opération consiste à traiter les armatures métalliques corrodées (enrobage béton insuffisant, dégradation du béton...).

L'opération sera réalisée comme suivant :

- le repérage des armatures métalliques rouillées,
- le dégagement des armatures. Les armatures rouillées -dont l'enrobage est inférieur ou égal à 1cm seront entièrement dégagées sur toute leur périphérie. Pour un enrobage supérieur à 1cm, elles ne seront dégagées que sur leur demi-périphérie. Dans tous les cas, la profondeur des saignées ainsi réalisées n'excèdera pas 4cm. Les armatures rouillées seront dégagées jusqu'à l'apparition à chaque extrémité de la partie saine du métal.
- dans la mesure du possible les armatures ainsi dégagées et dont l'enrobage est inférieur à 1cm, seront "enfoncées" pour augmenter autant que possible l'enrobage.
- les aciers présentant une réduction de leur diamètre nominal supérieur à 20 % seront remplacés par des aciers complémentaires de même diamètre, après accord de Eau d'Azur,
- leur fixation sera assurée soit par soudure, soit par ligature avec une longueur de recouvrement adaptée au diamètre de l'acier (minimum 2 fois et demie),
- l'application d'un produit de passivation des aciers, compatible avec le mortier de ragréage utilisé,
- l'évacuation des produits de démolition et de sablage des armatures, le relevé après exécution des armatures traitées (report manuel sur un plan des armatures traitées), et toutes sujétions de mise en œuvre.

› Travaux de maçonnerie

Les reconstructions de murs en pierres pourront être réalisées en pierres sèches ou en béton armé avec un parement de pierres. Dans ce dernier cas, l'aspect visuel du mur sera identique à celui d'un mur en pierre sèches. 2 types d'appareillages des pierres pourront être retenus, en fonction des murs existants et après essai d'une longueur test :

- parement type 1 : Parement en pierres en opus incertum appareillées au mortier de ciment avec joint plat (ou noyé). La largeur moyenne du joint ne sera pas supérieure à 20mm. La couleur du mortier sera adaptée à celle des pierres.
- parement type 2 : Parement en pierres en opus incertum appareillées au mortier de ciment avec joint creux. La largeur moyenne du joint ne sera pas supérieure à 20mm.
L'appareillage des pierres sera choisi par le maître d'ouvrage parmi les trois types décrits ci-dessus.
- Disposition n°1: l'habillage en pierres aura une épaisseur maximum de 20cm. L'accrochage de cet habillage de pierres au mur en béton sera défini par le titulaire : il devra garantir une cohésion parfaite entre le béton armé et l'habillage. Les barbacanes du mur en béton seront prolongées dans l'habillage en pierre sans qu'il puisse y avoir un risque d'infiltration entre le mur et l'habillage (goulottes prolongeant les barbacanes par exemple).
- Disposition n° 2 : l'habillage sera normalement fondé sur la partie avant de la semelle du mur en béton. Dans les parties où cette semelle suit le terrain naturel, un décaissement d'environ 20cm sera réalisé le long du mur, une longrine de fondation sera exécutée dans ce décaissement sur la semelle débordante et le parement sera bâti sur cette fondation. Les terrassements et la remise en état des lieux seront exécutés soigneusement avec évacuation des déblais en excès en décharge autorisée.
- Disposition n° 3 : couronnement : la partie supérieure horizontale de l'habillage et du mur en béton sera recouverte de mortier de ciment.
- Disposition n° 4 : redans : les redans verticaux seront traités comme les faces avant des murs; l'épaisseur de l'habillage sur les redans ne sera pas supérieure à 20cm..
- Disposition n° 5 : des joints de dilatation verticaux seront prévus tous les 5 mètres ou à chaque redans.

Le mur aura une largeur en tête de 0,30m, un fruit de parement extérieur de 1 de base pour 5 de hauteur et un parement intérieur vertical ; la largeur à la base sera 0,30m + 0,20 fois la hauteur.

La semelle du mur sera constituée par un béton de propreté dosé à 300 kg de ciment par m³, d'une épaisseur de 0,10m minimum, fondée sur un sol de fondation homogène. La semelle débordera en amont pour former un talon pour recueillir les eaux de drainage et les orienter vers les barbacanes inférieures.

Le titulaire aura à matérialiser avant travaux le couronnement aval du mur et l'intersection du parement aval avec le terrain naturel : les travaux ne pourront commencer qu'avec l'accord du maître d'œuvre, au vu de cette implantation.

Les terrassements et la remise en état des lieux, ainsi que le remblayage et l'aménagement du talus en amont du mur seront exécutés soigneusement ; les déblais en excès seront évacués en décharge autorisée.

Le drainage amont sera réalisé en matériaux type ballast ou gravier. Des barbacanes d'une section équivalente à 75cm² l'une seront prévues en quinconce sur la base d'une par mètre carré de mur environ.

› Démolition de maçonnerie

Lors des terrassements, le titulaire peut avoir à démolir, après accord de Eau d'Azur, certains ouvrages en maçonnerie, maçonnerie de béton ou béton armé, abandonnés antérieurement ou à remplacer par l'ouvrage à construire.

S'il subsiste des parties d'ouvrage abandonnées mais non démolies, le titulaire doit remblayer à la vue du maître d'ouvrage. La méthode à employer et les matériaux à utiliser sont soumis à sa validation de Eau d'Azur.

› Débroussaillage et purge de talus en situation acrobatique

• Purge manuelle

Les travaux de purge générale des zones seront effectués à l'aide de moyens manuels (barre à mine, leviers divers, vérins, éclateurs hydrauliques, treuils ou palan, coussin de levage) pour évacuer les blocs en pied de talus ou de falaise. Les travaux de purge seront limités à l'élimination des éléments les plus instables ou les plus déconsolidés répartis sur l'ensemble des différentes zones et au nettoyage des matériaux éboulés restés sur la pente. En particulier, l'attention de l'entrepreneur est attirée sur le fait que les travaux de purge n'ont pas pour objectif d'éliminer toutes les masses rocheuses susceptibles d'être déstabilisées, mais de parvenir par l'élimination des éléments les plus déconsolidés à un niveau d'aléa éboulement faible. Il s'agit de veiller à ne pas déstabiliser les masses rocheuses en place.

En particulier, l'utilisation d'explosif pour ces travaux de purge est interdite.

Cette mission sera réalisée préalablement à tous travaux de terrassement, son but est de permettre d'assurer la sécurité du personnel et des riverains pendant la phase de travaux.

• Purge mécanique avec brise-béton et décrochage au BRH

Les travaux de purge mécanique seront réalisés sur la paroi, à moins de 6m de hauteur et pratiqués à l'aide d'un engin ou bien en situation acrobatique pour des hauteurs supérieures à 6m avec un brise-béton portatif. Elle sera réalisée avec un engin de décrochage (type brise béton) porté par un agent en situation acrobatique assisté d'un deuxième agent (équipe de deux personnes).

Le travail consistera à éliminer les ensembles de panneaux, compartiments, surplombs rocheux instables, bien individualisés par la fracturation, sans risquer de déstabiliser les éléments voisins.

L'utilisation des engins mécaniques permettra aussi de reprofiler certaines parois.

• Purges en voûte de tunnel

Les purges en voûtes de tunnel se feront à l'aide de nacelle positive dans et hors du tunnel

• Débroussaillage

Les arbres à abattre ainsi que les zones à débroussailler seront désignés à l'unité par le maître d'œuvre avec l'entreprise directement sur terrain. Les lieux de dépôts de ces produits sont du ressort et restent sous la responsabilité de l'entrepreneur. Les produits d'abattage restent la propriété du propriétaire de la parcelle où sont effectués les travaux. Dans le cas où les produits d'abattage ne sont pas réclamés, leur évacuation et élimination est du ressort de l'entreprise. Il évacuera les produits en décharge agréée.

› Curage du canal

Ces opérations consistent :

- au curage à l'aide d'une pelle mécanique grand modèle de boues présentes dans le canal notamment au niveau de la vasque inférieure. Les matériaux extraits seront évacués en décharge par le titulaire au moyen de bennes étanches.
- au curage et au désengrèvement de la prise d'eau de Saint Jean La Rivière au moyen d'une pelle araignée.

› Entretien des fossés de colature et des passe-ponts

Cette opération consiste au curage manuel des fossés permettant l'évacuation des eaux d'irrigation en excès.

L'opération sera réalisée comme suivant :

- nettoyage par enlèvement des débris végétaux
- remise en état

Les matériaux extraits seront évacués par le titulaire en décharge autorisée. Sur décision de REA, le titulaire devra les déposer aux abords du canal à une distance suffisante pour ne pas en perturber l'exploitation et garantir son accès. Ils seront alors répartis uniformément sur le site.

VI.3 Etudes et travaux spécifiques

› Réhabilitation des poutrelles de protection

Il s'agit de la réhabilitation des encoches et des poutrelles qui sont moyennement dégradées. La dégradation des poutrelles est partielle, surtout aux extrémités avec des épaufrures et éclats de béton, et des armatures apparentes corrodées.

› Installation de nouvelles poutrelles en béton

Pour le cas des poutrelles très endommagées qui risquent de rompre dans le canal, les travaux préconisés sont les suivants :

- Dépose des poutrelles en béton

La première étape consiste à scier les poutrelles endommagées et évacuer les débris. Les poids des poutrelles étant très important (*environ 750 kg*) et les sites inaccessibles aux engins de chantier, l'héliportage des poutrelles préfabriquées sera préconisé, les trajets retour pourront ainsi servir à l'évacuation des armatures des poutrelles etc... Les étapes de la dépose sont détaillées ci-dessous :

- Etayer les parties aux extrémités : afin d'éviter d'avoir un gros bloc béton qui tombe dans le canal
- Mettre au-dessus un platelage pour servir de plan de travail : couper la poutrelle en petit morceaux qui seront posés à côté à l'aide de la potence et ensuite la déconstruction sera faite sur le côté pour que ce soit plus sécurisé pour les ouvriers.
- Envisager la mise en place d'une planche en dessous pour éviter la chute des débris. Les évacuer ensuite sur le côté avec une petite potence. Les armatures peuvent être collectées dans un big bag et évacuées par héliportage. Les débris de béton peuvent soit être stockés sur place soit évacués de la même manière que les armatures.

- Travaux de maçonnerie

Les travaux de maçonnerie concernent les travaux de réhabilitation des encoches endommagées soutenant les poutrelles. Ces encoches seront réhabilitées par nettoyage et ragréage afin qu'elles soient adaptées à la taille des poutrelles qui seront comme emboîtées directement dessus par héliportage.

- Construction des poutrelles

- Cas d'une poutrelle métallique : Possibilité d'imbriquer les éléments sur place et réalisation de points d'ancrage. Pas donc d'obligation d'héliportage.
- Cas d'une poutrelle en acier en béton armé : Fabrication des poutrelles en béton en atelier et les ramener en héliportage. Pose directement sur les encoches.

| | Poutrelles métalliques | Poutrelles en béton |
|---------------|---|---|
| Avantages | Possibilité de les imbriquer et installer sur place Point d'ancrage plus simple à réaliser | Solide sur ses appuis Meilleure résistance au choc |
| Inconvénients | Nécessité d'avoir un voile haut Point d'ancrage à réaliser sur les deux côtés Poutrelles peuvent bouger si le choc est trop important | Besoin d'héliportage pour ramener les poutrelles |

Pour le cas des zones étudiées, une installation de poutrelles en béton est favorable, compte tenu de la taille des blocs qui tombent sur le canal. Le volume d'une poutrelle est d'environ 0,30m³ avec un poids d'armature = 50 kg

- Transport et installation des poutrelles

Les poutrelles de protections seront amenées par héliportage sur les sites. Elles seront directement positionnées au niveau des encoches. La durée estimée pour héliportage est de 60 minutes par poutrelle.

- › Réhabilitation de dalle de protection
- › Ragréage de béton
- › Etude géotechnique :
 - Tunnels des Blocs

Les zones des Blocs et de Levens Plan du Var sont les zones les plus critiques du canal. Depuis les années 60, de nombreux éboulements de terrain ont impactés le canal.

Tous ces désordres ont conduit à la mise en place de nombreux ouvrages déflecteurs afin de limiter les impacts de ces éboulements sur le canal. Des poutrelles de protections ont ainsi été construites et installées majoritairement dans les années 70. Ayant connu des impacts importants, certaines poutrelles sont en état d'usure avancée.



Figure 25 : Poutrelles au tunnel des Blocs

Les travaux préconisés sont les suivants :

- Pour les poutres moyennement dégradées, un traitement des armatures avec un brossage mécanique et un ragréage du béton est suffisant pour les travaux de réhabilitation.
- Pour le cas de figure de poutrelles très endommagées, les travaux à préconiser sont la dépose et l'évacuation des poutrelles endommagées dans un premier temps. Dans un deuxième temps, la construction ou la commande de poutrelles de protection préfabriquées afin de remplacer les anciennes. Pour cela, il faudra également prévoir de réhabiliter les bords servant d'encoches aux poutrelles et de prévoir un dimensionnement de ces encoches conforme à la taille des poutrelles.

Les dimensions d'une poutrelle sont détaillées dans le schéma ci-dessous :

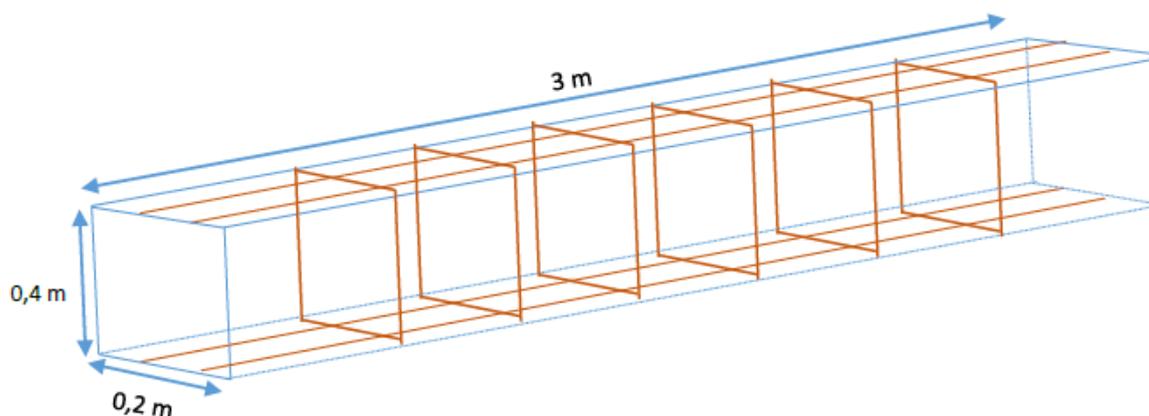


Figure 26 : Dimensions d'une poutrelle

- › Fourniture et mise en place de jauge de suivi des lézardes
- › Diagnostic GC - mise en place jauges de suivi
 - Etude passerelles métalliques piétonnes sur la Vésubie
 - Tunnel Daou Gravas et galerie Ruina Scura (n°92 & 93)
 - tunnel de Polonia (n°73)
 - CO avec paravalanche en amont tunnels des Blocs (n°64)
 - Tunnel de St Blaise (n°172) et galerie Combe (n°195)
- › Etude GC :
 - Réhabilitation du bassin en béton préfabriqué de l'Ibac

Cette étude est l'une des études prioritaires à réaliser sur le canal. Un extrait de l'étude est présenté dans cette partie.

Le ciel ouvert de la zone de l'Ibac a été réhabilité en 2011, quand les bâches métalliques ont été remplacées par un assemblage de plaques en béton préfabriquée sur 45ml.

En 2010, compte tenu de l'âge de la bache métallique (120 ans) et des travaux de réhabilitation projetés sur le tunnel de la Roquette situé en amont qui nécessitaient un acheminement des matériels, des travaux de réhabilitation sont prévus sur la zone de l'Ibac.

La bache métallique est alors remplacée par des assemblages d'éléments en béton préfabriqués emboîtés un à un. Le chantier se déroule de septembre à décembre 2010.



Figure 27 : Ciel ouvert de la zone de l'Ibac

Le procès-verbal du marché privé est réceptionné le 10 janvier 2011 avec une liste de prestation non réalisées, et d'épreuves d'étanchéité non concluantes. Cela a donc impacté la structure du canal et plusieurs désordres sont observables :

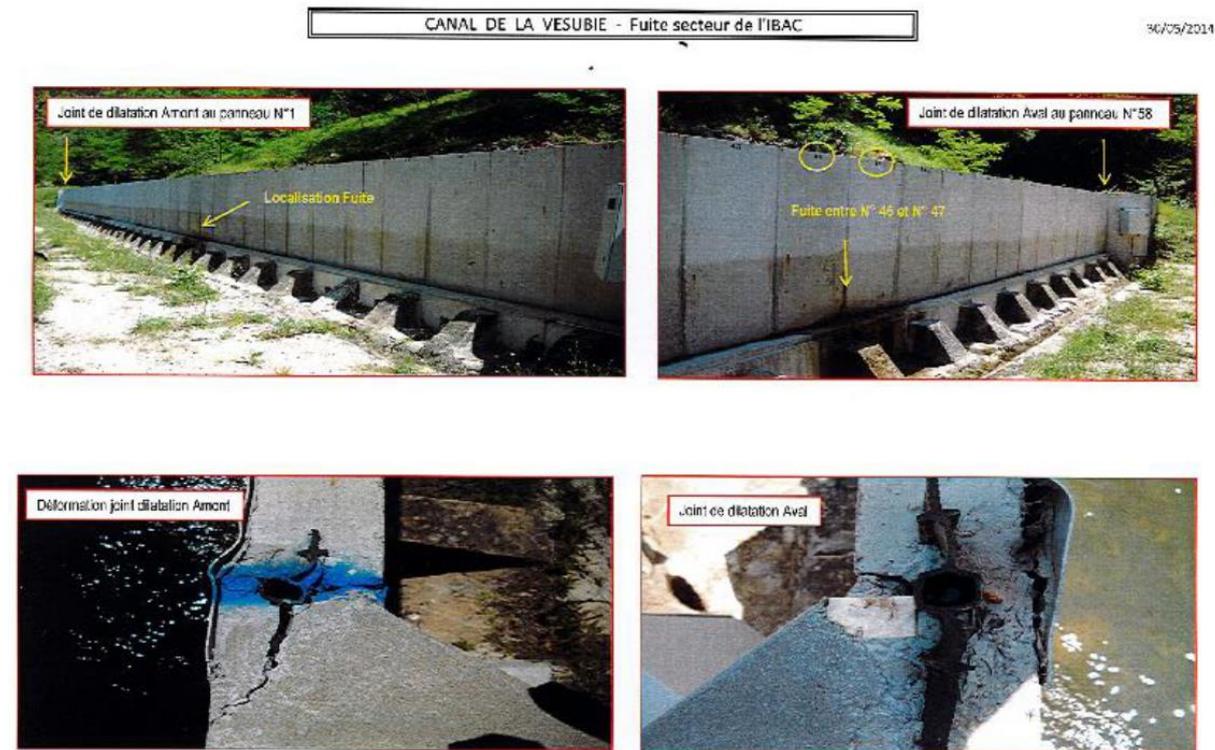


Figure 28 : Fuites sur le secteur de l'Ibac

Tableau 37 : Analyse des désordres dans le secteur de l'Ibac

| Partie d'ouvrage concernée | Identification | Situation | Etendue | Origine probable |
|----------------------------|--|---|-------------|---|
| Rive droite | Risque de chute de blocs dans le fossé entre la rive et le voile | - | Localisée | Composition terrain/ Défaut d'entretien |
| Amont panneau numéro 1 | Déformation joint dilatation | Voile droit | Localisée | Défaut de conception |
| Panneaux 46/47 | Décalage entre les deux panneaux | Voile droit | Localisée | Défaut de conception |
| | Traces de fuites importantes (1 goutte/s) | Voile droit, au niveau des joints entre les plaques | Localisée | Défaut de conception |
| Aval panneau numéro 58 | Déformation joint de dilatation | Voile droit | Localisée | Défaut de conception |
| Panneaux | Présence de fissures | Plus de 50% du tronçon | Généralisée | Défaut de conception |
| | Fissures traversantes | - | Localisée | Défaut de conception |
| Jonction dalle/ Radier | Traces de fuite | Voile droit | Localisée | Défaut de conception |

Préconisation de travaux :

- Scénario 1 : Traitement des fissures et confortement des poutrelles de protection

Pour la partie en béton préfabriqué, les fissures présentes à l'intérieur du canal (10 fissures signalées de 2ml chacune), au niveau des jointements des éléments préfabriqués sont évolutives. Ces fissures sont

apparues moins d'une année après les travaux les travaux de réhabilitation. Elles seraient donc dû à un défaut de conception aggravé par le gradient thermique (dilatation et gradient). Une vérification des relevés topographiques permettrait de savoir si d'éventuels mouvements de terrain ont été signalés depuis la pose des éléments préfabriqués.



Remplir ces fissures avec un matériau de type joint en silicone risque de ne pas fonctionner compte tenu de l'ouverture de certaines fissures. La solution proposée est donc d'abord l'injection de mortier de réparation afin de fermer les fissures, puis de coller une bande à l'intérieur du canal susceptible de se dilater et donc absorber des déformations centimétriques. L'usage de bandes élastomères résiste nettement mieux au vieillissement dû au soleil, aux pliages fréquents, aux frottements etc...

Pour la partie aval, actuellement munie de poutrelles de protection endommagées à cause de chutes de blocs et de pierre, la solution envisagée serait la mise en place d'un platelage au-dessus des poutrelles afin de conforter la zone et d'empêcher les blocs de pénétrer dans le canal.

Figure 29 : Fissuration secteur de l'Ibac

- Scénario 2 : Mise en place d'une buse dans le canal

Ce deuxième scénario serait la solution à adopter pour la pérennisation de l'ouvrage sur le long terme. Ce scénario permettrait de fermer totalement la zone à ciel ouvert entre l'aval du tunnel de la Roquette et l'entrée du tunnel de Darbousson.

Une falaise en poudingue est en surplomb de la zone en aval du tronçon en béton préfabriqué. De nombreuses chutes de blocs et de pierres sont notifiées. Cela rend donc la zone dangereuse et les interventions très risquées. De plus, le village de Saint Martin est en dessous de cette zone. En cas de rupture du canal, toute l'eau risque de s'écouler vers le village.



Figure 30 : Illustration pour la pose d'une buse, secteur Ibac

Les travaux consistent donc à mettre en place une buse DN 2000 à l'intérieur du canal existant entre le tunnel de la Roquette et la galerie en entrée du tunnel de Darbousson et remblayer ensuite le terrain autour. Une mission géotechnique type diagnostic G5 serait nécessaire avant les travaux afin de vérifier la capacité portante du sol. La réalisation de ces travaux nécessiterait la mise en chômage du canal. Les dimensions sont détaillées dans le schéma ci-dessous :

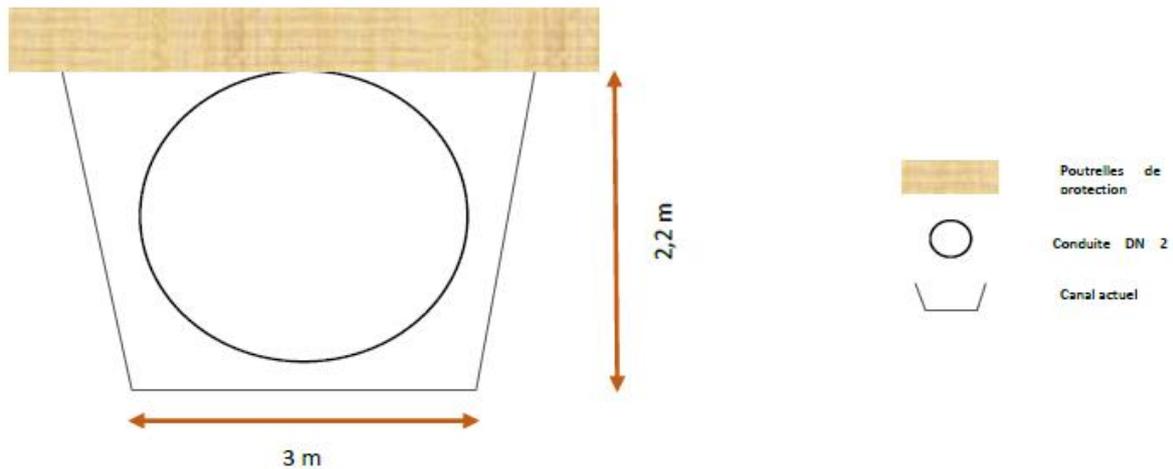


Figure 31 : Schéma explicatif pour la pose d'une buse, secteur de l'Ibac

- Réfection du liner d'étanchéité en aval du tunnel des Traverses
- › Auscultation des piles de ponts par drone
- › Construction de piste praticable jusqu'au canal

L'entreprise réalisera les plans d'exécution de l'ouvrage en tenant compte :

- Equilibre déblai/remblai
- Pente de l'accès : 15%
- Stabilité du talus amont par talutage 3H/2V
- Stabilité du talus aval rampe par confortement (type gabions)
- Protection du talus aval escalier par grillage

Terrassement de l'accès.

En considérant l'ensemble de la parcelle maîtrisée foncièrement, le terrassement comprendra :

- Défrichage de la zone (arbustes de diamètre inférieur à 50cm)
- La création de pise empierrée
- Le modelage du talus amont
- La purge et confortement du talus aval (gabions ou autre solution)

Lors de ces travaux, l'entreprise devra mettre en place des protections contre les chutes de bloc/terres dans le canal.

Des précautions particulières seront prises contre le risque de pollution accidentelle du canal du fait de la présence d'engin, par exemple avec la présence de sacs de sables en contrebas, l'équipement de chaque engin avec des kits antipollution

› Création d'une rampe d'accès véhicule

Ces travaux consistent en la modification du génie civil du canal par la création d'une rampe en béton armé comportant une pente de 3,5 mètres de large permettant l'accès dans l'ouvrage des engins de type Bobcat et Dumper.

Le titulaire devra proposer à Eau d'Azur un taux de déclivité de la pente envisagée en tenant compte de sa hauteur et de sa longueur. La mise en œuvre ne pourra être faite qu'après validation de ce taux par Eau d'Azur.

- › Création d'un chemin d'accès piéton
- › Evacuation de la benne de la rampe d'accès à Sainte Blaise
- › Remplacement et motorisation de vannes de décharge
- › Motorisation de vannes de décharge
- › Débouchage des vidanges du siphon de Sainte Blaise
- › Réhabilitation de la prise d'eau à Saint-Jean-la-Rivière

Réaménagement complet de la prise d'eau pour la sécuriser et limiter les embâcles.

Remplacement des vannes par des vannes motorisées

Réhabilitation du mur de soutènement en surplomb

- › Amélioration de la mesure permanente de débit

Mise en place d'un système de mesure en continue plus performant aux Châtaigniers

Mise en place de systèmes de mesure en continue en d'autres points clés du canal

- › Augmentation du débit du canal jusqu'à 4m³/s

Faisabilité d'augmenter le débit à la prise d'eau jusqu'à 4 m³/s pour optimiser l'utilisation de la turbine du Roguez

- › Gestion des vallons de déversement

Identification des vallons de déversement

Détermination des responsabilités en cas de déversement dans un vallon

Mise en sécurité des vallons en cas de déversement (alarme, etc.)

VII. CHIFFRAGE ESTIMATIFS DES TRAVAUX

Les travaux sont chiffrés sur la base des marchés à bons de commandes internes à Eau d'Azur et des accords-cadres en cours passés avec des entreprises externes. La définition et la nomination des travaux sont donc harmonisées avec celles inscrites dans les bordereaux de prix pour les travaux d'entretien et les travaux de complexité moyenne.

Les travaux complexes étant très particuliers, une étude de faisabilité est nécessaire avant de donner une première estimation budgétaire. Leur réalisation devra passer par des marchés spécifiques ou par le lancement d'un appel d'offre.

L'accès aux marchés internes de Eau d'Azur a permis de chiffrer les travaux et d'aider dans le pré-chiffrage des travaux spécifiques nécessitant une étude de faisabilité.

Cependant les marchés utilisés pour le chiffrage ont une durée limitée. Selon l'encyclopédie des marchés publics « La durée des accords-cadres est restreinte à quatre ans pour les pouvoirs adjudicateurs et huit ans pour les entités adjudicatrices, sauf dans des cas exceptionnels dûment justifiés ». Les estimations budgétaires des travaux peuvent donc évoluer selon l'année de leur exécution.

Egalement, le prix d'installation de chantier, de nécessité ou non d'hélicoptage varie énormément selon le linéaire du canal qui sera traité et sa localisation.

Le recensement des travaux et leur classification a été fait sous format Excel. Les travaux sont décrits pour chaque tronçon. Ensuite, les linéaires et surfaces de chaque type de travaux sont rassemblés par zone, puis sur le linéaire du canal afin d'avoir un estimatif de la quantité globale et donc le prix global à prévoir pour chacun.

VII.1 Travaux d'entretien

Les travaux d'entretien préconisés sont explicités dans le tableau ci-dessous. Les quantités regroupent toutes les zones du canal et le prix total représente l'estimation budgétaire pour la réalisation de chacun des travaux.

Tableau 38 : Devis estimatif des travaux d'entretien

| Description | Type de désordre | Unité | Prix unitaire euros HT | Quantité | Prix total euros HT |
|------------------------------|------------------|----------------|------------------------|----------|---------------------|
| Installation échelons | Accès | l'unité | 200 | 11 | 2 200,00 € |
| Remplacement crosse/ échelon | Accès | l'unité | 100 | 9 | 900,00 € |
| Débroussaillage | Végétation | m ² | 2 | 788 | 1 576,00 € |
| Remplacement petite vanne | Hydraulique | l'unité | 500 | 2 | 1 000,00 € |

Conclusion :

Le prix des travaux d'entretien s'élève à environ 5 700 euros HT. Ces travaux sont catégorisés et peuvent être réalisés par les équipes d'exploitation de Eau d'Azur, pendant les périodes de chômage du canal.

VII.2 Travaux de complexité moyenne

Les travaux de complexité moyenne s'inscrivent dans la logique d'amélioration de l'étanchéité de l'ouvrage et de la pérennité du génie civil du canal majoritairement. Afin d'illustrer les types de désordres et les solutions adéquates envisagées, l'analyse de trois tronçons est dans les parties suivantes.

Tronçons en ciel ouvert

Ce tronçon à ciel ouvert est situé entre deux tunnels, dans la zone de Pagari. Il fait 8m de long avec des voiles de hauteur 2m. Il présente de nombreux dégâts suite à des chutes de pierres et d'arbres. Le voile gauche est revêtu. Le voile droit en béton est détérioré suite aux impacts des pierres et arbres. De nombreux éclats de béton sont notifiés sur le haut du voile droit et au niveau des piédroits. Le revêtement se décolle sur 70% de la surface du voile.



La réhabilitation de ce tronçon nécessite le nettoyage et l'évacuation de pierre et de rochers dans le canal. Le brossage mécanique ensuite des parois du canal permettra d'enlever les mousses et concrétions qui se sont accumulés, l'objectif étant d'obtenir une vue nette des parois avant travaux. La réfection d'enduit de revêtement se fera en éliminant dans un premier temps le revêtement altéré. Ensuite, les zones de bétons dégradés seront repiquées et enfin une couche de mortier d'imperméabilisation de type liant hydraulique sera rajoutée. Il sera également prévu une reprise en béton des piédroits pour limiter les fuites d'eau, et des travaux de maçonnerie en haut du voile. Les travaux préconisés sont les suivants :

Tableau 39 : Devis estimatif des travaux de réhabilitation du ciel ouvert 24

| Travaux préconisés | Quantité | Prix Unitaires (euros HT) | Prix Total (euros HT) |
|---|-------------------|---------------------------|-----------------------|
| Débroussaillage/ Nettoyage du canal | Forfait | 1 150 | 115 |
| Brossage mécanique | Forfait | 800 | 80 |
| Ragréage | 12 m ² | 100 | 1200 |
| Réfection d'enduit d'imperméabilisation | 16 m ² | 100 | 1600 |
| Travaux de maçonneries | 8 m ³ | 800 | 6400 |

Tronçon en tunnel :

Le tunnel est situé dans la zone des Blocs. Dans ce secteur, le canal de la Vésubie est construit dans la roche. Le radier et les voiles du tunnel sont en béton armé, mais la voûte est encore en roche calcaire. Le voile en rive gauche est dégradé avec une lézarde horizontale (2m de long) et éclat de béton avec le décrochement de morceaux de béton sur plus de 60 % de la surface du voile.



A cause d'anciens mouvements de terrain, une fracture de la roche calcaire le long de la voûte est observable sur la figure ci-dessous :



Les travaux préconisés sont le ragréage des surfaces avec béton dégradé, et le traitement de la lézarde horizontale. Le ragréage se fait par la reconstitution du parement en béton pour les zones d'adhérence défectueuses. L'épaisseur moyenne des ragréages sera de 3 cm. Le ragréage sera réalisé par l'application d'un mortier de ragréage hydraulique. L'opération de traitement des fissures consiste à étancher les fissures. La lézarde sera donc élargie au disque sur une largeur de 3cm puis nettoyée et garnie par un produit conforme au béton d'origine.

Il sera préconisé une fermeture de la fracture de la voûte par projection de béton armé. Cela permettra de consolider la voûte et de minimiser les risques de décrochement de blocs calcaires.

Les travaux et leur chiffrage pour le cas du tunnel sont détaillés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 40 : Devis estimatif des travaux sur le tunnel des Blocs

| Travaux préconisés | Unité | Quantité | Prix Unitaires (euros HT) | Prix Total (euros HT) |
|--------------------------|----------------|----------|---------------------------|-----------------------|
| Ragréage | mètre carré | 29 | 100 | 2880 |
| Traitement des fissures | mètre linéaire | 4 | 15 | 60 |
| Projection de béton armé | mètre carré | 12 | 150 | 1800 |

Tronçon de type pont

Le pont de Pagari fait 39m de long. Les voiles et le radier sont en béton avec un revêtement d'imperméabilisation. Ce pont possède un échelon avec une crosse, et un garde-corps en fer uniquement sur la rive gauche (39m de long x 0.80m de haut). Les désordres notifiés sont au niveau des voiles. Il y a un décollement de revêtement sur le bas des voiles et des éclats de béton en haut des voiles. Les travaux seront donc un ragréage en haut des voiles sur la longueur du tronçon et une réfection d'enduit d'imperméabilisation sur 30% de la surface des voiles.

Un garde-corps devra également être installé sur la rive droite du canal.



Les travaux préconisés sont donc les suivants :

Tableau 41 : Devis estimatif des travaux du pont de l'Ibac

| Travaux préconisés | Quantité | Prix Unitaires (euros HT) | Prix Total (euros HT) |
|---|-------------------|---------------------------|-----------------------|
| Installation de garde-corps | 40 ml | 150 | 6000 |
| Ragréage | 78 m ² | 100 | 7800 |
| Réfection d'enduit d'imperméabilisation | 47 m ² | 100 | 4680 |

Devis estimatif global des travaux de complexité moyenne

L'analyse des tronçons présentés précédemment a donc permis d'estimer les types et les quantités de travaux sur chacun des 263 tronçons du canal. La répartition des quantités selon le type de travaux donne une première estimation budgétaire des travaux nécessaires à la réhabilitation du canal.

Tableau 42 : Devis estimatif des travaux de complexité moyenne

| TRAVAUX | Type | Unité | Prix unitaire (euros HT) | Quantité | Prix Total (euros HT) |
|--|-------------|-----------------------|--------------------------|----------|-----------------------|
| Installation de chantier | - | Forfait phase travaux | 3000 | | 0.00 € |
| Forfait de déplacement | - | Forfait | 200 | | 0.00 € |
| Brossage mécanique des parois du canal | GC | Forfait jour | 800 | | 0.00 € |
| Réfection enduit d'imperméabilisation | GC | Mètre carré | 100 | 3974 | 397 400 € |
| Ragrèages | GC | Mètre carré | 100 | 3184 | 318 400 € |
| Traitement fissures ponctuelles | GC | Mètre linéaire | 15 | 599 | 8 985.00 € |
| Projection de béton armé (fermeture lézarde voûte) | GC | Mètre carré | 150 | 113 | 17 010.00 € |
| Traitement venues d'eau | GC | L'unité | 500 | | 0.00 € |
| Traitement des armatures métalliques | GC | Mètre linéaire | 40 | 46 | 1 840.00 € |
| Travaux de maçonnerie | GC | Mètre cube | 800 | 20 | 16 000.00 € |
| Rejointement maçonnerie | GC | Mètre carré | 75 | 144 | 10 800.00 € |
| Curage | Hydraulique | Forfait jour | 1000 | 4 | 4 000.00 € |

Conclusion

Le prix global des travaux de complexité moyenne s'élève à près de 1.5 millions d'euros HT. Le budget annuel des travaux d'entretien du canal est de 100 000 euros par an. Ces travaux doivent être répartis sur 15 ans si l'enveloppe budgétaire reste la même.

La répartition des travaux par zone va permettre de simplifier ce phasage. Il sera en effet plus judicieux de réaliser tous les travaux nécessaires sur une même zone afin de réduire les coûts d'installation de chantier. Il est important de ne pas oublier que les prix indiqués n'incluent pas les forfaits d'installation de chantier, de dossiers de récolement et peuvent augmenter si le site est très difficile d'accès.

VII.3 Etudes et travaux spécifiques

Le troisième type de travaux concerne des travaux complexes, devant faire l'objet d'études complètes et d'un marché de travaux spécifique. Des études de faisabilités permettant d'avoir un pré-chiffage sont réalisées pour certains tronçons.

Création d'un radier

Construction d'un radier en béton armé :

Le coût de l'installation pour un mètre carré de radier est détaillé dans le tableau suivant.

Tableau 43 : Devis estimatif de la création d'un radier en béton armé

| Désignation | Unité | PU Euros HT | Quantité | PT Euros HT |
|--------------------------------------|----------------|----------------|----------|----------------|
| Béton de classe C25/30 | M ³ | 245 | 0.2 | 49 |
| Treillis soudé (2 nappes) | Kg | 3 | 16 | 48 |
| Revêtement d'imperméabilisation | M ² | 13 | 1 | 13 |
| Sous total travaux d'ensemble | | | | 110 |

Construction d'un radier en chape fibrée :

Le coût de l'installation pour un mètre carré de radier est détaillé dans le tableau suivant.

Tableau 44 : Devis estimatif création d'un radier en chape fibrée

| Désignation | Unité | PU Euros HT | Quantité | PT Euros HT |
|--------------------------------------|----------------|-------------------|----------|----------------|
| Béton de classe C25/30 | m ² | 50 | 1 | 50 |
| Revêtement d'imperméabilisation | m ² | 13 | 1 | 13 |
| Sous total travaux d'ensemble | | | | 63 |

Construction d'un radier en chape armée :

Le coût de l'installation pour un mètre carré de radier est détaillé dans le tableau suivant.

Tableau 45 : Devis estimatif création d'un radier en chape armée

| Désignation | unité | PU Euros HT | Quantité | PT Euros HT |
|--------------------------------------|----------------|----------------|----------|----------------|
| chape armée | m ² | 60 | 1 | 60 |
| Treillis soudée (1nappe) | kg | 3 | 1 | 3 |
| Revêtement d'imperméabilisation | m ² | 13 | 1 | 13 |
| Sous total travaux d'ensemble | | | | 76 |

Conclusion :

Le coût de création d'un radier reste dans le même ordre de grandeur quel que soit le matériau utilisé. Le choix se fera donc la nature du terrain et la volonté à conserver une pente uniforme. Le coût détaillé représente uniquement celui des matériaux.

Confortement des voiles

Tableau 46 : Devis estimatif construction de voiles

| Description | Unité | Prix unitaire euros HT | Quantité | Prix travaux HT | total euros |
|--------------------------------------|----------------|------------------------|----------|-----------------|-------------|
| Béton de classe C20/25 | m ³ | 207 | 0,2 | 41 | |
| Armatures | kg | 3 | 16 | 48 | |
| Travaux maçonnerie | m ² | 70 | 1 | 70 | |
| Point d'ancrage | ml | 100 | 1 | 100 | |
| Revêtement d'imperméabilisation | m ² | 13 | 1 | 13 | |
| Sous total travaux d'ensemble | | | | 272 | |

Poutrelles de protection**Réhabilitation des poutrelles :**

Le coût des travaux de réhabilitation est estimé dans le tableau ci-dessous pour une poutrelle :

Tableau 47 : Devis estimatif des travaux de réhabilitation des encoches et poutrelles

| Désignation | unité | PU Euros HT | Quantité | PT Euros HT |
|--------------------------------------|----------------|-------------|----------|-------------|
| Traitement des armatures métalliques | ml | 2,4 | 40 | 96 |
| Ragréage | m ² | 3 | 100 | 300 |
| Sous total travaux d'ensemble | | | | 396 |

Remplacement des poutrelles :

Le coût des travaux est estimé pour l'installation d'une poutrelle.

Tableau 48 : Devis estimatif des travaux de remplacement des poutrelles

| Désignation | Unité | Quantité | PU euros HT | PT Euros HT |
|---|--------------|----------|-------------|---------------|
| Dépose poutrelles en béton | | | | |
| Mise en place de platelage | Jour | 0.5 | 250 | 125 |
| Sciage des poutrelles endommagées | Jour | 0.5 | 250 | 125 |
| Evacuation des débris | | | | |
| Replis du matériel | | | | |
| Réhabilitation des encoches | | | | |
| Brossage mécanique | Forfait jour | 0.2 | 800 | 160 |
| Ragréage | Mètre carré | 0.1 | 70 | 6 |
| Installation poutrelles en béton | | | | |
| Béton de classe C25/30 | Mètre cube | 0.3 | 381 | 114 |
| Armatures | Kilogramme | 45 | 4.5 | 203 |
| Hélicoptage | Minute | 15 | 58 | 870 |
| TOTAL DES TRAVAUX DE REHABILITATION DES POUTRELLES | | | | 1602 € |

Réhabilitation du tronçon de l'Ibac**Scénario 1 : Traitement des fissures et confortement des poutrelles de protection**

Le coût des travaux de réhabilitation est détaillé ci-dessous :

Tableau 49 : Devis estimatif du scénario 1 de la réhabilitation du tronçon de l'Ibac

| Désignation | Unité | Quantité | Prix unitaire (HT) | Montant (HT) |
|---|----------------|----------|--------------------|---------------|
| INSTALLATION DE CHANTIER | | | | |
| Installation et repli du matériel de chantier | Forfait | 1 | 10 000 | 10 000 |
| SOUS-TOTAL INSTALLATION DE CHANTIER | | | | 10 000 |
| INSTRUMENTATION ET INVESTIGATION COMPLEMENTAIRES | | | | |
| Etudes d'exécution | Forfait | 1 | 5 000 | 5 000 |
| SOUS-TOTAL INSTRUMENTATION ET INVESTIGATION COMPLEMENTAIRES | | | | 5 000 |
| TRAVAUX D'ENSEMBLE | | | | |
| Préparation des lézardes et fissures y compris réparation des fissures existantes | ml | 20 | 50 | 1000 |
| Traitement des fissures par injection de mortier de réparation | ml | 20 | 150 | 3000 |
| Pontage des fissures avec bande type Hypalon | ml | 20 | 320 | 6400 |
| Remplissage des vides entre poutrelles de protection | m ³ | 15 | 207 | 3105 |
| Nettoyage du canal après travaux | Forfait | 1 | 2 000 | 2 000 |
| Contrôles et essais internes et externes | Forfait | 1 | 5 000 | 5 000 |
| SOUS-TOTAL TRAVAUX D'ENSEMBLE | | | | 20 505 |
| CONTROLE, ESSAIS ET RECOLEMENT | | | | |
| Dossier de récolement | Forfait | 1 | 5 000 | 5 000 |
| SOUS-TOTAL CONTROLES, ESSAIS ET RECOLEMENT | | | | 5 000 |
| MONTANT TOTAL (HT) | | | | 40 505 |
| Aléas | | | 15% | 6 075 |
| MONTANT TOTAL (HT) | | | | 46 581 |

Scénario 2 : Mise en place d'une buse dans le canal

Le coût de l'étude et des travaux de cette solution sont détaillés ci-dessous :

Tableau 50 : Devis estimatif du scénario 2 de la réhabilitation du tronçon de l'Ibac

| Désignation | Unité | Quantité | Prix unitaire (HT) | Montant (HT) |
|--|----------------|----------|--------------------|----------------|
| INSTALLATION DE CHANTIER | | | | |
| Installation et repli du matériel de chantier | Forfait | 1 | 10 000 | 10 000 |
| SOUS-TOTAL INSTALLATION DE CHANTIER | | | | 10 000 |
| INSTRUMENTATION ET INVESTIGATION COMPLEMENTAIRES | | | | |
| Etudes d'exécution | Forfait | 1 | 5 000 | 5 000 |
| Etude géotechnique | Forfait | 1 | 25 000 | 25 000 |
| SOUS-TOTAL INSTRUMENTATION ET INVESTIGATION COMPLEMENTAIRES | | | | 30 000 |
| TRAVAUX D'ENSEMBLE | | | | |
| Héliportage | min | 1 000 | 70 | 70 000 |
| Fourniture et pose de la buse DN 2 000 | ml | 90 | 430 | 38 700 |
| Fourniture et pose d'une tête de buse | unité | 2 | 4 000 | 8 000 |
| Remblaiement dans le canal | m ³ | 180 | 100 | 18 000 |
| Nettoyage du canal après travaux | Forfait | 1 | 2 000 | 2 000 |
| Contrôles et essais internes et externes | forfait | 1 | 5 000 | 5 000 |
| SOUS-TOTAL TRAVAUX D'ENSEMBLE | | | | 141 700 |
| CONTROLES, ESSAIS ET RECOLEMENT | | | | |
| Dossier de récolement | Forfait | 1 | 5 000 | 5 000 |

| | | |
|--|------------|----------------|
| SOUS-TOTAL CONTROLES, ESSAIS ET RECOLEMENT | | 5 000 |
| MONTANT TOTAL (HT) | | 186 700 |
| Aléas | 15% | 28 005 |
| MONTANT TOTAL (HT) | | 214 705 |

Comparaison des deux scenarios :

| | Scénario 1 | Scénario 2 |
|-------------------------|---|---|
| Cout des travaux | 47 000 euros | 220 000 euros |
| Avantages | - Coût - Garantie décennale toujours valide pour le tronçon en béton préfabriqué : Possibilité de facturation des travaux à l'entreprise | - Pérennité du tronçon sur le long terme - Elimination de tout risque d'obstruction du canal |
| Inconvénients | - Risque d'obstruction du canal si chute d'un gros bloc de la falaise | - Emprise au sol peut être insuffisante - Création d'un accès pour l'amenée du matériel |

Estimation des coûts de réhabilitation dans la zone de Duranus

Tableau 51 : Estimation des coûts de réhabilitation dans la zone de Duranus

| Travaux zone duranus | | | | | |
|--|--------------------|-------------|------|--------------------|--|
| Travaux envisagés | Unité | Quantité | PU | PT | |
| Réfection enduit d'imperméabilisation | | | | | |
| Brossage mécanique | forfait jour | 1 | 800 | 800 | |
| couche mortier imperméabilisation | mètre carré | | 100 | | |
| | CO 24 | 12 | | 2400 | |
| | CO 26 | 19,5 | | 3900 | |
| | CO 28 | 87 | | 17400 | |
| | CO 30 | 7,5 | | 1500 | |
| | CO 32 | 31,5 | | 6300 | |
| | CO 34 | 5,625 | | 1125 | |
| | Tunnel 39 | 52,5 | | 5250 | |
| Sous total | | 216 | | 38675 | |
| Ragréages | | | | | |
| | metre carré | | 100 | | |
| | CO 24 | 8 | | 1600 | |
| | CO 26 | 13 | | 2600 | |
| | CO 28 | 58 | | 11600 | |
| | CO 30 | 5 | | 1000 | |
| | CO 32 | 21 | | 4200 | |
| | CO 34 | 3,75 | | 750 | |
| Sous total | | 109 | | 21750 | |
| Traitement de fissures ponctuels | | | | | |
| | ml | | 15 | | |
| | Galerie vallon 40 | 3,3 | | 50 | |
| | CO 47 | 8 | | 120 | |
| Sous total | | 11,3 | | 170 | |
| Evacuation des rochers | forfait jour | 1 | 1150 | 1150 | |
| Curage | forfait jour | 1 | 1000 | 1000 | |
| Installation garde corps | RD pont de Duranus | 16,4 | 150 | 2460 | |
| Total | | | | 64 054,50 € | |

Estimation des coûts de réhabilitation sur la zone de l'Ibac

Tableau 52 : Estimation des coûts de réhabilitation sur la zone de l'Ibac

| Travaux zone de l'Ibac | | | | | |
|--|--|---------------------|-----|------------|-----------------|
| Travaux envisagés | | Unité | PU | dimensions | PT |
| Traitement des fissures ponctuelles | | ml | 15 | | |
| | <i>Tunnel 172</i> | | | 57,9 | 869 |
| | <i>Galerie 173</i> | | | 20 | 300 |
| | <i>CO 174</i> | | | 12 | 180 |
| | | | | 90 | |
| Sous total | | | | | 869 |
| Réfection d'enduit d'imperméabilisation | | | | | |
| | <i>Brossage mécanique</i> | <i>forfait jour</i> | 800 | 1 | 800 |
| | <i>couche mortier imperméabilisation</i> | <i>mètre carré</i> | 100 | | |
| | <i>Pont de l'Ibac (n°163)</i> | | | 81,9 | 8190 |
| | <i>CO 170</i> | | | 69 | 6900 |
| | | | | 151 | |
| Sous total | | | | | 15890 |
| Ragréages | | metre carré | 100 | | |
| | <i>CO 170</i> | | | 69 | 6900 |
| | | | | 69 | |
| Sous total | | | | | 6900 |
| Installation garde corps | <i>Pont de l'Ibac</i> | mètre linéaire | 150 | 27 | 4101 |
| Total | | | | | 27 760 € |

nomenclature IQOA. Les travaux de réhabilitation et d'exploitation en découlant seront ajustés dans le programme pluriannuel car leur priorisation et leur chiffrage dépendent du résultat de ces diagnostics.

La réalisation de travaux préventifs et curatifs sur le canal de la Vésubie, afin d'en garantir la sécurité et la pérennité dans le temps représente un investissement de xxx euros, génère la mobilisation de personnels internes à Eau d'Azur ainsi que de prestataires extérieurs. La complexité de la réalisation de ces travaux de réhabilitation réside dans leur coordination afin de préserver une continuité de service, notamment pour les travaux complexes nécessitant la rédaction d'un marché spécifique.

IX. CONCLUSION

« La gestion patrimoniale est une approche à long terme qui tient compte de l'état du patrimoine tout au long de son cycle de vie dans le but d'assurer le niveau de performance requis avec un facteur risque donné, le tout dans un contexte économique contraint. »

Rappelons cette définition de la gestion patrimoniale issue du guide et protocole de l'Onema « Gestion patrimoniale des réseaux d'eau potable » de mai 2013.

Dans le cadre de la bonne gestion patrimoniale de ses ouvrages, Eau d'Azur se doit de connaître et suivre l'état du canal de la Vésubie, ouvrage stratégique de l'approvisionnement en eau potable. Cette connaissance doit permettre d'optimiser les investissements en termes d'études et de travaux, pour garantir l'approvisionnement en eau tant sur le plan qualitatif que quantitatif.

Ainsi, le diagnostic du canal de la Vésubie permet de connaître l'état des ouvrages le constituant en vue de sécuriser la desserte en eau et d'en résorber ses pertes en eau.

Les premières phases du diagnostic du canal de la Vésubie, et particulièrement les inspections visuelles de 2018 sur 20km du canal, ont effectivement permis d'établir un « état 0 » de l'ouvrage en évaluant l'état de différents critères. A partir de cet état de référence, Eau d'Azur a une première idée de l'état global du canal et connaît ses défauts majeurs et ainsi les tronçons les plus fuyards.

La hiérarchisation de l'état des différents tronçons du canal, réalisée grâce au diagnostic et aux critères de notation, permet d'orienter et de prioriser de manière objective les travaux de réhabilitation et d'exploitation nécessaires à la préservation de la ressource.

Les résultats de ce diagnostic et le suivi des travaux peuvent être partagés avec toutes les parties prenantes notamment grâce à l'archivage et à la gestion de la donnée dans le système d'information géographique (SIG).

X. ANNEXE

X.1 Annexe 1 : Historique des désordres survenus sur le canal

1890 : Les premiers désordres de génie civil sont apparus au niveau du pont canal de Roche Abeil avec notamment l'observation de fuites et un décollement du mur en rive droite de la culée en aval causé par une géologie très défavorable (présence de gypse) et une topographie très marquée.

1894-1898 : À la suite de ces désordres, des renforcements au niveau du pont de Roche Abeil ont été mis en place.

1930 : Le pont canal de Roche Abeil qui était à l'origine un aqueduc en pierres a été remplacé par une bache métallique plus légère pour pallier à l'instabilité du sous-sol (argile et gypse sur d'importantes épaisseurs). Cette bache métallique n'ayant pas la capacité suffisante pour faire transiter l'ensemble du débit du canal, trois conduites en acier DN 900 de faible épaisseur (3mm) ont été posées en siphon sur des madriers en bois à côté du pont. 3^{ème} file en arrêt car fuite

1960 : Une buse en PVC a été placée à l'intérieur du pont de Roche Abeil et la passerelle a été couverte

Avril 1963 : Au-dessus de la commune de Plan du Var, un éboulement rocheux s'est produit (décrochement d'une masse rocheuse de 200 tonnes) entraînant la rupture du canal ainsi qu'une coulée d'eau et la destruction de bâtiments en contrebas, causant la mort de trois personnes.

Septembre 1981 : Un ensemble de 12 éboulements successifs ont eu lieu sur la commune de Castagniers provoquant l'encombrement du canal.

1985 : Au niveau de Plan du Var, une mesure de niveau (piézomètre, à l'aval du tunnel de Barra Roussa) et une vanne de bief électrique télécommandable à distance sont installées. L'ensemble du dispositif est retransmis sur le poste central de supervision de l'usine de Super Rimiez par liaison téléphonique

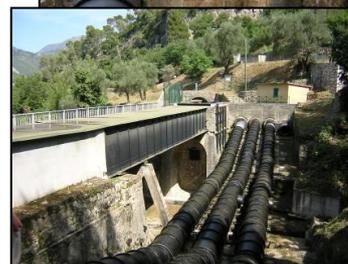
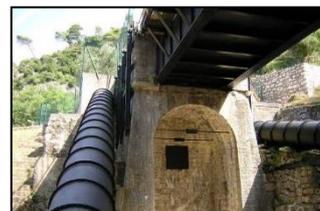
20 Aout 1987 : éboulement provoqué par des précipitations exceptionnelles et localisées, entraînant l'obstruction totale puis le débordement du canal avec déversement de l'eau dans la vallée jusqu'à la RN 202 coulée de boue). La vanne motorisée de Barra Roussa commandable à distance est inopérante car le secteur subit une coupure EDF au même moment. A la suite de cette défaillance, la CGE installe en 1988 une vanne équipée d'un vérin actionné par une centrale hydraulique disposant d'une réserve oléopneumatique permettant quatre manœuvres d'ouverture-fermeture même en cas de coupure d'électricité.

Octobre 1987 : Diverses modification du canal ont été effectuées : mise en souterrain de la partie entre l'usine de Super Rimiez et la cascade de Gairaut (2.5km), mise en place et couverture du secours du Roguez (1.6km) et travaux de confortement en amont du secours du Roguez avec la mise en service du dessableur, la couverture du canal au niveau de Plan du Var.

Septembre 1992 : Eboulement dans la vallée de la Vésubie sur les communes de Duranus et de Levens

Janvier 1996 : Glissement de terrain et rupture du canal à Roche Abeil sur 60m (reconstruction du canal, création d'un mur de protection et pose d'un liner)

1990 : Afin de protéger le canal des fréquents éboulements rocheux au niveau de Plan du Var, des dalles en béton de 5.50m de long ont été placées sur le canal.



1996 : Plan du Var : la zone la plus critique du canal en aval du tunnel de Barra Roussa est équipée de poutres transversales en béton armé de section 40cm (hauteur) * 20cm (largeur) espacées de 42 cm sur une distance d'environ 70m afin de diminuer le risque de rupture de la partie extérieure du canal et/ou l'obstruction du canal par des chutes de bloc.

Novembre 2000 : Un ensemble de cinq éboulements accompagnés d'un glissement de terrain a entraîné une rupture du canal sur 15mm de long. À la suite de cette rupture, une buse DN 1500mm a été mise en place provisoirement limitant le débit du canal à 2500 l/s.



Avril 2005 : Une cavité en amont du pont canal de Roche Abeil a été découverte avec une infiltration des eaux du vallon à travers celle-ci sans résurgence à l'aval.



Septembre 2005 : La 4^{ème} file du siphon de Saint Blaise a cédé. Cette casse a nécessité la mise en service immédiate du secours du Roguez.



Septembre 2005 : Des mouvements de terrain au niveau de l'usine de Polonia ont été observés avec l'apparition de fissures et de fuites sur les décanteurs et les filtres. Suite à cela, des cibles ont été mises en place afin de suivre l'évolution des mouvements de terrain et des essais aux pénétromètres dynamiques ont été réalisés. Des mouvements de terrain au niveau de l'usine de Polonia ont été observés avec l'apparition de fissures et de fuites sur les décanteurs et les filtres. Suite à cela, des cibles ont été mises en place afin de suivre l'évolution des mouvements de terrain et des essais aux pénétromètres dynamiques ont été réalisés.

Mars 2006 : Une partie de la rive droite au droit de l'usine de Polonia s'est effondrée (cavité d'une profondeur de 7m et d'un volume de 500m³).



2002-2006 : Affouillement par érosion régressive des enrochements qui protègent le dessableur de la prise d'eau de Saint-Jean la Rivière.

2011 : Remplacement des bâches métalliques sur le secteur de l'Ibac par des plaques en béton préfabriquées.

2017-2018 : Suppression du pont canal de Roche Abeil avec mis en place de deux files en siphon et travaux de réhabilitation et confortement du tunnel de La Roquette. Le tunnel de la Roquette sur Var, d'une longueur de 553m, construit en 1882, se trouve dans un état très dégradé et présente d'importants désordres résultant de dissolution de gypse dans son terrain de fondation. Sa réhabilitation et son confortement ont consisté à réaliser les principaux travaux suivants :

- démolition du radier et pose d'un tuyau de by-pass Dn600 en tranchée
- renforcement et couvage du tunnel par une structure additionnelle en béton armé
- réalisation d'injections de collage et de remplissage
- réfection complète de l'entrée du tunnel

2 octobre 2020, la tempête Alex :



Suite à la tempête Alex, les modalités de restitution du débit réservé ont changées (notamment leur localisation). Il reste identique au précédent en volume.

X.2 Annexe 2 : Numérotation des tronçons

X.3 Annexe 3 : Détail de la notation de chaque tronçon

X.4 Annexe 4 : Classement final des tronçons

X.6 Annexe 6 : Liste des couches du SIG, spécifiques au canal

X.6.1 Les cinq couches

Liste des couches  

Couches  

- Canal_Vesubie 
- ▶ Vésubie 
- Canal de la Vésubie 
- ▶ Désordre observé 
- ▶ Equipement 
- ▶ Annexe 
- ▶ Section 
- ▶ Localisation plan détail / récolement 

Couche des désordres observés :

▼ Désordre observé ...

▼ Génie civil ...

- fuite
- corrosion
- décollement revêtement
- epauchement calcite
- epaufrures/éclats
- fissures
- lézardes
- radier irrégulier
- suintement
- érosion poudingue

▼ Hydraulique ...

- fuite
- dépôt
- eau stagnante
- infiltration

- ▼ Sécurité ...
 - chute de hauteur
 - glissade
- ▼ Sureté ...
 - 1
 - 2
 - 3
- ▼ Végétation ...
 - arbre
 - mousse
 - racine
 - végétation abondante
- ▼ Accessibilité ...
 - Accès
 - Accès piéton
 - Accès site
 - Accès véhicule
- ▼ Géotechnique ...
 - chute blocs
 - chute poudingue
 - fontis gibs
 - glissement de terrain

Couche équipement :

- ▾ Equipement ...
 - Ouvrage hydraulique ...
 - Protection de l'ouvrage ...
 - Sécurité ...
 - Sûreté ...
 - Accès aux abords du canal ...
 - Accessibilité dans le canal ...
 - Contrôle ...
 - Ouvrage GC ...

Sous couche Ouvrage hydraulique :

- ▼ Ouvrage hydraulique ...
 - ▼ Dégrilleur ...
 - ▲ Manuel
 - ▲ Automatique
 - ▼ Vanne ...
 - ▲ vanne de bief
 - ▲ vanne de purge bache
 - ▲ vanne décharge prise d'eau
 - ▲ vanne vidange G
 - ▲ vanne vidange P
 - ▲ vanne à opercule/papillon
 - ▼ Prise d'eau ...
 - ▲ Alimentation canal
 - ▲ Alimentation usine
 - ▲ Turbine
 - ▼ Déversoir ...
 - ▲ 1 lame
 - ▲ 3 étages
 - ▲ Siphons
 - ▼ Batardeau ...
 - ▲

Sous couche protection de l'ouvrage :

- ▼ Protection de l'ouvrage ...
 - ▲ dalles béton
 - ▲ filet anti chute
 - ▲ grillage
 - ▲ mur soutènement
 - ▲ poutrelles béton

Sous couche sécurité :

▼ Sécurité ...

▲ garde corps

▲ muret

Sous couche sûreté :

▼ Sûreté ...

▲ caméra

▲ cloture

▲ panneaux danger

▲ portail

Sous couche accès aux abords du canal :

▼ Accès aux abords du canal ...

▼ Site ...

▲ Chemin

▲ Escalier

▲ Fenetre

▲ Regard

▲ Route

Sous couche accessibilité dans le canal :

▼ Accessibilité dans le canal ...

▼ Véhicule rampe ...

▲

▼ Piéton ...

▲ Echelon

▲ Passerelle

Couche annexe

- Annexe ...
- Borne
- Caniveau
- Dalle Béton
- Echelon
- Fenêtre
- Muret
- Poutrelle
- Protection
- Rambarde
- Rampe d'accès véhicule
- Regle
- Vanne

Couche section

- Section ...
- Autre
- Ciel ouvert
- Conduite
- Galerie
- Passerelle
- Pont
- Siphon
- Tunnel

Couche localisation plan détail / récolement :

- Localisation plan détail / récolement ...
-

X.6.2 Table attributaire d'un tronçon

Exemple de la table attributaire du tronçon n°116 :

Section: Ciel ouvert - arrivée chemin d'accès

FACILITYID 116CVS075

Nom Ciel ouvert - arrivée chemin d'accès

Commentaires

Diamètre

Communes

Inclus dans

Date d'installation

Précision

Longueur

Visite

OWNEDBY

MAINTBY

Photo

Précision locale

Type Ciel ouvert

FACILITYID 116CVS075

MATRADIER Béton

MATANGVOILGAU Béton

MATANGVOILDROI Béton

MATVOUTE

FACILITYID 116CVS075

FORMESECTION Trapèze

LONGSECTION 52,10

LARGSECTION

HAUTSECTION

ANGVOILSECTION

X.7 Annexe 7 : Phasage prévisionnel des travaux de réhabilitation