



DREAL Bretagne

BARRAGE DE PONT ROLLAND



ETUDE DE DANGERS

Mars 2015

Version 1.1

Résumé

Le barrage de Pont Rolland, mis en eau en 1935, est situé sur les communes de Hillion et de Morieux, dans le département des Côtes d'Armor (22). Cet ouvrage, destiné à l'alimentation en eau d'une centrale hydroélectrique, actuellement à l'arrêt est la propriété de l'Etat. Dans l'attente d'un éventuel repreneur de l'aménagement hydroélectrique, l'Etat a mandaté Electricité de France pour l'exploitation et la surveillance de l'ouvrage. Ce dernier assurait de 1948 à 2014 la production hydroélectrique.

L'aménagement hydroélectrique comporte (1) un barrage voûte à crête déversante et en surverse permanente actuellement, une vidange de fond, une vidange de demi-fond (vanne de secours) et les constituants pour l'hydroélectricité : organes de prise d'eau, avec vanne de tête, organes d'amenée, cheminée d'équilibre, vannes de pied et la centrale hydroélectrique à l'aval du barrage.

L'étude de dangers expose et analyse les risques que présente le barrage de Pont Rolland pour la sécurité publique, directement ou indirectement, en cas d'accident que la cause soit externe ou interne à l'ouvrage. Cette analyse des risques s'appuie sur des données d'entrée permettant de coter les situations dangereuses et d'identifier les scénarios d'accidents pouvant impacter la sécurité publique. L'objectif final est de proposer une démarche de réduction des risques pour les scénarios impactant.

1.1	20/03/2015	Nicolas MICHON	Johan JANTZEN		
1.0	03/03/2015	Johan JANTZEN	Nicolas MICHON		
<i>Version Indice</i>	<i>Date</i>	<i>Etabli par</i>	<i>Vérifié par</i>	<i>Nbre pages</i>	<i>Observations</i>
Réf. projet : GVA-1685-1210		Référence et nom document : Version 1.1 EDD_2015_Pont-Rolland_v1.1.docx			


GEOS INGENIEURS CONSEILS SA

GENEVE :

Tél. : +41 (0) 22 309 30 60 – Fax : +41 (0) 22 309 30 70 – E-mail :
geos@geos.ch

Adresse géographique :

1, Route de l'Aéroport – CH-1217 MEYRIN

Adresse postale :

1, Route de l'Aéroport – CP 331 - CH-1215 GENEVE 15 - Aéroport



TABLE DES MATIERES

	Page
0 RÉSUMÉ NON TECHNIQUE DE L'ÉTUDE DE DANGERS	1
0.1 L'OUVRAGE ET SON ENVIRONNEMENT	1
0.1.1 Présentation générale	2
0.1.2 Les organes de sécurité	3
0.1.3 Exposition du barrage aux aléas naturels	3
0.1.4 Stabilité du barrage	4
0.2 EXPLOITATION ET GESTION DE L'OUVRAGE	4
0.3 MÉTHODE D'ANALYSE DES RISQUES	5
0.4 LES ÉVÉNEMENTS REDOUTÉS CENTRAUX ET PHÉNOMÈNES DANGEREUX	5
0.4.1 Présentation des ERC	6
0.5 SYNTHÈSE DE L'ANALYSE DE RISQUES	8
0.6 MESURES DE RÉDUCTION DES RISQUES	9
0.7 CARTOGRAPHIE DE L'ONDE DE SUBMERSION	10
1 RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS	11
2 OBJET DE L'ÉTUDE	13
2.1 RÉFÉRENCES RÉGLEMENTAIRES	13
2.2 AUTRES DÉMARCHES RÉGLEMENTAIRES	13
2.3 PÉRIMÈTRE DE L'OUVRAGE ET ZONE D'ÉTUDE	14
2.3.1 Périmètre de l'ouvrage	14
2.3.2 Zone d'étude	15
3 ANALYSE FONCTIONNELLE DES OUVRAGES ET DE LEUR ENVIRONNEMENT	17
3.1 PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU BARRAGE	17
3.1.1 Présentation du fonctionnement général de l'ouvrage	17
3.1.2 Présentation du barrage	18
3.1.3 Utilisations du barrage	19
3.2 CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES	20
3.3 HISTORIQUE DU BARRAGE DE PONT ROLLAND	21
3.4 LE BARRAGE ET SA FONDATION	22
3.4.1 Le barrage de Pont Rolland : l'un des premiers barrages voûtes en France	22
3.4.2 Construction du barrage	22
3.4.3 Voûte du barrage	24
3.4.4 Joints de contraction	27
3.4.5 Géologie	28
3.4.6 Dispositif d'étanchéité	31
3.4.7 Conclusion sur la géologie du site	32
3.4.8 Dispositif de drainage	32
3.4.9 Aménagement à l'aval du barrage	32
3.4.10 Abords et accès au barrage	33
3.5 RETENUE	34
3.6 ORGANES D'ÉVACUATION ET DE VIDANGE	36
3.6.1 Évacuateur de crues	36
3.6.2 Vidange de fond	37

3.6.3	Vidange de demi-fond (appelée également vidange de secours)	40
3.6.4	Source d'énergie	42
3.6.5	Automatisme de surveillance du barrage	42
3.6.6	Automatisme de commande des organes de sécurité	42
3.6.7	Réseau de télécommunications pour l'exploitation et la sûreté du barrage	42
3.7	EXPLOITATION ET MAINTENANCE DE L'OUVRAGE	46
3.7.1	Présentation des dispositifs d'auscultation	46
3.7.2	Fréquence des inspections visuelles, des mesures d'auscultation et des essais des organes de sécurité fixées par les Annexes de l'arrêté en date du 26 juin 2014	48
3.7.3	Pratique actuelle	49
3.8	DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'OUVRAGE	50
3.8.1	Equipements de l'usine	50
3.8.2	A l'amont de la retenue (Bassin versant)	52
3.8.3	Barrage des Ponts-Neufs	56
3.8.4	Autour de la retenue	57
3.8.5	À l'aval de la retenue	58
3.9	ANALYSE FONCTIONNELLE DE L'OUVRAGE	61
3.9.1	Analyse fonctionnelle externe	61
3.9.2	Analyse fonctionnelle interne	61
4	POLITIQUE DE PRÉVENTION DES ACCIDENTS MAJEURS ET SYSTÈME DE GESTION DE LA SÉCURITÉ	65
4.1	GESTION DE LA SÉCURITÉ	66
4.2	ORGANISATION DE LA SÉCURITÉ	67
4.2.1	Responsabilités	67
4.2.2	Comités et instances de Sûreté Hydraulique	68
4.3	CONTRÔLE	68
4.4	DÉCLINAISON OPÉRATIONNELLE DES PRINCIPALES PROCEDURES	69
4.4.1	Barrières de prévention	69
4.4.2	Barrières de protection	72
4.5	OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES	73
4.6	INFORMATION PRÉVENTION DE LA POPULATION SUR LES RISQUES	77
5	IDENTIFICATION ET CARACTÉRISATION DES POTENTIELS DE DANGERS	78
6	CARACTÉRISATION DES ALÉAS NATURELS	80
6.1	HYDROLOGIE	80
6.1.1	Recommandations du CFBR	83
6.1.2	Définition des cotes	83
6.1.3	Crues de dimensionnement	84
6.2	TEMPÉRATURES	85
6.3	SÉISME	86
6.4	VENT	88
6.4.1	Fetch	88
6.4.2	Vent de projet	89
6.5	GEL	93
6.6	NEIGE	94
6.7	FOUDRE	95

6.8	FEUX DE FORÊT	95
6.9	MOUVEMENTS DE TERRAIN ET STABILITÉ DES VERSANTS DE LA RETENUE	96
6.10	ENVASEMENT.....	97
6.11	ALÉA MARITIME.....	98
6.12	RÉCAPITULATIF	98
7	ETUDE ACCIDENTOLOGIQUE ET RETOUR D'EXPÉRIENCE.....	99
7.1	ANALYSE DES ÉVÈNEMENTS DE MÊME NATURE AYANT CONCERNE D'AUTRES OUVRAGES.....	99
7.1.1	Présentation de la démarche	99
7.1.2	Accidents les plus graves recensés.....	100
7.1.3	Analyse des ruptures	101
7.1.4	Analyse des causes de ruptures concernant les barrages les barrages vo	102
7.2	PATHOLOGIES DES BARRAGES VOÛTES.....	106
7.2.1	Dégradation des parements et des structures en crête	106
7.2.2	Gonflement des bétons.....	106
7.2.3	Résistance insuffisante du corps du barrage	107
7.2.4	Fissurations en aval du barrage au niveau des rives	108
7.2.5	Affaiblissement des culées	108
7.2.6	Déstabilisation des appuis rocheux.....	108
7.3	VULNÉRABILITÉ AU SÉISME.....	109
7.4	EVÈNEMENTS SURVENUS SUR LE BARRAGE ÉTUDIÉ	110
7.4.1	Voûte du barrage.....	110
7.4.2	Comportement ausculté de l'ouvrage	112
7.4.3	Organes hydrauliques	115
7.4.4	Dispositifs de surveillance, alarmes, transmission des données	117
7.4.5	Protection publique, vandalisme.....	117
7.4.6	Exploitation.....	117
7.5	SYNTHÈSE	118
8	IDENTIFICATION ET CARACTÉRISATION DES RISQUES	119
8.1	MÉTHODOLOGIE DE L'ANALYSE DES RISQUES	119
8.1.1	Principes de la démarche.....	119
8.1.2	Analyse Préliminaire des Risques (APR) : identification des ERC	119
8.1.3	Formalisme utilisé.....	120
8.1.4	Modalités de mise en œuvre de l'Analyse Préliminaire des Risques	121
8.1.5	Analyse Détaillée des Risques (ADR) : cotation des ERC	121
8.1.6	Cotation des situations dangereuses	123
8.2	IDENTIFICATION DES RISQUES INTRINSÈQUES.....	125
8.2.1	Barrage de Pont Rolland.....	125
8.2.2	Parapets de l'ouvrage.....	126
8.2.3	Vidange de fond	126
8.2.4	Vidange de demi-fond	126
8.3	IDENTIFICATION DES ÉVÈNEMENTS REDOUTÉS CENTRAUX (ERC)	127
8.4	ANALYSE DES CONSÉQUENCES DES ERC.....	127
8.4.1	Analyse des conséquences de l'ERC 1 (rupture du barrage).....	127
8.4.2	Analyse des conséquences de l'ERC 2 (vidange de fond)	128
8.4.3	Analyse des conséquences de l'ERC 3 (vidange de demi-fond)	128

8.5	COTATION DES ÉVÈNEMENTS REDOUTÉS CENTRAUX (ERC)	129
8.5.1	ERC 1 : Événement Redouté Central 1 (barrage)	129
8.5.2	ERC 2 : Événement Redouté Central 2 (vidange de fond)	134
8.5.3	ERC 3 : Événement Redouté Central 3	137
8.6	SYNTHÈSE DE L'ANALYSE DES RISQUES - CRITICITÉ	140
9	ETUDE DE REDUCTION DES RISQUES.....	141
9.1	PRINCIPE DE LA DÉMARCHÉ	141
9.2	RÉDUCTION DE LA CRITICITÉ DE LA RUPTURE DE L'OUVRAGE	141
9.3	RECOMMANDATIONS COMPLÉMENTAIRES	142
10	CARTOGRAPHIE	143
10.1	PRÉAMBULE	143
10.2	MÉTHODOLOGIE.....	143
10.3	RÉSULTATS	144
10.3.1	Situation de Basse Mer.....	144
10.3.2	Situation de Pleine Mer	144
10.4	IMPACTS À L'AVAL	145
10.4.1	Situation de Basse Mer.....	145
10.4.2	Situation de Pleine Mer	145
10.4.3	Conclusion sur les impacts à l'aval.....	146
	ANNEXE : SYSTEME DE GESTION DE LA SURETE PROPRE À EDF	153

ANNEXES

<i>Annexe A :</i>	<i>Plans et coupes</i>
<i>Annexe B :</i>	<i>Système de gestion de la sécurité propre à EDF</i>
<i>Annexe C :</i>	<i>Analyse préliminaire des risques</i>
<i>Annexe D :</i>	<i>Nœuds papillons</i>
<i>Annexe E :</i>	<i>Echelle MSK</i>
<i>Annexe F :</i>	<i>Arrêté de réquisition d'EDF et ses annexes</i>

FIGURES

Figure 0.1	Localisation du barrage de Pont Rolland.....	1
Figure 0.2	Vue aérienne du barrage de Pont Rolland et des différents ouvrages et organes visibles	2
Figure 0.3	Surverse permanente du barrage de Pont Rolland, décembre 2014.....	2
Figure 0.4	Criticité des Evénements Redoutés Centraux (ERC).....	9
Figure 1.1	Plan de situation générale du barrage de Pont Rolland (source Géoportail)	12
Figure 1.2	Barrage de Pont Rolland (source Géoportail)	12
Figure 2.1	Vue aérienne du barrage de Pont Rolland et des différents ouvrages et organes visibles ..	14
Figure 2.2	Zone d'étude	16
Figure 3.1	Surverse permanente du barrage de Pont Rolland	17
Figure 3.2	Localisation du barrage de Pont Rolland.....	18
Figure 3.3	Aménagement de Pont Rolland.....	19
Figure 3.4	Construction du barrage de Pont Rolland ⁰	22
Figure 3.5	Parement amont vertical	24
Figure 3.6	Détails d'exécution, plan d'archive Sud Finistère Electrique, le 8 octobre 1934.....	25
Figure 3.7	Détails d'exécution, zone des rives, 8 octobre 1934	27
Figure 3.8	Détails d'exécution, zone centrale, 8 octobre 1934	27
Figure 3.9	Détails d'un joint de contraction	28
Figure 3.10	Plan des sondages fourni avec le rapport de M. Thirion.....	30
Figure 3.11	Plan d'injection au 30 novembre 1934.....	31
Figure 3.12	Seuil à l'aval du barrage	32
Figure 3.13	Route d'accès au barrage.....	33
Figure 3.14	Rive gauche du barrage	33
Figure 3.15	Rive droite du barrage.....	34
Figure 3.16	Vue aérienne de la retenue de Pont Rolland.....	34
Figure 3.17	Courbe cote de la retenue en m NGF– volume de la retenue	35
Figure 3.18	Versants de la retenue	35
Figure 3.19	Evacuateur de crue	36
Figure 3.20	Capacité d'évacuation par la crête déversante.....	36
Figure 3.21	Dispositif de manœuvre de la vanne de fond protégé par un abri en tôle.....	37
Figure 3.22	Batardeau maintenu en position haute par une chaîne.....	37
Figure 3.23	Capacité de la vidange de fond.....	38
Figure 3.24	Coupe du barrage au droit de la vidange de fond	39
Figure 3.25	Dispositif de manœuvre de la vidange de demi-fond.....	40
Figure 3.26	Capacité de la vidange de demi-fond.....	40
Figure 3.27	Coupe de la vidange de demi-fond	41
Figure 3.28	Télétransmission des alarmes	43
Figure 3.29	Collecte et transfert des alarmes	43
Figure 3.30	Synoptique général " transmission et diffusion des alarmes " barrage de Guerlédan	45
Figure 3.31	Echelle limnimétrique.....	46
Figure 3.32	Vue aval du barrage avec dispositif de mesure des fuites.....	47

Figure 3.33	Vue en plan du dispositif de mesure des fuites.....	47
Figure 3.34	Centrale, cheminée d'équilibre et conduite forcée	51
Figure 3.35	Bassin versant du Gouessant, PPRI, Egis	52
Figure 3.36	Bassin versant à l'aval du barrage des Ponts-Neufs contrôlé par le barrage de Pont Rolland (en jaune) et bassin versant du Gouessant à l'aval du barrage de Pont Rolland (en mauve).....	53
Figure 3.37	Topographie du bassin versant.....	54
Figure 3.38	Géologie du bassin versant	55
Figure 3.39	Occupation des sols, Corine Land Cover 2006	55
Figure 3.40	Profil en long des différents aménagements.....	56
Figure 3.41	Sentier GRP autour de la retenue, Géoportail.....	57
Figure 3.42	Habitations à l'aval immédiat du barrage	58
Figure 3.43	Pont routier en aval du barrage.....	58
Figure 3.44	Plages dans l'anse de Morieux.....	59
Figure 3.45	Camping de Bonabry, décembre 2014.....	59
Figure 3.46	Localisation du camping de Bonabry, Géoportail.....	60
Figure 3.47	Entrée dans la baie de Morieux, décembre 2014.....	60
Figure 3.48	Localisation des ouvrages annexes constitutifs du « système barrage »	62
Figure 3.49	Schéma-fonctionnel du « système barrage de Pont Rolland »	63
Figure 3.50	Schéma-fonctionnel du « système Batardeaux » et du système « vanne de fond (et vanne de demi-fond) ».....	64
Figure 4.1	Obligations par classe de barrages issues du Décret 2007-700	73
Figure 4.2	Panneaux sûreté à l'aval du barrage.....	77
Figure 4.3	Barrière métallique interdisant l'accès au public en pied d'ouvrage	77
Figure 6.1	Hydrogramme de la crue de février 2010	80
Figure 6.2	Hydrogrammes de projet des crues aux Ponts-Neufs	81
Figure 6.3	Cotes de la retenue en fonction de l'occurrence des crues	82
Figure 6.4	Débits entrant en fonction de l'occurrence des crues	83
Figure 6.5	Normales climatiques mensuelles à Saint Brieuc (base de données : www.meteo-bretagne.fr).....	85
Figure 6.6	Données moyennes de températures à Saint Brieuc (base de données : www.meteo-bretagne.fr).....	85
Figure 6.7	Zonage sismique de la France et de la région Bretagne (entré en vigueur le 1er mai 2011).....	86
Figure 6.8	Carte des séismes en Côtes d'Armor	87
Figure 6.9	Carte de la valeur de base du vent de référence selon l'Eurocode 1	89
Figure 6.10	Abaque de détermination de la hauteur de déferlement des vagues	91
Figure 6.11	Localisation des stations météo disposant d'une rose des vents.....	92
Figure 6.12	Rose des vents dominants dans l'ordre 1, 2 et 3.....	92
Figure 6.13	Carte des zones de gel.....	93
Figure 6.14	Carte des zones de neige	94
Figure 6.15	Niveau kéraunique N_k en France.....	95
Figure 6.16	Communes concernées par l'aléa mouvement de terrain « affaissement, éboulements et glissement de terrain »,.....	96

Figure 6.17	Glissement à Saint-Brieuc.....	96
Figure 6.18	Sédiments en amont des grilles de la prise d'eau, 2010.....	97
Figure 7.1	Cumul du nombre de ruptures majeures au XXe siècle (jusqu'en 1970) (issue de « Barrages, crue de rupture et protection civile », Claude Marche, 2008).....	100
Figure 7.2	Taux de ruptures pour différents barrages et deux périodes de temps.....	102
Figure 7.3	Répartition des causes de rupture des barrages en béton (Source : Rupture des barrages, analyse statistique, CIGB, 1995).....	104
Figure 7.4	Barrage de Bimont.....	106
Figure 7.5	Barrage de Piney.....	107
Figure 7.6	Barrage d'Esch-sur-Sure.....	108
Figure 7.7	Pressions dans la fondation du barrage de Malpasset.....	108
Figure 7.8	Barrage de Shih Khang après le séisme Chi Chi – rupture au droit de la faille.....	109
Figure 7.9	Joint A en 2009.....	110
Figure 7.10	Joints E et G en 2009.....	111
Figure 7.11	Eau ferrugineuse sur les redans en 2009.....	111
Figure 7.12	Rappel des points de mesure des fuites.....	112
Figure 7.13	Auscultation de la fuite « total RG » depuis 2004.....	113
Figure 7.14	Auscultation de la fuite « Ecoulements RG » depuis 2004.....	113
Figure 7.15	Auscultation de la fuite « barrage F » depuis 2004.....	114
Figure 7.16	Auscultation de la fuite « vanne auxiliaire » depuis 2004.....	114
Figure 7.17	Auscultation de la fuite « F-vanne auxiliaire » depuis 2004.....	115
Figure 7.18	Tablier aval de la vanne de fond et blindage acier en 2011.....	116
Figure 7.19	Tablier aval de la vanne de secours en 2011.....	116
Figure 8.2	Grille de criticité.....	124
Figure 8.3	Criticité de l'ERC 1 : Rupture du barrage.....	133
Figure 8.4	Criticité des scénarios de l'ERC 2.....	136
Figure 8.5	Criticité des scénarios de l'ERC 2.....	139
Figure 8.6	Criticité des ERC.....	140
Figure 10.1	Hydrogramme de rupture du barrage.....	143

TABLEAUX

Tableau 0.1	Mesures de réduction des risques.....	10
Tableau 3.1	Principales caractéristiques de l'aménagement.....	20
Tableau 3.2	Réseau hydrographique du bassin du Gouessant.....	52
Tableau 5.1	Potentiels de dangers.....	79
Tableau 6.1	Débits de pointe selon le temps de retour des crues.....	80
Tableau 6.2	Cotes de la retenue et débits en fonction de l'occurrence des crues.....	82
Tableau 6.3	Cotes Périodes de retour des crues en situation exceptionnelle	84
Tableau 6.4	Cotes Probabilités annuelles de dépassement en situation extrême	84
Tableau 6.5	Vents de projet	90
Tableau 6.6	Caractéristiques des vagues de projet.....	90
Tableau 6.7	Revanches nécessaires.....	91
Tableau 6.8	Cotes et revanches actuelles	91
Tableau 6.9	Niveaux de marée	98
Tableau 7.1	Ruptures de barrages en béton ou maçonnerie de 1800 à 1987	100
Tableau 7.2	Exemples de taux de ruptures de barrages selon différentes sources	101
Tableau 7.3	Répartition du nombre total de ruptures et accidents (Source : Leçons tirées des accidents, CIGB, édition complète, 1974).....	103
Tableau 7.4	Répartition des incidents en fonction du type de barrage et de sa hauteur (Source : Leçons tirées des accidents, CIGB, édition complète, 1974).....	103
Tableau 7.5	Probabilité de rupture des ouvrages en fonction de leur hauteur.....	103
Tableau 7.6	Relation entre l'âge des barrages et l'occurrence de rupture	105
Tableau 7.7	Contrôles et constats, vanne de fond.....	115
Tableau 7.8	Contrôles et constats, vanne de demi-fond	116
Tableau 8.1	Composition des groupes de travail pour l'Analyse Préliminaire des Risques.....	121
Tableau 8.2	Echelle de probabilité d'occurrence	123
Tableau 8.3	Echelle de gravité.....	123
Tableau 8.4	Gravité de l'ERC 1	127
Tableau 8.5	Gravité de l'ERC 2	128
Tableau 8.6	Gravité de l'ERC 3	128
Tableau 9.1	Mesures de réduction des risques.....	141
Tableau 10.1	Niveaux de marée utilisés comme conditions limites aval.....	144

DOCUMENTS ASSOCIES

Barrage de Pont Rolland – Etude de l'onde de rupture, GEOS Ingénieurs Conseils, 2015

y.c. cartes annexées :

Carte 1685-11 – Situation de basse mer, Hauteurs d'eau maximales

Carte 1685-12 – Situation de basse mer, Vitesses maximales

Carte 1685-21 – Situation de pleine mer, Surélévations d'eau maximales

Carte 1685-22 – Situation de pleine mer, Vitesses maximales

REFERENCES DOCUMENTAIRES PROPRES AU BARRAGE

- [0] Compte-rendu de l'examen géologique du 9 février 1928 M. Y. Milon ;
- [1] « Projet de barrage sur la rivière « Le Gouessant », Rapport géologique », Charles Thirion, 28 juillet 1930
- [2] Mémoire technique, 30 mars 1933, Projet d'aménagement de la chute, Sud Finistère Electrique, signé Pobequin
- [3] Note de calculs, 30 mars 1933, Projet d'aménagement de la chute, Sud Finistère Electrique, signé Pobequin
- [4] « Rapport géologique sur le projet d'établissement d'un barrage au moulin Rolland, Vallée du Gouessant », M. Y. Milon, 30 novembre 1933
- [5] Dossier de plans de projet et d'exécution
- [6] Procès verbal de récolement, 16 juin 1936, Ingénieur Bigot des Ponts et Chaussées
- [7] Liste des Evènements significatifs pour la sûreté hydraulique (ESSH)
- [8] Dossier d'incidence, EDF, 2004
- [9] Inspection visuelle du barrage de Pont Rolland, Rapport de visite de type C2 – Année 2007, EDF-CIH, 4 juillet 2007
- [10] Rapport de Visite Technique Approfondie, Génie Civil, EDF-CIH, 2009
- [11] Expertise de la conduite d'amenée, EDF-CIH, 15 et 16 novembre 2010
- [12] Expertise de la fosse aval du barrage, EDF-CIH, 19 novembre 2010
- [13] Rapport des travaux de grappinage EDF-CIH, 16 décembre 2010
- [14] Rapport d'inspection du service de contrôle, DREAL, 2010
- [15] Rapport de surveillance, années 2007-2011, EDF GEH Ouest
- [16] Rapport de Visite Technique Approfondie, Génie Civil, EDF-CIH, 2011
- [17] Rapport de Visite Technique Approfondie, Contrôle-commande, EDF-CIH, 2011
- [18] Rapport de Visite Technique Approfondie, matériel hydromécanique, EDF-CIH, 2011
- [19] Rapport GEH-Ouest Barrage de Pont Rolland Auscultation rapport n°1 décembre 2009-novembre 2011, EDF-Service Centre Régional d'Auscultation Centre Pyrénées
 - *Rapport d'auscultation*
 - *Dispositifs d'auscultation*
 - *Graphiques d'auscultation*
- [20] Rapport de présentation de l'Etude hydrologique du bureau SAFEGE du 25 septembre 2012, dans le cadre de la restauration du barrage des Ponts Neufs
- [21] Rapport de Visite Technique Approfondie, Contrôle-commande, EDF-CIH, 2013
- [22] Rapport de Visite Technique Approfondie, matériel hydromécanique, EDF-CIH, 2013
- [23] Arrêté relatif à la gestion au titre de la sécurité publique par EDF SA et ses annexes 26 juin 2014
- [24] Documents d'organisation d'EDF :
 - A. Organisation générale du groupement d'usines de Guerlédan
 - B. Organisation logistique en situation de crise au groupement de Guerlédan
 - C. Consigne d'exploitation par grand froid
 - D. EDD Pont Rolland chapitre 4 Politique de prévention EDF
 - E. Surveillance des ouvrages, gestion de l'alerte séisme

DOCUMENTS DE REFERENCES

La liste ci-après recense l'ensemble des textes réglementaires et documents méthodologiques d'appui dans le cadre de la présente Etude De Dangers du barrage de Pont Rolland.

[DA1]	Leçons tirées des accidents de barrages, CIGB, 1974
[DA2]	Ruptures de barrages. Analyse statistique, CIGB, 1995
[DA3]	Eurocode Neige et Vent (parties 1.3 et 2.4)
[DA4]	Norme française FD P 18-326 : Béton-zones de gel en France
[DA5]	Guide de surveillance des digues, CEMAGREF, 2004
[DA6]	Risques infos. Bulletin de liaison n°20, IRMA, juin 2008
[DA7]	Rapport sur l'amélioration de la sécurité des barrages et ouvrages hydrauliques, Christian KERT, OPECST, Juillet 2008
[DA8]	Arrêté préfectoral du 25 novembre 2009
[DA9]	Arrêté du 21 mai 2010 définissant l'échelle de gravité des événements ou évolutions concernant un barrage ou une digue ou leur exploitation et mettant en cause ou étant susceptibles de mettre en cause la sécurité des personnes ou des biens et précisant les modalités de leur déclaration

PREAMBULE

Le décret n° 2007-1735 du 11 décembre 2007 relatif à la sécurité des ouvrages hydrauliques et au Comité technique permanent des barrages et ouvrages hydrauliques et modifiant le code de l'environnement, fixe de nouvelles obligations, dont la production d'une Etude de Dangers (EDD). Elle est actualisée tous les dix ans.

L'étude de dangers précise les risques auxquels le barrage peut exposer la population, directement ou indirectement en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'ouvrage. Elle donne lieu à une analyse des risques existants ou susceptibles d'avoir des conséquences du fait de l'ouvrage. Cette analyse prend en compte la probabilité d'occurrence, la cinétique et la gravité potentielle des accidents selon une méthodologie qu'elle explicite. Elle permet d'identifier les scénarios susceptibles d'être, directement ou par effet domino, à l'origine d'un accident.

Le rapport de l'EDD présente les points principaux conformément à l'arrêté du 12 juin 2008 définissant le plan de l'étude de dangers des barrages et des digues et en précisant le contenu :

- Résumé non technique ;
- Renseignements administratifs ;
- Objet de l'étude ;
- Présentation de l'ouvrage et de son environnement ;
- Présentation de la politique de prévention des accidents majeurs et du système de gestion de la sécurité (SGS) ;
- Identification et caractérisation des potentiels de dangers ;
- Caractérisation des aléas naturels (séismes, crues, glissements de terrains, etc.) ;
- Etude accidentologique et retour d'expérience ;
- Identification et caractérisation des risques en termes de probabilité d'occurrence, d'intensité et de cinétique des effets, et de gravité des conséquences en cinq étapes :
 - 1) Identification des risques intrinsèques à l'ouvrage (structure génie civil, vannerie, etc.). Ces risques sont identifiés par l'examen de la conception, du dimensionnement, de l'état et du comportement de l'ouvrage et de ses matériels ;
 - 2) Analyse préliminaire de risques (APR) qui dresse un inventaire des modes de défaillances des organes de sécurité de l'ouvrage pour chaque fonction et pour toutes conditions d'exploitation. Elle permet de les hiérarchiser et de ne conserver que les modes de défaillances jugés significatifs, en justifiant ce choix ;
 - 3) Etablissement d'arbres de défaillances et d'événements pour les modes de défaillances significatifs identifiés par l'APR ; une représentation synthétique de ces arbres est réalisée par la méthode du nœud papillon ; le mode de défaillance significatif se retrouve au centre du schéma et est appelé Événement Redouté Central (ERC) ;

Cette méthode permet d'apporter une démonstration renforcée de la bonne maîtrise des risques en présentant clairement l'action de barrières de sécurité (barrières de prévention et de protection) sur le déroulement d'un accident ;
 - 4) Estimation des fréquences d'occurrence des événements, de l'efficacité des barrières sur le nœud papillon et mise en évidence du scénario le plus vraisemblable par Événement Redouté Central ;
 - 5) Evaluation de la gravité pour le scénario de rupture totale de l'ouvrage à partir de la représentation des zones submergées. La vulnérabilité est ainsi définie par l'évaluation du nombre de personnes pouvant être impacté par l'onde de submersion.

Le périmètre de l'EDD

Aux termes de l'arrêté du 12 juin 2008, « Le périmètre de l'ouvrage, objet de l'étude de dangers, est par ailleurs délimité de manière explicite, accompagné éventuellement d'une carte. Pour un barrage, ce périmètre inclut a minima le barrage, ses ouvrages de sécurité (évacuateurs de crues, vidanges de fond...), la retenue et, s'il y a lieu, les canaux d'amenée. »

Accessibilité des documents supports de l'EDD

L'EDD s'appuie sur des données collectées par le responsable de l'ouvrage. Ces données sont constituées par :

- des documents que le responsable de l'ouvrage transmet au service du contrôle dans le cadre de ses obligations de concessionnaire. Sauf cas particuliers, le Préfet et/ou ses représentants sont en possession de ces documents ;
- des documents qui ne relèvent pas de la catégorie ci-dessus et qui peuvent être, les cas échéant, protégés (accessibilité restreinte et contrôlée).

Les documents de la première catégorie constituent la majorité des documents supports de l'EDD. Les autres documents peuvent être, suivant leur niveau de protection, consultés par le service du contrôle sur demande auprès du responsable de l'ouvrage.

1

0.1.1 Présentation générale

Le barrage de Pont Rolland a été construit de 1934 à 1935 afin de créer un réservoir d'eau pour la production d'électricité. Un organe de prise d'eau collecte les eaux en rive gauche du barrage pour alimenter une centrale placée une centaine de mètres en aval de l'ouvrage.

Une vue du barrage et de l'aménagement hydroélectrique est présentée ci-après ;



Figure 0.2 Vue aérienne du barrage de Pont Rolland et des différents ouvrages et organes visibles

Le barrage de Pont Rolland est l'un des tout premiers barrages voûtes construits en France. Il est constitué d'une voûte unique en arc de cercle en béton au mortier de ciment, armé. La voûte présente un rayon de 45 mètres en extrados, pour un développement en crête de 102,60 mètres. Il s'agit d'une voûte mince avec une épaisseur en pied de 3,15 m. L'évacuation des crues est assurée par la crête déversante de l'ouvrage longue de 59,91 mètres. Aux extrémités du barrage, deux parapets de 50 cm d'épaisseur protègent les rives contre le déversement : ils sont à une cote de 25 m NGF.

Des injections ont été réalisées dans la fondation de l'ouvrage en cours de construction et lors de la mise en eau.

Depuis l'arrêt de l'usine hydroélectrique, l'ouvrage fait l'objet d'une surverse permanente prise en compte dans le cadre de la présente Etude De Dangers.



Figure 0.3 Surverse permanente du barrage de Pont Rolland, décembre 2014

0.1.2 Les organes de sécurité

L'évacuation des crues est assurée par la crête déversante de l'ouvrage, située au centre du barrage, à la cote 22,8 m NGF et d'une longueur de 59,9 mètres.

La capacité théorique de débitance est de 200 m³/s pour une retenue à la cote de 24 m NGF.

Deux organes de vidange sont présents sur l'ouvrage : une vanne de vidange de fond, et une vanne de vidange de demi-fond (appelée également vidange de secours), toutes deux batardables par l'amont.

La vidange de fond comporte :

- une grille d'entrée ;
- une vanne de type wagon de section carrée 1,5 x 1,5 m, qui obture un conduit cylindrique de 1,50 m de diamètre et dont l'axe est calé à la cote 6 m NGF. Le débit maximum de cette vanne est de l'ordre de 30 m³/s à la cote de retenue normale. La manœuvre de la vanne est assurée par une crémaillère entraînée par un moteur électrique ou manuellement par une manivelle qui permet de suppléer le cas échéant
- un batardeau prévu pour isoler la vanne de fond : ce batardeau est manœuvrable par un système de treuil à câble et portique fixe ;

La vidange de fond est équipée d'un reniflard d'environ 50 cm de diamètre.

Une vidange de demi-fond (ou vidange de secours) est située à l'extrémité rive droite du déversoir. Son axe se situe à la cote 11 m NGF. Ses caractéristiques sont identiques à la vidange de fond, hormis la commande de la vanne qui est uniquement manuelle. La vanne de secours est actuellement maintenue en position fermée. Cette vanne n'est jamais manœuvrée de peur de ne pas réussir à fermer la vanne après ouverture. Le débit maximum de cette vanne est de l'ordre de 26 m³/s pour une retenue à la cote de 24 m.

0.1.3 Exposition du barrage aux aléas naturels

Les débits arrivant au barrage des Ponts-Neufs étant comparables aux débits arrivant au barrage de Pont Rolland, l'étude hydrologique réalisée par le bureau SAFEGE en 2012 pour le barrage des Ponts-Neufs peut être reprise pour caractériser l'aléa hydrologique au barrage de Pont Rolland.

À partir de cette étude, l'évacuation d'une crue de temps de retour 1 000 ans par la crête déversante amène la retenue à une cote maximale de 24,78 m NGF, pouvant être considérée comme la cote des PHE.

La surverse par-dessus les parapets de l'ouvrage en rive, à la cote de 25 m NGF est envisageable pour des crues de temps de retour supérieur à 3 000 ans, voire dès la crue de temps de retour 1 000 avec vent associé.

Le débit de crue d'occurrence décennale est fixé à 84 m³/s, soit une cote de 23,64 m NGF (en absence de turbinage).

D'après l'exploitant, plusieurs crues depuis 1980 ont dépassé la crue d'occurrence décennale :

- le 28 janvier 1978 : déversement de 128 m³/s ;
- le 28 février 2010 : déversement de 128 m³/s (débit turbiné de 18 m³/s) ;
- le 7 février 2014 : déversement de 102 m³/s.

Les aléas météorologiques auxquels peut être soumis l'ouvrage (vent, neige, gel, foudre), n'ont jamais occasionné d'incidents notables, hormis pour la production hydroélectrique.

Depuis le 22 octobre 2010, la France dispose d'un nouveau zonage sismique divisant le territoire national en cinq zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes.

Selon ce zonage, le barrage de Pont Rolland est en zone de sismicité 2 (faible). Seul le séisme du 30 septembre 2002 a entraîné une visite post-séisme de surveillance et d'auscultation.

0.1.4 Stabilité du barrage

Le barrage voûte a été conçu avec les moyens de calcul de l'époque. La fondation du barrage a fait l'objet d'une expertise sérieuse par des géologues connaissant bien la géologie régionale, chaque faille a été détectée et traitée. L'ouvrage a bénéficié de la contribution des spécialistes des barrages voûtes avec la participation active de M. André Coyne, aussi bien pour l'élaboration du projet de l'ouvrage que pour le contrôle de l'ouvrage exécuté.

Initialement à base épaisse, le barrage a pris sa forme de voûte mince en cours de projet. Cette forme n'a été acceptée qu'avec un blocage du barrage par une pleine fouille et deux rangées d'armatures en pied amont.

Après traitement des fuites apparues dès la mise en eau de l'ouvrage, aucun constat pathologique de l'ouvrage n'est mentionné dans les rapports récents à disposition d'EDF.

Le barrage fait l'objet d'un suivi visuel conforté par des mesures de fuite en pied aval d'ouvrage. Cette auscultation hydraulique, n'est actuellement plus possible avec le déversement permanent du barrage, depuis l'arrêt de la production hydroélectrique. En absence de suivi des déplacements du barrage, il s'agit de la seule auscultation mise en place sur le barrage. Si l'on s'en tient aux rapports de l'exploitant, réalisés jusqu'à ce que le barrage déverse en permanence et basés sur l'auscultation hydraulique et les inspections visuelles, on pourrait conclure sur l'absence de désordres de nature à remettre en cause la stabilité de l'ouvrage.

Les archives disponibles de l'exploitant ne mentionnent toutefois pas les rapports de suivi de l'ouvrage de 1960 à 2003.

Aucune justification au séisme de l'ouvrage n'a été réalisée. Pour autant, le barrage est dans une zone de sismicité faible, et la bonne tenue des barrages voûtes a déjà été appréciée sur des ouvrages similaires.

0.2 EXPLOITATION ET GESTION DE L'OUVRAGE

Par l'arrêté relatif à la gestion au titre de la sécurité publique par EDF SA en date du 26 juin 2014 et afin de garantir la sûreté des ouvrages et la sécurité des tiers, la société Electricité de France (EDF), est mandatée pour gérer l'aménagement hydroélectrique de Pont Rolland et à occuper l'ensemble des terrains et immeubles du domaine public de l'Etat. Ce mandat a pris effet au 1^{er} juillet 2014, pour une durée d'un an et est reconductible annuellement, par tacite reconduction.

L'exploitation et la maintenance du barrage de Pont Rolland s'inscrivent dans le système de gestion de la sécurité (SGS) d'EDF.

0.3 MÉTHODE D'ANALYSE DES RISQUES

L'analyse des risques a pour objectif de mettre en avant les événements liés au barrage de Pont Rolland pouvant mettre en jeu la sécurité publique, afin de vérifier si ces événements sont maîtrisés. Les événements pour lesquels le niveau de risque est jugé trop élevé feront l'objet de mesures de réduction du risque.

La démarche d'analyse de risques a été réalisée en quatre étapes complémentaires :

- identification des risques intrinsèques liés à chaque organe du barrage ;
- identification des situations dangereuses pouvant survenir sur l'ouvrage par la méthode de **l'Analyse Préliminaire des Risques (APR)**. Cette méthode permet de distinguer les événements qui peuvent avoir un impact sur la sécurité publique des événements non dangereux. Les événements jugés impactant pour la sécurité publique sont dits **Evénements Redoutés Centraux (ERC)** ;
- cotation des ERC par la réalisation de diagrammes dits « **Nœud Papillon** » (NP). Il s'agit de définir la probabilité d'occurrence des événements (courant, probable, improbable, très improbable, extrêmement peu probable dans la durée de vie de l'ouvrage), l'efficacité des barrières de sécurité et la gravité des ERC (nombre de personnes potentiellement exposées à la libération de l'eau) ;
- synthèse des résultats obtenus précédemment par positionnement des ERC sur une **grille Fréquence/Gravité**, afin de déterminer à quelle zone de risque appartient l'évènement redouté central :
 - **la zone du risque acceptable** pour laquelle l'ouvrage est réputé sûr sans qu'aucune mesure de réduction du risque soit nécessaire ;
 - **la zone du risque intermédiaire** pour laquelle l'ouvrage n'est pas entièrement satisfaisant du point de vue de la sécurité. Les actions à mener par le responsable de l'ouvrage doivent conduire à un niveau de risque aussi bas qu'il est raisonnablement possible d'un point de vue économique et technique (principe ALARP, "As Low As Reasonably Practicable") ;
 - **la zone du risque inacceptable** pour laquelle l'exploitant doit proposer des mesures de réduction du risque, lesquelles, une fois mises en œuvre, réduiront de manière conséquente soit la probabilité d'occurrence de l'accident, soit son niveau de gravité.
- Les ERC présentant une criticité trop élevée seront traités au chapitre 9 de ce document.

0.4 LES ÉVÉNEMENTS REDOUTÉS CENTRAUX ET PHÉNOMÈNES DANGEREUX

L'Analyse Préliminaire de Risques (APR) présentée en Annexe 2, dresse l'inventaire des modes de défaillances liées aux organes de sécurité et à l'ouvrage pour toutes les conditions d'exploitation (normale et en crue). Elle permet de les hiérarchiser et de ne conserver que les modes de défaillances pouvant libérer tout ou partie de l'eau de la retenue et impacter des enjeux.

L'APR a mis en évidence trois Evénements Redoutés Centraux :

- **ERC 1** : Rupture du barrage ;
- **ERC 2** : Evacuation d'eau non contrôlée par la vidange de fond ;
- **ERC3** : Evacuation d'eau non contrôlée par la vidange de demi-fond.

En cas d'évacuation d'eau non contrôlée par la vidange de fond (respectivement la vidange de demi-fond), les conséquences seraient limitées, c'est-à-dire une simple libération d'eau en aval, d'un débit maximal à retenue normale de 30 m³/s (respectivement 24 m³/s), qui peut entraîner ou non, une inondation des abords du barrage, phénomène à cinétique rapide et à intensité faible. Seules les personnes à l'aval immédiat du barrage seraient impactées.

La rupture du barrage aurait pour conséquence l'établissement d'une onde de submersion à l'aval du barrage qui se propagerait dans l'anse de Morieux.

0.4.1 Présentation des ERC

0.4.1.1 ERC 1 : Rupture du barrage

La rupture du barrage est jugée « **improbable** ». Sept scénarios sont considérés.

- Le premier scénario correspond au vieillissement du béton ou des joints. Ce vieillissement pourrait entraîner des pressions anormales dans la voûte pouvant entraîner une perte de l'effet d'arc de la voûte. Les dernières visites de l'ouvrage ne font toutefois état d'aucune dégradation du béton. Les dégradations au niveau des joints restent concentrées en partie supérieure de l'ouvrage sur le parapet et n'évoluent pas ou très faiblement. Aucune dégradation du béton susceptible d'entraîner des ouvertures irréversibles de fissures avec déclavage de la voûte n'a été relevée. Au vu de ces éléments et en considérant le barrage comme l'un des premiers barrages voûtes en France, ce scénario est coté comme improbable, probabilité C. Une éventuelle dégradation de la voûte pourrait être détectée par les inspections visuelles de l'ouvrage, qui permettraient d'envisager un abaissement préventif de la retenue avant d'éventuels travaux de stabilisation. Toutefois cette barrière de sécurité est rendue inefficace par la surverse permanente du barrage qui ne permet pas d'inspection complète du parement aval. Aucune auscultation de déplacements n'accompagne les inspections visuelles.
- Le deuxième scénario correspond à la répétition de sollicitations thermiques et hydrostatiques extrêmes entraînant des cisaillements de la fondation de l'ouvrage en partie centrale conduisant à l'augmentation des sous pressions en fondation, sous l'ouvrage. En cas de crue millénale, la retenue atteint une cote de 24,78 m NGF. Pour une crue de temps de retour 3 000 ans, le sommet des parapets à la cote 25 m NGF est atteint. La répétition de fortes crues pourrait être préjudiciable à l'ouvrage. La sécurité du barrage pourrait être rendue précaire si l'ouvrage, préalablement fragilisé par une crue doit faire face à de nouveaux chargements extrêmes sans que des mesures n'aient été prises pour assurer sa bonne tenue. Aucune inspection du barrage n'a toutefois mis en évidence de fissuration dans la voûte de l'ouvrage. Une gravité de C peut être retenue. L'auscultation hydraulique, seule auscultation de l'ouvrage, et les inspections visuelles pourraient jouer le rôle de barrière de sécurité si elles n'étaient pas perturbées, voire rendues inefficaces par la surverse actuelle du barrage.
- Le troisième scénario considère une dégradation progressive de l'étanchéité en fondation : aucun signe d'une telle dégradation n'est mis en évidence dans les rapports de suivi de l'ouvrage. Ce scénario apparaît comme improbable, probabilité C, d'après le Tableau 8.2. Les mesures d'auscultation hydraulique des débits de fuite qui constituent une barrière est rendue inefficace par la surverse de l'ouvrage.
- Le quatrième scénario considère le cas d'un séisme pouvant créer de nouvelles infiltrations dans la fondation. Les mesures d'auscultation hydraulique pourraient constituer une barrière de sécurité, en absence de surverse. En cas de séisme, la modification de l'état de contrainte en fondation pourrait également être préjudiciable à l'ouvrage. La bonne tenue des barrages voûtes au séisme et la présence du barrage dans une zone faiblement sismique permettent de placer le scénario 4 en classe de probabilité D, très improbable.
- les trois derniers scénarios considèrent l'érosion des fondations : le premier scénario (S5) considère une érosion progressive par une surverse continue de l'ouvrage. Le seuil aval permet de maintenir une lame d'eau aval, jouant le rôle d'amortisseur pour les eaux de déversement. Ce seuil constitue une barrière de sécurité permettant de considérer ce scénario comme improbable. Le suivi de la fosse aval devrait permettre de surveiller cette érosion et permettrait d'enclencher des mesures de sécurité (protection du rocher de fondation, refonte du tapis aval). Ce suivi pourrait faire office de barrière de sécurité, toutefois avec la surverse permanente du barrage, la vidange de la fosse n'est pas possible actuellement. La dernière inspection de la fosse aval par vidange n'a pas mis en évidence d'érosion marquée. Le second scénario (S6) considère une érosion accélérée par des déversements en rives, au dessus des parapets, pour des crues de temps de retour supérieurs à 3 000 ans, voire 1 000 ans en cas de vent associé. Enfin le troisième scénario

(S7) considère la rupture des parapets. Les parapets sont en béton armé et sont suivis par les inspections visuelles qui n'ont pas mis en évidence de signe d'instabilité. Seuls les joints de ces petites superstructures, subissant les variations thermiques et dont la partie amont peut être partiellement en eau, ont fait l'objet de quelques désordres. Au vu du temps de retour des crues, entraînant la surverse des parapets, la rupture de ces parapets apparaît comme improbable, probabilité C.

En cas de rupture de l'ouvrage pour une retenue à la cote des parapets, le nombre de personnes exposées en zone à cinétique rapide est compris entre 10 et 100. En crue, situation la plus incline à rendre précaire la stabilité de l'ouvrage, il est peu probable que de nombreux baigneurs ou randonneurs s'aventurent dans l'anse de Morieux. On ne peut pour autant exclure la présence d'au moins 10 personnes à l'aval (dans les maisons d'habitation en amont de la centrale, usagers de la route départementale 34).

La rupture du barrage en crue est donc **de gravité 3, importante**.

De probabilité C, improbable et de gravité importante, la rupture du barrage voûte de Pont Rolland est de **criticité intermédiaire**.

0.4.1.2 ERC 2 : Evacuation d'eau non contrôlée par la vidange de fond

L'évacuation d'eau non contrôlée par la vidange de fond est jugée « improbable ». Quatre scénarios sont considérés.

- Le premier scénario considère une ouverture intempestive suite à une erreur humaine. Le contrôle de degré d'ouverture de la vanne est visuel par mesure avec un mètre de la levée de la crémaillère. Une ouverture involontaire est improbable. L'ouverture de cette vanne n'est réalisée qu'annuellement. Cette vanne ne participant pas à l'évacuation des crues, seules des manœuvres en essais sont réalisées. Les agents sont formés aux manœuvres des vannes et réalisent des manœuvres en binôme. Ce scénario peut correspondre à une ouverture importante de la vanne suite à une erreur humaine, lors d'une manœuvre initialement destinée au simple décollement de la vanne.
- Le deuxième scénario considère l'ouverture intempestive par un acte de malveillance. La manœuvre de la vanne s'effectue à partir de la crête par un accès en rive gauche. Cet accès en crête est protégé par une porte avec cadenas. Le dispositif de manœuvre, sous abri en tôle, est également protégé par un cadenas. De plus, la manivelle est conservée dans la chambre de la prise d'eau également protégée par une porte verrouillée, ce qui limite le risque de malveillance. Cette ouverture par acte de malveillance est estimée improbable.
- Le troisième scénario considère une dégradation du fonctionnement de la vanne de nature à entraîner sa rupture. Cet événement est coté de façon prudente en B, probable. Le tablier est peu sensible à une rupture (résistance intrinsèque vérifiée par l'usage, la corrosion observée n'est pas de nature à fragiliser le tablier et entraîner sa rupture). Les opérations de maintenance et d'essais font office de barrière de sécurité. La présence d'un batardeau amont permet au besoin la maintenance de la vanne et rend cette barrière efficace. Au final, ce scénario de rupture est jugé improbable.
- Le quatrième scénario considère la rupture du batardeau de la vanne wagon de la vidange de fond, lors d'une maintenance de la vanne wagon. La dégradation du tablier du batardeau de la vidange de fond de nature à provoquer sa rupture est estimée, comme « pouvant se produire dans la vie de l'ouvrage ». Le tablier est peu sensible à une rupture (résistance intrinsèque vérifiée par l'usage, la corrosion observée n'est pas de nature à fragiliser le tablier et entraîner sa rupture). Les opérations de maintenance et d'essais font office de barrière de sécurité.

Les conséquences de cet événement redouté central pour la sécurité public sont limitées, c'est-à-dire une simple libération d'eau en aval, qui peut être brusque, et d'au plus 30 m³/s à la cote de retenue normale qui peut entraîner une légère surélévation du niveau aval pouvant être ressenti dans l'anse de Morieux. Une **gravité prudente de 2** peut être retenue car le nombre de personnes exposées est compris entre 1 et 10 (personnes potentiellement présentes en aval du barrage, l'accès en pied étant sécurisé par un portail).

De probabilité C, improbable et de gravité sérieuse, l'évacuation d'eau non contrôlée par la vidange de fond est de criticité **acceptable**.

0.4.1.3 ERC3 : Evacuation d'eau non contrôlée par la conduite de demi-fond

L'évacuation d'eau non contrôlée par la conduite de demi-fond est jugée « improbable ». Trois scénarios sont considérés.

- Le premier scénario considère une ouverture intempestive suite à une erreur humaine. L'ouverture involontaire par une erreur humaine est improbable. La vanne n'est jamais ouverte. Comme pour la vanne de fond, si son ouverture partielle était testée, le contrôle de degré d'ouverture de la vanne pourrait être contrôlé visuellement par mesure avec un mètre de la levée de la crémaillère. Les agents sont formés aux manœuvres des vannes. Ce scénario de défaillance pourrait alors correspondre à une ouverture importante de la vanne suite à une erreur humaine, lors d'une manœuvre initialement destinée au simple décollement de la vanne.
- Le deuxième scénario considère une ouverture intempestive suite à un acte de malveillance. Bien que la vanne de vidange de demi-fond ne soit plus manœuvrée par l'exploitant, le dispositif de manœuvre est encore présent et l'ouverture délibérée par malveillance est envisageable. L'accès en crête au dispositif de manœuvre de la vanne, est protégé en rive droite par une porte avec cadenas. Le dispositif de manœuvre, sous abri en tôle est également protégé par un cadenas. De plus, la manivelle est conservée dans la chambre de la prise d'eau également protégée par une porte verrouillée, ce qui limite le risque de malveillance. L'ouverture intempestive de la vanne de demi-fond par un acte de malveillance est cotée comme improbable (probabilité C).
- Le troisième scénario considère la rupture de la vanne wagon de la vidange de demi-fond. La vanne wagon est peu sensible à une rupture. Aucun essai n'est réalisé sur cette vanne, seul un diagnostic visuel par l'aval est réalisé lors des Visites Techniques Approfondies. La présence d'un batardeau amont permet au besoin la maintenance de la vanne. Cette vanne n'est jamais manipulée de peur de ne plus pouvoir la refermer. La rupture de la vanne wagon de la vidange de demi-fond est jugée improbable (probabilité C).

Les conséquences de cet événement redouté central pour la sécurité public sont limitées, c'est-à-dire une simple libération d'eau en aval, qui peut être brusque et d'au plus 24 m³/s à la cote de retenue normale qui peut entraîner ou non, une inondation des abords du barrage, phénomène à cinétique rapide et à intensité faible. Ce phénomène aurait peu de conséquences. Une **gravité prudente de 2** peut être retenue car le nombre de personnes exposées est compris entre 1 et 10 (personnes potentiellement présentes en aval du barrage, l'accès en pied étant sécurisé par un portail).

De probabilité C, improbable et de gravité sérieuse, l'évacuation d'eau non contrôlée par la vidange de demi-fond est de criticité **acceptable**.

0.5 SYNTHÈSE DE L'ANALYSE DE RISQUES

Trois Événements Redoutés Centraux ont été identifiés.

Le premier correspond à la rupture de l'ouvrage. Dans le cas d'un ouvrage rigide en béton, une rupture instantanée de l'ouvrage est étudiée. L'étude de l'onde de rupture en crue a permis d'évaluer la gravité comme importante. Toutefois cette rupture apparait comme improbable. De criticité intermédiaire, cet ERC fait l'objet de mesures de réduction des risques.

Le second événement correspond à l'évacuation d'eau non contrôlée par la vidange de fond. Cet événement a été évalué de gravité sérieuse mais a été jugé improbable. De criticité acceptable, il ne nécessite pas de mesures de réduction des risques.

Le troisième événement correspond à l'évacuation d'eau non contrôlée par la vidange de demi-fond. Cet événement a été évalué de gravité sérieuse mais a été jugé improbable. De criticité acceptable, il ne nécessite pas de mesures de réduction des risques.

Les résultats de l'analyse de risques sont résumés dans la grille de criticité présentée ci-après.

Probabilité	A : courant $> 10^{-2}$					
	B : probable $< 10^{-2}$					
	C : improbable $< 10^{-3}$		ERC 2 ERC 3	ERC 1		
	D : très improbable $< 10^{-4}$					
	E : extrêmement peu probable $< 10^{-5}$					
<div> <div></div> Zone acceptable <div></div> Zone intermédiaire <div></div> Zone inacceptable </div>		1 : modéré	2 : sérieux	3 : important	4 : catastrophique	5 : désastreux
		Gravité				

Figure 0.4 Criticité des Evénements Redoutés Centraux (ERC)

0.6 MESURES DE RÉDUCTION DES RISQUES

La rupture de l'ouvrage est classée de criticité intermédiaire.

Cette criticité fait notamment suite à l'inefficience des barrières de sécurité identifiées, causée par la surverse permanente de l'ouvrage.

Cette surverse empêche l'auscultation des débits de fuite de l'ouvrage et de sa fondation, seule auscultation mise en place jusqu'à présent. L'observation du parement aval en est également rendue délicate. Dans l'état, il ne serait pas non plus possible de procéder à une surveillance du pied de l'ouvrage et de sa fosse aval que la surverse n'a probablement pas érodés de façon marquée depuis la précédente inspection, mais pour autant, il n'est pas recommandé que cette situation perdure plus de quelques années (trois années).

L'étude de dangers met en évidence à travers l'étude de situations de probabilité extrêmement faible, qu'une meilleure sûreté de l'ouvrage demanderait a minima de veiller à ne pas perturber l'auscultation courante de l'ouvrage par la surverse permanente en crête.

La reprise des installations hydroélectriques et du turbinage par un éventuel repreneur remplirait finalement cette exigence de sûreté. Dans l'attente d'une éventuelle remise en service de la centrale par un repreneur potentiel, le maître d'ouvrage a choisi de stopper la surverse permanente par la mise en place d'un siphon. Cette solution permettra de reprendre l'auscultation hydraulique du barrage. Pour que la fosse aval puisse être vidangée et inspectée (après une forte crue ou à intervalle régulier), l'eau issue du siphon devrait pouvoir être canalisée au pied du barrage pour être rejetée au-delà du seuil présent quelques dizaines de mètres en aval du barrage.

L'arrêt de la surverse permanente permettra de renforcer la qualité de la barrière d'auscultation. Accompagné à moyen terme d'un suivi des déplacements de l'ouvrage par la mise en place d'un dispositif de suivi topométrique la barrière d'auscultation pourra être pleinement prise en compte dans l'analyse des risques, afin que toute dégradation de l'ouvrage ou comportement anormal puisse être détecté rapidement et que des mesures correctrices puissent être engagées. Ce renforcement de l'auscultation permettrait de rendre acceptable la criticité de l'ouvrage.

Le tableau suivant récapitule les mesures correctrices que le maître d'ouvrage s'engage à respecter :

A court terme
Limitation à court terme de la surverse de l'ouvrage par la mise en place d'un siphon Reprise par l'exploitant de l'auscultation hydraulique de l'ouvrage, suivant les exigences de l'arrêté de réquisition
A moyen terme
Mise en place d'un dispositif topométrique de suivi des déplacements de l'ouvrage (une fois la surverse limitée, dans un intervalle de 5 ans).

Tableau 0.1 Mesures de réduction des risques

0.7 CARTOGRAPHIE DE L'ONDE DE SUBMERSION

La modélisation de la rupture du barrage de Pont Rolland a été calculée en considérant un effacement total et instantané du barrage, pour une retenue à la cote des parapets.

Deux états initiaux ont été envisagés : situation de basse mer et situation de pleine mer, de temps de retour 10 ans.

Les limites des zones submergées et les vitesses maximales reportées sur cartes IGN sont présentées sur les cartes suivantes :

Carte 1685-11 – Situation de basse mer, Hauteurs d'eau maximales

Carte 1685-12 – Situation de basse mer, Vitesses maximales

Carte 1685-21 – Situation de pleine mer, Surélévations d'eau maximales

Carte 1685-22 – Situation de pleine mer, Vitesses maximales.

Sur le parcours du Gouessant entre le barrage et le débouché dans l'anse de Morieux, l'onde de rupture impacterait les occupants des habitations à l'aval du barrage ainsi que d'éventuels randonneurs du GR34, soit une population de l'ordre de 10 personnes, en cas de pleine ou basse mer.

À cette dizaine de personnes viennent s'ajouter, dans le cas d'une situation de basse mer, d'éventuels promeneurs et occupants des installations aquacoles dans l'anse de Morieux.

Dans les deux cas, le camping de Bon-Abri ne serait pas touché.

Il paraît ainsi raisonnable de considérer que la population menacée par l'onde de rupture se situe entre 10 et 100 personnes.

1 RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

Construit de 1934 à 1935, le barrage de Pont Rolland se situe sur les communes de Hillion et de Morieux (Côtes d'Armor) sur la rivière « Le Gouessant ». Le barrage appartient à l'Etat et est surveillé et entretenu par Electricité De France.

Propriétaire

Préfecture des Côtes-d'Armor
Monsieur le Préfet des Côtes-d'Armor
Place du Général DE GAULLE – 22023 SAINT-BRIEUC
Téléphone : 02 96 62 44 22 – Télécopie : 02 96 62 05 75

Exploitant mandaté : Electricité de France

Groupe d'Exploitation Hydraulique (GEH) Ouest
63 boulevard Jules Verger
35803 DINARD cedex
Tél : 02 99 16 37 50

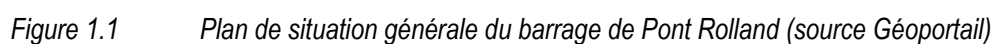
Groupement d'usines (GU) de Guerlédan
Centrale de Guerlédan
22530 MUR DE BRETAGNE
Tél : 02 96 28 56 89

Avec la contribution des prestataires :

GEOS Ingénieurs Conseils
310 avenue Marie Curie
Bâtiment Europa 2
Archamps Technopole
74166 ARCHAMPS

En référence au décret 2007-1735 du 11 décembre 2007, le barrage de Pont Rolland est classé aujourd'hui en catégorie B⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Catégorie B : barrage dont la hauteur au-dessus du terrain naturel est égale ou supérieure à 10 mètres et pour lequel $H^2V^{0.5} \gg 200$ et qui n'est pas en classe A (H en m et V en hm³).



2 OBJET DE L'ETUDE

2.1 RÉFÉRENCES RÉGLEMENTAIRES

Ce document constitue la première Étude De Dangers (EDD) du barrage de Pont Rolland, mis en eau en 1935, par référence :

- aux articles R.214-115 à R.214-117 du Code de l'environnement (créés par le décret n°2007-1735 du 11 décembre 2007), relatifs à la sécurité et à la sûreté des ouvrages hydrauliques (sous-section 2 – Etudes de dangers) ;
- à l'arrêté du 12 juin 2008 définissant le plan de l'étude de dangers des barrages et des digues et en précisant le contenu.

L'échéance de cette étude de dangers a été fixée au 12 mars 2015.

2.2 AUTRES DÉMARCHES RÉGLEMENTAIRES

Le barrage de Pont Rolland est concerné par les démarches réglementaires suivantes :

- Le décret du 27 Février 1931 déclarant d'utilité publique et concédant les travaux d'aménagement de la chute de Pont Rolland sur le Gouessant (Côtes d'Armor) à la société Sud Finistère Electrique ;
- Le décret du 4 juillet 1975 autorisant la substitution d'Electricité de France (EDF) à la société Sud Finistère Electrique, en tant que concessionnaire jusqu'au 31 décembre 2010 ;
- Arrêté relatif à la gestion au titre de la sécurité publique par EDF SA en date du 26 juin 2014 ainsi que ses Annexes :
 - Annexe N°1 : consigne d'exploitation hors crues ;
 - Annexe N°2 : consigne de surveillance et d'auscultation du barrage ;
 - Annexe N°3 : les actions de maintenance courante à réaliser qui sont décomposées en 11 fiches

Cet arrêté fait l'objet de l'Annexe F du présent document.

- Classement de l'ouvrage : pour les barrages hydroélectriques, il n'y a pas d'arrêté préfectoral mais un envoi de courrier. Pour le barrage de Pont Rolland, l'envoi de courrier date du 1^{er} avril 2008.

Un Plan de Prévention des Risques inondations (PPRI) du Gouessant a été prescrit par un arrêté préfectoral en date du 22 décembre 2010 modifié le 6 juillet 2011, et a été approuvé par un arrêté préfectoral en date du 14 mars 2014. Ce PPRI concerne les communes de Lamballe, Noyal et Plestan mais le périmètre a été étendu, pour la caractérisation et la cartographie de l'aléa inondation, notamment sur les communes de Morieux et Hillion.

Un Plan de Prévention des Risques littoraux et d'inondation (PPRli) de la Baie de Saint-Brieuc a été également prescrit par un arrêté préfectoral en date du 14 octobre 2011 et est en cours d'élaboration.

2.3 PÉRIMÈTRE DE L'OUVRAGE ET ZONE D'ÉTUDE

2.3.1 Périmètre de l'ouvrage

Le périmètre de l'étude de dangers du barrage de Pont Rolland est délimité par :

- la retenue, son fond et ses rives ;
- le barrage de type voûte en béton armé, à crête déversante au centre et présentant un parapet à chaque rive et dont les appuis rocheux du barrage protégé par un tapis aval en béton ;
- une vidange de fond avec grille d'entrée, vanne de type wagon (1,5m par 1,5m), dont l'axe est à la cote de 6 m NGF, manœuvrable électroniquement et manuellement à partir d'une plateforme en crête, et batardable par l'amont ;
- une vidange de demi-fond avec grille d'entrée et vanne de tête de type wagon (appelée aussi vanne de secours, de conception similaire à la vanne de fond), dont l'axe est à la cote de 11 m NGF manœuvrable uniquement manuellement à partir d'une plateforme en crête accessible par la rive droite, et batardable par l'amont ;
- un seuil aval garantissant une lame d'eau permanente en pied aval du barrage ;
- les dispositifs d'auscultation (outre les deux puits de mesure de la cote de la retenue, 4 points de mesure de fuites en pied d'ouvrage, échelles limnimétriques).



Figure 2.1 Vue aérienne du barrage de Pont Rolland et des différents ouvrages et organes visibles

Le barrage, ses organes d'évacuation ainsi que l'environnement de l'ouvrage sont décrits au chapitre 3.

2.3.2 Zone d'étude

Autour de l'ouvrage, la zone d'étude est définie par l'ensemble des éléments de son environnement qui peuvent interagir avec le barrage, soit comme agresseurs, soit comme enjeux. Bien qu'elle s'étende à l'amont sur le bassin versant du barrage, et à l'aval sur l'emprise de l'onde de submersion en cas de rupture du barrage, ne sont retenus que les éléments pouvant interagir effectivement avec le barrage.

Dans le cas du barrage de Pont-Rolland, la zone d'étude comprend donc les points singuliers suivants :

- Les équipements de la centrale hydroélectrique :
 - un ouvrage de prise d'eau implanté en rive gauche avec plan de grilles, vanne de type wagon obturant le puits de prise d'eau et manœuvrable électroniquement et manuellement à partir du local de prise d'eau en rive gauche, by-pass, palette de survitesse et deux puits de mesure de la cote du plan d'eau ;
 - un ouvrage d'amenée en rive gauche long de 325,80 m, en béton armé jusqu'à la cheminée d'équilibre ;
 - une cheminée d'équilibre constituée d'anneaux de béton et revêtues extérieurement de maçonneries, de 16 m de haut et de 9 m de diamètre ;
 - deux conduites forcées avec vanne de pied jusqu'à l'usine hydroélectrique de Pont-Rolland ;
 - la centrale hydroélectrique de Pont Rolland ;
- À l'amont de la retenue :
 - l'ensemble du bassin versant ;
 - le barrage des Ponts-Neufs ;
- Autour de la retenue :
 - Les voies de communications au barrage ;
 - Les sentiers de randonnée ;
- À l'aval de l'ouvrage :
 - Outre la centrale et ses équipements, le hameau constitué de trois maisons d'habitations, en amont de la centrale ;
 - Le pont sur la RD 34 ;
 - Le sentier GR 34 ;
 - Les plages et le camping de Bonabry ;
 - Les activités conchyliques.

Les éléments constituant la zone d'étude de l'ouvrage sont décrits au paragraphe 3.10.

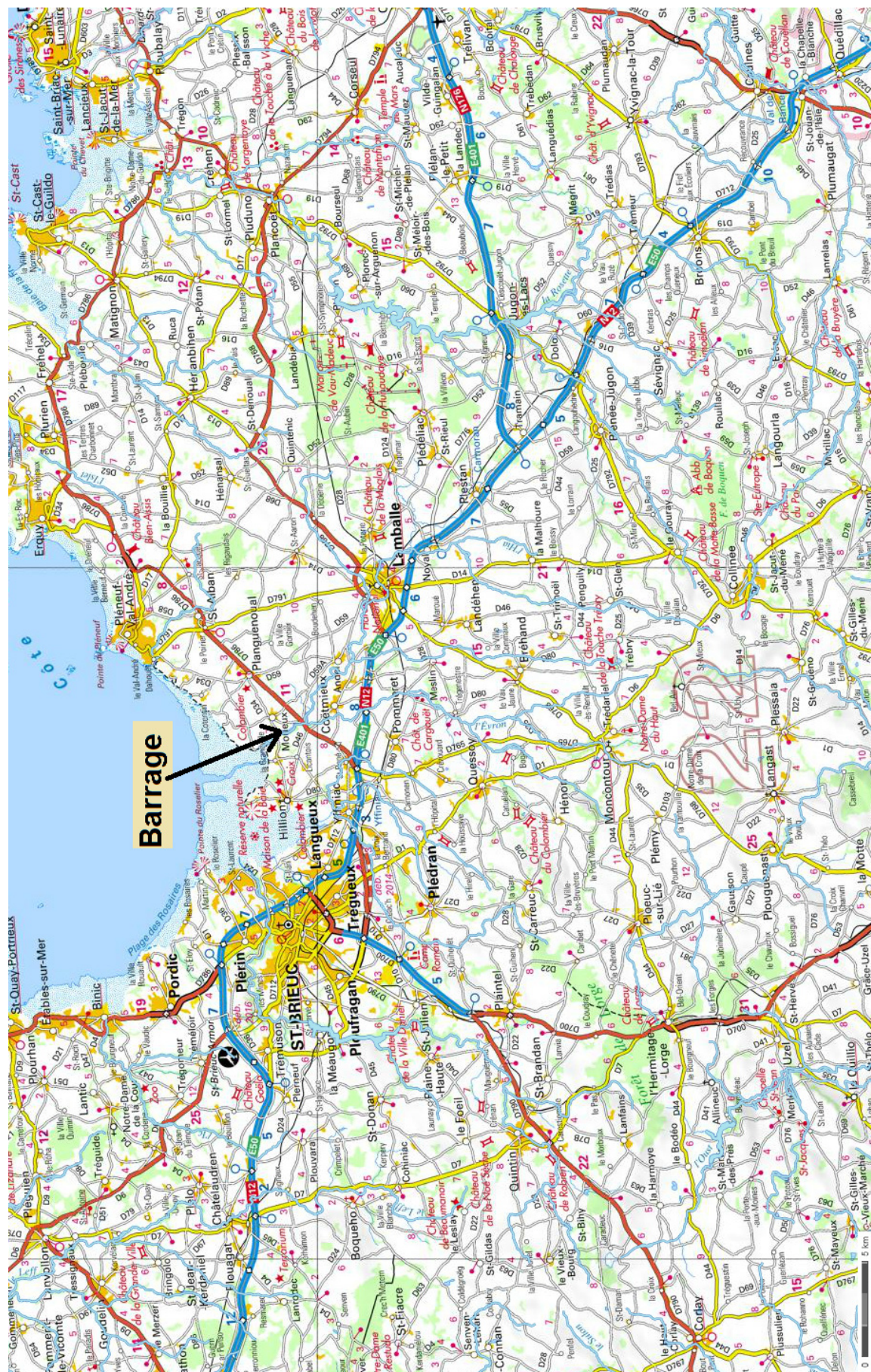


Figure 2.2 Zone d'étude

3 ANALYSE FONCTIONNELLE DES OUVRAGES ET DE LEUR ENVIRONNEMENT

3.1 PRESENTATION GENERALE DU BARRAGE

3.1.1 Présentation du fonctionnement général de l'ouvrage

Conformément à l'arrêté du 21 mai 2010⁽¹⁾ [DA9], 3 fonctions de sécurité sont assurées par le barrage réservoir de Pont Rolland :

- *Retenir l'eau* : cette fonction consiste à résister aux séismes et aux sollicitations de pression et d'érosion générées par l'action de l'eau de la retenue sur le barrage et ses organes de sécurité, le sol de fondation et les berges de la retenue ;
- *Maîtriser les variations de débits relâchés à l'aval* : cette fonction consiste à maîtriser les manœuvres des organes hydrauliques en conditions d'exploitation normales et exceptionnelles et à s'assurer de leur bon état ;
- *Maîtriser les variations du niveau du plan d'eau amont* : cette fonction consiste à maîtriser les manœuvres des organes hydrauliques en conditions d'exploitation normales et exceptionnelles et à s'assurer que ces organes fonctionnent et ne sont pas obstrués : l'évacuation des crues s'effectue de façon passive au barrage de Pont Rolland par déversement sur la crête.

Les éléments organisationnels et techniques participant à ces 3 fonctions sont présentés dans les paragraphes suivants.

Au-delà de l'analyse organique (décomposition d'un système selon ses organes, voir §3.2), une analyse fonctionnelle est réalisée (voir §3.5) afin de décomposer le système barrage et ses composants selon les fonctions qu'ils assurent. Elle établit de façon systématique et exhaustive les relations fonctionnelles à l'intérieur et à l'extérieur de ce système.

L'analyse des défaillances sur les éléments constitutifs de l'ouvrage pouvant entraîner la perte des fonctions de sécurité est réalisée au chapitre 8.

Par l'arrêté relatif à la gestion au titre de la sécurité publique par EDF SA en date du 26 juin 2014 et afin de garantir la sûreté des ouvrages et la sécurité des tiers, la société Electricité de France (EDF), est mandatée pour gérer l'aménagement hydroélectrique de Pont Rolland et à occuper l'ensemble des terrains et immeubles du domaine public de l'Etat. Ce mandat a pris effet au 1^{er} juillet 2014, pour une durée d'un an et est reconductible annuellement, par tacite reconduction.

Depuis l'arrêt de l'usine hydroélectrique, l'ouvrage fait l'objet d'une surverse permanente prise en compte dans le cadre de la présente Etude De Dangers.



Figure 3.1 Surverse permanente du barrage de Pont Rolland

⁽¹⁾ L'arrêté du 21 mai 2010 définit l'échelle de gravité des événements ou évolutions concernant un barrage ou une digue ou leur exploitation et mettant en cause ou étant susceptibles de mettre en cause la sécurité des personnes ou des biens et précisant les modalités de leur déclaration. Cet arrêté n'est pas propre au barrage de Pont Rolland.

Sources utilisées : [8] ; [21]

Le barrage de Pont Rolland est implanté sur les communes de Hillion et de Morieux dans le département des Côtes d'Armor (22), sur la rivière du Gouessant.

Le barrage est constitué d'une voûte unique en arc de cercle en béton au mortier de ciment, armé. La voûte présente un rayon de 45 mètres en extrados, pour un développement en crête de 102,60 mètres. Le barrage est déversant sur 59,91 mètres de longueur. Il comprend deux parapets aux extrémités de 2,20 mètres de hauteur. Le parapet en rive droite est long de 11 mètres ; en rive gauche, il est long de 26,80 mètres.

Ce barrage crée une retenue de 1 million de mètres cubes à retenue normale.

La localisation du barrage de Pont Rolland est précisée ci-après. L'accès au barrage se fait à partir de la route départementale D34.

Le barrage a la particularité d'être située à la limite des affaires maritimes et fluviales. La zone à l'aval est située à la limite de salure des eaux.

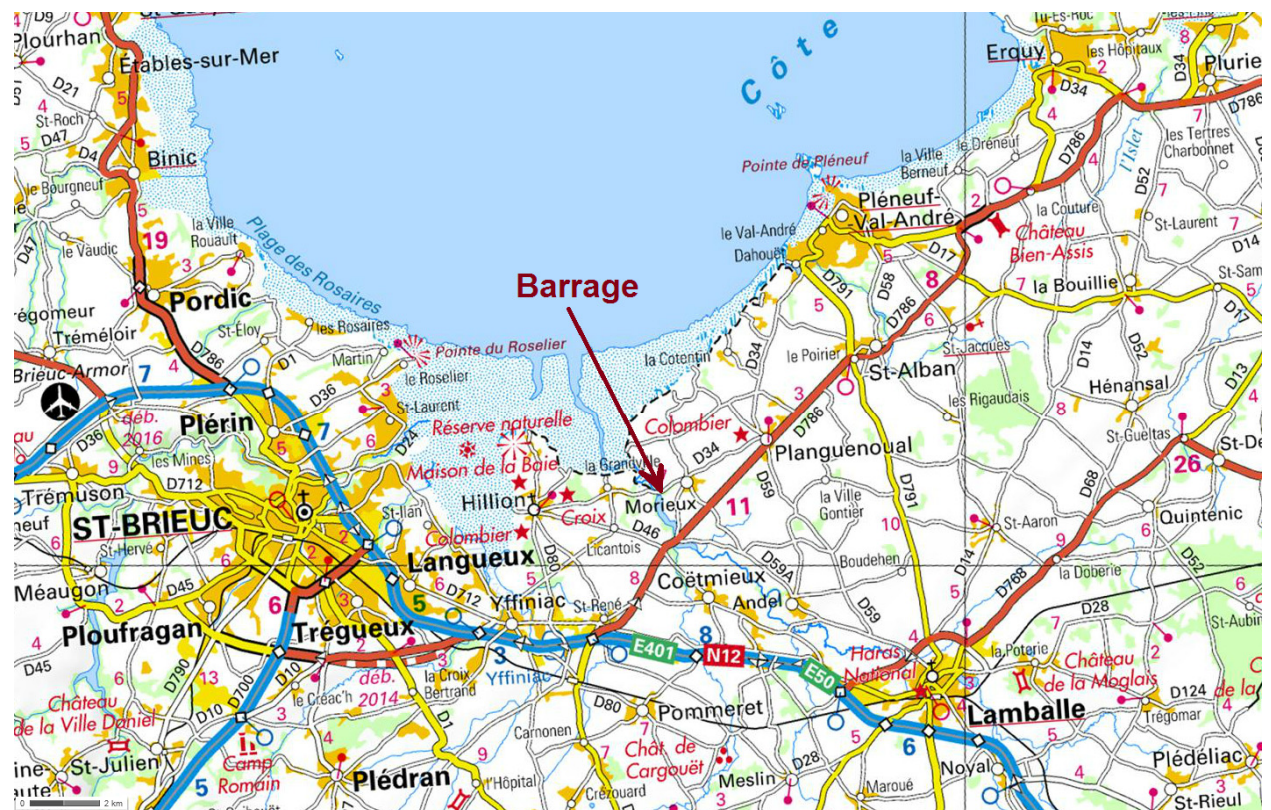


Figure 3.2 Localisation du barrage de Pont Rolland

Le barrage est équipé d'une vidange de fond et d'une vanne de secours :

- La vidange de fond est implantée en rive gauche du déversoir et comprend :
 - une grille d'entrée ;
 - une vanne wagon qui obture un conduit cylindrique ;
 - un batardeau qui permet d'isoler au besoin la vanne de fond.
- La vanne de secours est située en rive droite. De conception similaire à la vidange de fond, cette vanne n'est jamais manœuvrée.

3.1.3 Utilisations du barrage

Sources utilisées : [8] ; [23]

Le barrage de Pont Rolland faisait partie du groupement d'usines (GU) de Guerlédan d'EDF et était exploité par EDF depuis l'usine de Guerlédan. La concession hydroélectrique confiée à EDF est échue depuis le 31 décembre 2010. Compte-tenu de l'incertitude sur l'avenir de ce barrage, qui n'a toujours pas trouvé de repreneur pour son exploitation, les groupes de production vétustes n'ont pas été remis en état. Cependant, depuis la fin de la concession jusqu'en juin 2014, EDF était autorisé à produire de l'électricité.

Actuellement, hormis pour les activités de pêche, plus aucune utilisation n'est faite de la retenue de Pont Rolland. Compte-tenu de la détérioration des groupes depuis plus de 3 ans, Edf a décidé d'arrêter l'usine. La vanne de tête est maintenue en position fermée. Depuis début 2014, le barrage de Pont Rolland est en surverse permanente.

L'aménagement hydroélectrique est présenté ci-après :

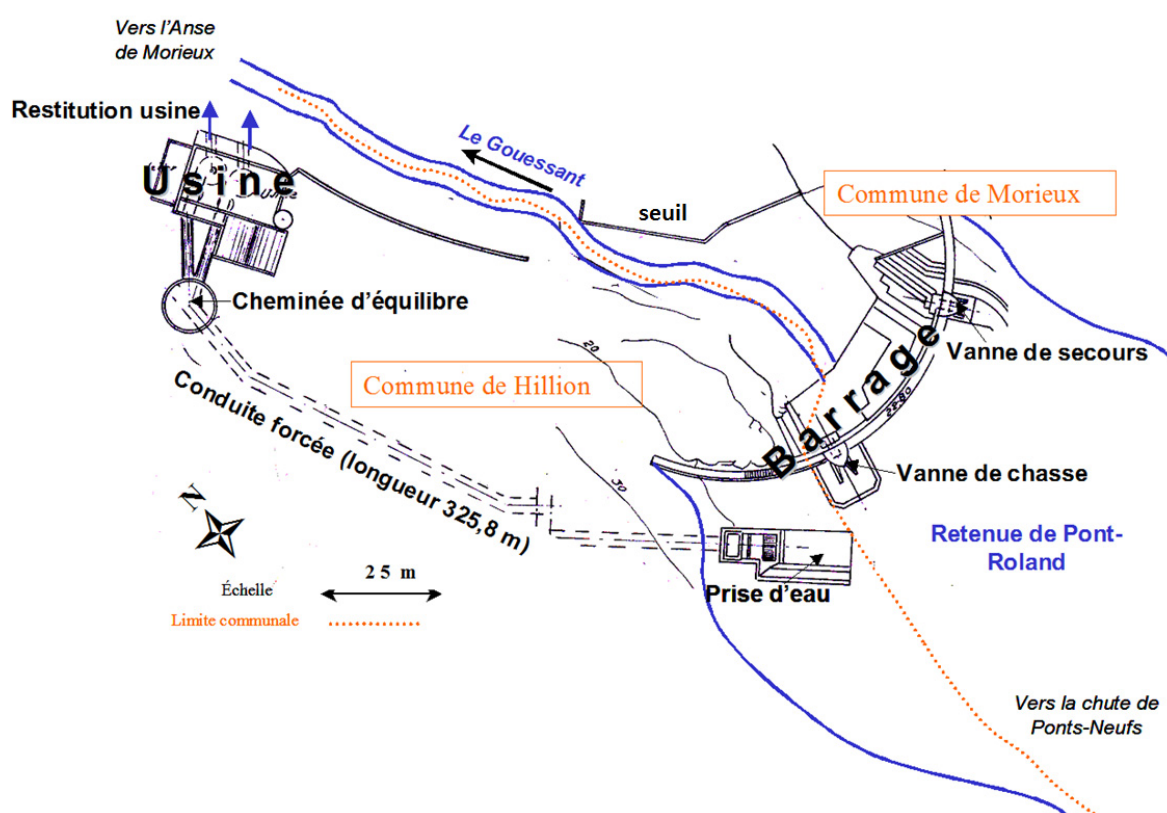


Figure 3.3 Aménagement de Pont Rolland

L'ensemble de l'aménagement hydroélectrique comprend :

- Les éléments dans le périmètre de l'ouvrage à savoir :
 - la retenue et ses rives ;
 - le barrage à crête déversante équipé d'une vidange de fond et de la vanne de secours actuellement non utilisée ;
- un ouvrage de prise d'eau, un ouvrage d'amenée ;
- la cheminée d'équilibre ;
- les conduites forcées entre la cheminée d'équilibre et la centrale ;
- la centrale de production d'électricité.

3.2 CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES

Remarque : Toutes les cotes sont données dans le système altimétrique NGF-Lallemand.

Les principales caractéristiques du barrage sont résumées dans le tableau ci-après.

Type d'ouvrage	Barrage voûte en béton armé
Année de mise en eau	1935
Cours d'eau	Le Gouessant
Destination initiale	production d'électricité
Utilisation actuelle	Aucune utilisation
Bassin versant du Gouessant au droit du barrage	421,4 km ²
Longueur de l'ouvrage en crête	102,60 m
Hauteur maximale sur fondation	22,20 m
Cote de la fondation au droit de la vidange de fond	1,725 m NGF
Hauteur maximale sur TN (d'après le plan développé du barrage)	17,40 m
Hauteur maximale sur TN (d'après la coupe type du plan de détails d'exécution)	18,60 m
Épaisseur au sommet	2 mètres
Épaisseur de la voûte à la base	3,15 mètres
Épaisseur maximale en fond de fouille	5 mètres
Cote de la crête déversante	22,80 m NGF
Volume de retenue normale	1,0 million de mètres cubes
Cote minimale d'exploitation normale	18,80 m NGF
Volume de retenue à la cote minimale	575 000 mètres cubes
Cote des Plus Hautes Eaux, PHE (hydrologie récente de 2012, crue millénale évacuée par la crête déversante)	24,78 m
Volume de retenue à la cote des PHE	1,2 million de mètres cubes
Cote des parapets	25,00 m NGF
Épaisseur du parapet en rive gauche	70 cm
Épaisseur du parapet en rive droite	40 cm
Organes d'évacuation des crues : crête déversante	
Longueur de la crête déversante	59,91 m
Débit à la cote des PHE (crue millénale)	303 m ³ /s
Organes de vidange : 1 vidange de fond	
Cote de l'axe de la vanne de vidange	6 m NGF
Débit à RN de la vidange de fond	30 m ³ /s
Temps de vidange de la retenue (en jours)	< 21 jours
Vanne de demi-fond (ou vanne de secours)	
Cote de l'axe de la vanne de secours	10,75 m NGF
Débit à la cote des PHE de la vanne de secours	26 m ³ /s

Tableau 3.1 Principales caractéristiques de l'aménagement

3.3 HISTORIQUE DU BARRAGE DE PONT ROLLAND

Sources utilisées : [1] ; [2] ; [3] ; [4] ; [19] ; [21]

Le tableau suivant détaille les dates clés du barrage de Pont Rolland, de la construction de l'ouvrage en passant par les principaux travaux et les principales études :

1928	Décision de construire le barrage
9 février 1928	Visite du géologue Y. Milon accompagné de M. Pobeguïn, ingénieur Conseil de Sud Finistère Electrique
28 juillet 1930	Visite du géologue, Charles Thirion
Février 1931	Décret de concession
27 juillet 1933	Le projet d'exécution du barrage de Pont Rolland est approuvé par décision ministérielle
30 novembre 1933	Second rapport du géologue M. Y. Milon
1934-1935	Construction du barrage
Novembre 1935	Mise en eau
1936	Réalisation d'injections pour faire face à des venues d'eau : 89 injections au contact Béton-rocher et 14 injections dans des failles
1957	Vidange complète de la retenue
1964	Vidange partielle de la retenue
1974	Vidange complète de la retenue
1988	Vidange partielle de la retenue
2003	Vidange partielle de la retenue
Août 2007	Nettoyage des grilles de prise d'eau par plongeurs
Avril 2008	Inspection subaquatique par engin filoguidé (ROV Super Achille)
Novembre 2008	Dépose de l'ancien batardeau et du portique de la vidange de fond
16 mars 2009	Remplacement de la vanne de fond
3 novembre 2009	Visite Technique Approfondie du génie civil du barrage de Pont Rolland
28 février 2010	Déversement de 128 m ³ /s
26 juillet 2010	Reprise d'étanchéité sur réception fuites par l'entreprise Appia
19 octobre 2010	Grappinage des bois devant les vannes de tête et vannes de fond
15 et 16 novembre 2010	Expertise de la conduite d'amenée par EDF-CIH
19 novembre 2010	Expertise de la fosse aval du barrage après vidange par EDF-CIH
31 décembre 2010	Fin de la concession hydroélectrique confiée à EDF
Janvier 2011 à juin 2014	Durant cette période, EDF était encore autorisée à produire de l'électricité
8 avril 2011	Visite Technique Approfondie du contrôle-commande
22 Avril au 27 juillet 2011	Dépose de la vanne de fond pour reprise de l'étanchéité par l'entreprise Endel
10 octobre 2011	Réintervention pour traitement de deux fuites persistantes
9 novembre 2011	Visite Technique Approfondie Hydromécanique
15 novembre 2011	Ouverture totale de la vanne de fond, pour une cote de retenue de 23,11 m
20 novembre 2013	Visite technique Approfondie du matériel hydromécanique
Janvier 2014	Arrêt de production par EDF afin de ne pas solliciter le matériel électrique jugé vétuste, déversement permanent des eaux du Gouessant en crête du barrage depuis cette date.

3.4 LE BARRAGE ET SA FONDATION

3.4.1 Le barrage de Pont Rolland : l'un des premiers barrages voûtes en France

Le barrage de Pont Rolland est l'un des tout premiers barrages voûtes construits en France. Peu de barrages voûtes ont été construits avant 1935, année de la mise en eau du barrage. On peut citer les barrages suivants.

Le premier barrage voûte est le *barrage de Zola* (du nom du père de l'écrivain qui a conçu l'ouvrage). Ce barrage a été mis en eau en 1854 pour alimenter en eau la ville d'Aix-en-Provence. Il s'agit d'un ouvrage en maçonnerie, relativement épais, haut de 42 mètres pour une longueur de 66 mètres.

On peut également mentionner le barrage voûte d'*Estaens* construit en 1924 dans les Pyrénées : il s'agit d'une voûte de 15 mètres de haut, pour une longueur en crête de 20 mètres.

Le barrage de *Bellevaux* est un barrage voûte construit en 1927, haut de 28,70 m, construit dans une gorge étroite d'une dizaine de mètres de largeur et dont la retenue a la particularité d'être totalement engravée.

À la même époque que le barrage de Pont Rolland ont été construits également les barrages de *Sautet* sur le Drac (en 1934) et *Marèges* sur la Dordogne en 1935.

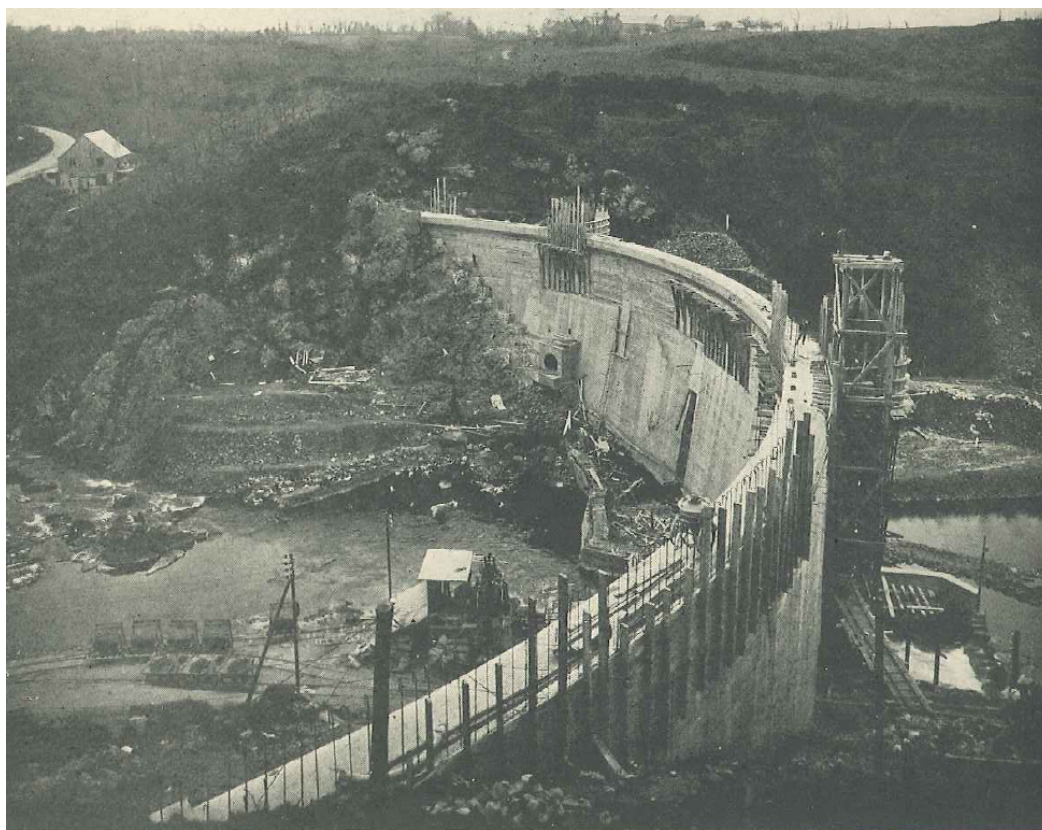


Figure 3.4 Construction du barrage de Pont Rolland⁽¹⁾

3.4.2 Construction du barrage

La construction du barrage de Pont Rolland a été décidée en 1928 afin de compléter la production de l'usine qui avait pris la place des grands moulins, à la cascade des Ponts-Neufs, pour assurer l'alimentation électrique de Saint-Brieuc. Le projet d'exécution du barrage de Pont Rolland a été approuvé par décision ministérielle du 27 juillet 1933. Le barrage a été construit par la Société Sud-Finistère Electrique bénéficiaire du décret de concession du 27 février 1931, sous le contrôle de

⁽¹⁾ Photographie issue de l'article « The Construction of Large Modern Water Dams », André Coyne, Société Des Ingénieurs Civils de France, British Section, 11 février 1937.

l'ingénieur en chef des Ponts-et-Chaussées Eugène Hélary et de l'ingénieur des Ponts-et-Chaussées Bigot, chargé du contrôle des forces hydrauliques du département des Côtes-du-Nord.

André Coyne, en tant qu'ingénieur en chef du service d'Aménagement de la Haute Dordogne, contribue activement à l'élaboration du dossier pour son approbation. Il visite une première fois le site le 9 février 1928 et le considère comme adapté à la construction d'un barrage voûte. Tout au long de la construction du barrage, il valide les plans, fait modifier les plans au besoin, et dispose des comptes-rendus de visite. Il revisite même le site en 1937 pour un début de corrosion sur la conduite forcée. Lors de cette visite aucun constat pathologique sur l'ouvrage.

Les plans de construction de l'ouvrage portent tous le nom « Sud-Finistère Electrique » et sont réalisés par le bureau d'étude « Lebon ».

Plusieurs références sont également faites à la compagnie « Lebon », notamment dans le rapport géologique de M. Thirion.

La compagnie Lebon, à l'origine une compagnie centrale d'éclairage et de chauffage par le gaz, a été fondée par Philippe Lebon (1767-1804), ingénieur et chimiste français, qui est l'inventeur de l'éclairage et du chauffage au gaz par distillation du bois. En 1924, la compagnie Lebon acquiert la majorité des actions de la Sud Finistère Electrique.

L'entrepreneur des travaux est l'entreprise Ballot, du nom de Léon Ballot. Léon Ballot (1869-1931), est un entrepreneur originaire de la Creuse. Ingénieur des Arts et Métiers, il fonde sa société en 1902, après avoir travaillé à la construction de chemin de fer en Roumanie. Après s'être consacré surtout aux terrassements pour les chemins de fer et leurs ouvrages d'art, vers 1925-1928, il s'oriente vers les ouvrages hydrauliques. Il réalise d'abord la chute de Diège puis barrage de Marèges (1930-1935) sur la Dordogne où s'illustre son fils Marcel Ballot (1900-1935), centralien. Après le décès de ce dernier, son frère Jacques assure la continuité de l'entreprise jusqu'en 1960. Sous sa direction, l'entreprise édifie des ouvrages exceptionnels tels que le barrage de l'Aigle en amont de Marèges, celui du Dokan en Irak ou encore celui de Grandval sur la Truyère.

Pour la construction du barrage de Pont Rolland, l'entreprise Ballot a mobilisé une main d'œuvre importante. Parmi la centaine d'ouvriers, outre des Français, des Italiens, des Allemands, un Tchèque et des Portugais ont été embauchés. Des travailleurs qui allaient bouleverser l'économie du pays durant la construction, en faisant marcher le commerce et en louant toutes les chambres libres des villages environnants de la Grandville, aux Ponts-Neufs, sans oublier le bourg de Morieux.

Les groupes hydroélectriques datant de 1935, ont fait appel à la compétence de trois sociétés :

- les turbines et alternateurs ont été réalisés par les ateliers Neyret-Beylier et Picard-Pictet de Grenoble (Neyrpic puis Alstom) ;
- les régulateurs de vitesse ont été fabriqués par la Compagnie Fives-Lille à Givors ;
- les appareillages électriques par la Compagnie Electromécanique à Paris ;
- les transformateurs par le matériel Electrique SW à Paris.

Dès 1935, l'usine est exploitée par Sud Finistère Electrique.

Après la loi de nationalisation des industries électriques et gazières de 1946, à partir de 1947, l'aménagement de Pont Rolland est exploité par EDF, toujours dans le cadre de la concession attribuée à la société Sud Finistère Electrique par décret du 27 février 1931. Ce n'est qu'à la suite du décret du 4 juillet 1975 qu'EDF devient le concessionnaire de cette chute, jusqu'au 31 décembre 2010.

3.4.3 Voûte du barrage

Sources utilisées : [2] ; [3] ; [5] ; [6]

Le barrage de Pont Rolland est un barrage voûte à simple courbure, disposant de 8 joints nommés Joint A, B, C, D, E, F, G, H de la rive gauche à la rive droite distants en moyenne de 12 mètres.

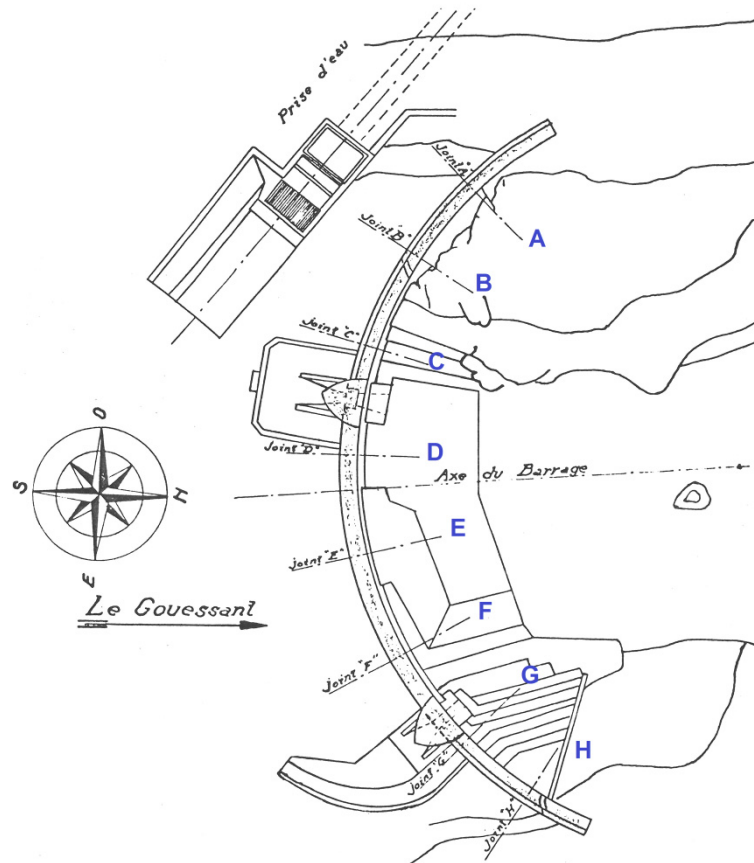


Figure 3.5 Parement amont vertical

Le parement amont du barrage est en forme de cylindre vertical de 45 mètres de rayon.

Le parement aval est vertical dans sa partie supérieure et possède un fruit de 0,15, de la cote 5 m NGF à la cote 16,50 m NGF.

Les fouilles de la voûte ont été bloquées en béton. La rive droite du barrage présente à l'aval des marches en béton protégeant l'appui contre les déversements en crête.

Un plan de détails d'exécution du 8 octobre 1934, réalisé par Sud Finistère Electrique, précise les caractéristiques géométriques à travers une coupe type et précise la répartition des armatures tel que réalisé par l'entreprise Léon Ballot.

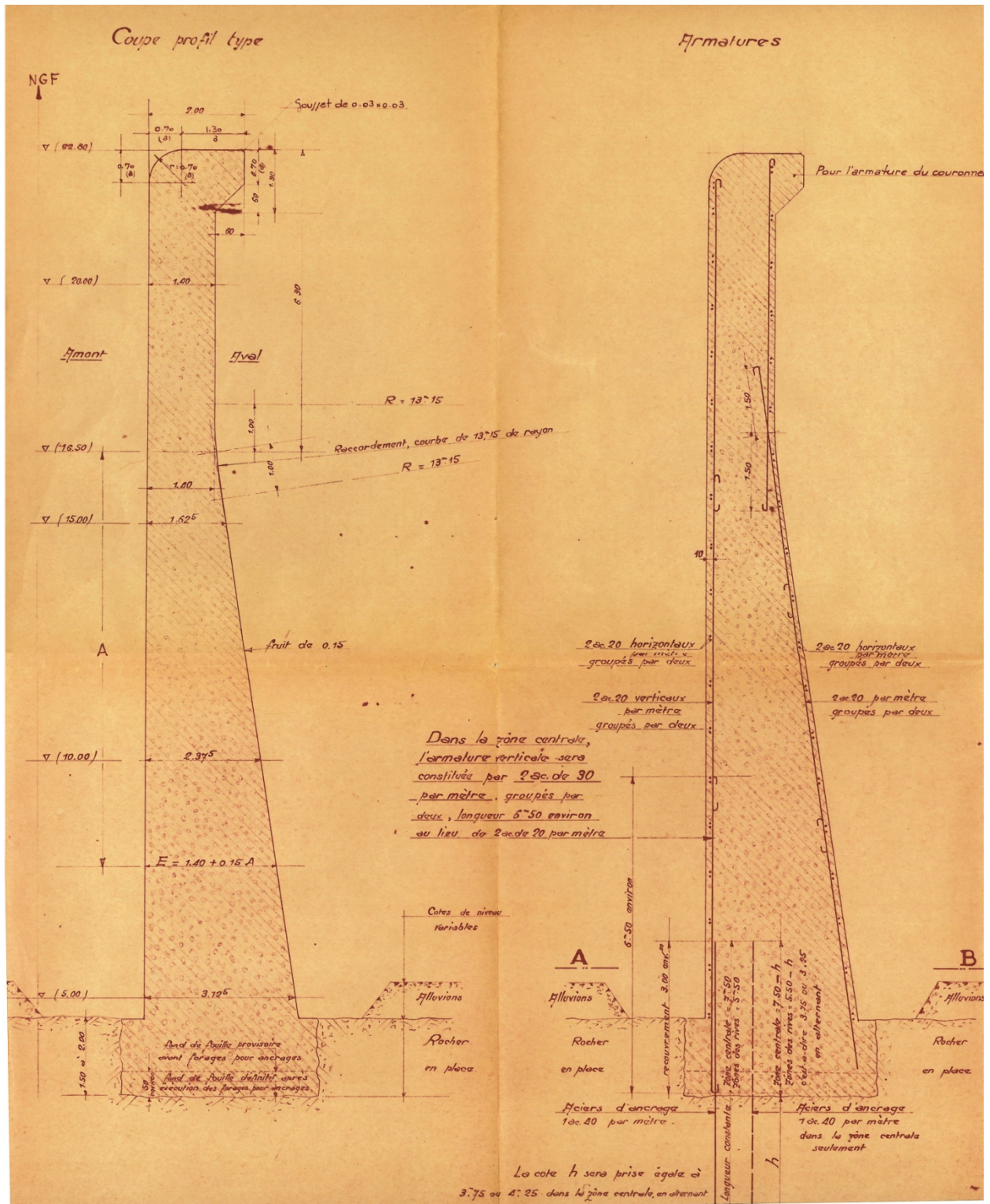


Figure 3.6 *Détails d'exécution, plan d'archive Sud Finistère Electrique, le 8 octobre 1934*

La partie déversante de la crête comporte une nervure raidissante faisant saillie sur le parement aval.

3.4.3.1 Composition du béton

La composition du béton de Pont Rolland est la suivante :

- 200 l de cailloux de concassage ;
- 100 l de sable de concassage ;
- 60 l de gravillons ;
- 180 l de sable de mer tout venant ;
- 50 l de sable de dunes ;
- 150 kg de ciment ;
- 4,5 kg d'adjuvant : Kieselguhr

Les essais sur cubes effectués ont donné des résultats variant entre 250 et 350 kg par cm² à 90 jours : le béton a été vibré en parements.

3.4.3.2 Armatures

Le parement amont a reçu un enduit grillagé au ciment-gun et a été recouvert d'un produit bitumineux ou asphaltique.

Les plans de détails d'exécution séparent l'ouvrage en trois zones :

- zone rive droite de 20 m environ ;
- zone centrale de 60 m environ ;
- zone rive gauche de 20 m environ.

Des barres d'ancrage ont été mises en place afin d'empêcher la libération du pied amont de l'ouvrage. Les deux zones en rive et la zone centrale font l'objet de détails d'exécution différents, notamment aux niveaux de ces barres d'ancrage.

Dans la zone centrale, des barres d'ancrage de 40 mm⁽¹⁾ ont été mises en place, d'une hauteur de 3,75 m ou 4,25 m en alternant, avec un espacement d'un mètre. Les forages pour ces barres ont été réalisés à partir d'un fond de fouille provisoire environ 50 cm plus haut que le fond de fouille définitif, le socle de pied dans le rocher ayant une hauteur d'1,50 mètres à 2 mètres. Les forages d'ancrage alternent en partie centrale avec des forages pour injections suivies de reforages pour scellement de barres d'ancrages.

En rive, les forages pour le scellement de barres d'ancrage d'une hauteur de 1,75 mètre ou 2,25 mètres ont été réalisés avec un espacement de 1 mètre. Des forages pour injections d'une hauteur de 1,50 mètre ont été réalisés au centre du profil avec un espacement de 2 mètres.

Les armatures de la voûte respectent les principes suivants :

- sur les 6.50 mètres en pied d'ouvrage, l'armature horizontale en parement amont est constituée par 2 barres d'armature Ø30, par groupe de 2, chaque groupe étant espacé d'un mètre. Ailleurs, les armatures horizontales respectent cette répartition mais sont de diamètre Ø20 ;
- verticalement des aciers Ø20 groupés par deux ont été mis en place avec un espacement d'un mètre.

⁽¹⁾ D'après le procès verbal de récolement en date du 16 juin 1936, par l'Ingénieur Bigot des Ponts et chaussées

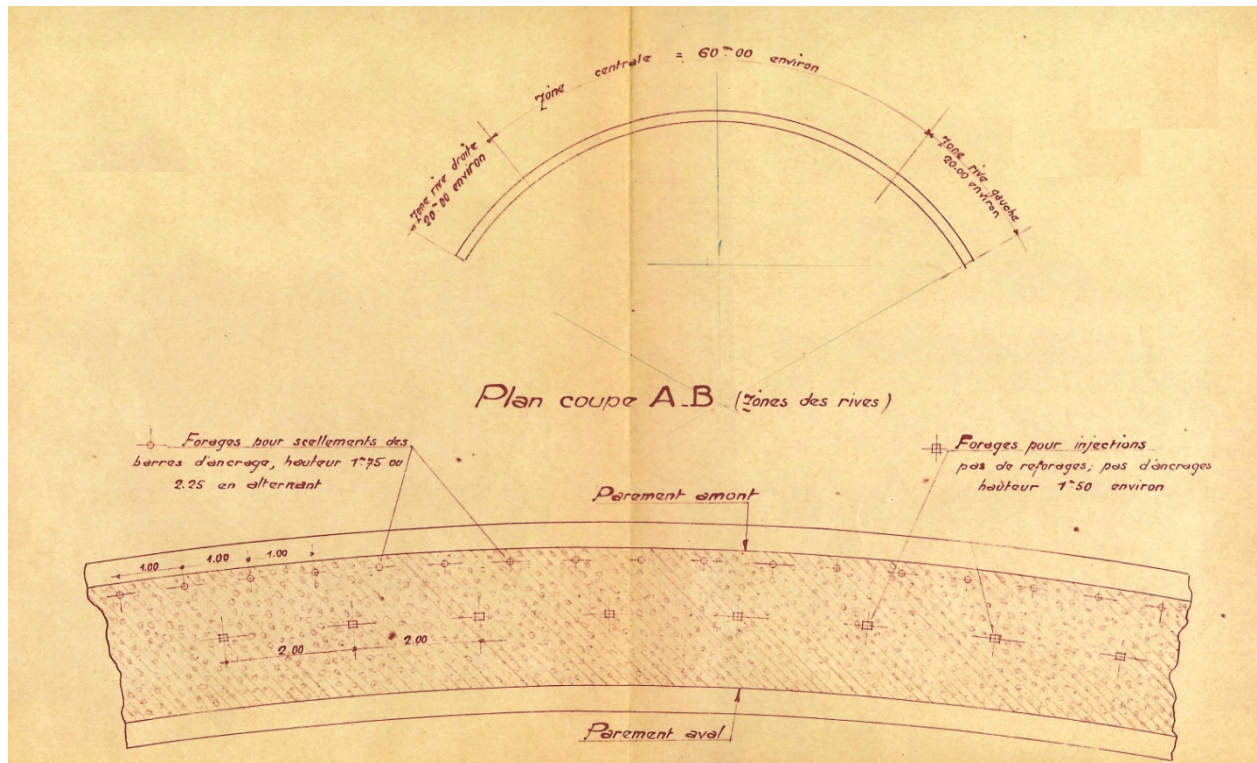


Figure 3.7 Détails d'exécution, zone des rives, 8 octobre 1934

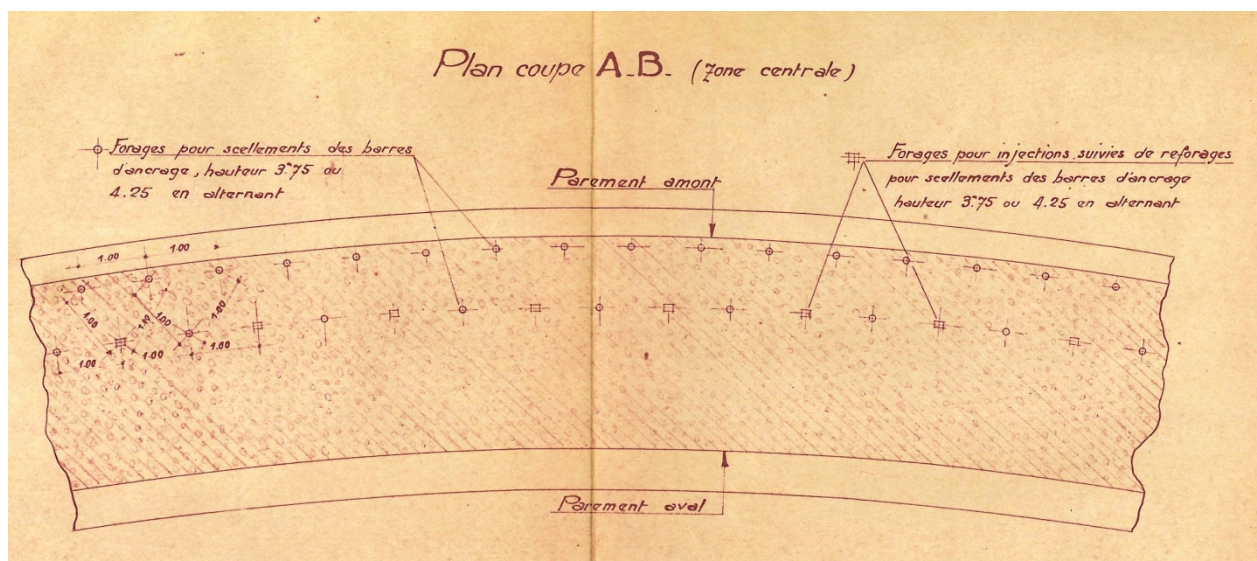


Figure 3.8 Détails d'exécution, zone centrale, 8 octobre 1934

3.4.4 Joints de contraction

Les joints de contraction, destinés à permettre au béton d'accompagner sa contraction thermique et une partie de son retrait, ont une épaisseur d'un mètre. Des tubes d'injection et quatre trous d'injection étaient prévus. Le détail d'un joint est précisé ci-après. Ces joints pouvaient servir de puits lors de la construction du barrage. Ces joints ne descendent jamais en-dessous de la cote 6,50 m NGF. Ils s'arrêtent sensiblement au niveau du terrain aval.

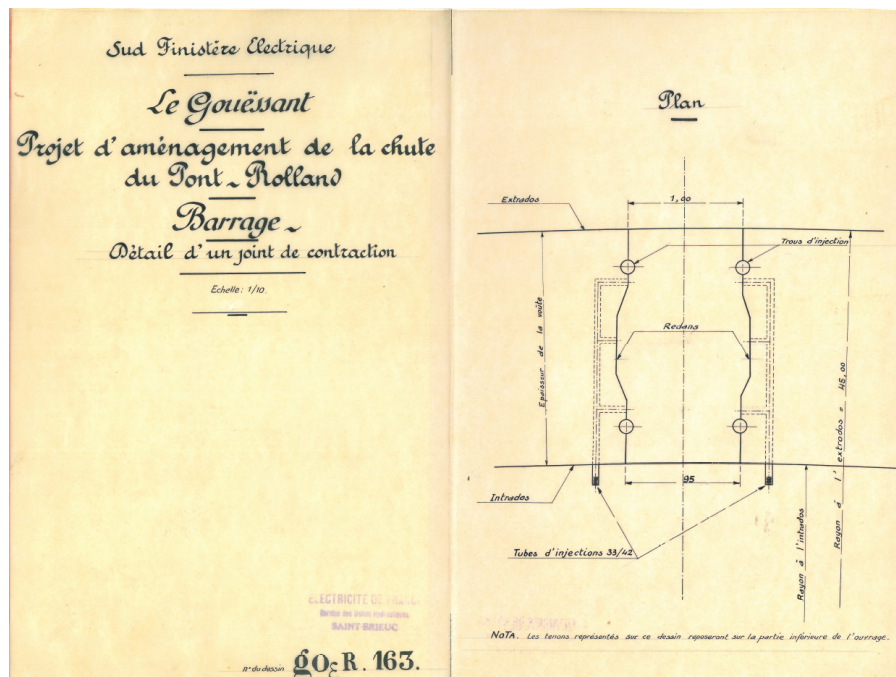


Figure 3.9 Détails d'un joint de contraction

Le coulage du béton des joints de clavage a été exécuté de janvier à avril 1935 pour le haut des joints et en août pour le bas. Les clavages définitifs ont été faits par injections de ciment : une première série en septembre-octobre 1935 et une seconde en avril 1936.

3.4.5 Géologie

Sources utilisées : [0] ; [1] ; [2] ; [4]

L'extrait du mémoire technique rédigé le 30 mars 1933 par Sud Finistère Electrique expose dans ses grandes lignes les raisons de l'emplacement et du type d'ouvrage : *" Nous avons arrêté notre choix à un projet de barrage à voûte unique, particulièrement approprié au cas d'espèce envisagé. En effet, la topographie de la vallée à l'endroit choisi et l'excellente qualité du rocher de fondation, qui sur les rives est presque partout à découvert et dont les sondages ont manifesté la présence à peu de profondeur dans les lits de la rivière, sont autant de circonstances favorables à la construction d'un barrage à voûte unique qui représente dans l'état actuel de la technique, la solution de beaucoup la plus économique et la plus sûre au problème posé. L'avantage de ce type d'ouvrage tient aussi bien à l'économie de cube (tant sur les fouilles que sur les maçonneries) qu'à l'économie de temps et de risques consécutive au peu d'importance des fondations en rivière "*.

Les documents d'archive du barrage font mention de trois rapports géologiques :

- Le premier rapport géologique a été réalisé par M Y. Milon, Professeur à la Faculté de Rennes (de 1927 à 1968, y étant entré en 1919 comme assistant du Professeur Kerforne). M. Milon est donc bien placé pour connaître la géologie régionale, telle qu'appréhendée à l'époque, et aussi la géomorphologie régionale. Ce rapport détaille le compte-rendu de sa visite du 9 février 1928 avec examen de la vallée du Gouessant en aval de l'usine des Ponts-neufs.
- Le deuxième rapport a été rédigé par Ch. Thirion, ingénieur géologue (I.G.N.) qui détaille le compte-rendu de sa visite du 28 juillet 1930. Sa visite avait pour objet (1) d'analyser l'imperméabilité du périmètre qui allait être inondé et (2) d'étudier l'étanchéité et la résistance mécanique des roches sur lesquelles le barrage allait être fondé.
- Un troisième rapport géologique, en date du 30 novembre 1933, soit 3 ans après le deuxième rapport, a été réalisé par M Y. Milon qui avait déjà réalisé la première visite de la vallée en 1928. Ce rapport reprend la description de 5 sondages de reconnaissance, sans qu'aucune localisation n'accompagne son rapport. On peut supposer que ces sondages

sont les mêmes que ceux observés par M. Thirion en 1930, bien qu'aucune référence ne soit faite concernant le rapport de M. Thirion de 1930.

3.4.5.1 Rapport de M. Milon, compte-rendu de la visite du 9 février 1928

M. Milon détaille les résultats de l'examen de la vallée en aval de l'usine des Ponts-Neufs, qu'il a réalisé le 9 février 1928, accompagné de M. Pobeguïn, ingénieur de Sud Finistère Electrique. À la suite de l'inspection, deux emplacements sont envisagés pour le barrage. Un premier emplacement localisé « en amont du moulin de l'Alouette » est décrit. Toutefois, la préférence est donnée au second emplacement situé 100 mètres en amont du moulin du Pont Rolland. Cet emplacement a été préconisé sous réserve des résultats des fouilles préalables. Il est précisé que le profil de la vallée y est resserré, « les pentes régulières sur les deux versants où des roches affleurent, qui paraissent bien « en place », et sans éboulis notables ».

3.4.5.2 Charles Thirion, 28 juillet 1930

Le rapport de Charles Thirion est intitulé « Projet de barrage sur la rivière « Le Gouessant », Rapport géologique ». Ce rapport précise que la visite a été réalisée à la demande de la compagnie Lebon.

Une première partie du rapport est consacrée à la géologie régionale. M. Thirion précise que « *La région se développe dans un complexe de roches schisteuses et gneissiques, compactes ou feldspathisées présentant ça et là des facies granulitiques. Les dépôts alluvionnaires sont peu développés. Les dépôts meubles sur les pentes sont en moyenne très réduits. Les formations glaciaires font défaut.* »

M. Thirion précise que les mouvements tectoniques qu'a connus la région ont conduit à la présence de nombreuses petites failles. *La puissance de dislocation de ces failles est faible, de l'ordre d'un demi-mètre maximum. Elles se traduisent par un faisceau de cassures, sensiblement parallèles et parallèles à la vallée du Gouessant. Elles sont généralement subverticales et de pendage Est. Elles s'accompagnent de petites dislocations qui donnent naissance à des roches d'aspect bréchiforme (fausses-brèches).*

Cette présentation l'amène à se positionner sur l'imperméabilité de la retenue. Les formations géologiques imperméables sont favorables à la retenue mais les petites failles peuvent modifier la perméabilité des sols.

Au préalable de sa visite, la compagnie Lebon avait déjà mis à nu la roche en place, suite à des travaux de décapage. La localisation de la tranchée réalisée, dénommée G.G. n°34, n'est pas précisée : aucune carte n'accompagne le rapport. Seule la mention « petites carrières près du pont du G.C. » est portée.

M. Thirion précise qu'« *une étude de surface même très détaillée ne pourrait garantir de déceler toutes les cassures dans cette zone de végétation couverte et aux affleurements naturels assez rares* ». L'étude localisée le conforte toutefois sur les faibles risques de déperdition d'eau par infiltration.

Ce premier point traité, M. Thirion se concentre sur les conditions géologiques locales au droit du projet de barrage. Lors de la visite de l'ingénieur géologue, 5 sondages de reconnaissance disposés transversalement à la vallée avaient pu être réalisés, dans « *la partie étranglée de la vallée sise en amont du pont du G.C. n°34, et qui fait suite au bief élargi* » au niveau de la zone décapée.

M. Thirion commence par reprendre les indications portées sur le carnet de sondage et corrige la mention de « roches fissurées » : bien que traversées de petites failles, les carottes que M. Thirion a eues en main étaient « *d'une imperméabilité non douteuse* ».

M. Thirion recommande toutefois de déplacer l'emplacement projeté du barrage d'une trentaine de mètres en amont (implantation II, l'emplacement initial étant l'emplacement I), pour un ancrage de barrage sensiblement similaire.

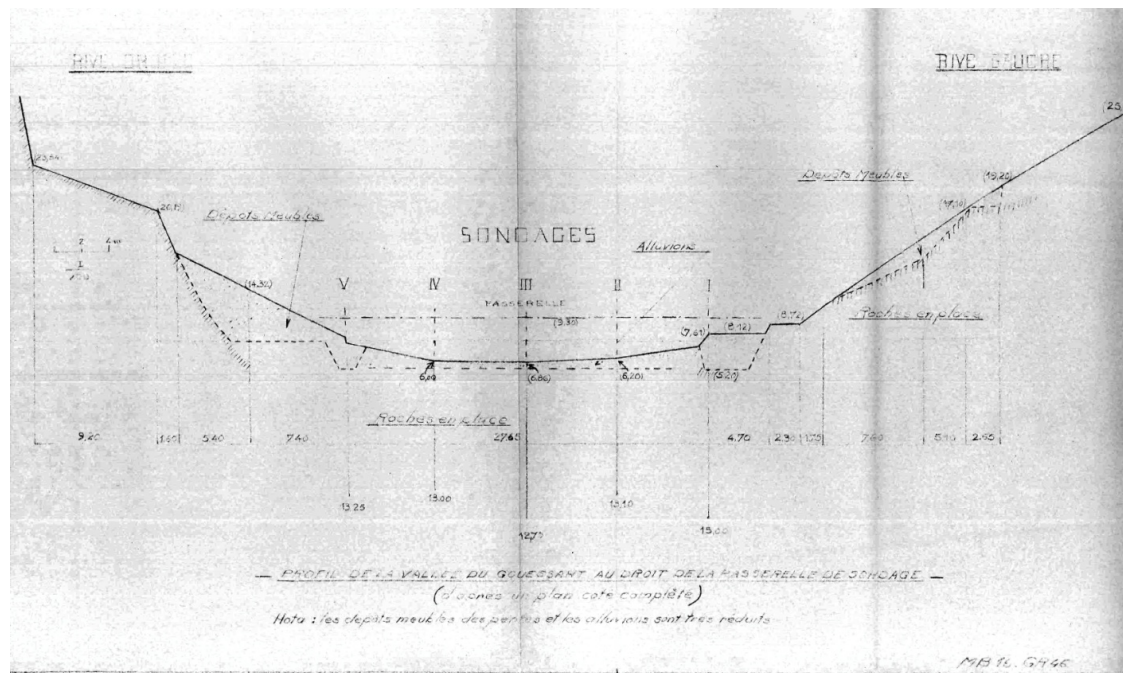


Figure 3.10 Plan des sondages fourni avec le rapport de M. Thirion

3.4.5.3 Rapport de M. Y. Milon, 30 novembre 1933

Le rapport de M. Milon est intitulé « Projet Rapport géologique sur le projet d'établissement d'un barrage au moulin Rolland, Vallée du Gouessant ».

La première partie du rapport est consacrée à une description du Gouessant et de la géomorphologie régionale. Il développe en détails 4 stades de creusement du lit du Gouessant, qu'il compare avec les cycles d'érosion des rivières voisines. Il explique que la zone du barrage était encore, avant l'établissement des moulins, en voie de creusement actif. Ce tronçon fondé sur un fond rocheux très dur ne donne lieu qu'à un faible alluvionnement.

Il consacre ensuite son étude à l'étude du substratum rocheux. M. Milon précise dans son rapport que les versants ont été déblayés sur les deux rives du Gouessant, sans que l'on sache si ces roches ont été mises à nu selon l'emplacement préconisé par M. Thirion ou, si c'est toujours la même tranchée que M. Thirion qui est observée par M. Milon. Aucune référence au rapport de M. Thirion n'est faite par M. Milon.

« Le substratum rocheux dans la zone d'implantation du barrage est formé par un complexe appartenant au grand « V » de roches vertes encadrant la baie de St Brieuc. La dominante de ce complexe a été appelée successivement granit à amphibole de St-Brieuc, syénite de Coutances et actuellement Diorite et granit Dioritique [...]. La Diorite typique telle qu'on la trouve au moulin Rolland est une roche d'aspect foncé (mésocrate) renfermant des cristaux d'une Amphibole, la Hornblende, d'un noir brillant, verts par transparence et des feldspaths calcosodiques, presque toujours du mica biotite, et une très petite quantité de quartz, puis, comme éléments accessoires, mais constants : de la magnétite, de l'ilménite, du zircon, de l'apatite. La texture est grenue et généralement visible à l'œil nu.

La présence du feldspath orthose seule fait passer la Diorite aux Syénites.

La présence du quartz seul fait passer la roche aux Diorites quartzifères.

Au Pont Rolland on observe dans les Diorites des passées de schistes cornés amphiboliques, et l'on peut noter tous les passages entre ces roches, des schistes amphiboliques feldspathés et des roches grenues allant jusqu'aux Diorites quartzifères. Les amphibolites ont été fragmentées et injectées par un magma pâteux en voie de cristallisation, donnant toute une série de termes allant du granit grenu à amphibole à la Diorite quartzite. »

3.4.7 Conclusion sur la géologie du site

La géologie du site était bien connue lors de la construction du barrage et a l'objet de reconnaissances par des géologues disposant d'une bonne connaissance de la géologie régionale. Le barrage a été fondé sur des roches dures et chaque faille a été repérée et traitée.

3.4.8 Dispositif de drainage

Le barrage ne dispose d'aucun dispositif de drainage de l'ouvrage et de sa fondation : seul un système de collecte des eaux en rive gauche de l'ouvrage a été mis en place pour l'auscultation des fuites. Ce dispositif est présenté avec les dispositifs d'auscultation.

3.4.9 Aménagement à l'aval du barrage

Le barrage est prolongé à l'aval par un radier béton coulé à même le substratum rocheux sur une longueur d'environ 15 mètres et présentant des barbacanes. Il est prolongé en pied de la rive droite par un mur en béton empêchant les débordements sur la roche. Il présente une forme hétérogène dans sa configuration. Le substratum rocheux est présent sur les rives gauche et droite.

Un seuil en béton (barrage du moulin Rolland) permet de maintenir une lame d'eau permanente en aval du barrage formant un matelas amortisseur pour les eaux de déversement.

Il permet d'éviter également que le barrage soit attaqué par les eaux de mer.



Figure 3.12 Seuil à l'aval du barrage

3.4.10 Abords et accès au barrage

L'accès au barrage se fait depuis l'aval par la Route départementale D 34 :

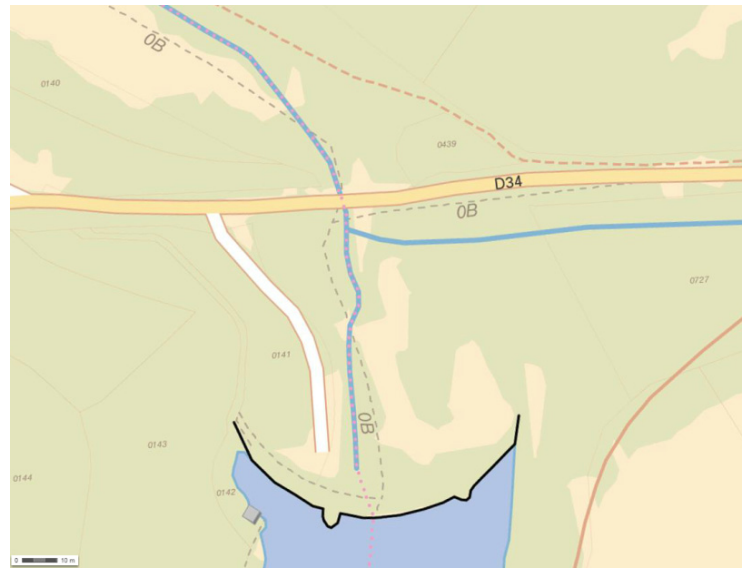


Figure 3.13 Route d'accès au barrage

L'accès principal au barrage se fait par la rive gauche. L'accès est immédiat au local de prise d'eau.

L'accès au dispositif de manœuvre de la vidange de fond se fait par cette rive gauche. Un escalier permet d'accès à l'extrémité gauche de la crête. La circulation sur la crête en rive gauche se fait à l'abri du parapet amont de 2,20 mètres de haut et 40 cm d'épaisseur. Il est nécessaire de franchir une porte métallique avec serrure pour rejoindre un escalier qui permet d'accéder à une passerelle en béton, prenant appui sur deux piles intermédiaires, et rejoignant la plateforme de manœuvre de la vanne de vidange. La passerelle et la plateforme de la vidange de fond sont à la cote du parapet, soit 25 m NGF.



Figure 3.14 Rive gauche du barrage

L'accès au couronnement en rive droite se fait difficilement par un sentier raide, peu marqué et non débroussaillé. Arrivé au barrage, une porte métallique avec cadenas protège l'accès en crête. L'accès à la plateforme de manœuvre de la vanne de sécurité nécessite de circuler sur le parapet puis de traverser une passerelle prenant appui sur deux piles intermédiaires. La plateforme, la passerelle et le parapet sont à la cote de 25 m NGF. En rive droite, le parapet présente une épaisseur de 70 cm.



Figure 3.15 Rive droite du barrage

3.5 RETENUE

Le volume total de la retenue est de 1 000 000 m³ pour une superficie de 0,114 km² à la cote de retenue normale de 22,80 m NGF.

Une vue aérienne de la retenue du barrage de Pont Rolland est présentée ci-après :



Figure 3.16 Vue aérienne de la retenue de Pont Rolland

La retenue est longue de 1,6 km environ, pour une largeur ne dépassant pas 140 mètres. La cote minimale d'exploitation est de 18,80 m NGF, correspondant à une capacité utile d'environ 425 000 mètres cubes.

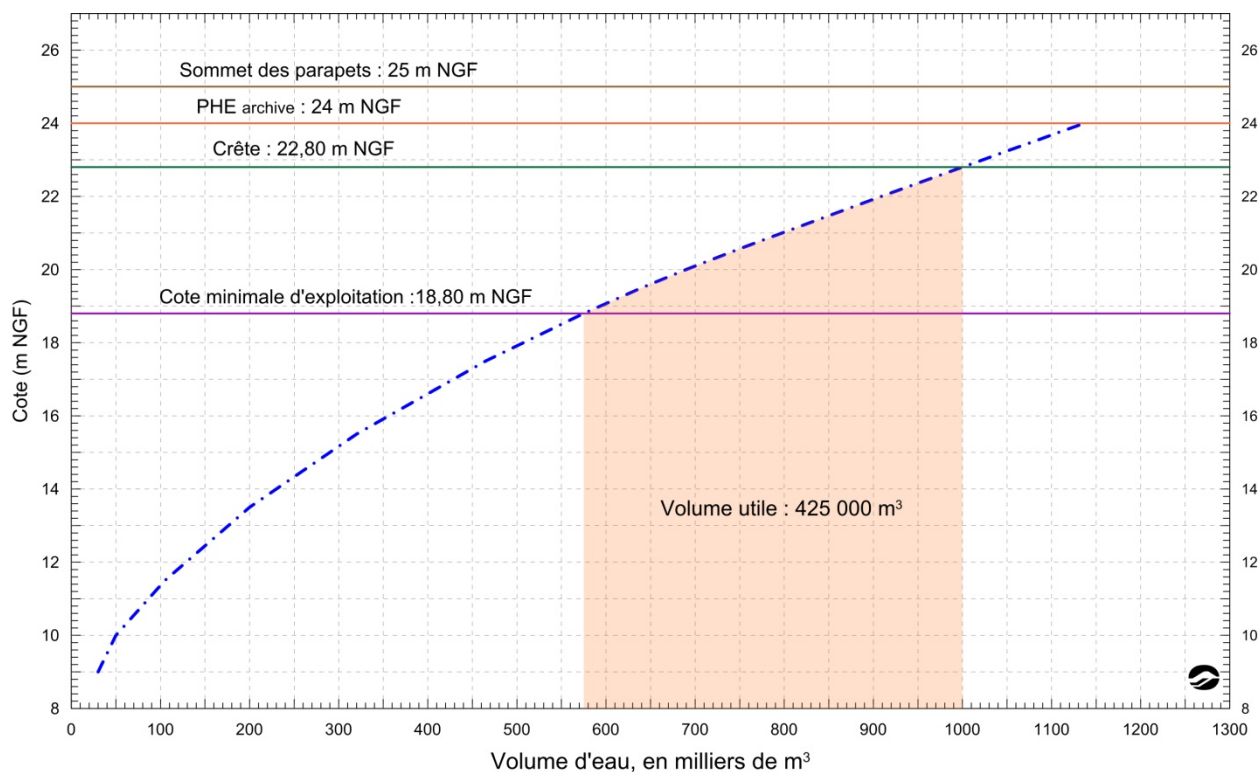


Figure 3.17 Courbe cote de la retenue en m NGF– volume de la retenue

Le périmètre de la retenue est boisé et les accès à l'eau sont difficiles et peu nombreux.



Figure 3.18 Versants de la retenue

3.6 ORGANES D'EVACUATION ET DE VIDANGE

Sources utilisées : [8] ; [16] ; [17] ; [18]

Les organes hydrauliques utilisés pour l'exploitation normale et la gestion des crues comprennent :

- un évacuateur de crues ;
- une vidange de fond ;
- une vidange de secours.

3.6.1 Évacuateur de crues

L'évacuation des crues se fait par déversement sur la crête du barrage. La crête du barrage est donc l'évacuateur de crues qui consiste en un seuil libre déversant non vanné, situé au centre du barrage, à la cote 22,8 mètres et d'une longueur de 59,9 mètres répartie de la façon suivante :

- longueur déversante en partie centrale : 35,77 mètres
- longueur déversante en rive gauche : 12,14 m
- longueur déversante en rive droite 12 m.



Figure 3.19 Evacuateur de crue

La capacité théorique de débitance est de 200 m³/s pour une cote de PHE mentionnée dans les archives de 24 m NGF. La capacité d'évacuation de l'évacuateur de crue est précisée ci-après :

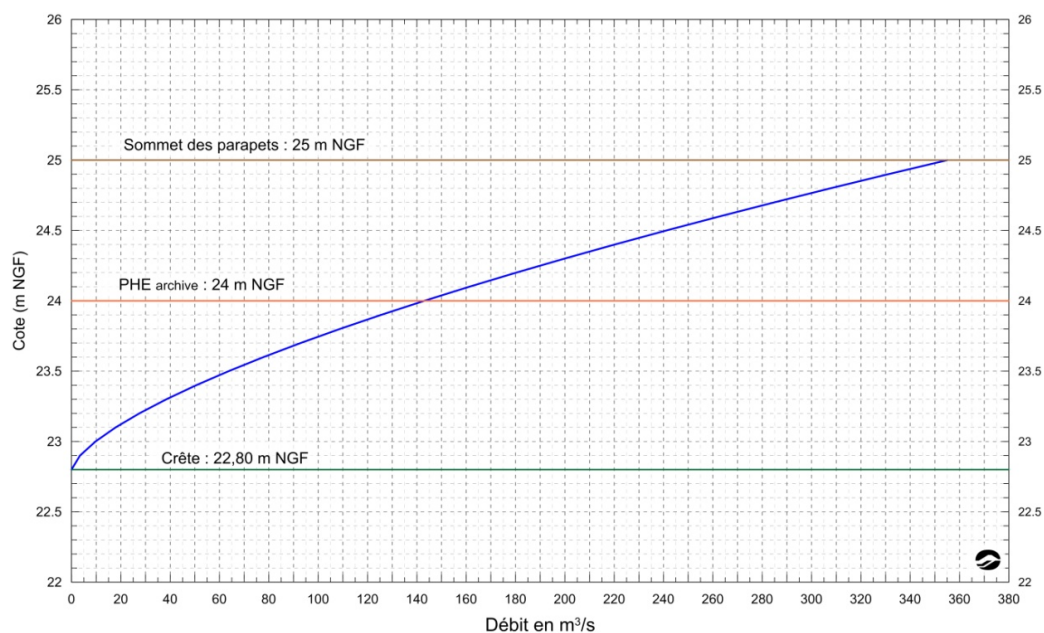


Figure 3.20 Capacité d'évacuation par la crête déversante

3.6.2 Vidange de fond

La conduite de fond comporte (cf. Figure 3.24) :

- une grille d'entrée : cette grille présente une longueur de 2,98 mètres pour une hauteur de 3,12 mètres. Elle comporte 13 barreaux verticaux espacés de 0,20 mètre. Les barreaux ont une épaisseur de 1,8 cm. Chaque barreau est posé sur des entretoises espacées de 1,01 mètre sur la hauteur de la grille. Un voile béton situé 3 mètres en amont de la vidange de fond limite l'encombrement de la grille.
- une vanne de type wagon de section carrée 1,5 x 1,5 m, qui obture un conduit cylindrique de 1,50 m de diamètre et dont l'axe est calé à la cote 6 m NGF. Le débit maximum de cette vanne est de l'ordre de 20 m³/s à la cote de 24 m NGF. La manœuvre de la vanne est assurée par une crémaillère entraînée par un moteur électrique ou manuellement par une manivelle qui permet de suppléer le cas échéant



Figure 3.21 Dispositif de manœuvre de la vanne de fond protégé par un abri en tôle

- un batardeau prévu pour isoler la vanne de fond : ce batardeau est manœuvré par un système de treuil à câble et portique fixe



Figure 3.22 Batardeau maintenu en position haute par une chaîne

La vanne de vidange est équipée d'un reniflard d'environ 50 cm de diamètre.

La vanne de vidange a une capacité suffisante pour respecter les recommandations qui fixent à 21 jours le temps de vidange de la retenue et à 8 jours le délai pour atteindre la moitié de la pression hydrostatique sur le parement amont.

La capacité de la vidange de fond est précisée ci-après.

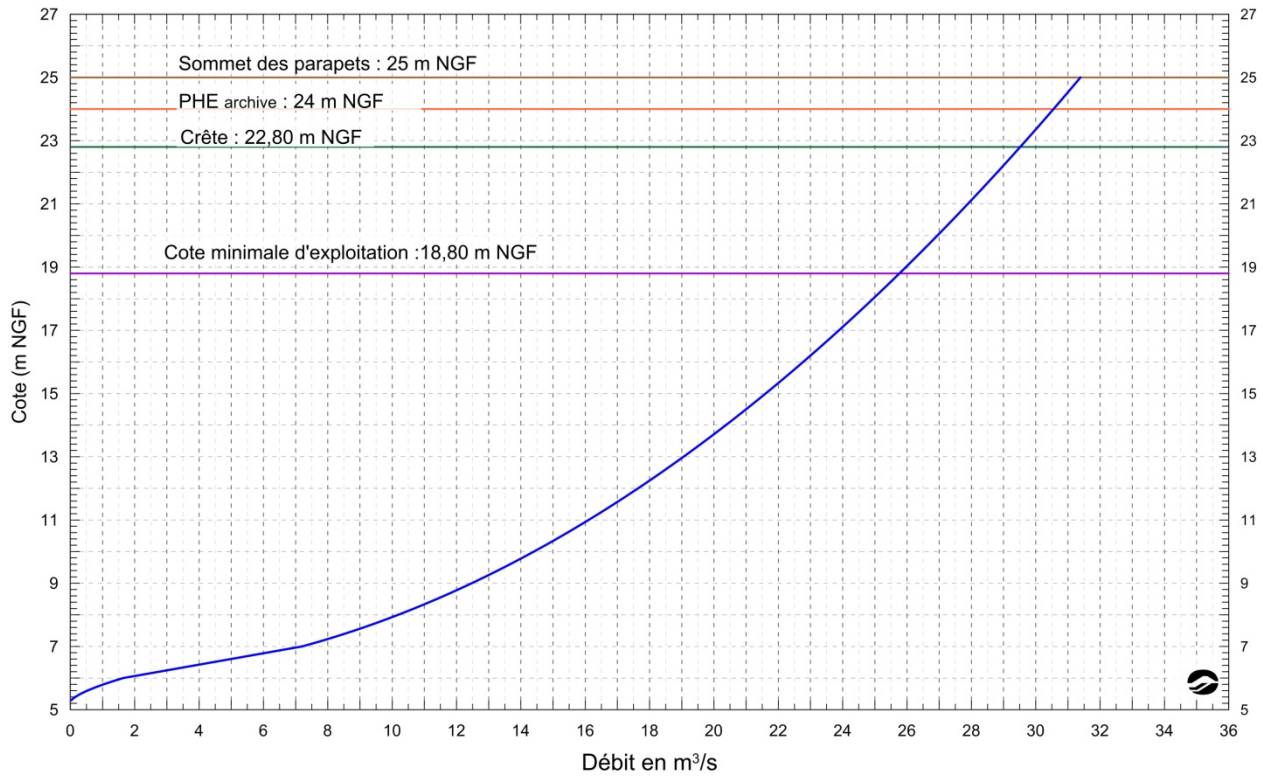


Figure 3.23 Capacité de la vidange de fond

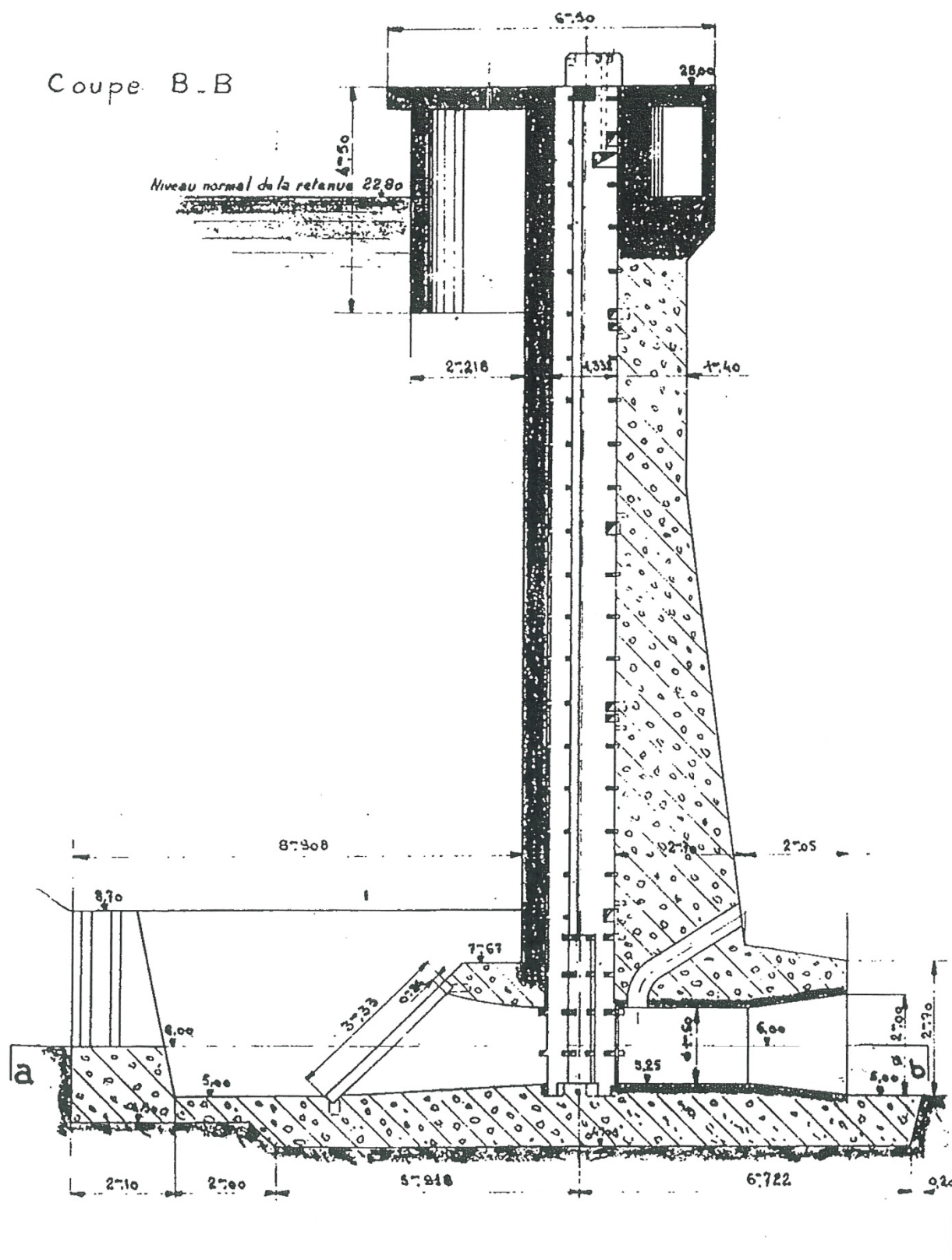


Figure 3.24 Coupe du barrage au droit de la vidange de fond

3.6.3 Vidange de demi-fond (appelée également vidange de secours)

Une vidange de secours est située à l'extrémité rive droite du déversoir. Son axe se situe à la cote 11 m NGF. Ses caractéristiques sont identiques à la vidange de fond, hormis la commande de la vanne qui est uniquement manuelle.



Figure 3.25 Dispositif de manœuvre de la vidange de demi-fond

La vanne de secours est actuellement maintenue en position fermée. Cette vanne n'est jamais manœuvrée de peur de ne pas réussir à fermer la vanne après ouverture.

Le débit maximum de cette vanne est de l'ordre de $26 \text{ m}^3/\text{s}$ pour une retenue à la cote de 24 m.

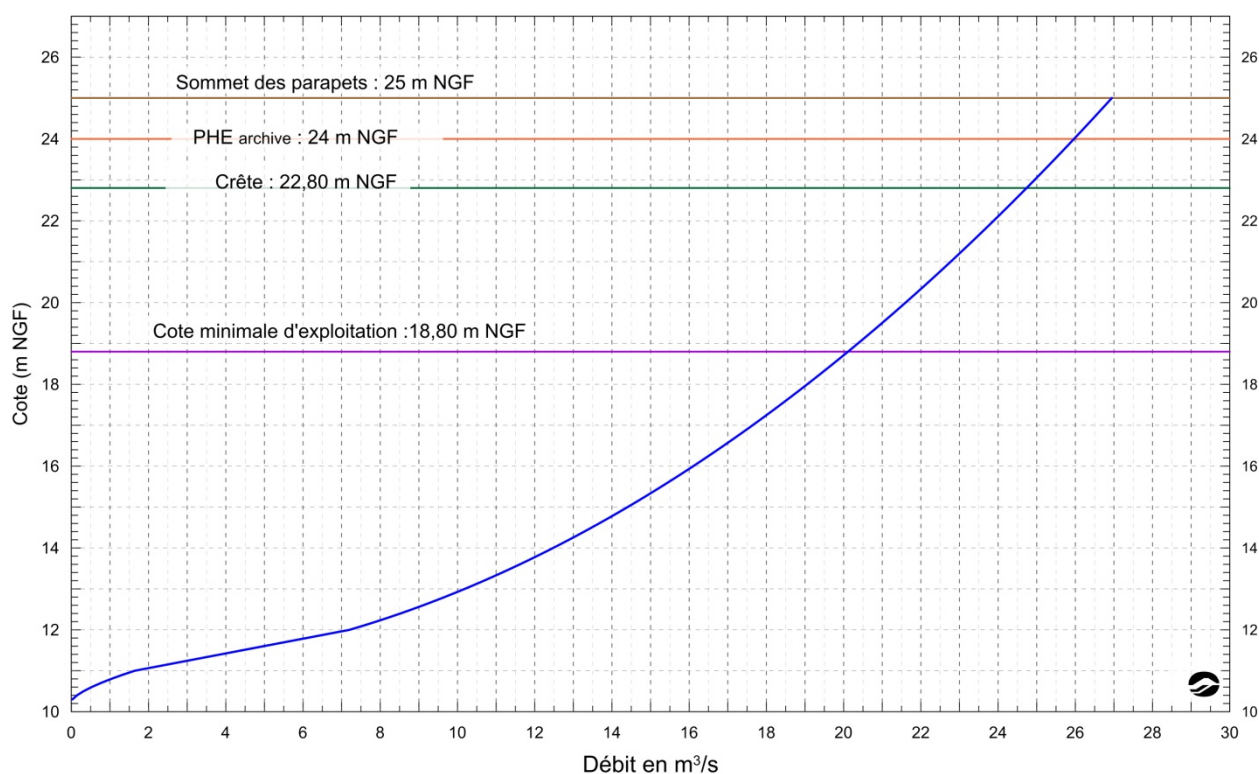
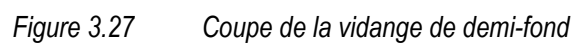


Figure 3.26 Capacité de la vidange de demi-fond



3.6.4 Source d'énergie

Les alimentations électriques des organes de sécurité sont constituées comme suit :

- Les alimentations 400 V des auxiliaires de la centrale du barrage de Pont Rolland sont issues du réseau eRDF, ce réseau est connecté à un transformateur 380V/380V qui permet d'établir le régime de neutre isolé. Il alimente ensuite un tableau de services généraux basse tension (TGBT).
- L'alimentation du barrage est réalisée depuis un compact 380 V raccordé sur le jeu de barres de la centrale. L'énergie est ensuite transportée au local vanne de tête du barrage via une liaison privée aérienne. Trois sectionneurs fusibles implantés dans un coffret alimentent la vanne de tête, la vanne de fond ainsi que les prises de courant et l'éclairage.
- Une batterie d'accumulateurs « 127 V connectée sur un redresseur alimente tout le matériel continu sur le site ;
- Un convertisseur 127 V/12 V alimente le système de transmission d'alarme et d'information.

3.6.5 Automatisation de surveillance du barrage

L'ouvrage de prise d'eau comprend deux puits de mesure de la cote du plan d'eau.

Le premier est équipé d'une sonde piézométrique 4-20 mA qui transmet la valeur de niveau à un afficheur-transmetteur (transducteur Végadis 371) dans le local de la vanne de tête puis à un afficheur et enregistreur à l'usine de Pont Rolland via le câble contrôle commande aérien sur les mêmes supports que l'alimentation 380 V. Cette valeur est affichée et enregistrée sur le boîtier en face avant du tableau de commande des groupes : elle servait via des indicateurs Jumo au démarrage et à l'arrêt des groupes de production en encadrement des ordres émis depuis la tête du groupement. L'information est également mise à disposition de la supervision, pour une consultation à distance.

L'autre puits contient une poire de niveau qui sert uniquement à la centrale hydroélectrique et permet la mise en service et l'arrêt des groupes. La poire de niveau est câblée à émission de tension et calée à la cote 18,50 m NGF. Ce deuxième puits était utilisé pour l'alarme de niveau bas.

Le barrage n'est équipé d'aucune surveillance de niveau haut.

3.6.6 Automatisation de commande des organes de sécurité

La vanne de fond (tout comme la vanne de tête) est manœuvrable par commande électrique. La vanne est commandée par deux boutons poussoirs électriques (ouverture-fermeture) depuis le couronnement du barrage. La tension de commande est soutirée du 400 V puissance de cette vanne via un transformateur 400V/48V.

3.6.7 Réseau de télécommunications pour l'exploitation et la sûreté du barrage

3.6.7.1 Transmission des alarmes et informations du barrage vers la centrale de Guerlédan

Les échanges d'informations entre la centrale de Pont Rolland et la centrale de Guerlédan cheminent en continu par le réseau téléphonique par technologie ADSL.

À la centrale de Pont Rolland, une télétransmission SOFREL 550 assure l'acquisition des alarmes et informations du barrage. Une Live Box sert d'interface au réseau ADSL pour acheminer les alarmes et informations à la centrale de Guerlédan.

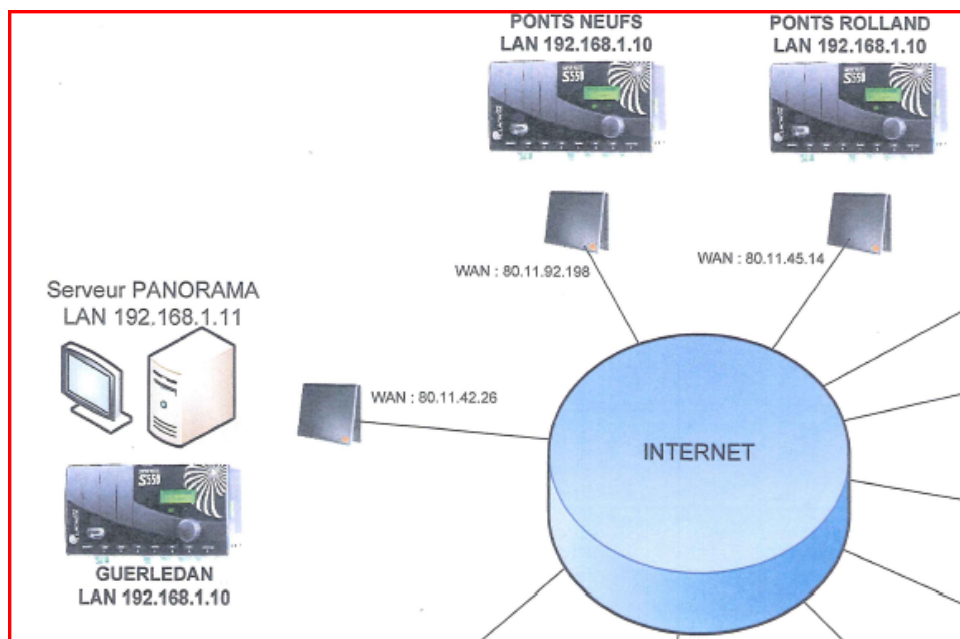


Figure 3.28 T  ltransmission des alarmes

   la centrale de Guerlédan, les alarmes et informations sont r  cup  r  es par l'intermédiaire du réseau ADSL au travers d'une Live Box.

Les informations du barrage de Pont Rolland sont transmises au serveur Panorama, superviseur installé dans la salle d'exploitation de la centrale de Guerlédan.

Cette supervision met à la disposition de l'exploitant la consignation d'état et la valeur de la cote de la retenue de Pont Rolland.

Les alarmes provenant de Pont Rolland sont collect  es par une t  ltransmission SOFREL 550 et transmises au système de diffusion des alarmes.

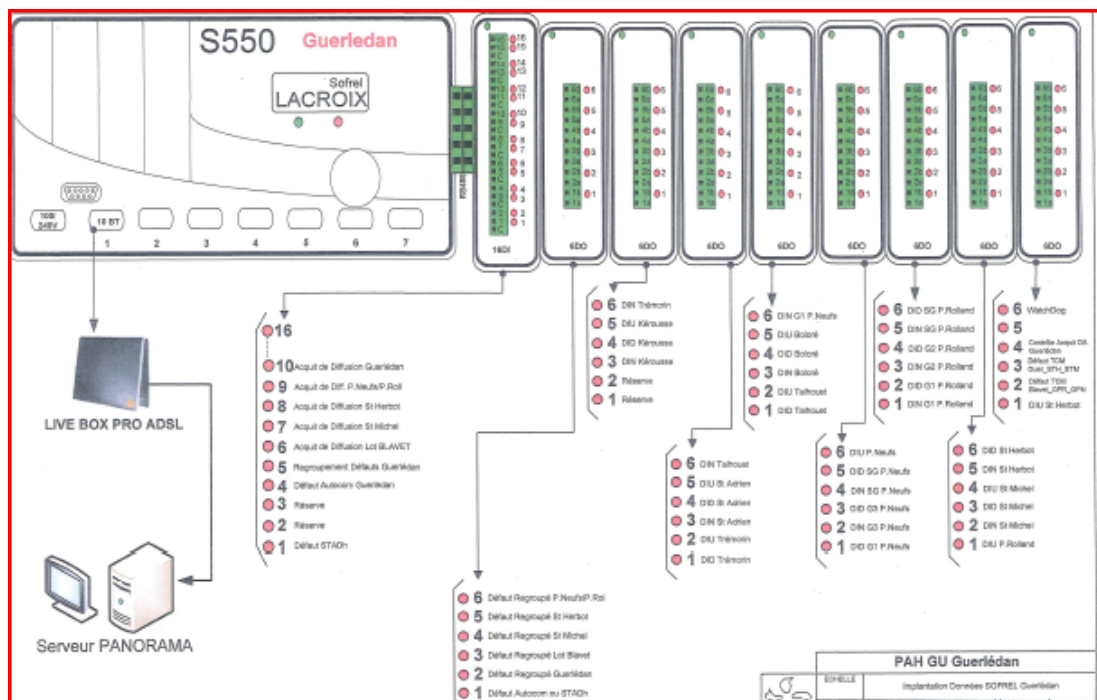


Figure 3.29 Collecte et transfert des alarmes

3.6.7.2 Architecture du système de diffusion des alarmes

a) Diffusion des alarmes de Pont Rolland

À la centrale de Guerlédan, les alarmes sont prises en compte par le système de diffusion qui comporte :

- un diffuseur d'alarme « normal » de type STADH (marque Degréane) associé à l'autocommutateur du site, lui-même relié au réseau commuté de l'opérateur ;
- un diffuseur d'alarme simplifié « secours » de type TA248, relié à une ligne directe de l'opérateur. Ce système est activé en cas de défaillance du STADH ou de l'autocommutateur.

Les systèmes normaux et secours sont installés dans un même local et sont alimentés par un même atelier secouru par batteries d'accumulateurs.

Les liaisons téléphoniques des agents d'astreinte sont surveillées depuis les domiciles au moyen d'un boîtier de surveillance qui prévient l'agent de toute défaillance de ligne en moins de deux heures.

b) Fonctionnement du système de diffusion des alarmes

Le système de diffusion d'alarmes a un mode de fonctionnement «normal» (STADH et Autocommutateur opérationnel) et un mode « dégradé » par une téléalarme sur Réseau Commuté Public (TA248). Le basculement se fait en cas de panne du STADH ou de l'Autocommutateur.

Une partie des logements d'astreinte est basée à proximité de l'ouvrage (dans la cité EDF attenante, située à moins de 700 m du barrage). Les autres logements sont plus éloignés du barrage (à environ 20 minutes).

Les alarmes concernant l'exploitation du GU « Guerlédan » sont traitées avec un cycle de recherche d'agents d'astreinte programmé dans le diffuseur d'alarmes STADH. L'escalade comprend 4 niveaux de recherche : Agent de niveau 1 GU, puis de niveau 2 GU, puis astreinte GEH Ouest, enfin éclusier du Barrage de la Rance (présent 24h/24 et 7j/7).

En mode « dégradé » :

La téléalarme de secours appelle les agents d'astreinte suivant une séquence déterminée (renvoi de la ligne dite « d'exploitation » vers un numéro prédéfini).

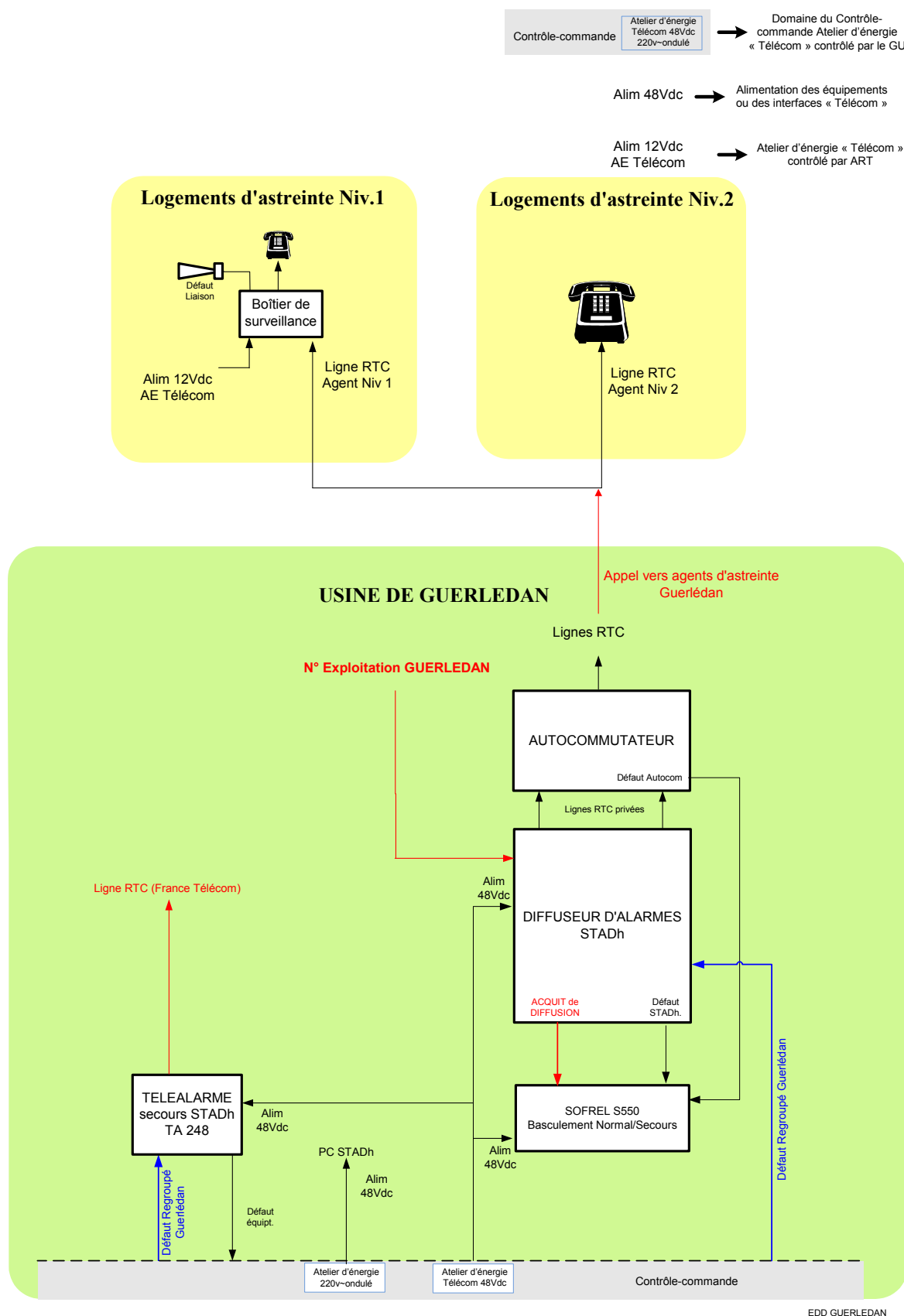


Figure 3.30 Synoptique général "transmission et diffusion des alarmes" barrage de Guerledan

3.7 EXPLOITATION ET MAINTENANCE DE L'OUVRAGE

Sources utilisées : [19] ; [23]

La concession hydroélectrique confiée à EDF est échue depuis le 31 décembre 2010. Depuis cette date EDF est réquisitionné par l'État pour assurer la surveillance et l'entretien courant des ouvrages par l'arrêté relatif à la gestion au titre de la sécurité publique par EDF SA en date du 26 juin 2014 (cf. Annexe F du présent rapport).

Ce mandat a pris effet au 1^{er} juillet 2014, pour une durée d'un an et est reconductible annuellement.

Cet arrêté s'accompagne de trois documents annexés :

- Annexe N°1 : Consignes d'exploitation hors crue ;
- Annexe N°2 : Consigne de surveillance et d'auscultation du barrage ;
- Annexe N°3 : Actions de maintenance courante décomposées en 11 fiches.

3.7.1 Présentation des dispositifs d'auscultation

Les modalités d'auscultation du barrage (programmées ou conditionnées par des événements extérieurs) sont inscrites dans l'Arrêté relatif à la gestion au titre de la sécurité publique par EDF SA et ses annexes.

Le rapport d'auscultation d'Edf de 2011 décrit les appareils de mesure présents sur l'ouvrage, dont les caractéristiques et les emplacements sont déterminés *conformément aux règles de l'art et aux spécificités de l'ouvrage*.

3.7.1.1 Mesure de la cote de la retenue

Le contrôle du niveau d'eau sur site est réalisé sur site au moyen de deux échelles limnimétriques, situées sur la chambre de la vanne de tête de la prise d'eau. Une première échelle permet de lire le niveau de la retenue jusqu'à une cote de 23,47 m NGF. La seconde échelle permet de lire le niveau jusqu'à la cote de 24,07 m NGF.



Figure 3.31 Echelle limnimétrique

Le niveau de la retenue est également consultable à distance au moyen de la supervision, à partir de la sonde piézométrique 4-20 mA.

Au moment de la rédaction du présent rapport, l'affichage de la valeur dans le local de la vanne de tête n'est pas fonctionnel.

3.7.1.2 Mesure des débits de fuite

Le dispositif de mesure des fuites constitué de 4 points de mesure dont :

- un point récoltant les fuites en pied de la voûte au bas du redan RD ;
- un point de fuite le long de la vanne de demi-fond ;
- un récoltant les fuites en provenance de la rive gauche ;
- un point qui somme les fuites en provenance de la rive gauche et celles qui contournent sous l'ouvrage par la rive gauche.

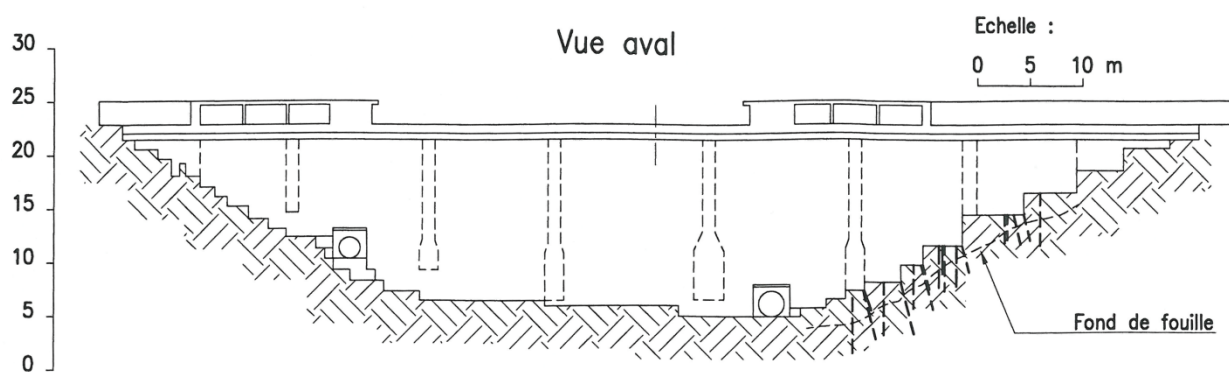


Figure 3.32 Vue aval du barrage avec dispositif de mesure des fuites

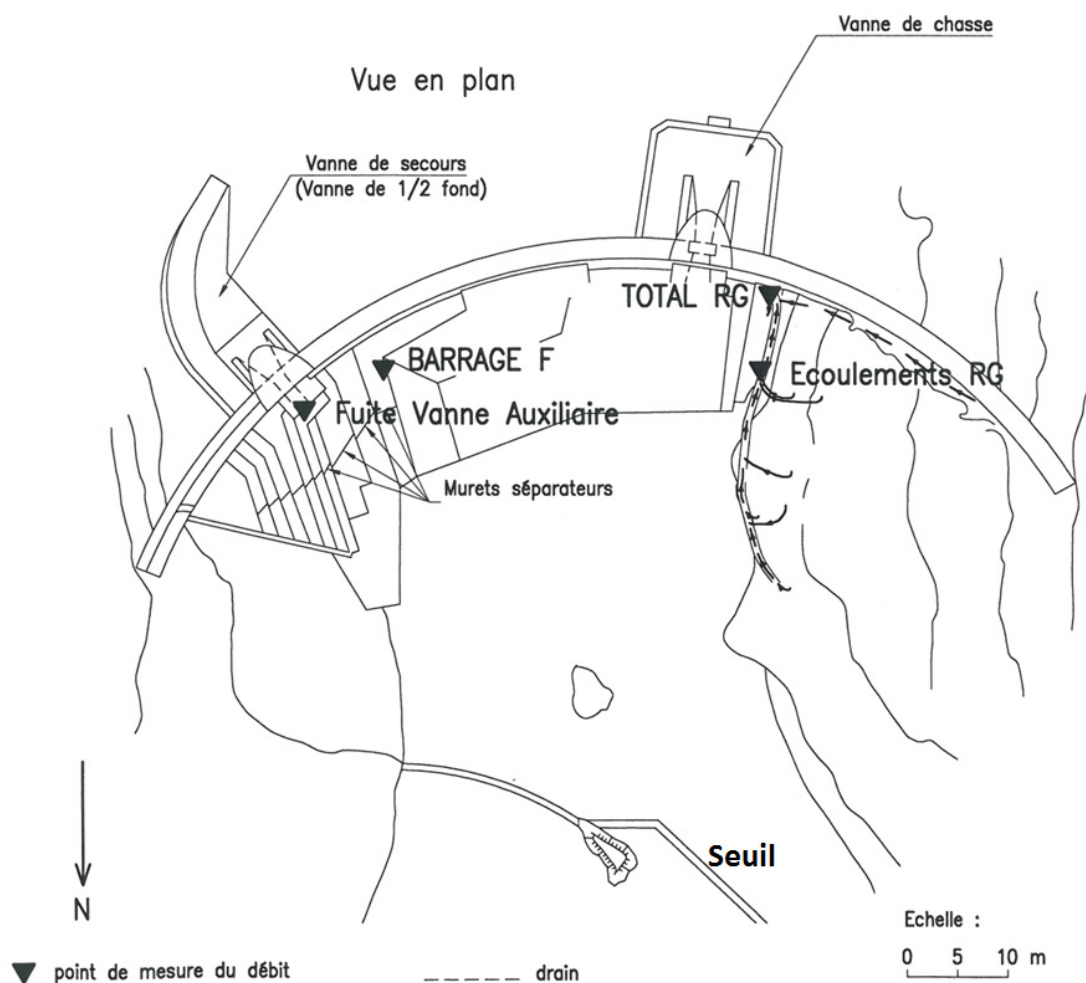


Figure 3.33 Vue en plan du dispositif de mesure des fuites

3.7.2 Fréquence des inspections visuelles, des mesures d'auscultation et des essais des organes de sécurité fixées par les Annexes de l'arrêté en date du 26 juin 2014

3.7.2.1 Inspections visuelles

Selon l'Annexe N°2 de l'arrêté, les fréquences des inspections visuelles sont les suivantes :

- par agents chargés de la surveillance : tous les mois ;
- par l'encadrement du groupement de l'usine : tous les ans ;
- par un spécialiste en génie civil, pour les observations des dégradations lentes de structure : tous les 2 ans.

Deux fiches types sont prévues pour ces inspections (cf. Annexe F).

Les actions suivantes sont à réaliser tous les 5 ans :

- Dossier photographique du parement aval ;
- Inspection visuelle des berges ;
- Mesure de profondeur des drains.

Chacune de ces 3 actions fait l'objet d'un rapport écrit.

3.7.2.2 Mesure de la cote de la retenue

Il est fait mention dans l'Annexe N°2 de l'arrêté que « La cote de la retenue est mesurée chaque jour et notée dans le registre d'exploitation et de surveillance. Elle est également notée sur chaque fiche ou rapport de visite ou compte-rendu d'essais ».

3.7.2.3 Mesures d'auscultation hydraulique

Le suivi hydraulique des points de mesure des fuites (2 points de mesure par rive et vanne auxiliaire) est effectué toutes les 4 semaines. Le contrôle du bon état de fonctionnement des dispositifs d'auscultation est réalisé tous les 2 ans. Les mesures sont transcrites sur une fiche de relevés.

3.7.2.4 Essais des organes de sécurité

Les essais des organes de sécurité sont réalisés tous les 3 ans avec rapport retraçant le déroulement de l'essai et l'état de fonctionnement de l'organe.

L'Annexe N°1 dénommée « Consignes d'exploitation hors crue » détaille les modes de fonctionnement et définit les conditions d'exécution des manœuvres d'exploitation permettant de mesurer les variations de débits dans le Gouessant. Cette annexe précise que les essais et contrôles de la vanne de fond sont réalisés selon les prescriptions relatives à la maintenance déclinées en interne et impose que la manœuvre complète de la vanne de fond doit s'échelonner sur une période d'une heure à minima.

3.7.2.5 Contrôles, entretien, maintenance

Les opérations de contrôles d'entretien et de maintenance sont précisées à l'Annexe N°3 de l'arrêté de juin 2014 qui se décompose en 11 fiches :

Ouvrages concernés	Désignation de la consigne	N° fiche annexée à l'arrêté	Fréquence
Centrale	Maintenance courante	N°002	mois
barrage	Examen visuel		
barrage	Examen visuel+vannages	N°004	trimestre
Centrale	Contrôle et essais		
Végétation	Contrôles et entretien	N°007	semestre
Batteries	Contrôles et mesures	N°009	semestre
Signalisation	Examen et entretien panneaux	N°010	annuelle
Ormoire électrique	Nettoyage	N°011	annuelle
Bâtiment	Contrôle visuel bâtiments et terrains	N°13	annuelle
Matériel sécurité	Contrôle visuel extincteurs et autres équipements incendie		
Vanne de fond	Entretien des mécanismes	N°24	annuelle
Pompes exhaures	Entretien des mécanismes	N°31	annuelle
Réseau terre	Contrôle et mesure	N°32	annuelle
Vanne de tête	Entretien des mécanismes	N°34	annuelle

3.7.2.6 Conditions particulières d'exploitation

L'Annexe N°2 précise également les conditions particulières d'exploitation

a) *Après un séisme*

- Visite d'inspection visuelle par des agents chargés de la surveillance
- Tournée complète du dispositif d'auscultation hydraulique avec mesures complètes

b) *Après une période de crue*

En cas de crue aucune manœuvre d'exploitation n'est à réaliser.

Dès que le débit de pointe entrant est supérieur à 80 m³/s :

- Visite d'inspection visuelle par des agents chargés de la surveillance
- Tournée complète du dispositif d'auscultation hydraulique avec mesures complètes

c) *En vidange totale ou partielle prolongée*

Un dossier préalable à l'autorisation de vidange sera constitué et indiquera entre autres les modalités d'inspection visuelle et de suivi hydraulique prévue pendant l'opération.

3.7.3 Pratique actuelle

Suite au déversement permanent en crête, la mesure des fuites est interrompue. L'accès au point de mesure en contrebas immédiat de la crête, n'est pas sans risque actuellement, en présence d'embâcles sur la crête déversante.

3.8 DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'OUVRAGE

Sources utilisées : [8]

3.8.1 Equipements de l'usine

3.8.1.1 Ouvrage de prise d'eau

L'ouvrage de prise d'eau implanté en rive gauche est constituée de :

- Un plan de grilles incliné vers l'aval, d'une section de 6,0 m x 6,0 m installé entre les cotes 12,90 m NGF et 18,40 m NGF.
- Une vanne de type wagon obturant le puits de prise d'eau de dimensions 3,0 m x 3,0 m. L'axe de la vanne est à la cote 12 m NGF. Le débit maximum est de 27 m³/s. Attelée à un servomoteur à huile, l'ouverture ne peut s'effectuer qu'en local par commande électrique ou manuelle. La fermeture est commandée soit localement, par commande volontaire ou par action de la palette de survitesse, soit à distance depuis l'usine sur commande volontaire ou sur action des protections.
- Un by-pass permettant le remplissage de la galerie avant ouverture de la vanne de tête.
- Une palette de survitesse. Son fonctionnement provoque la fermeture immédiate de la vanne de tête.
- Deux puits de mesure de la cote du plan d'eau.

3.8.1.2 Ouvrage d'amenée

La galerie d'amenée est située en rive gauche, c'est un ouvrage à écoulement en charge d'une longueur de 325,80 m et comportant de l'amont vers l'aval :

- une galerie en béton armé sur une longueur de 3,70 m et d'une section de 9 m² ;
- un tunnel de béton armé de 178 m de long et de 3 m de diamètre intérieur ;
- une conduite en béton armée constituée par des tuyaux « Bonna », de 131,50 de long et de 3 m de diamètre intérieur ;
- une culotte de raccordement en béton de 12,55 m de long ;
- une cheminée d'équilibre dont l'intérieur est en anneaux de béton et l'extérieur présente un revêtement en maçonnerie de 9 m de diamètre intérieur et de 16 m de haut ;
- deux conduites forcées en béton de 19,50 m de long et de 2,3 m de diamètre : il s'agit de tuyaux Bonna en béton armé avec arme tôle.

3.8.1.3 Centrale de production d'électricité

La centrale est située en rive gauche du Gouessant sur le territoire de la commune de Hillion à environ 400 m du barrage. Elle est équipée de deux groupes identiques « Kaplan » à axe vertical, comprenant :

- Une vanne de pied de débit 27 m³/s.
- Une turbine avec les caractéristiques suivantes :
 - puissance maximum possible 1,4 MW
 - débit maximum turbinable par groupe 9 m³/s
 - un alternateur de puissance nominale apparente 2 MVA
 - une excitatrice en bout d'arbre d'intensité nominale de 250 A sous 90 V.

Le débit maximum turbinable par la centrale est de 18 m³/s et correspond à une puissance maximum de 2,7 MW. La production moyenne annuelle est de 3,4 GWh.

L'eau est restituée directement à la mer à la sortie des groupes.

L'usine comporte deux transformateurs à l'intérieur 60 / 3 kV permettant l'évacuation de l'énergie sur le réseau 60 kV vers les communes de Saint Brieuc et de Lamballe. Enfin, un atelier d'énergie à courant continu de sécurité qui permet d'alimenter l'ensemble des circuits de commande et de contrôle de l'usine et la vanne de tête.

La totalité du bâtiment de la centrale (usine et transformateur) a une largeur de 18 m environ et une hauteur totale de 30 m et une hauteur de 25 m par rapport au terrain naturel.



Figure 3.34 Centrale, cheminée d'équilibre et conduite forcée

3.8.2 A l'amont de la retenue (Bassin versant)

3.8.2.1 Présentation du bassin versant

La carte du bassin versant du Gouessant est présentée ci-après :

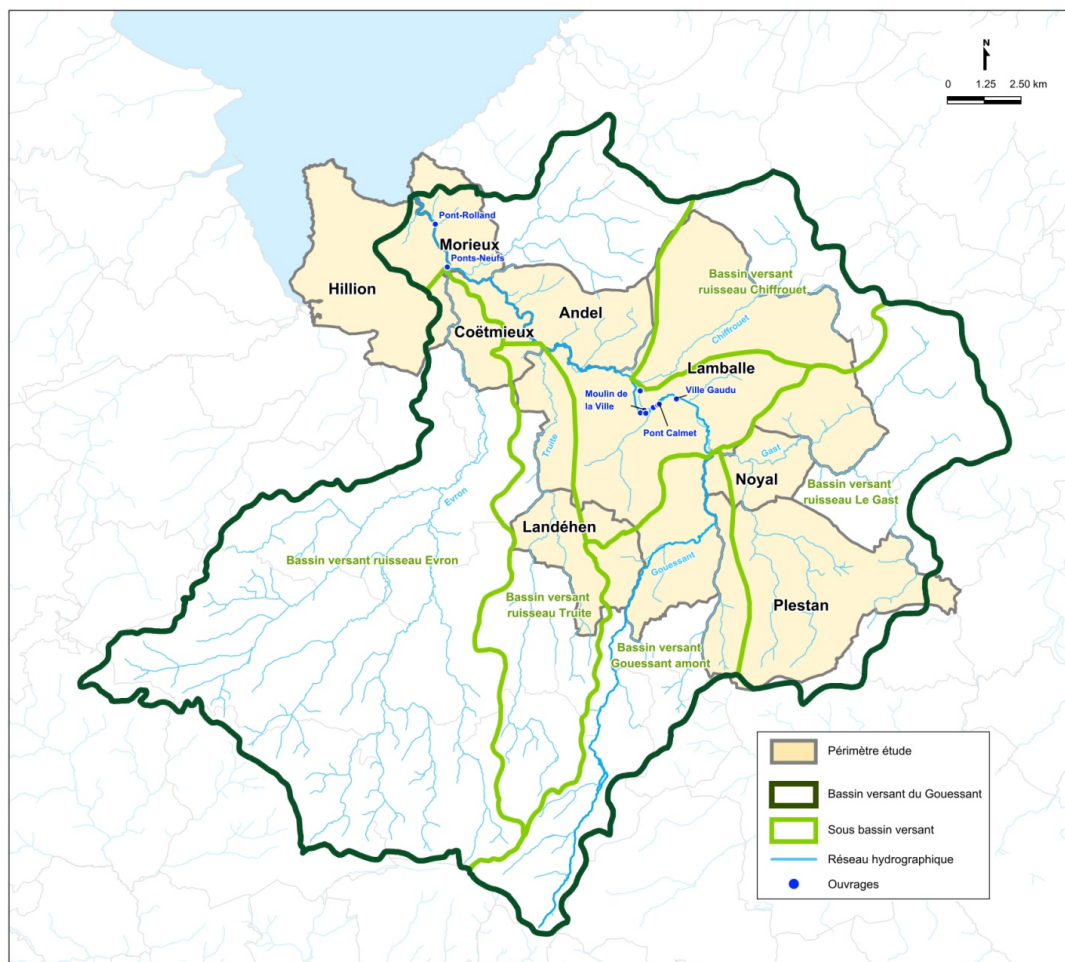


Figure 3.35 Bassin versant du Gouessant, PPRI, Egis

Le bassin versant du Gouessant se décompose en deux sous ensembles qui se rejoignent au niveau de la retenue des Ponts-Neufs : le Gouessant proprement dit (284 km²) et l'Evron, affluent principal en rive gauche (142 km²).

Le réseau hydrographique du bassin du Gouessant correspond à un linéaire recensé de cours d'eau de 428 km dont les principaux affluents sont mentionnés dans le tableau suivant :

Rive	Nom	Longueur du cours principal, en mètre
Gauche	<i>Truite</i>	19 580
	<i>Evron</i>	25 500
Droite	<i>Gast</i>	17 800
	<i>Chiffrouët</i>	12 980
	<i>Gouranton</i>	9 100

Tableau 3.2 Réseau hydrographique du bassin du Gouessant

La pente moyenne du Gouessant est de 6,4 % mais celle-ci masque une nette opposition entre l'amont et l'aval du bassin versant. Une rupture de pente est visible à une vingtaine de kilomètres de l'estuaire (passage d'une pente moyenne de 7,5 % à 1,6 % pour le Gouessant et de 20 % à 3,3 % pour l'Evron).

Le bassin versant total du Gouessant est de 426 km².

Le bassin versant entre le barrage de Ponts-neufs et le barrage de Pont Rolland est de 1,7 km². Le bassin versant en aval de Pont Rolland, jusqu'à l'embouchure dans la baie de Morieux, est de 4,6 km².

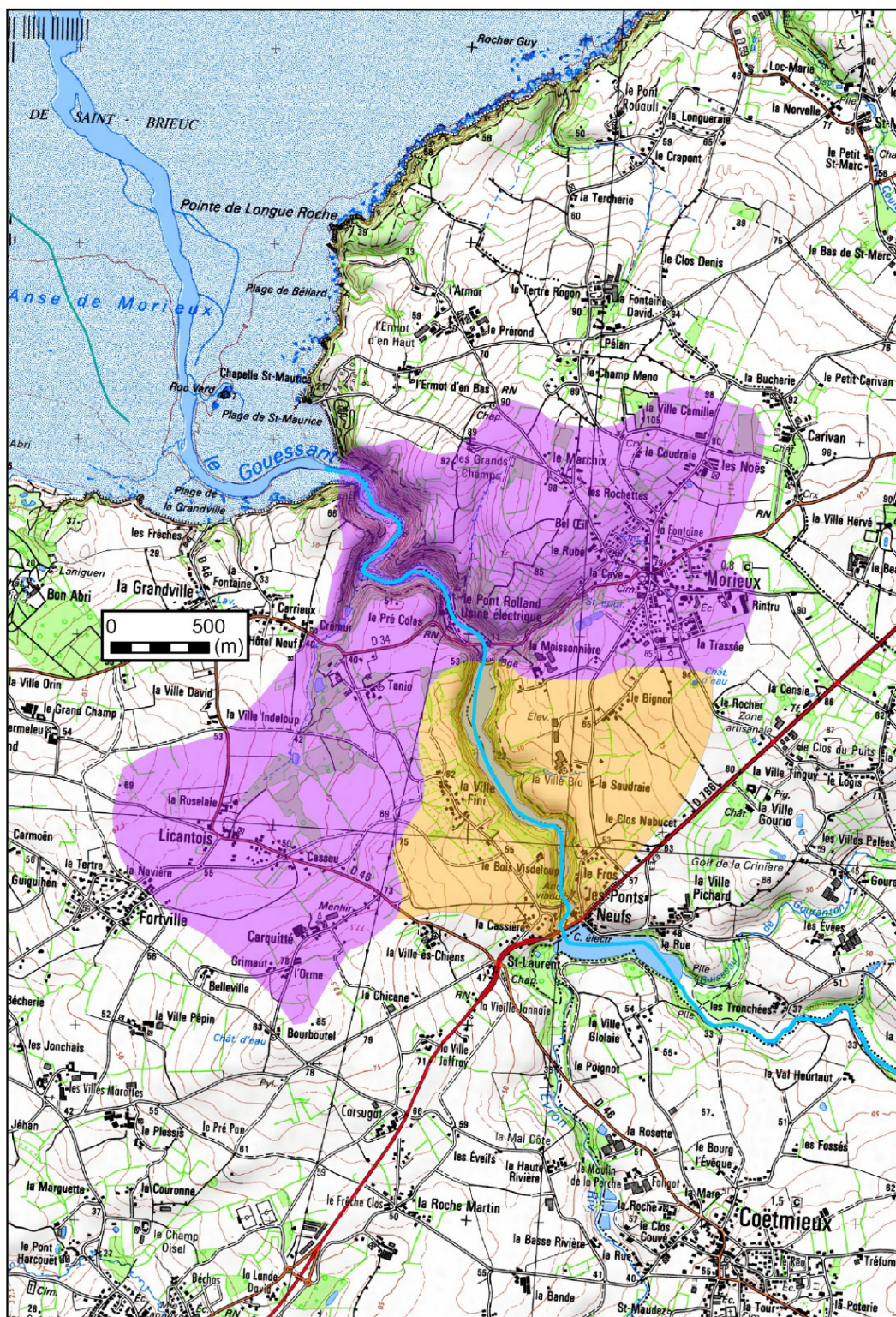


Figure 3.36 Bassin versant à l'aval du barrage des Ponts-Neufs contrôlé par le barrage de Pont Rolland (en jaune) et bassin versant du Guouessant à l'aval du barrage de Pont Rolland (en mauve)

3.8.2.2 Topographie du bassin versant

Le bassin du Guessant se caractérise par une vaste dépression centrale délimitée au sud par la ligne de crête des Monts du Méné (monts érodés de 100 à 300 m d'altitude) et au nord par le plateau du Penthièvre. Le passage de la zone de relief à la zone de plaine se fait brusquement ce qui permet de distinguer deux contextes géomorphologiques différents :

- la partie sud et amont aux vallées nombreuses et encaissées, au relief irrégulier et aux dénivellations importantes
- et la partie nord vers l'aval au relief plus régulier et aux pentes plus faibles où se trouvent les retenues des Ponts-Neufs et de Pont-Rolland.

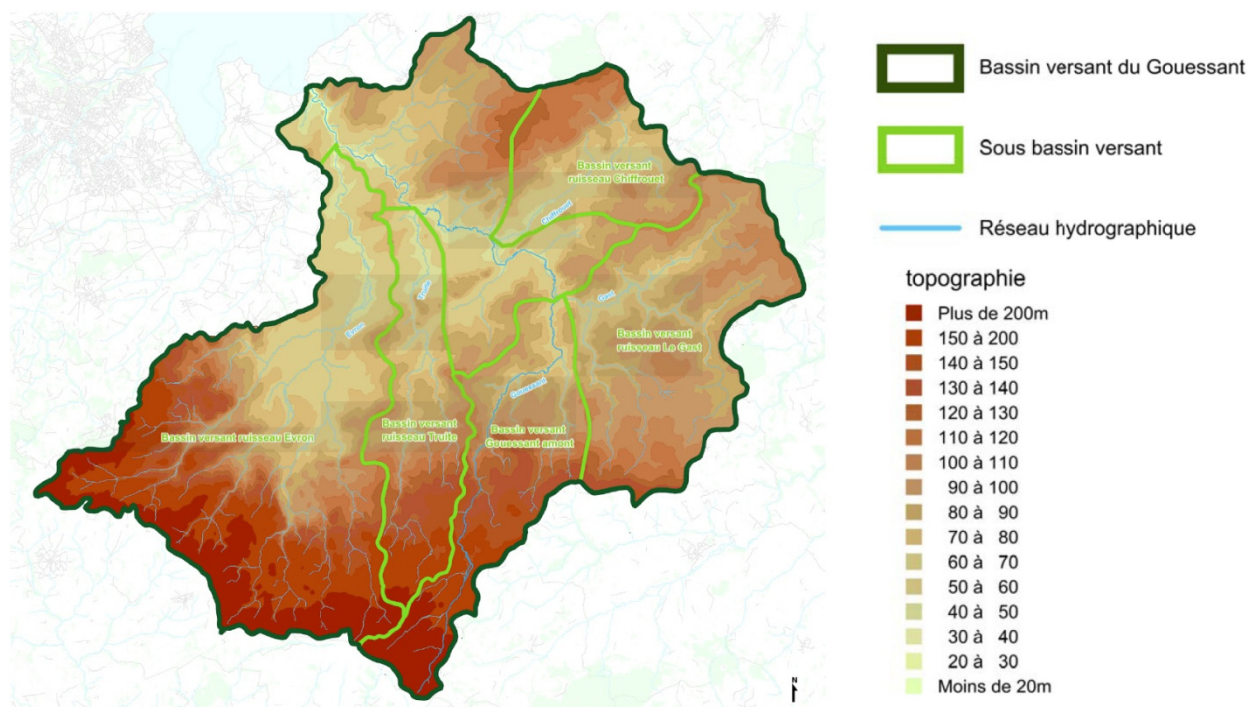
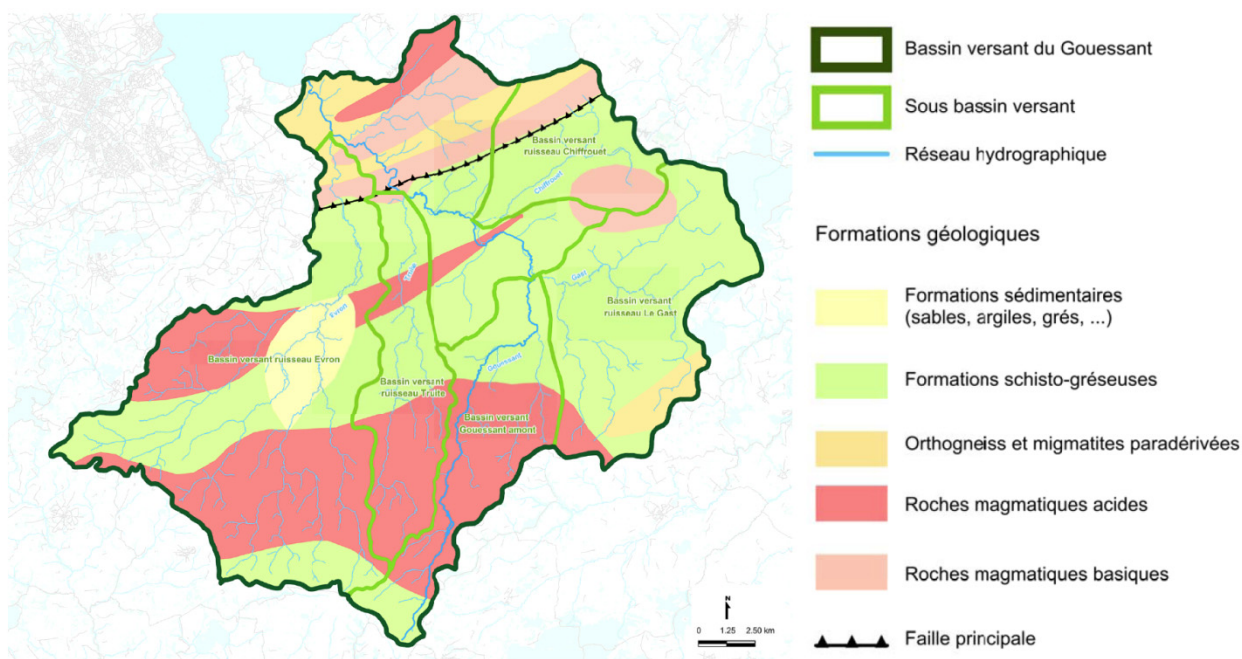


Figure 3.37 Topographie du bassin versant

3.8.2.3 Géologie du bassin versant

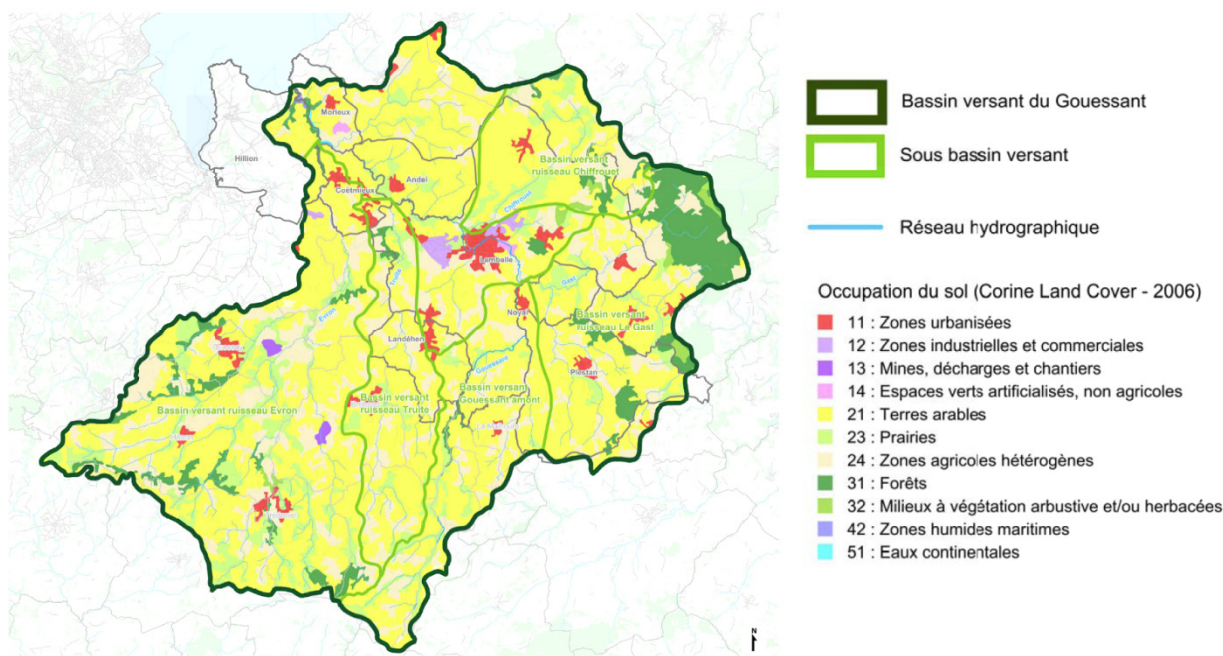
Le bassin versant du Guessant présente une géologie complexe en raison des nombreuses étapes de sa formation, largement soumises aux déformations tectoniques et au métamorphisme. Les terrains cristallins et sédimentaires sont étroitement imbriqués.

- la plus grande partie du territoire repose sur du schiste et du micaschiste, notamment sur la partie la plus haute du bassin versant à l'extrême Sud (sources du Guessant et de l'Evron) et sur toute la partie centrale (Guessant moyen, Gast et Chiffrouet),
- on trouve une bande de granite et d'ortho gneiss sur le centre Ouest du plateau, de Quesoy à Lamballe,
- le Nord du bassin repose sur un mélange de diorite et de gneiss,
- une large bande de granite porphyroïde traverse le Sud du bassin, en aval d'Andel.



3.8.2.4 Occupation des sols

Le bassin versant est essentiellement occupé par des terrains agricoles et des prairies (86% de la superficie du bassin versant). Les zones urbaines et commerciales occupent une faible proportion du bassin versant (<4%). La zone urbaine la plus importante est Lamballe. On note également quelques zones de forêt (7% de la superficie du bassin versant), essentiellement sur la partie est (sous bassin versant du Gast).



3.8.2.5 Activités de pêche sur les cours d'eau du bassin versant

L'Association Agrée pour la Pêche et la Protection du milieu Aquatique (AAPPMA) de Lamballe et gestionnaire de l'exercice de la pêche sur le Gouessant. Tous les cours d'eau du bassin versant sont fréquentés pour la pratique de la pêche du Gouessant aux petits affluents selon le mode de pêche privilégié du pêcheur. La pêche concerne essentiellement la truite en rivière de 1^{ère} catégorie. Plusieurs plans d'eau sont également fréquentés : Saint Trimoël (1^{ère} catégorie), Vie Gaudu (2nde) et ainsi que les plans d'eau de Pont-Rolland et des Ponts-Neufs (2nde catégorie). L'association soutient les effectifs piscicoles par des actions indirectes d'aménagement (création d'abris) et direct de déversement (alevins et adultes de truites). Des réserves ont également été mises en place afin de préserver les géniteurs.

3.8.3 Barrage des Ponts-Neufs

Le barrage des Ponts Neufs restitue les eaux dans la queue de la retenue de Pont Rolland.

Le barrage des Ponts Neufs appartient à Lamballe Communauté. Les principales caractéristiques du barrage et de sa retenue sont présentées ci-après.

- Propriétaire : Lamballe
- Superficie retenue : 14,5 ha
- Volume total : 180 000 m³
- Longueur barrage : 90m
- Largeur en crête : 15 m
- Hauteur au-dessus des fouilles : 6m
- Vanne de fond : conduit rectangulaire 0,5 x 0,5 m
- Ouvrage d'évacuation des crues : Seuil 10,83m + 3 vannes plates motorisées (largeur 1,50m, hauteur 1,50m) ,
- une hauteur de chute exploitée : 9,60 m (créée par le barrage et la chute naturelle).

La centrale des Pont-Neufs qui appartient à EDF fonctionne par écluse (en dehors des périodes de fort débit) avec une tranche utile d'environ 0,3 mètres soit en comparaison 0,05 % de la tranche utile de Pont Rolland. Le volume total de la retenue des Pont-Neufs est de 180 000 m³, soit environ 18 % du volume de Pont Rolland. La hauteur sur fondation de 6 m est faible par rapport au 22,20 m du barrage de Pont Rolland. Le débit maximum turbinable est de 4,85 m³/s, soit près de quatre fois moins qu'à Pont Rolland.

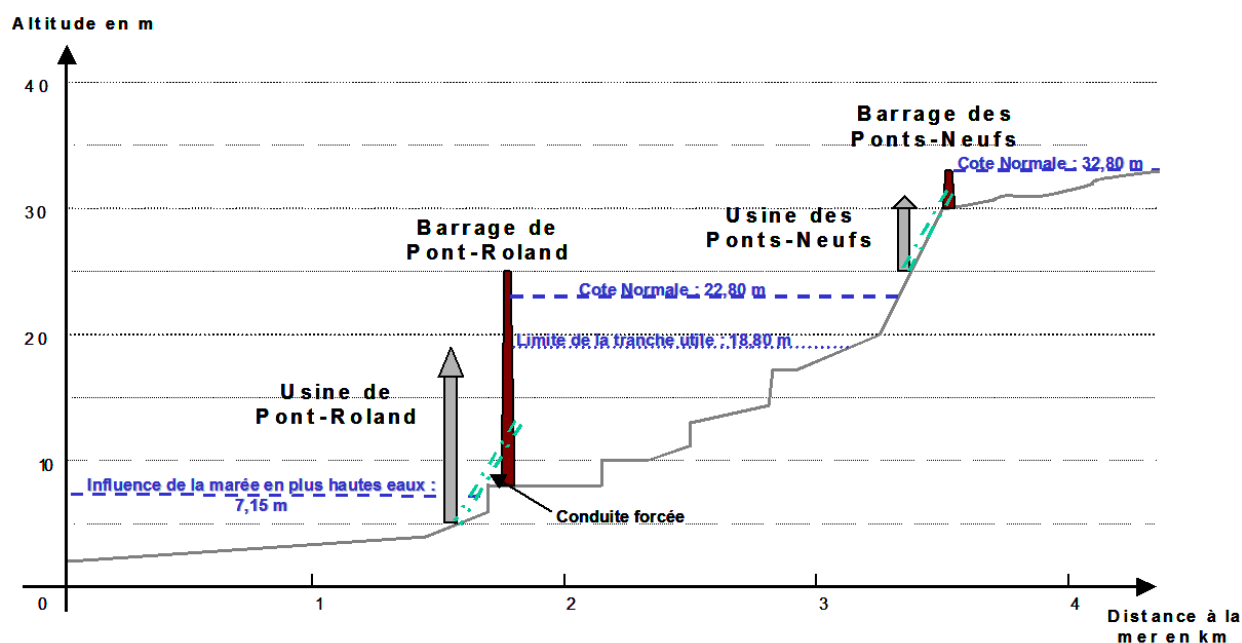


Figure 3.40 Profil en long des différents aménagements

L'influence en crue du barrage des Ponts Neufs est négligeable.

3.8.4 Autour de la retenue

Les berges de la retenue sont entièrement boisées sans aucune habitation.

Du fait du barrage à crête déversante, il n'a pas d'activité nautique sur la retenue de Pont Rolland, même si aucune disposition réglementaire n'interdit ce type d'activité. Des panneaux disposés autour de la retenue de Pont Rolland et une ligne de bouée indiquent le risque pour la baignade et la navigation.

La pêche est pratiquée depuis les berges de la retenue : toutefois du fait de la morphologie de la zone, seules quelques zones sont accessibles. L'intérêt piscicole réside dans la présence sur le Gouessant de carnassiers et de poissons de 1^{ère} catégorie comme la truite. La pêche de loisir participe au tourisme rural, en regroupant près de 1000 adhérents au sein de l'association de pêche locale.

La randonnée pédestre est également pratiquée autour de la retenue. Le chemin de randonnée GR de Pays entre Gouët et Gouessant permet de longer la rive droite de la retenue qui conserve un caractère sauvage. Ce tronçon autour de la retenue ne présente toutefois pas de risques particuliers liés à l'exploitation du barrage de Pont Rolland.

Les accès à l'eau sont difficiles et les emplacements de pêche peu nombreux.

Aussi bien à l'amont, qu'autour de la retenue, aucun enjeu n'est concerné par une montée des eaux de la retenue en crue.

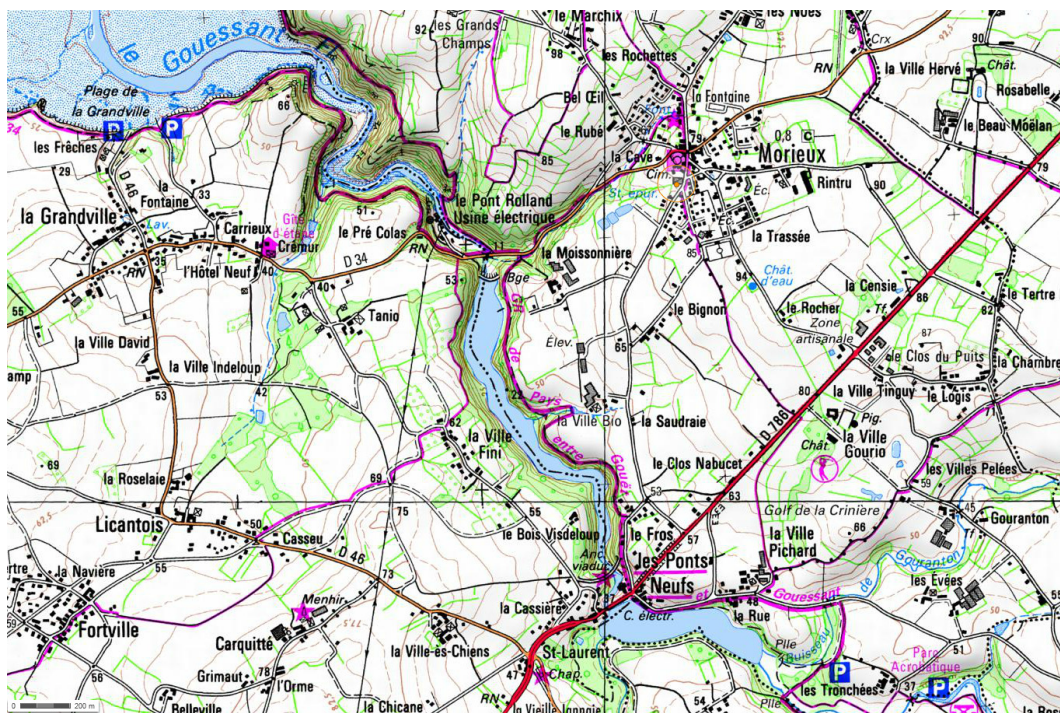


Figure 3.41 Sentier GRP autour de la retenue, Géoportail

3.8.5 À l'aval de la retenue

3.8.5.1 Zones habitées

L'accès à la centrale hydroélectrique se fait par un chemin communal en rive gauche qui donne sur un hameau de quelques maisons, ancienne cité EDF, aujourd'hui revendues à des particuliers. Trois maisons sont présentes en amont de la centrale hydroélectrique de Pont Rolland.



Figure 3.42 Habitations à l'aval immédiat du barrage

3.8.5.2 Voies de communication

La Route départementale D34 est située une centaine de mètres à l'aval du barrage avec le pont en maçonnerie enjambant le Gouessant.



Figure 3.43 Pont routier en aval du barrage

3.8.5.3 Activités industrielles et agricoles

La baie de Morieux se caractérise par une activité conchylicole intensive. La production de moule du site représente environ 10 % de la production française, illustrant la vocation mytilicole de la baie de Morieux. Les coques sont également exploitées de manière importante. Les fermes sont situées en mer, à 5 km environ du barrage. Les premières fermes sont localisées au large de la plage de Lermot.

3.8.5.4 Activités touristiques

a) Baignade

La baie de Morieux se situe sur la Côte de Penthievre, qui se caractérise par une fréquentation touristique importante, notamment pendant la période estivale. Les plages les plus fréquentées à proximité de l'estuaire sont : la plage de Saint-Maurice sur la commune de Morieux et les plages de Lermot et Bon-Abri sur la commune d'Hillion.

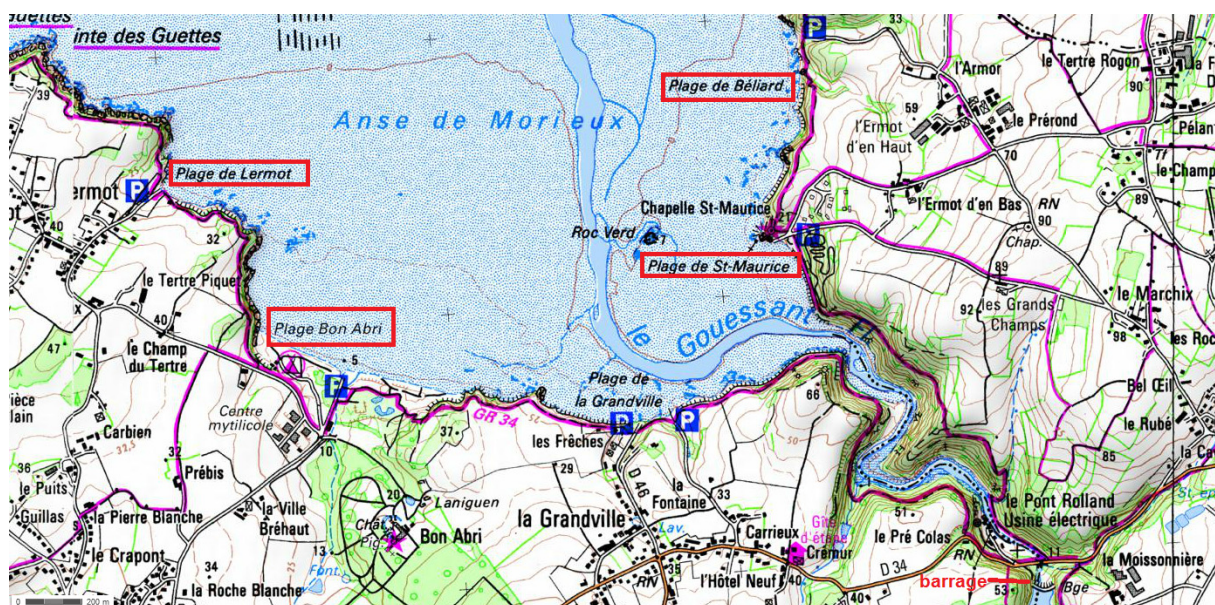


Figure 3.44 Plages dans l'anse de Morieux

b) Camping de Bonabry

Le camping de Bonabry, fondé en 1963 en bord de mer, comporte des emplacements destinés à la location de longue durée pour l'installation de mobile-homes (100 places)

Bien que ce camping ne soit plus répertorié, il poursuit toutefois son activité avec les propriétaires des mobile-homes. Une dizaine de ces résidences légères sont occupées en permanence, par des travailleurs précaires ou des retraités.



Figure 3.45 Camping de Bonabry, décembre 2014

La localisation du camping est précisée ci-après :



Figure 3.46 Localisation du camping de Bonabry, Géoportail

c) Randonnées

Le sentier de randonnée GR 34 longe les rives aval du barrage de Pont-Rolland.



Figure 3.47 Entrée dans la baie de Morieux, décembre 2014

Des panneaux d'information au public invitant à la prudence sont mis en place :

- à l'aval du barrage des panneaux « sûreté » indiquant la montée rapide des eaux ont été disposés jusqu'à l'embouchure de la baie de Morieux
- aux abords immédiats des ouvrages, l'accès est interdit au public par des clôtures et des barrières métalliques.

3.9 ANALYSE FONCTIONNELLE DE L'OUVRAGE

L'analyse fonctionnelle de l'ouvrage recense les différents éléments constitutifs de l'ouvrage et leurs fonctions ainsi que leurs relations les uns par rapport aux autres. Elle se décompose en deux étapes :

- **L'analyse fonctionnelle externe** qui s'intéresse aux interactions entre le système barrage (barrage voûte, fondation et ouvrages annexes) et son environnement. Elle permet de déterminer les fonctions de contrainte (FC) accomplies par le barrage, en réaction à son environnement (solllicitations, circulations de flux hydrauliques, contacts...), et les fonctions principales (FP) qui traduisent l'objet du barrage (production hydroélectrique, fourniture d'eau, écrêtement des crues...).
- **L'analyse fonctionnelle interne** recherche les fonctions techniques accomplies par les éléments constitutifs du barrage (composants et ouvrages annexes). Pour cela, une analyse structurelle est conduite et liste tous les éléments constitutifs du barrage, repère leur position géographique au sein de l'ouvrage et détermine les interactions avec les milieux extérieurs et les autres composants.

3.9.1 Analyse fonctionnelle externe

Le système étudié est le barrage voûte, sa fondation et ses ouvrages annexes, qui a pour fonction principale : stocker l'eau de la retenue, pour une utilisation hydroélectrique.

Afin de réaliser cette fonction principale, le système interagit par des fonctions contraintes avec son milieu extérieur composé des éléments suivants :

- Le bassin versant amont : le système barrage doit gérer les contraintes hydrologiques du bassin versant.
- Les milieux naturels (géologie, climatologie) : le système barrage doit être solidaire de l'environnement géologique (stabilité) et doit résister aux conditions climatiques.
- La retenue et les aménagements autour : le système barrage doit résister à la pression de la retenue et maintenir le plan d'eau normal de la retenue (afin d'éviter tout exhaussement pouvant impacter les enjeux).
- L'environnement aval : le système barrage doit éviter tout débordement pouvant impacter les enjeux aval.

3.9.2 Analyse fonctionnelle interne

Le système étudié est composé des éléments suivants :

- du barrage, dont la crête déversante assure l'évacuation des crues et disposant de parapets en rive pour empêcher un déversement en rive, la voûte étant bloquée par une fouille en béton ;
- de la fondation rocheuse du barrage protégé par un tapis en béton avec barbacanes ;
- du seuil aval ;
- des dispositifs d'auscultation et de surveillance ;
- de la vidange de fond et de la vidange de demi-fond.

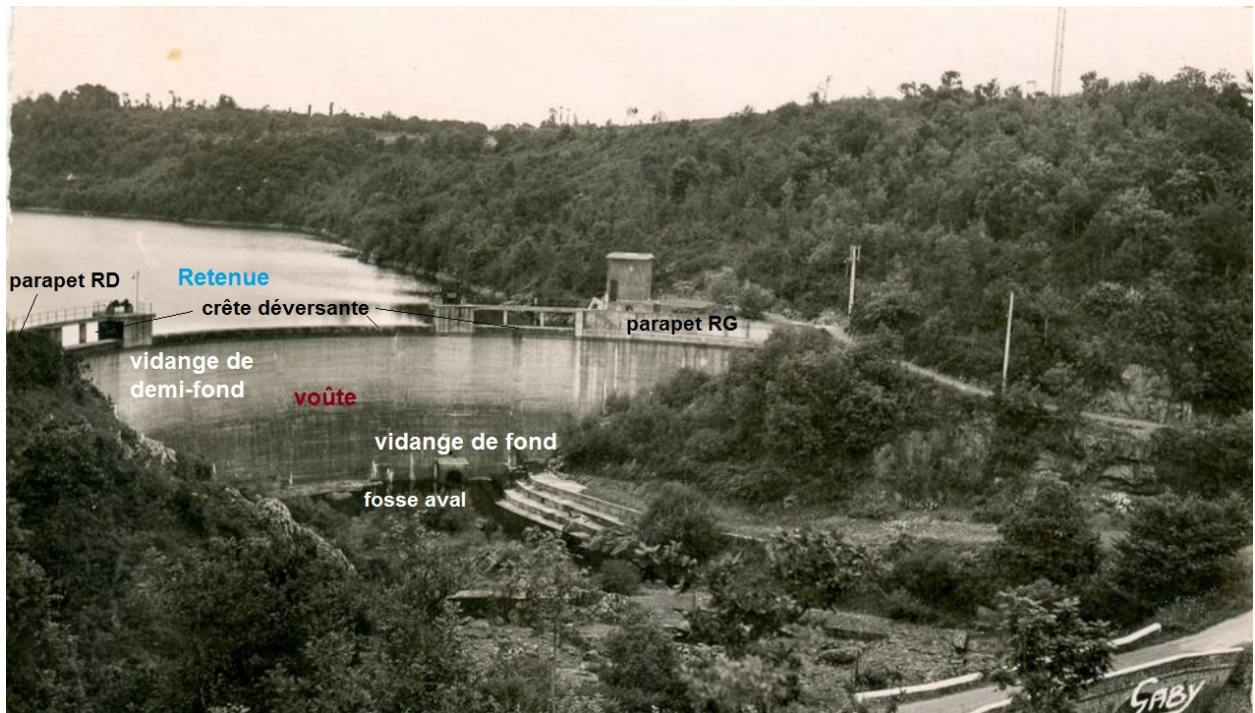


Figure 3.48 Localisation des ouvrages annexes constitutifs du « système barrage »

Afin de réaliser la fonction principale du système barrage (stocker l'eau pour une production hydroélectrique), **les éléments constitutifs de l'ouvrage entrent en interactions avec les milieux extérieurs dans le cadre de fonctions techniques qui sont identifiées et décrites dans le schéma fonctionnel suivant selon qu'elles participent à assurer l'une des 3 fonctions de sécurité** (retenir l'eau, maîtriser les variations de débits relâchés à l'aval, maîtriser les variations du niveau du plan d'eau amont).

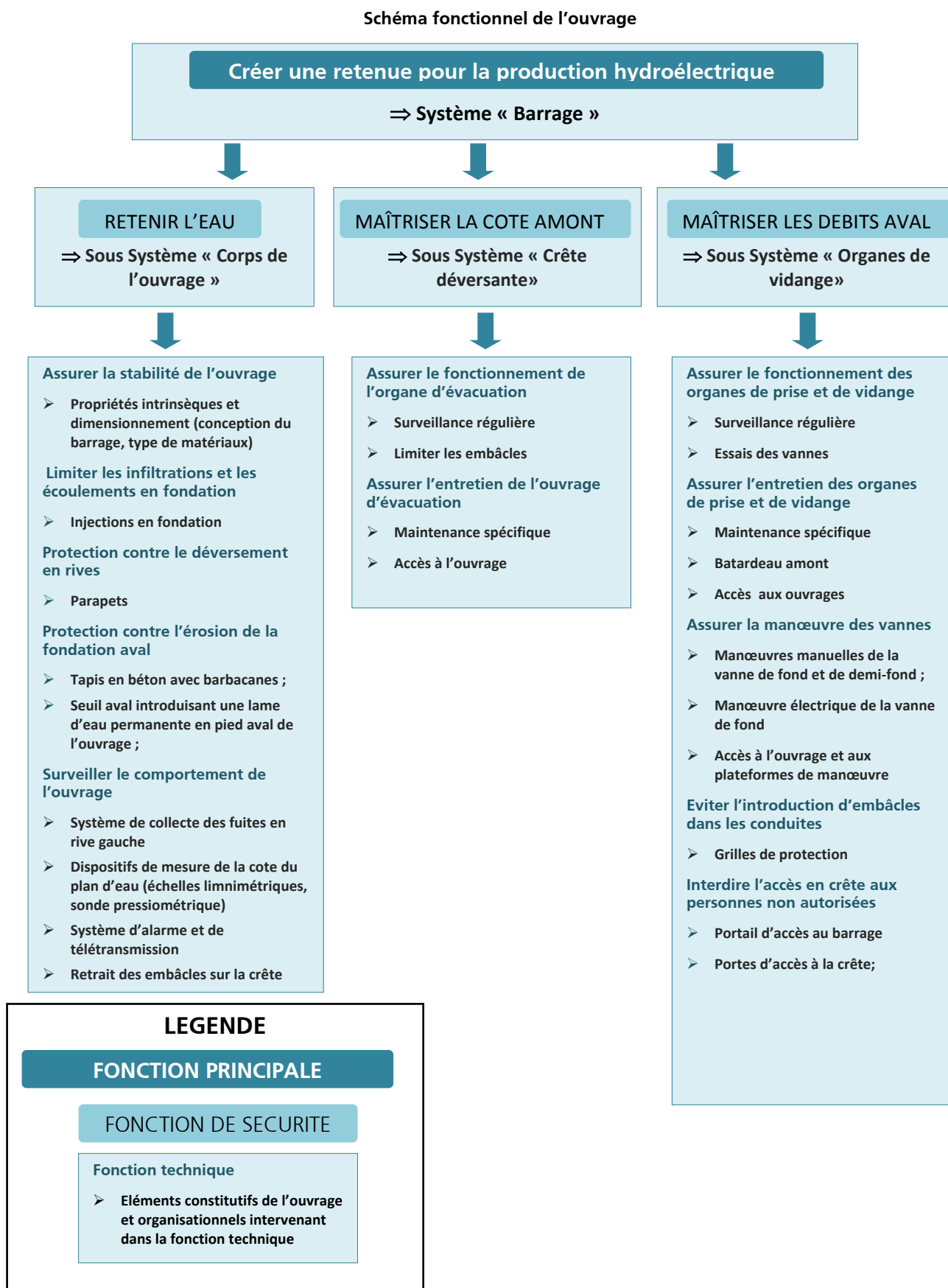


Figure 3.49 Schéma-fonctionnel du « système barrage de Pont Rolland »

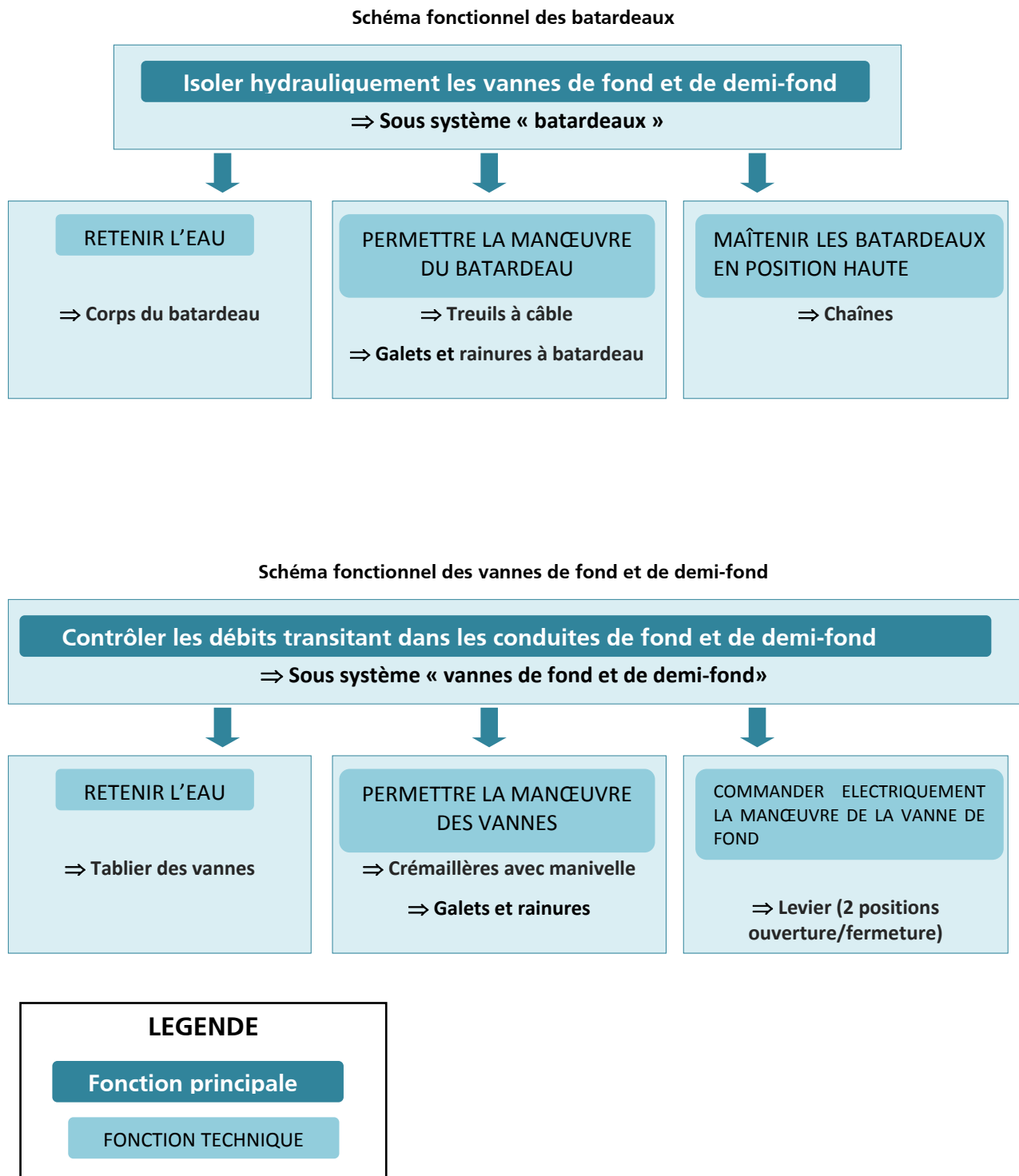


Figure 3.50 Schéma-fonctionnel du « système Batardeaux » et du système « vanne de fond (et vanne de demi-fond) »

4 POLITIQUE DE PREVENTION DES ACCIDENTS MAJEURS ET SYSTEME DE GESTION DE LA SECURITE

Sources utilisées : [23] ; [24]

Par l'arrêté relatif à la gestion au titre de la sécurité publique par EDF SA en date du 26 juin 2014 et afin de garantir la sûreté des ouvrages et la sécurité des tiers, la société Electricité de France (EDF), est mandatée pour gérer l'aménagement hydroélectrique de Pont Rolland et à occuper l'ensemble des terrains et immeubles du domaine public de l'Etat.

Ce mandat a pris effet au 1^{er} juillet 2014, pour une durée d'un an et est reconductible annuellement, par tacite reconduction.

Cet arrêté s'accompagne de trois documents annexés :

- Annexe N°1 : Consignes d'exploitation hors crue :

Cette consigne détaille les modes de fonctionnement et définit les conditions d'exécution des manœuvres d'exploitation permettant de maîtriser les variations de débits dans le Gouessant, à l'aval du barrage de Pont Rolland. Elle définit également les modalités relatives à l'information du public sur les risques liés à la présence et au fonctionnement de l'aménagement. La personne responsable de l'application de la consigne hors crue est le chargé d'exploitation du groupement de Guerlédan. Les règles fixées sont impératives et ne peuvent pas être transgressées par l'agent chargé de leur exploitation, sauf instruction formelle du chargé d'exploitation.

Trois types de dérogation à la consigne sont possibles :

- demandés par l'exploitant par une personne ayant l'autorité (préfet, tutelle, police de l'eau...). Elles doivent être confirmées par écrit par le demandeur. L'astreinte d'encadrement du GEH en est informée.
- sur circonstances exceptionnelles mettant en danger des personnes ou des biens. Il n'y a alors pas de demande préalable de dérogation.
- pour la préservation du milieu aquatique, si cela ne remet pas en cause la sécurité des personnes et des biens.

- Annexe N°2 : Consigne de surveillance et d'auscultation du barrage :

Cette consigne précise les modalités des inspections visuelles hors crue et leur fréquence. Elle précise également les fréquences des suivis complémentaires et des essais des organes de sécurité. Elle détaille les dispositifs d'auscultation et précise la fréquence de mesures. Elle définit également des conditions particulières d'exploitation. Elle s'accompagne des fiches d'inspection et de mesures à compléter par l'exploitant.

- Annexe N°3 : Actions de maintenance courante décomposées en 11 fiches.

L'arrêté précise que seules des actions strictement nécessaires à l'exploitation peuvent être entreprises par EDF et que la responsabilité d'EDF se limite aux conditions normales d'exploitation. En crues, aucune manœuvre d'organes hydrauliques n'est réalisée, la crue n'étant évacuée que par la crête déversante.

L'arrêté précise toutefois (pour reprendre les termes de l'arrêté) « *qu'en cas de situation d'urgence en lien avec la sécurité publique, le mandataire mettra en œuvre les mesures de sauvegarde nécessaires et en informera, sans délai, le Préfet* ».

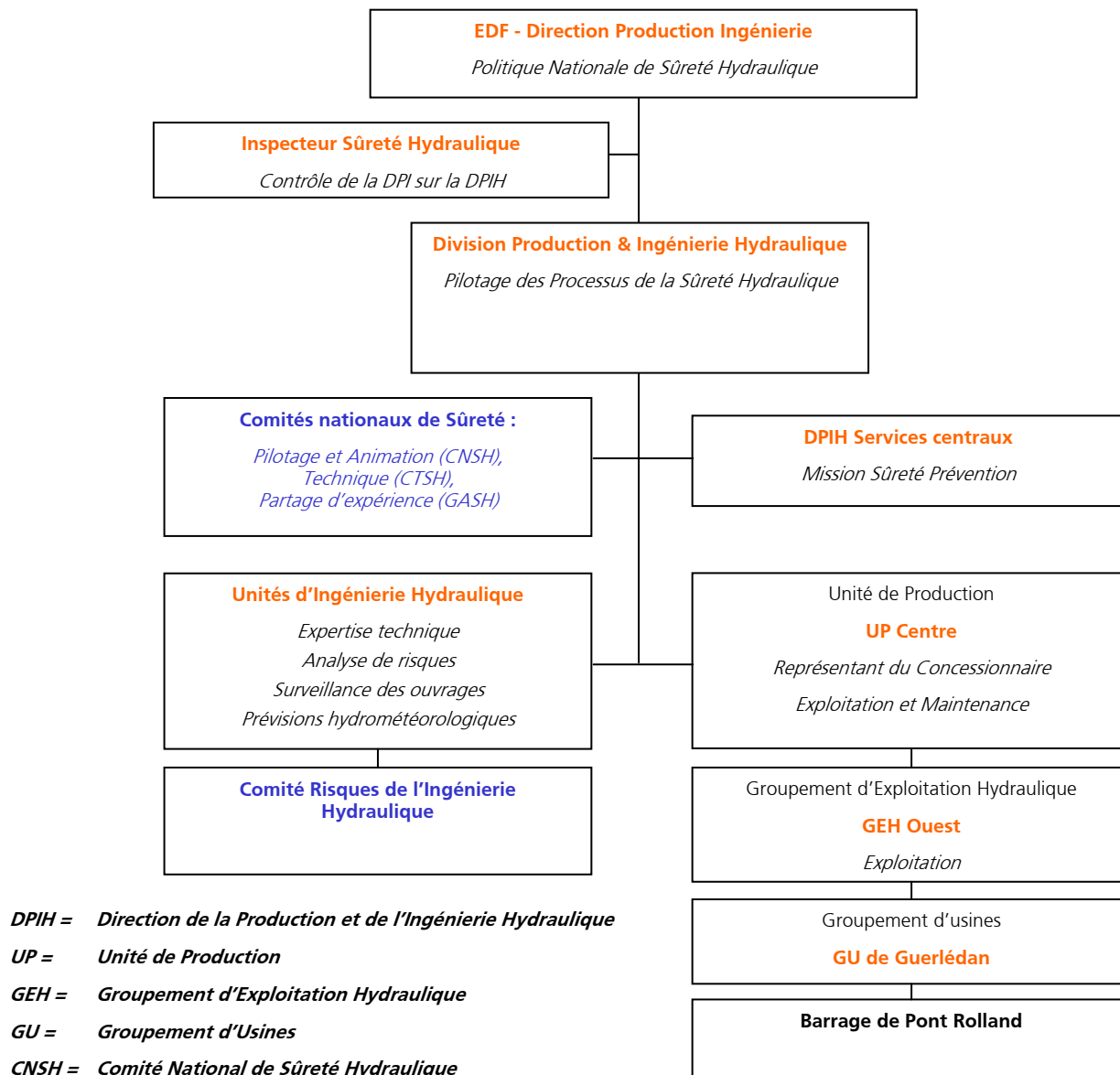
La présentation de la politique de prévention des accidents majeurs et système de gestion de la sécurité de groupement d'usine de Guerlédan est présentée ci-après.

4.1 GESTION DE LA SÉCURITÉ

La sûreté des barrages est une préoccupation constante d'EDF ; au fil du temps, l'Entreprise a formé et entraîné son personnel, forgé des outils (dont le retour d'expérience), développé des principes techniques et mis en œuvre une organisation, dans le but de maîtriser la sûreté de ses installations de production d'énergie.

La mise sous assurance qualité des activités d'ingénierie et d'exploitation a consolidé l'ensemble du dispositif de sûreté, aboutissant au Système de Gestion de la Sécurité (SGS) des barrages actuellement en vigueur.

Le système de gestion de la sûreté à EDF est décrit en **annexe** de la présente étude.



Ce système se place dans une démarche permanente de progrès qui se nourrit, entre autres, du retour d'expérience (REX) et du partage d'expériences (PEX) au sein de l'entreprise ; piloté au niveau de la Direction Production et Ingénierie, le SGS est mis en œuvre à la DPIH et se décline jusque dans l'entité opérationnelle (Groupement d'Usines) en charge de la surveillance du barrage de Pont Rolland.

Le système de gestion de la sécurité à EDF est décrit en Annexe B.

4.2 ORGANISATION DE LA SÉCURITÉ

Le Système de Gestion de la Sûreté Hydraulique s'appuie sur un référentiel de Sûreté Hydraulique regroupant l'ensemble des textes réglementaires et internes en matière de Sûreté Hydraulique. Il précise notamment les exigences en termes de démarches d'analyse, de mesures de prévention et de protection contre des risques de défaillances pouvant conduire à une situation périlleuse redoutée.

Ce référentiel est décliné localement pour la situation de chaque aménagement ; il précise également les rôles et les responsabilités internes vis-à-vis des enjeux de Sûreté.

Les agents de la DPIH (exploitants, mainteneurs et ingénieurs) étant au cœur des mesures de maîtrise des risques, EDF accorde une attention toute particulière aux aspects socio-organisationnels et humains (SOH) : cette démarche permet d'identifier et d'analyser des facteurs liés au comportement humain, à l'organisation des équipes et du travail pouvant influencer la robustesse des mesures de maîtrise des risques. L'Unité de Production Centre comporte un réseau de « correspondants SOH » réalisant à la demande du Management, des analyses sur certains incidents.

Ainsi, le SGS et les mesures de sécurité spécifiques au barrage de Pont Rolland constituent l'ensemble des barrières de prévention et de protection du barrage.

4.2.1 Responsabilités

Par délégation du Directeur de la DPIH, *le Directeur d'Unité Production* est responsable :

- de la sûreté des aménagements de son périmètre géographique (maîtrise des trois risques de la « Politique Sûreté Hydraulique »),
- de la mise en place, au sein de son Unité, d'une organisation répondant aux exigences du référentiel de Sûreté Hydraulique
- de l'organisation des relations avec le service du contrôle au sein de son unité

Le Directeur Adjoint de l'UP Centre est chargé du management opérationnel de la Sûreté Hydraulique au sein de l'Unité : animation du domaine (REX, PEX), déclinaison des politiques nationales et contrôle interne de leur application (y compris dans le domaine de la maintenance). A ce titre, il préside le Comité Sûreté de l'Unité.

Un *Chargé de Mission Sûreté* en appui au Directeur Adjoint, est notamment chargé de piloter le programme de contrôle interne dans le domaine de la sûreté hydraulique. Cette personne constitue une « voie de recours » auprès du Directeur d'Unité, du Directeur de la DPIH, voire si besoin auprès de l'Inspecteur Sûreté Hydraulique, pour faire valoir toute situation dont l'enjeu de sûreté hydraulique ne serait pas traité de manière adaptée au sein de l'Unité. En particulier, il rencontre périodiquement son Directeur d'Unité pour faire le point sur les problématiques de Sûreté Hydraulique dans l'Unité.

Le Directeur de la Mission Gestion du Patrimoine, membre de l'équipe de Direction de l'UP Centre, est chargé du maintien *dans la durée* du bon état des installations de l'Unité. Il assure le rôle de « gestionnaire d'actif » (connaissance de l'état du patrimoine, priorisation et arbitrage des opérations de maintenance), contribuant ainsi à la maîtrise de la sûreté hydraulique. Il fournit aux Directeurs de GEH les éléments techniques nécessaires à l'exploitation de leurs installations dans le respect des règles de sûreté hydraulique.

Le Directeur du GEH Ouest, dans le cadre du fonctionnement des aménagements qu'il exploite, s'assure de l'atteinte des objectifs de performance dans le domaine de la Sûreté Hydraulique en déployant les démarches de progrès nationales et régionales du domaine.

Le Chef de GU de Guerlédan, dans le cadre du fonctionnement des aménagements qu'il exploite, s'assure de la mise en œuvre des actions de réduction des risques de Sûreté Hydraulique, y compris pour les risques liés à l'état du patrimoine et aux chantiers afférents.

De même, les autres managers de l'Unité Production se doivent de prendre en compte, dans l'exercice de leur activité, l'impact de leurs décisions sur la Sûreté hydraulique.

4.2.2 Comités et instances de Sûreté Hydraulique

Les acteurs de l'Unité responsables de la Sûreté Hydraulique s'appuient sur plusieurs comités et instances propres à l'Unité, dont :

- le CODIR (**Comité de Direction**) d'Unité vérifiant notamment l'amélioration des performances de l'Unité en matière de sûreté hydraulique et instruisant les dossiers stratégiques de l'Unité dans ce domaine ;
- le **Comité Sûreté**, présidé par le Responsable Management de la Sûreté de l'Unité ; il se compose d'un membre de l'équipe de direction de chaque GEH (sous-unité) et/ou de spécialistes Sûreté, d'un représentant Patrimoine de l'Unité, et de représentants des unités Ingénierie. Il a notamment pour missions :
 - la déclinaison des orientations nationales dans le domaine de la sûreté hydraulique,
 - le partage d'expériences,
 - l'élaboration et le suivi du plan pluriannuel de contrôles internes dans le domaine de la sûreté hydraulique
 - le suivi des relations avec les services du contrôle et les parties prenantes.
- Les **réseaux « Sûreté »** (ou équivalent) d'unité et/ou de sous-unité. Connectés au Comité Sûreté de l'Unité de Production, ils ont notamment pour missions : le partage d'expériences au sein de l'Unité, l'exploitation du retour d'expérience et la professionnalisation des acteurs de la sûreté hydraulique dans l'Unité

4.3 CONTRÔLE

Le système de gestion de la Sûreté de la Division Production et Ingénierie Hydraulique s'appuie sur plusieurs niveaux de contrôle :

- Au niveau de la DPI - L'inspecteur Sûreté Hydraulique effectue des inspections des entités (environ 6 mois d'inspections par an). Il rédige un rapport d'inspection propre à chaque entité visitée, mais également un bilan annuel national, disponible sur le site Internet d'EDF. Il rapporte le résultat de ses contrôles au Directeur de la Direction Production Ingénierie ;
- Au niveau DPIH - Plusieurs actions de contrôle sont réalisées chaque année par les agents des Services Centraux de la DPIH sur des thèmes de Sûreté spécifiques. Chaque Unité de Production et d'Ingénierie doit également rendre compte de ses performances de Sûreté Hydraulique à travers un bilan annuel. Les comités nationaux et les missions nationales de la DPIH prennent connaissance de ce bilan et demandent si nécessaire des informations supplémentaires et des plans d'actions sur des points spécifiques.
- Au sein de chaque Unité, les GU et GEH doivent rendre compte de leurs performances en termes de Sûreté Hydraulique au travers d'un bilan annuel. De plus, tout au long de l'année, le management du GEH et du GU réalisent des Visites Managériales de Sûreté Hydraulique afin de vérifier sur le terrain la mise en place de certaines mesures de maîtrise des risques.

Afin de s'assurer que chaque agent est en capacité d'assurer les missions de Sûreté Hydraulique établies par le référentiel de Sûreté Hydraulique, en application de la procédure de la Gestion Prévisionnelle des Emplois et des Compétences (GPEC à l'Unité de Production Centre), le Chef de Groupement d'Usines effectue annuellement un entretien individuel de l'ensemble des agents du groupement, dont l'objectif est de mesurer et évaluer le professionnalisme de chaque agent.

Cet entretien est réalisé au travers d'une grille individuelle de compétences exploitation, sur les aspects suivants :

- pilotage et organisation de l'exploitation

- exploitation des installations et maintenance courante
- sûreté – environnement
- santé – sécurité.

4.4 DÉCLINAISON OPÉRATIONNELLE DES PRINCIPALES PROCEDURES

Les procédures ont pour objet d'encadrer l'identification et l'évaluation des risques d'accidents majeurs, la surveillance de l'ouvrage en toutes circonstances, la gestion des situations d'urgences et la gestion du retour d'expérience.

Le tableau ci-après décrit la transposition dans les entités opérationnelles (directives, consignes, instructions, procédures, etc.) du Référentiel de Sûreté Hydraulique de la DPIH. Le corpus des règles applicables constitue les barrières génériques de prévention et de protection contre les situations accidentelles potentielles résultant de la présence du barrage dans son environnement.

4.4.1 Barrières de prévention

Architecture du SGS	Déclinaison au barrage de Pont Rolland
Organisation générale <ul style="list-style-type: none">❖ Politique et démarche sûreté formalisée : <i>les acteurs connaissent leurs missions et leurs responsabilités.</i>❖ Inspection de la sûreté indépendante du management de la DPIH : <i>capacité à détecter des dérives d'organisation ou de réalisation des activités opérationnelles, indépendamment du management.</i>❖ Directives nationales (organisationnelles et techniques) : <i>référentiel organisationnel et technique disponible et connu des acteurs.</i>❖ Réseaux d'animation de la sûreté aux différents niveaux de la DPIH (partage d'expériences, diffusion de la culture sûreté,...)❖ Système de management pour les Unités de production et d'ingénierie : <i>traçabilité des « enregistrements » concernant les activités d'exploitation relevant de la sûreté</i>❖ Cohérence d'organisation entre unités de production❖ Formalisation de l'organisation en cas de crise.❖ Unités d'ingénierie indépendantes mais proches des unités de production, et spécialisées dans la surveillance et la maintenance du parc de production hydraulique : <i>expertise indépendante</i>❖ Démarche nationale de mise en place et de suivi des Dispositifs et Moyens Particuliers (DMP).	<ul style="list-style-type: none">❖ Organisation générale du groupement de Guerlédan – référence du document : PLI-OUH-PR-03-001.❖ Organisation logistique en situation de crise au groupement de Guerlédan, référence du document : - PLI-OUH-MO-05-002❖ Exercices de gestion de crise.❖ Inspection sûreté nationale.❖ Comités nationaux.❖ Application SILEX.❖ Réseau hydro national et passerelle avec DPIH.❖ DMP.

Architecture du SGS	Déclinaison au barrage de Pont Rolland
Compétences <ul style="list-style-type: none">❖ Niveau de recrutement adapté et suivi du professionnalisme : <i>renouvellement des compétences et évaluations annuelles des agents.</i>❖ Formations professionnelles spécifiques « sur mesure » : <i>maintien des compétences dans la durée</i>❖ Qualifications des personnels pour certaines activités : <i>compétences adaptées et évaluées.</i>	<ul style="list-style-type: none">❖ Appréciation du professionnalisme, stages.❖ Intégration des nouveaux arrivants à l'UP Centre.❖ Gestion Prévisionnelle des Emplois et Compétences (GPEC).❖ Formation à l'utilisation du logiciel KOALA (auscultation) pour les nouveaux arrivants.
Conception et réalisation <ul style="list-style-type: none">❖ Conception et réalisation des ouvrages par des bureaux d'études et entreprises qualifiées. Suivi des travaux rigoureux par EDF : <i>respect des règles de l'art, recherche et développement, compétences pluridisciplinaires.</i>❖ Disponibilité des données de conception, de réalisation et de première mise en eau dans le dossier du concessionnaire : <i>surveillance des ouvrages, retour à la conception, analyses comportementales, expertise technique.</i>	<ul style="list-style-type: none">❖ Les Unités d'ingénierie intégrées (CIH, DTG, TEGG), la Division R&D sont les entités supports chargées de l'assistance au Maître d'ouvrage (les Unités de production) et de la Maîtrise d'œuvre générale des opérations de développement des outils de production (ouvrages neufs) et des opérations de maintenance ou de réhabilitation des ouvrages existants (le parc des barrages).❖ Les procédures d'achat contribuent au processus de sélection et de qualification des sous-traitants et au respect des cahiers des charges techniques.
Exploitation <ul style="list-style-type: none">❖ Système d'astreinte des agents d'exploitation : <i>Intervention humaine mobilisable 24h/24h, 7j/7j.</i>❖ Politique de protection (alarmes), de redondance des fonctions importantes pour la sûreté (alimentation, capteurs,...) : <i>fiabilité des systèmes importants pour la sûreté</i>❖ Consignes et/ou Instructions Permanentes d'Exploitation (IPE) disponibles pour la surveillance et l'auscultation, l'exploitation en crue, l'exploitation hors crue : <i>qualité des interventions, encadrées par des modes opératoires conçus « à froid »</i>❖ REX des incidents d'exploitation (ESSH), analyse des causes et plans d'actions : <i>mémoire des événements d'exploitation mise à profit pour l'amélioration permanente de la sûreté</i>	<ul style="list-style-type: none">❖ Annexe n° 1 de l'arrêté préfectoral du 26 juin 2014 - Consigne d'exploitation hors crue❖ Saisie des Evénements Significatifs pour la Sûreté Hydraulique (ESSH) dans la base nationale SILEX.

Architecture du SGS	Déclinaison au barrage de Pont Rolland
Surveillance des barrages <ul style="list-style-type: none"> ❖ Outil de collecte et de diagnostic structurant (KOALA) : <i>Détection d'anomalies au plus près de la mesure, et lancement rapide des actions appropriées ; Base de données fiable et pérenne</i> ❖ Double diagnostic au plus près de la réalisation des mesures d'auscultation : effectué par le Groupement d'Usines et la DTG ❖ Contrôle des capteurs d'auscultation : <i>fiabilité des mesures</i> ❖ Inspections visuelles régulières formalisées ❖ Planification et mode opératoire des essais et contrôles 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Annexe n° 2 de l'arrêté préfectoral du 26 juin 2014 - Consigne de surveillance et d'auscultation - ❖ Fiches de contrôle des équipements vérifiés par la DTG + suivi métrologique des appareils d'auscultation répertoriés dans une base de données « métrologie ».
Maîtrise du passage des crues <ul style="list-style-type: none"> ❖ EDF gère un réseau de mesures et d'observations hydrométéorologiques, exploite ces données en temps réel et dispose d'équipes de prévisionnistes en relation avec l'exploitant, qui permettent notamment d'anticiper les épisodes de crues importantes. ❖ Les règles internes imposent une présence humaine permanente sur le barrage lors des épisodes de crue : <i>garantit une intervention opérationnelle adaptée au plus près de l'événement.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Annexe n° 2 de l'arrêté préfectoral du 26 juin 2014 - Consigne de surveillance et d'auscultation - § 5. « Conditions particulières d'exploitation » ❖ Pour le barrage de Pont Rolland, aucune présence humaine permanente sur le barrage n'est demandée lors des épisodes de crue. ❖ EDF assure le suivi du niveau de la retenue
Prise en compte d'autres événements externes <ul style="list-style-type: none"> ❖ EDF a passé un contrat avec le Réseau National de Surveillance Sismique (RENASS) et a mis en place une organisation qui permet d'alerter l'astreinte des Groupements d'Usines en cas de séisme significatif susceptible d'impacter les ouvrages ❖ Vent ❖ Gel 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Procédure alerte séisme référence du document : – MRO-A00-PR-14-002 ❖ Annexe n° 2 de l'arrêté préfectoral du 26 juin 2014 - Consigne de surveillance et d'auscultation - § 5. « Conditions particulières d'exploitation » ❖ Consigne par grand froid, référence du document : – MRO-OUH-PR-09-003
Maintenance <ul style="list-style-type: none"> ❖ Politique de maintenance courante par famille d'ouvrages et de matériels : <i>garantit la surveillance de l'état des matériels et la mise en œuvre des mesures correctives appropriées.</i> ❖ Analyse spécifique de risque par ouvrage en fonction des résultats des inspections et mesures : <i>Identification des sources de défaillance</i> ❖ Mise en œuvre de dispositions palliatives et maintenance lourde si nécessaire : <i>Règles formelles de mise en sécurité des installations en cas d'anomalies constatées</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Mode opératoire de maintenance (Fiches MAE – Maintenance Adaptée aux enjeux-) Annexe n° 3 de l'arrêté préfectoral du 26 juin 2014.

Architecture du SGS	Déclinaison au barrage de Pont Rolland
Mise en œuvre des plans d'urgence <ul style="list-style-type: none"> ❖ Mise en place des cellules de crise internes : <i>Décisions prises sur la base d'informations fiables et partagées.</i> ❖ Etablissement des relations entre les cellules de crise internes et externes ❖ Baisse rapide du niveau de la retenue par vidange : <i>diminution rapide de la poussée hydrostatique sur l'ouvrage.</i> 	

4.4.2 Barrières de protection

Description sommaire	Déclinaison au barrage de Pont Rolland
Sûreté du public <ul style="list-style-type: none"> ❖ Etude de l'impact de l'exploitation et adaptation des manœuvres en conséquence : <i>permet d'anticiper les conséquences de défaillances.</i> ❖ Consignes ❖ Restriction d'accès aux zones dangereuses : <i>mesures physiques de sécurité contraignantes.</i> ❖ Information du public (panneaux, brochures, rencontres ...) : <i>prévention des conséquences, pédagogie, prise de conscience.</i> 	<p>Analyse des impacts sur le milieu – Aménagement de Pont Rolland (étude de criticité) Panneaux de signalisation Embauche de saisonniers (hydroguides) afin d'informer sur la nature des risques liés à l'aménagement hydraulique</p>

4.5 OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES

Les moyens mis en place par l'exploitant doivent satisfaire les obligations réglementaires issues du décret n° 2007-1735 du 11 décembre 2007 et de l'arrêté 29 février 2008 fixant des prescriptions relatives à la sécurité et à la sûreté des ouvrages hydrauliques.

Les études et documents (principales procédures) exigés par ces 2 textes (ainsi que leur périodicité) sont listés ci-après.

	Barrages			
	A $H \geq 20$	B $H^2 \times \sqrt{V} \geq 200$ et $H \geq 10$	C $H^2 \times \sqrt{V} \geq 20$ et $H \geq 5$	D $H \geq 2$
Etude de dangers	Oui	Oui	Non	Non
Première mise en eau réglementée	Oui	Oui	Oui	Oui
Dossier de l'ouvrage	Oui	Oui	Oui	Oui
Registre de l'ouvrage	Oui	Oui	Oui	Oui
Consignes écrites	Oui	Oui	Oui	Oui Pas d'approbation par le préfet
Auscultation de l'ouvrage	Oui Sauf dérogation	Oui Sauf dérogation	Oui Sauf dérogation	Non Sur demande particulière
Fréquence des rapports de surveillance	1 an Transmis au préfet	5 ans Transmis au préfet	5 ans Transmis au préfet	/
Fréquence des rapports d'auscultation	2 ans Transmis au préfet	5 ans Transmis au préfet	5 ans Transmis au préfet	/
Fréquence des visites techniques approfondies	1 an Compte-rendu transmis au préfet	2 ans Compte-rendu transmis au préfet	5 ans Compte-rendu transmis au préfet	10 ans Pas de transmission au préfet
Revue de sûreté	Tous les 10 ans	Non	Non	Non
Révision spéciale	Possible	Possible	Possible	Possible

Figure 4.1 Obligations par classe de barrages issues du Décret 2007-700

La transposition opérationnelle au barrage de Pont Rolland des procédures imposées par la réglementation est présentée ci-après.

PROCÉDURES	OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES	TRANSPOSITION AU BARRAGE
Dossier de l'ouvrage (article R.214-122 I du code de l'environnement et article 3 de l'arrêté du 29 février 2008)	<p>L'exploitant doit constituer et tenir à jour un dossier contenant :</p> <ul style="list-style-type: none">▪ tous les documents relatifs à l'ouvrage, permettant d'avoir une connaissance la plus complète (notamment l'étude de dangers),▪ une description de l'organisation mise en place pour assurer l'exploitation et la surveillance de l'ouvrage en toutes circonstances,▪ des consignes écrites dans lesquelles sont fixées les instructions de surveillance de l'ouvrage en toutes circonstances ainsi que celles concernant son exploitation en période de crue,▪ ces consignes précisent le contenu des visites techniques approfondies, du rapport de surveillance et du rapport d'auscultation. <p>Ce dossier est conservé dans un endroit permettant son accès et son utilisation en toutes circonstances et tenu à la disposition du service chargé du contrôle.</p>	<ul style="list-style-type: none">▪ Un bordereau des plans disponibles existe.▪ Les documents relatifs au barrage sont pour l'instant conservés par EDF.
Registre du barrage (article R.214-122 II du code de l'environnement et article 6 de l'arrêté du 29 février 2008)	<p>L'exploitant du barrage tient à jour un registre sur lequel sont sommairement mentionnés au fur et à mesure, avec indication des dates, les principaux renseignements relatifs à l'exploitation du réservoir (remplissage, vidange, déversement), les mesures de contrôle faites, les incidents constatés (fuites, fissures), les travaux d'entretien ou de réparation effectués.</p> <p>Ce registre est conservé dans un endroit permettant son accès et son utilisation en toutes circonstances et tenu à la disposition du service chargé du contrôle.</p>	<p>Le registre de l'ouvrage est situé dans un local dans la centrale hydroélectrique en aval du barrage.</p> <p>Il est appelé registre d'exploitation et de surveillance.</p>
Consignes écrites (article R.214-122 I du code de l'environnement et article 5 de l'arrêté du 29 février 2008)	<p>Les consignes écrites fixent les instructions de surveillance de l'ouvrage en toutes circonstances ainsi que celles concernant son exploitation en période de crue.</p> <p>Elles portent sur :</p> <ul style="list-style-type: none">▪ les dispositions spécifiques à la surveillance et à l'exploitation de l'ouvrage en période de crue (contraintes et objectifs à respecter au regard de la sûreté de l'ouvrage et de la sécurité des personnes et des biens). Elles indiquent également :<ul style="list-style-type: none">• les moyens dont dispose le propriétaire ou l'exploitant pour anticiper l'arrivée et le déroulement des crues.• Les différents états de vigilance et de mobilisation de l'exploitant pour la surveillance de son ouvrage, les conditions de passage d'un état à l'autre et les règles particulières de surveillance de l'ouvrage par le propriétaire ou l'exploitant pendant chacun de ces états.• Les règles de gestion des organes hydrauliques, notamment les vannes, pendant la crue.• Les règles de transmission d'informations vers les autorités	<ul style="list-style-type: none">▪ Les consignes de surveillance et d'auscultation sont détaillées dans l'arrêté de réquisition applicable au 1^{er} juillet 2014, ainsi que ses 3 annexes.

PROCÉDURES	OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES	TRANSPOSITION AU BARRAGE
	compétentes. <ul style="list-style-type: none"> Les dispositions à prendre par le propriétaire ou l'exploitant en cas d'événement particulier, d'anomalie de comportement ou de fonctionnement de l'ouvrage et les noms et coordonnées des différentes autorités susceptibles d'intervenir ou devant être averties. 	
Organisation (articles R.214-122 I, R.214-123 et R.214-131 I du code de l'environnement et article 4 de l'arrêté du 29 février 2008)	Description de l'organisation mise en place pour assurer l'exploitation, la surveillance et l'entretien de l'ouvrage en toutes circonstances, notamment sur : <ul style="list-style-type: none"> les modalités d'entretien et de vérifications périodiques du corps de l'ouvrage et des divers organes fixes ou mobiles, le contrôle de la végétation. La surveillance du barrage par l'exploitant doit comprendre des visites périodiques qui ont pour but l'examen visuel de l'ouvrage, de ses abords et de ses organes d'évacuation, ainsi que des visites consécutives à des événements particuliers, notamment les crues et les séismes. Elles précisent la périodicité des visites, le parcours effectué, les points principaux d'observation et la description des essais des organes mobiles.	L'organisation mise en place par l'exploitant est présentée dans le présent chapitre 4 de l'EDD.
Visites Techniques Approfondies (articles R.214-123 et R.214-131 I du code de l'environnement et article 5 de l'arrêté du 29 février 2008)	La visite technique approfondie sera organisée, au moins une fois tous les deux ans. Les consignes écrites précisent le contenu des visites techniques approfondies, notamment, pour chaque partie de l'ouvrage, de ses abords et de la retenue, les constatations, les éventuels désordres observés, leurs origines possibles et les suites à donner en matière de surveillance, d'exploitation, d'entretien, d'auscultation, de diagnostic ou de confortement.	<ul style="list-style-type: none"> EDF fait réaliser, conformément à la lettre de classement du barrage du 5 février 2010, tous les 2 ans une visite technique approfondie du barrage par un personnel compétent notamment en hydraulique, en mécanique, en géotechnique et en génie civil par son centre CIH. Plusieurs rapports de VTA sont réalisés : contrôle-commande, Génie Civil et organes hydromécaniques font chacun l'objet d'un rapport à part.
Auscultation (article R.214-124 du code de l'environnement et article 5 de l'arrêté du 29 février 2008)	Le barrage est doté d'un dispositif d'auscultation permettant d'en assurer une surveillance efficace. Les consignes écrites portent sur les dispositions relatives aux mesures d'auscultation (description du dispositif d'auscultation, liste des mesures qui font l'objet d'une analyse dans le cadre du rapport périodique d'auscultation, périodicité des mesures selon le type d'instrument, fréquences et modalités de vérification et de maintenance des instruments et dispositifs de mesure).	<ul style="list-style-type: none"> Des périodicités sont définies dans les annexes de l'arrêté de réquisition en fonction du type d'instrument. Des fiches préétablies permettent de noter les relevés. Suite à la surverse permanente du barrage, l'auscultation se limite au relevé mensuel de la cote de retenue.
Rapport de surveillance (articles R.214-122 I et R.214-131 II du code de l'environnement et article 5 de l'arrêté du 29 février 2008)	L'exploitant devra adresser une fois tous les cinq ans au Service du Contrôle un rapport sur la surveillance du barrage. Ce rapport comprend des renseignements synthétiques sur : <ul style="list-style-type: none"> la surveillance, l'entretien et l'exploitation de l'ouvrage au cours de la période, les incidents constatés et les incidents d'exploitation, 	<ul style="list-style-type: none"> Le dernier rapport de surveillance couvre la période 2009-2011.

PROCÉDURES	OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES	TRANSPOSITION AU BARRAGE
	<ul style="list-style-type: none">le comportement de l'ouvrage,les événements particuliers survenus et les dispositions prises pendant et après l'événement,les essais des organes hydrauliques et les conclusions de ces essais,les travaux effectués directement par le propriétaire ou l'exploitant ou bien par une entreprise.	
Rapport d'auscultation (articles R.214-122 I et R.214-132 du code de l'environnement et article 5 de l'arrêté du 29 février 2008)	L'exploitant devra adresser une fois tous les cinq ans au Service du Contrôle un rapport sur l'auscultation du barrage. Ce rapport analyse les mesures afin notamment de mettre en évidence les anomalies, les discontinuités et les évolutions à long terme. L'analyse prend en compte les évolutions antérieures et fournit un avis sur le comportement de l'ouvrage et sur les éventuelles mesures à prendre pour améliorer la sécurité.	Le dernier rapport d'auscultation date de 2011 et interprète les mesures hydrauliques en précisant un bref historique depuis la mise en eau du barrage.
Retour d'expérience (article R.214-125 du code de l'environnement et Arrêté du 21 mai 2010)	<p>Tout événement ou évolution concernant un barrage ou une digue ou leur exploitation et mettant en cause ou susceptible de mettre en cause, y compris dans des circonstances différentes de celles de leur occurrence, la sécurité des personnes ou des biens est déclaré, dans les meilleurs délais, par l'exploitant au préfet.</p> <p>L'exploitant de tout ouvrage hydraulique déclare les événements à caractère hydraulique intéressant la sûreté hydraulique relatifs à une action d'exploitation, au comportement intrinsèque de l'ouvrage ou à une défaillance d'un de ses éléments, lorsque de tels événements ont au moins l'une des conséquences suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none">atteinte à la sécurité des personnes (accident, mise en danger ou mise en difficulté),dégâts aux biens (y compris lit et berges de cours d'eau et retenues) ou aux ouvrages hydrauliques,pour un barrage, une modification de son mode d'exploitation ou de ses caractéristiques hydrauliques (cote du plan d'eau...).	Plusieurs « Événements Importants pour la sécurité hydraulique » ont été relevés et font l'objet d'un rapport.
Diagnostic de sûreté (article R.214-146 et article 8 de l'arrêté du 29 février 2008)	<p>Si un barrage ne paraît pas remplir des conditions de sûreté suffisantes, le préfet peut prescrire au propriétaire ou à l'exploitant de faire procéder, à ses frais, dans un délai déterminé, et par un organisme agréé, à un diagnostic sur les garanties de sûreté de l'ouvrage où sont proposées, le cas échéant, les dispositions pour remédier aux insuffisances de l'ouvrage, de son entretien ou de sa surveillance au regard des impératifs de la sécurité des personnes et des biens.</p> <p>Le propriétaire ou l'exploitant d'un barrage remet, dans le délai fixé par le préfet, un dossier dit de révision spéciale comprenant ce diagnostic et ces dispositions.</p>	Le barrage de Pont Rolland n'est pas concerné par un diagnostic de sûreté.

4.6 INFORMATION PRÉVENTION DE LA POPULATION SUR LES RISQUES

Le barrage de Pont Rolland de par sa configuration particulière, à la limite du domaine fluvial et maritime, présente des enjeux faibles à l'aval.

Plusieurs mesures de communication et de sensibilisation ont été entreprises à l'aval et à l'amont du barrage pour signaler la présence de l'ouvrage et les risques inhérents.

Des panneaux d'information au public ont été mis en place, notamment destinés aux randonneurs qui passent par le sentier GR 34 :

- à l'aval du barrage des panneaux « sûreté » indiquant la possible montée rapide des eaux sont disposés jusqu'à l'embouchure de la baie de Morieux ;



Figure 4.2 Panneaux sûreté à l'aval du barrage

- aux abords immédiats des ouvrages, l'accès est interdit au public par des clôtures et des barrières métalliques.



Figure 4.3 Barrière métallique interdisant l'accès au public en pied d'ouvrage

Un plan de communication annuel est également mis en œuvre par le GEH Ouest qui prévoit notamment des campagnes de sensibilisation des utilisateurs aux risques engendrés par les installations par des saisonniers lors de la période estivale.

À l'amont du barrage, des panneaux disposés autour de la retenue et une ligne de bouée indiquent le risque pour la baignade et la navigation.

Aucune activité nautique n'est toutefois pratiquée sur la retenue de Pont Rolland.

5 IDENTIFICATION ET CARACTERISATION DES POTENTIELS DE DANGERS

La fonction principale d'un barrage est de créer une retenue artificielle d'eau ; la libération non contrôlée de tout ou partie de l'eau retenue à l'amont du barrage, constitue le potentiel de danger de l'ouvrage.

La démarche retenue pour inventorier les causes de défaillance s'appuie sur la recherche des fonctions de sécurité assurées par l'ouvrage. Conformément à l'arrêté du 21 mai 2010, 3 fonctions de sécurité sont assurées par le barrage réservoir de Pont Rolland :

- **Retenir l'eau** : cette fonction consiste à résister aux séismes et aux sollicitations de pression et d'érosion générées par l'action de l'eau de la retenue sur le barrage et ses organes de sécurité, le sol de fondation et les berges de la retenue.
- **Maîtriser les variations de débits relâchés à l'aval** : cette fonction consiste à maîtriser les manœuvres des organes hydrauliques en conditions d'exploitation normales et exceptionnelles et à s'assurer de leur bon état.
- **Maîtriser les variations du niveau du plan d'eau amont** : cette fonction consiste à maîtriser les manœuvres des organes hydrauliques en conditions d'exploitation normales et exceptionnelles et à s'assurer que ces organes fonctionnent et ne sont pas obstrués.

Les défaillances des fonctions de sécurité sont déterminées par l'analyse des défaillances des différents composants susceptibles de conduire, directement ou indirectement, à la perte de tout ou partie des fonctions de sécurité.

Le potentiel de dangers du barrage est constitué par la libération de tout ou partie de l'eau de la retenue qui pourrait être due à :

- la rupture totale ou partielle du barrage ou de ses organes de sécurité ;
- un dysfonctionnement d'un des organes de sécurité ;
- une manœuvre d'exploitation inappropriée ;
- un phénomène gravitaire affectant la retenue.

Les caractéristiques du potentiel de danger dans les différents cas envisageables de libération d'eau sont détaillées ci-après :

Evénement à l'origine du potentiel de danger	Volume d'eau libérable	Débit résultant de la libération	Cinétique	Observation
Rupture du barrage	1,25 million m ³ (retenue à la cote du parapet)	7 000 m ³ /s (à l'aval immédiat du barrage)	Rapide	La rupture du barrage est modélisée.
Rupture du parapet en rive gauche	0,25 million m ³ (retenue à la cote du parapet)	158	Rapide	La résistance du parapet est analysée.
Rupture du parapet en rive droite	0,25 million m ³ (retenue à la cote du parapet)	65	Rapide	La résistance du parapet est analysée.
Rupture de la vanne de vidange de fond ou de son batardeau amont	1 million m ³ (RN)	30 m ³ /s	Rapide	La sensibilité intrinsèque de l'organe est analysée
Ouverture intempestive (OI) de la vanne de vidange de fond (ou batardeau mont)	1 million m ³ (RN)	30 m ³ /s	Rapide	L'OI pourrait être liée à une manœuvre d'exploitation inappropriée
Rupture de la vanne de demi-fond (ou batardeau mont)	0,92 million m ³ (RN)	24 m ³ /s	Rapide	La sensibilité intrinsèque de l'organe est analysée
Ouverture intempestive (OI) de la vanne de vidange de demi-fond (ou batardeau mont)	0,92 million m ³ (RN)	24 m ³ /s	Rapide	L'OI pourrait être liée à une manœuvre d'exploitation inappropriée

Tableau 5.1 Potentiels de dangers

Ces situations à risques sont évaluées dans l'étude par l'analyse des défaillances des différents composants susceptibles de conduire, directement ou indirectement, à la perte de tout ou partie des fonctions de sécurité.

6 CARACTERISATION DES ALEAS NATURELS

Le barrage est exposé à des aléas naturels inévitables, crues et séismes pour les plus significatifs. Ces phénomènes extrêmes et leur incidence potentielle sur l'ouvrage sont caractérisés dans ce chapitre. Ils sont pris en compte dans l'analyse de risques comme événements initiateurs de situations dangereuses en tenant compte de leur occurrence.

6.1 HYDROLOGIE

Sources utilisées : [20]

Une étude hydraulique et hydrologique du barrage des Ponts Neufs et de sa retenue a été effectuée par le bureau SAFEGE en 2012, afin de s'assurer du dimensionnement des organes hydrauliques existants sur ce barrage.

Cette l'étude s'est appuyée sur la crue historique du 28 février 2010 et s'est basée sur les données mesurées sur les cours d'eau.

La crue du 2010 était d'occurrence cinquantennale à centennale. Le débit de pointe de la crue était de 140 m³/s pour une durée de crue de 22 heures. Le volume total journalier lors de cette crue était de 9 millions de m³. De nombreuses inondations se sont produites avec des impacts pour les riverains.

L'hydrogramme de cette crue au barrage des Ponts Neufs est présenté ci-après :

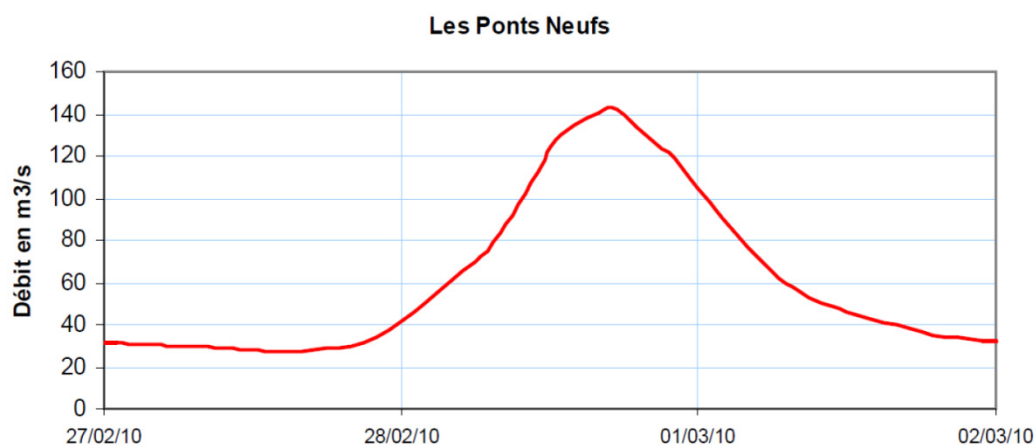


Figure 6.1 Hydrogramme de la crue de février 2010

Suivant la méthode du Gradex, l'estimation des débits de crues rares obtenue par le bureau SAFEGE est présentée ci-après :

Temps de retour en années	Débits de pointe m³/s
2	41
5	67
10	84
100	174
500	262
1 000	303
10 000	437

Tableau 6.1 Débits de pointe selon le temps de retour des crues

Les Hydrogrammes de projet des crues aux Ponts-Neufs obtenus par le bureau SAFEGE sont présentés ci-après :

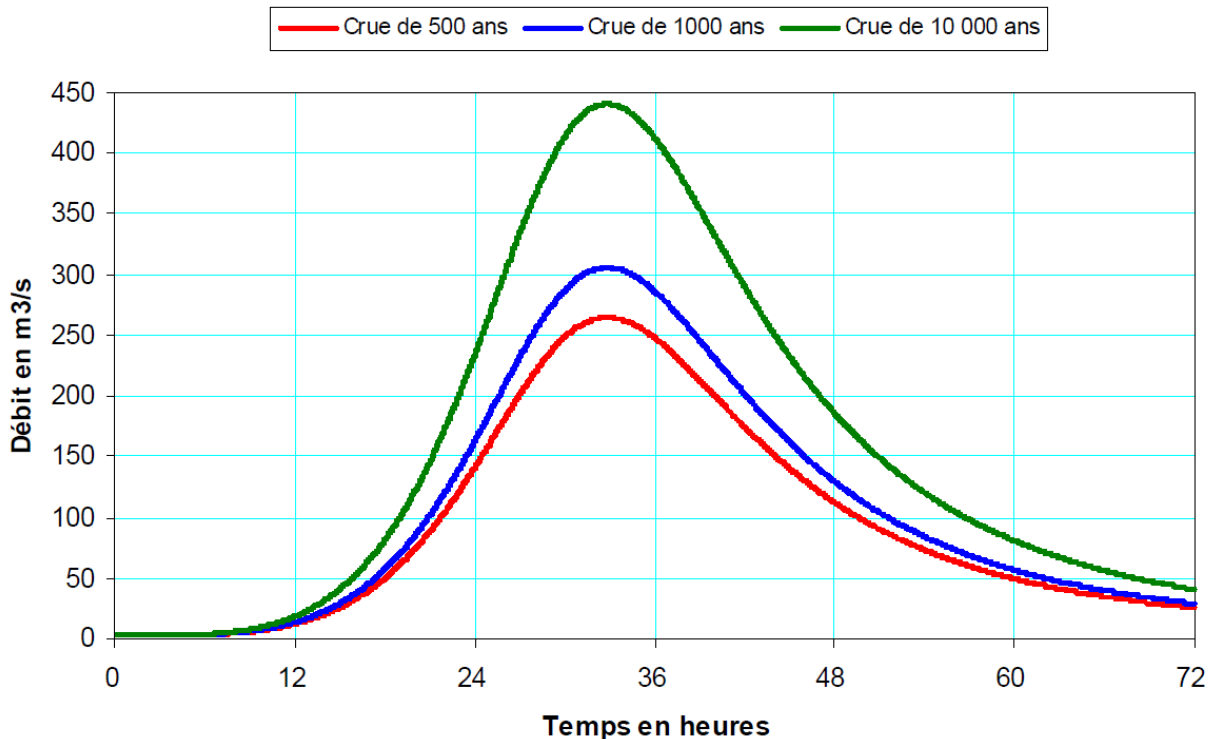


Figure 6.2 Hydrogrammes de projet des crues aux Ponts-Neufs

L'estimation des débits de crue au barrage de Pont-Rolland peut être effectuée en partant des valeurs de débits au barrage des Ponts-Neufs et en leur appliquant un rapport, qui est habituellement le rapport des surfaces de bassins versants à la puissance 0,8 (formule de Myer).

Le bassin versant total du Gouessant est de 426 km².

Le bassin versant entre le barrage de Ponts-neufs et le barrage de Pont Rolland est de 1,7 km².

Le bassin versant en aval de Pont Rolland est de 4,6 km².

Ainsi le bassin versant du Gouessant aux ponts Neufs est de $S_{BV \text{ Ponts Neufs}} = 419.7 \text{ km}^2$

Ainsi le bassin versant du Gouessant au barrage de Pont Rolland $S_{BV \text{ Pont Rolland}} = 421.4 \text{ km}^2$

$$\left(\frac{S_{BV \text{ Pont Rolland}}}{S_{BV \text{ Ponts Neufs}}} \right)^{0.8} = 1.0026 \sim 1$$

Ainsi les débits et hydrogrammes de crue au barrage des Ponts Neufs peuvent être retenus également pour le barrage de Pont Rolland.

Dans le tableau ci-dessous, les cotes atteintes ont été calculées en tenant compte d'une évacuation par la crête déversante sans turbinage et sans laminage de la retenue. En effet, ne serait-ce que pour la crue centennale, le volume de crue correspond à 9 fois le volume de la retenue, le laminage de la retenue peut ainsi être négligé.

	Débit max entrant m ³ /s	Gestion des organes sans laminage	Cote max atteinte	Revanche par rapport aux parapets à la cote 25 m NGF
Crue millénaire	303	Evacuation par la crête déversante	24,78 m NGF	0,23 m
Crue 3-millénaire	365	Evacuation par la crête déversante	25,04 m NGF	Pas de revanche déversement de 0,04 m
Crue décennale	437	Evacuation par la crête déversante	25,33 m NGF	Pas de revanche déversement de 0,33 m
Extrapolation Crue 33-millénaire	510	Evacuation par la crête déversante	25,60 m NGF	Pas de revanche déversement de 0,60 m

Tableau 6.2 Cotes de la retenue et débits en fonction de l'occurrence des crues

Les cotes de la retenue en fonction de l'occurrence des crues sont présentées sur le graphique ci-après, en échelle logarithmique des temps :

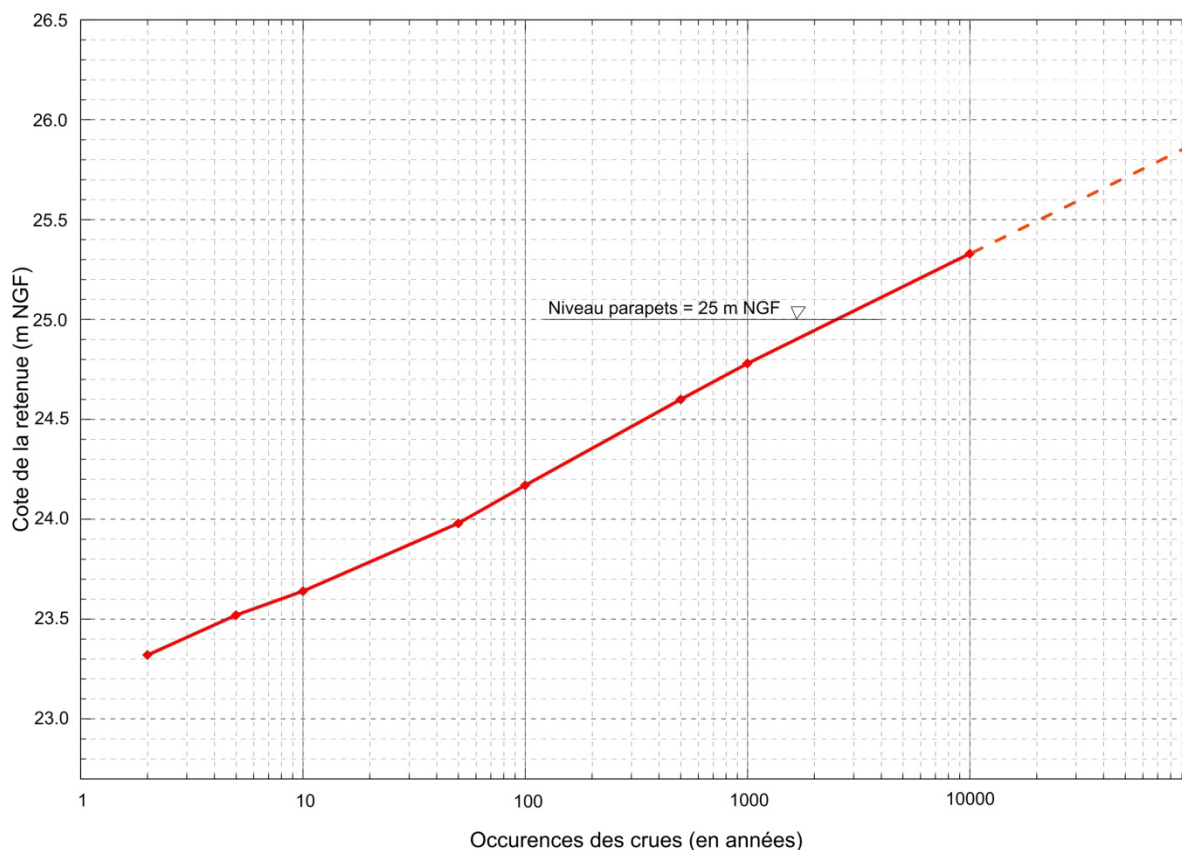


Figure 6.3 Cotes de la retenue en fonction de l'occurrence des crues

Les débits en fonction de l'occurrence des crues sont présentées sur le graphique ci-après, en échelle logarithmique des temps :

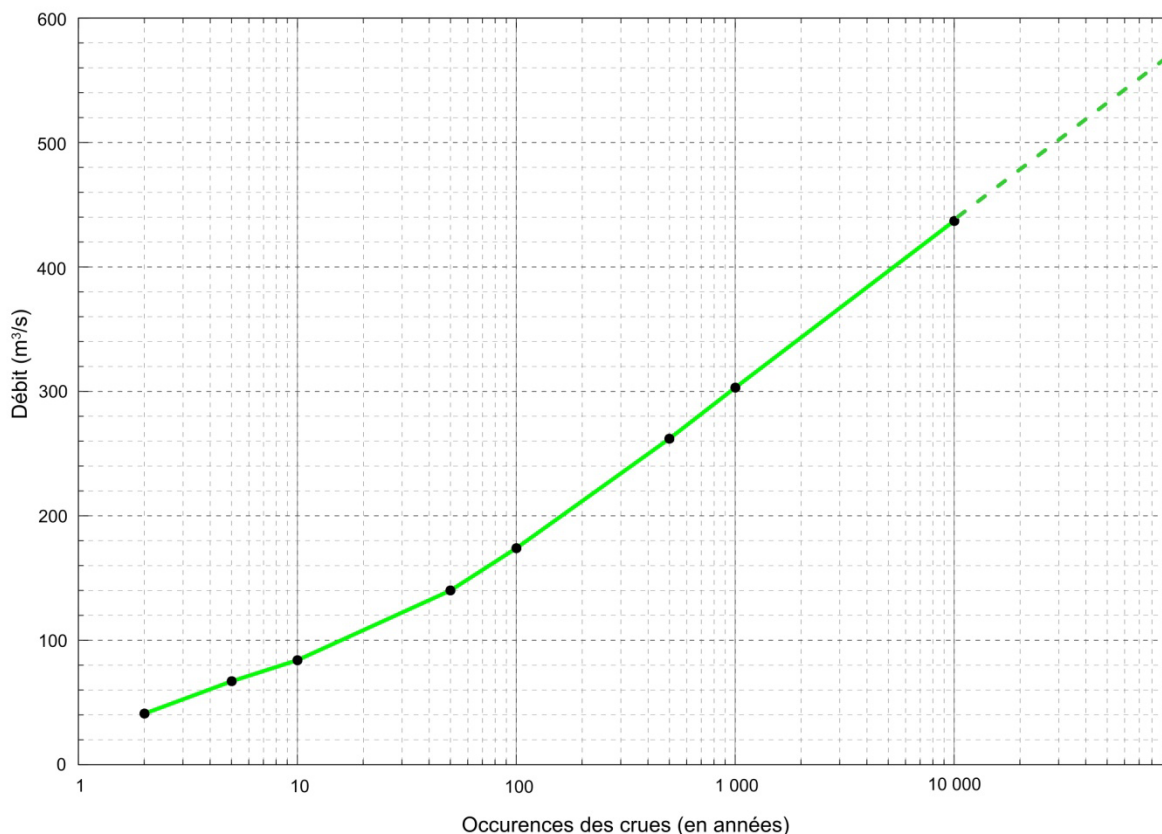


Figure 6.4 Débits entrant en fonction de l'occurrence des crues

6.1.1 Recommandations du CFBR

Le comité Français des barrages et réservoirs (CFBR) a émis en juin 2013 des recommandations pour le dimensionnement des évacuateurs de crues de barrage. Ces recommandations ont pour but d'inscrire la pratique actuelle des différents bureaux d'études dans le cadre de nouvelle réglementation française.

Ces recommandations s'appliquent à tous les barrages de classe A, B et C (selon le décret 2007-1735 du 11 décembre 2007) ainsi qu'à certains barrages de classe D, qu'il s'agisse de dimensionner l'évacuateur de crue d'un barrage neuf ou de vérifier les évacuateurs de barrages anciens.

6.1.2 Définition des cotes

La cote des plus hautes eaux (PHE) est la cote atteinte par la retenue pour la crue de dimensionnement de période de retour choisie. À la cote des PHE, le calcul de stabilité de l'ouvrage doit faire apparaître des coefficients de sécurité suffisants. À cette cote, l'évacuation de la crue doit se faire sans aucun dommage pour l'ouvrage et l'ensemble des organes hydrauliques. Cette cote est donc liée à la crue de dimensionnement et aux caractéristiques des organes hydrauliques du barrage. Celle-ci peut donc être variable au cours de la vie de l'ouvrage.

La cote de danger, quant à elle, correspond à la cote au-delà de laquelle on ne peut plus garantir la stabilité de l'ouvrage. Pour ce barrage voûte, elle pourrait être assimilée dans une première approche à la cote de déversement en rive, au-dessus des parapets, soit 25 m NGF, sans présumer qu'un déversement de quelques heures déstabilise l'ouvrage.

6.1.3 Crues de dimensionnement

Les temps de retour des crues de dimensionnement à prendre en compte en situation exceptionnelle (PHE) et extrême (cote de danger) en fonction de la classe du barrage considéré (définie par le décret 2007-1735 du 11 décembre 2007) sont donnés dans les tableaux ci-après :

<i>Classe du barrage</i>	<i>Barrages rigides</i>	<i>Barrages meubles</i>
A	1 000 à 3 000	10 000
B	1 000	3 000
C	300	1 000
D avec $V > 50\,000\text{ m}^3$	100	300

Tableau 6.3 Cotes Périodes de retour des crues en situation exceptionnelle

<i>Classe du barrage</i>	<i>Probabilité annuelle de dépassement</i>
A	10^{-5}
B	$3 \cdot 10^{-5}$
C	10^{-4}
D avec $V > 50\,000\text{ m}^3$	10^{-3}

Tableau 6.4 Cotes Probabilités annuelles de dépassement en situation extrême

Le barrage de Pont Rolland est un barrage rigide de classe B. Le calcul des PHE se fait donc avec la crue de temps de retour 1 000 ans.

En ce qui concerne la situation extrême, la probabilité annuelle d'occurrence est de $3 \cdot 10^{-5}$. Ceci pourrait correspondre soit à une crue 33 000 ans, soit à une crue d'occurrence plus faible avec, obstruction partielle de la crête déversante. La crête n'étant pas sensible à une obstruction par embâcles, la crue 33 000 est considérée.

Pour le barrage de Pont Rolland, le laminage de la retenue étant négligeable, la cote des PHE est de 24,78 m NGF et la cote en situation extrême est de 25,60 m NGF.

Notons toutefois que ces cotes sont définies uniquement au regard des recommandations actuelles. On ne saurait s'en tenir à ces résultats, sans prendre en compte la configuration particulière et atypique de l'ouvrage, en bordure de la mer et présentant peu d'enjeux pour la sécurité publique.

L'aléa hydrologique est retenu comme aléa spécifique pour l'ouvrage.

6.2 TEMPÉRATURES

Les barrages voûtes, de faible épaisseur de béton, ont un comportement influencé par les conditions météorologiques extérieures, qui influencent la température dans l'ouvrage.

Cette température dans le béton varie avec :

- La température de l'air et le vent sur le parement aval ;
- La température de l'eau ou de l'air sur le parement amont ;
- l'insolation du parement aval

Le barrage de Pont Rolland est confronté à un climat océanique, avec faible amplitude thermique journalière et saisonnière.

Les températures moyennes mensuelles pour la station de Saint Brieuc (base de données entre 1981 et 2010) confirment ces faibles amplitudes thermiques. Elles sont présentées ci-après :

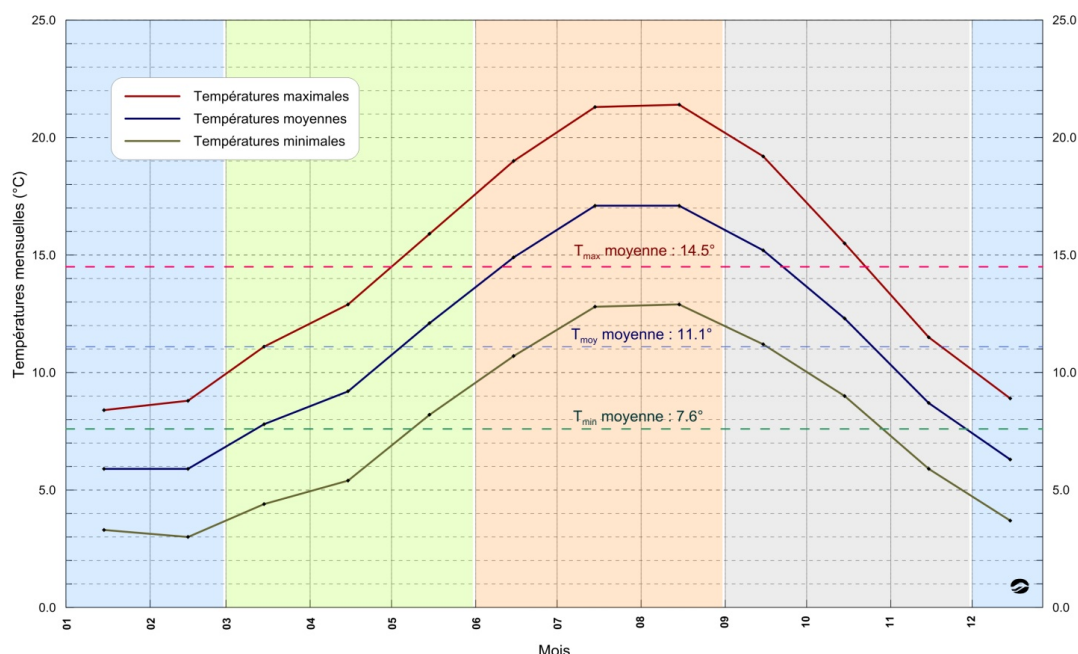


Figure 6.5 Normales climatiques mensuelles à Saint Brieuc (base de données : www.meteo-bretagne.fr)

En 2014, pour la commune de Morieux, la température maximale n'a pas dépassé 26,7°C et la température minimale s'est établie à -0,2°C.

La base de données : www.meteo-bretagne.fr complète ces informations à partir de la base de données de 1981 à 2010 et définit le nombre moyen de jours avec :

	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Année
Tx >= 30	0	0	0	0	0	0.2	0.5	0.4	0	0	0	0	1.1
Tx >= 25	0	0	0	0.1	0.5	1.8	3.8	3.6	1.7	0	0	0	11.5
Tx <= 0	0.9	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	1.6
Tn <= 0	6.1	6	2.1	0.7	0	0	0	0	0	0.1	2.1	5.8	22.9
Tn <= -5	1.1	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	2
Tn <= -10	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1

Tx=Températures maximales en °C : Tn Températures minimales en °C

Figure 6.6 Données moyennes de températures à Saint Brieuc (base de données : www.meteo-bretagne.fr)

L'aléa thermique est retenu comme aléa spécifique pour l'ouvrage mais n'est pas particulièrement impactant pour l'ouvrage.

6.3 SÉISME

Depuis le 22 octobre 2010, la France dispose d'un nouveau zonage sismique divisant le territoire national en cinq zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes (articles R563-1 à R563-8 du Code de l'Environnement modifiés par les décrets n° 2010-1254 du 22 octobre 2010 et n° 2010-1255 du 22 octobre 2010, ainsi que par l'Arrêté du 22 octobre 2010). Le détail de ce zonage pour le barrage de Pont Rolland est illustré ci-après :

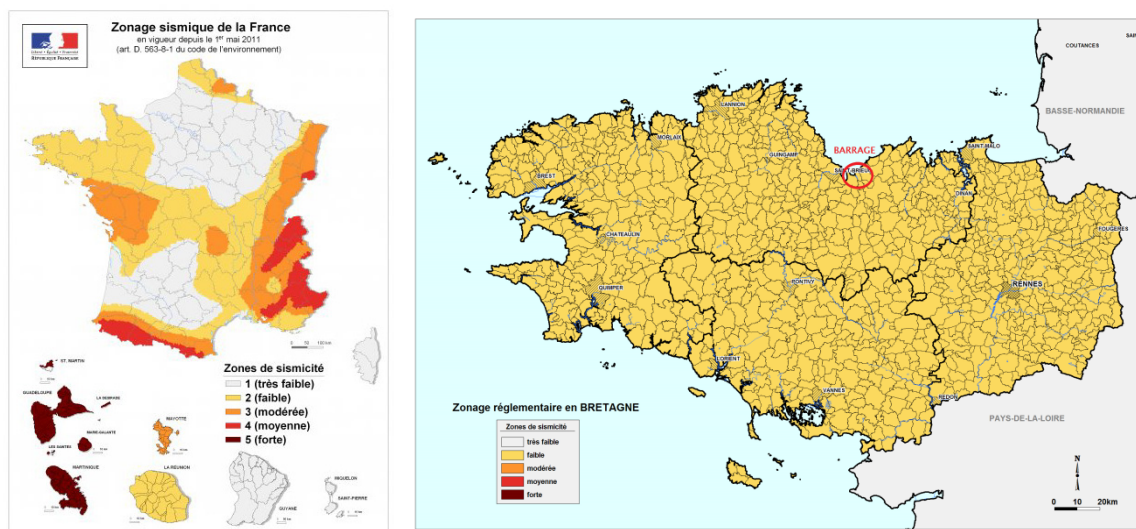


Figure 6.7 Zonage sismique de la France et de la région Bretagne (entré en vigueur le 1er mai 2011)

Selon ce zonage, le barrage de Pont Rolland est en zone de sismicité 2, faible.

La base de données SisFrance alimentée par le BRGM recense les séismes ressentis. Cette base fait état de 109 séismes ressentis en région Bretagne au cours de la première moitié du XX^e siècle, de 59 séismes ressentis au cours de la seconde moitié de ce siècle et de 15 séismes ressentis au cours du XXI^e siècle.

Parmi ces séismes ressentis, 17 d'entre eux ont présenté une intensité épicentrale supérieure à 7 (l'échelle de degré d'intensité épicentrale utilisée comprend 12 niveaux), et ont occasionné des dommages prononcés tels que des lézardes dans les murs de nombreuses habitations, ou des chutes de cheminées.

Le site SisFrance du BRGM liste quelques séismes historiques ressentis dans les communes de Morieux et d'Hillion (l'intensité indiquée est exprimée selon l'échelle MSK, voir Annexe C), parmi lesquels notamment :

- Le séisme du 9 janvier 1930 (région épicentrale : Landes de Lanvaux ; commune de Meucon) avec une intensité épicentrale de 7 et une intensité ressentie dans la commune d'Hillion de 4 ;
- Le séisme du 2 janvier 1959 (région épicentrale : Cornouaille ; commune de Melguen) avec une intensité épicentrale de 7 et une intensité ressentie dans la commune d'Hillion de 4.5 ;
- Le séisme du 30 septembre 2002 (région épicentrale : Vannetais dans le Morbihan ; commune de Hennebont-Branderion) avec une intensité à l'épicentre de 5,5 et une intensité ressentie dans la commune d'Hillion de 3.5 (3 pour la commune de Morieux). Il s'agit du seul séisme pour lequel il a été demandé aux exploitants de barrage de vérifier si les ouvrages n'avaient pas été endommagés.

Le site Sisfrance du BRGM présente également la carte des séismes en Côtes d'Armor :

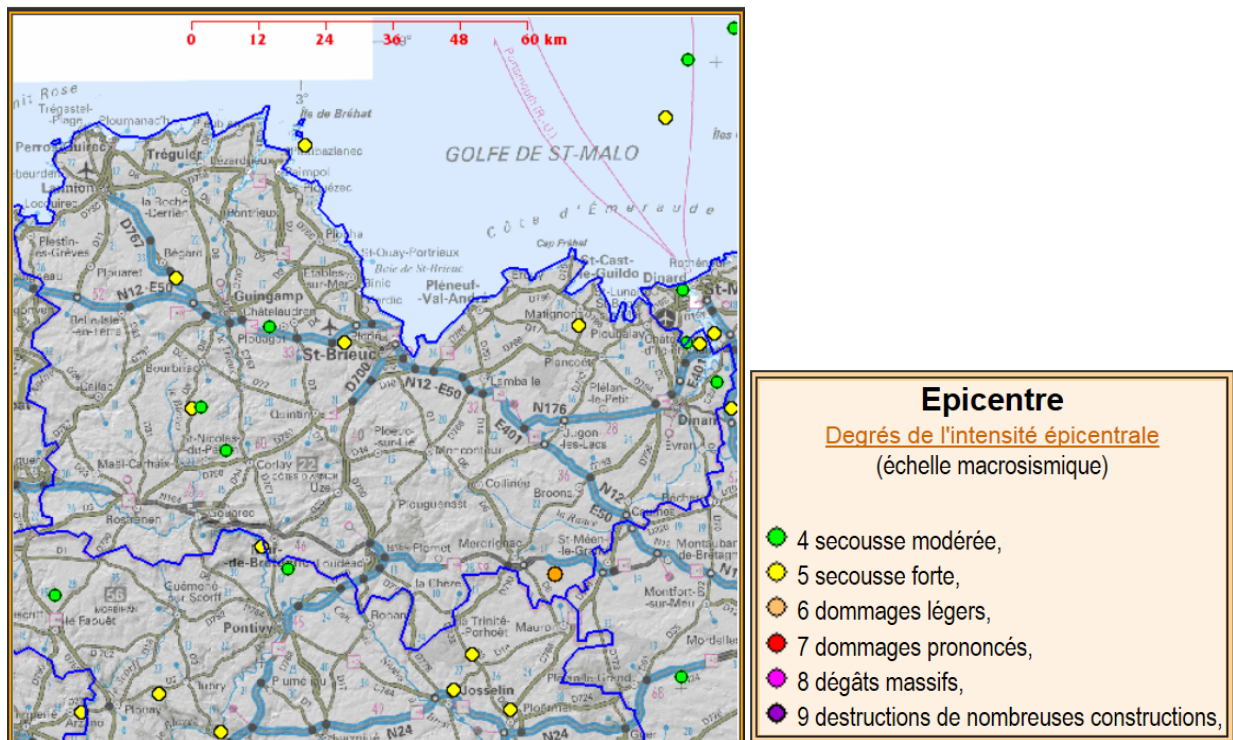


Figure 6.8 Carte des séismes en Côtes d'Armor

D'après le rapport « Risque sismique et sécurité des ouvrages hydrauliques », rédigé à la demande du MEDDTL-DGPR, dans sa version de novembre 2010, le séisme d'évaluation de sécurité à prendre en compte pour les barrages de classe b est de temps de retour 2500 ans.

L'aléa sismique est retenu comme aléa spécifique pour l'ouvrage.

6.4 VENT

Lorsque le vent souffle sur un plan d'eau, il génère, au bout d'une certaine durée, des vagues pouvant se propager en direction du barrage et déferler sur son parement amont.

Afin de limiter la quantité de vagues pouvant passer par-dessus un barrage, une revanche est généralement considérée.

Afin d'estimer cette revanche, deux situations vis-à-vis du vent sont généralement considérées :

- Situation 1 : vent de temps de retour 50 ans sur une retenue à la cote des PHE
- Situation 2 : vent de temps de retour 1000 ans sur une retenue à la cote normale.

Le comportement des vagues dépend du fetch et de la vitesse du vent.

6.4.1 Fetch

Le fetch est la distance maximale du plan d'eau où le vent peut souffler continument. Cette distance est donc la plus grande distance rectiligne sans obstacle entre le barrage et un point de la retenue.

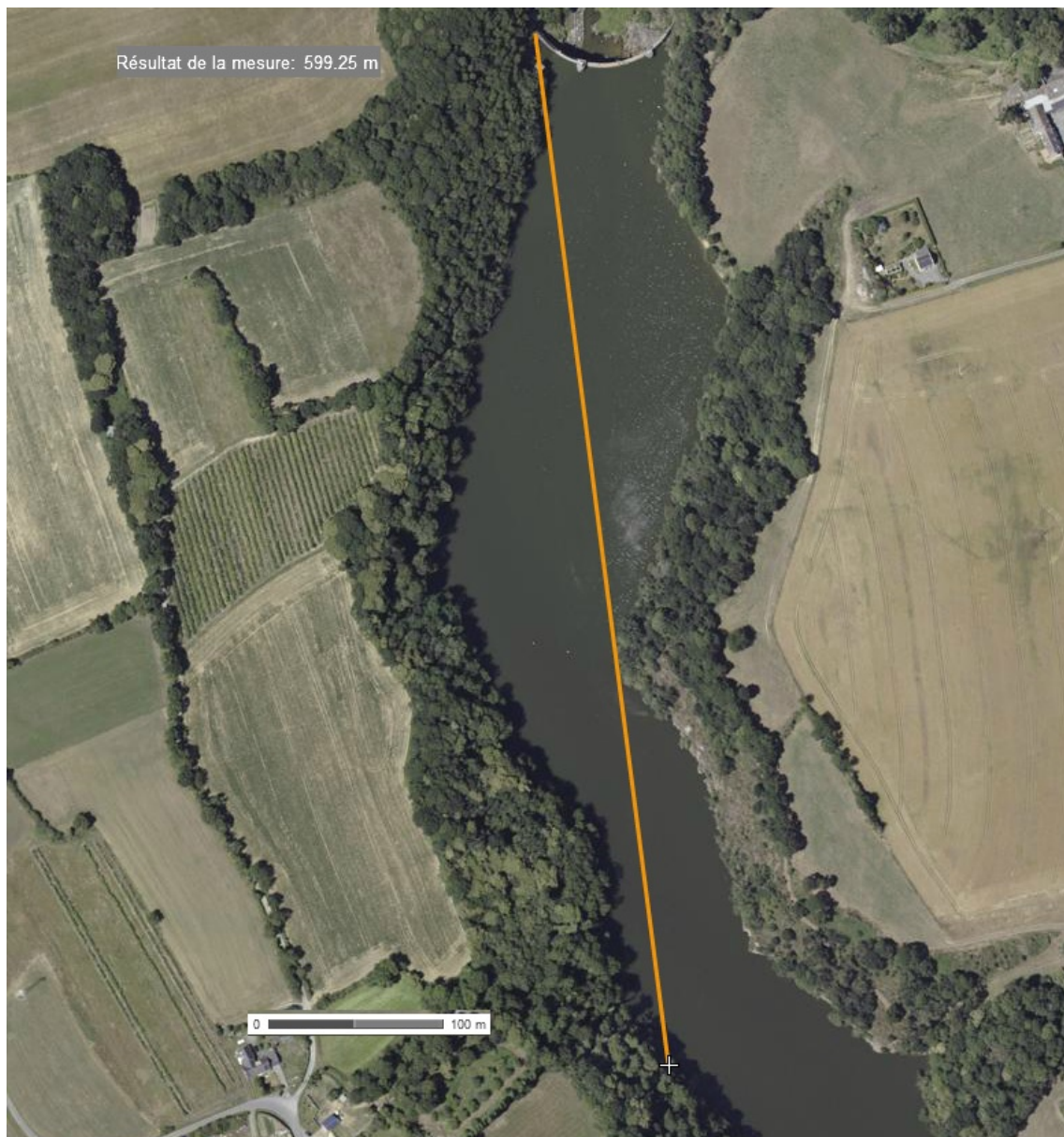


Figure 6.1 Détermination du fetch

Une valeur très prudente est retenue pour le fetch de **600 m**.

6.4.2 Vent de projet

Pour définir le vent de projet, nous nous basons sur l'annexe nationale NF-EN 1991-1-4 de l'Eurocode 1. Celle-ci nous donne la valeur de base du vent de référence, de temps de retour 50 ans, pour une durée de 10 minutes, à 10 m du sol en rase campagne.

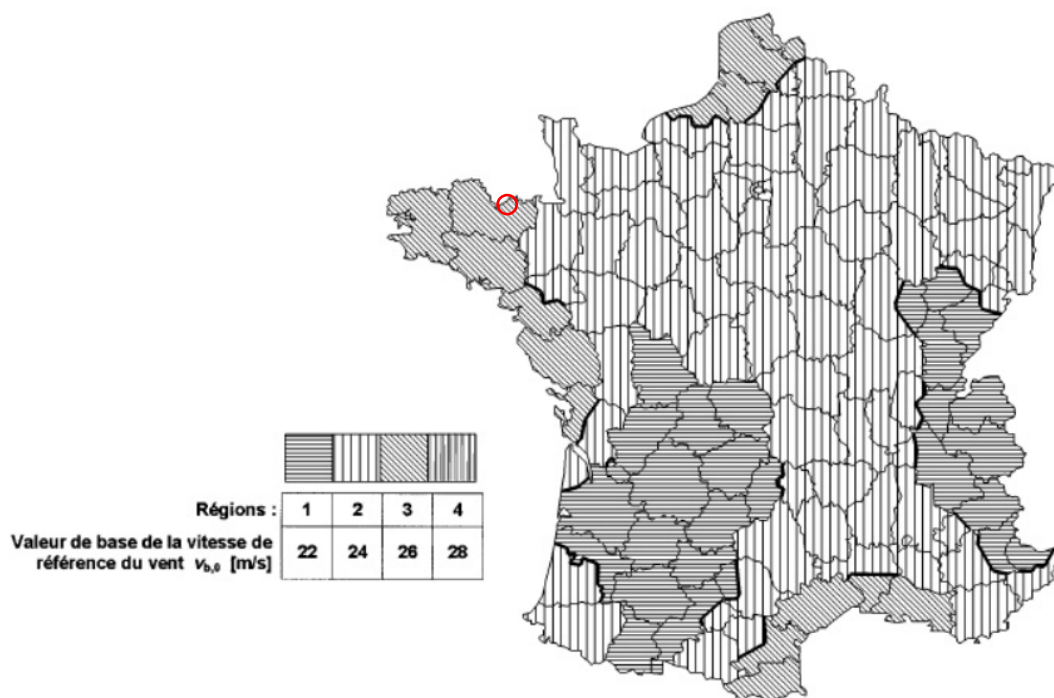


Figure 6.9 Carte de la valeur de base du vent de référence selon l'Eurocode 1

Le barrage de Pont Rolland se situe dans la région 3, la valeur de référence du vent de base est donc $v_{b,0}=26$ m/s.

Cette valeur doit être ajustée afin de prendre en compte le fait qu'il s'établit au dessus d'un plan d'eau, plus lisse qu'en rase campagne. Le coefficient d'ajustement dépend du fetch. Selon Saville et al., 1962, nous avons considéré un coefficient égal à 1,06.

Il faut ensuite effectuer une seconde correction sur la durée du vent prise en compte. Le vent donné par l'Eurocode correspond à une durée de 10 min. La durée du vent de projet, quant à elle, doit être égale à la durée minimale du vent nécessaire à l'établissement des vagues. Cette durée est calculée selon Smith et al., 1991 :

$$t_{min} = 27F^{0.72}U_a^{-0.44} \quad \text{Où : } F \text{ est le fetch et } U_a \text{ est le vent de projet.}$$

On détermine t_{min} sur la base du vent de référence ajusté puis on calcule le vent de projet pour la durée t_{min} . On recommence le processus plusieurs fois jusqu'à convergence.

Le vent de durée t se calcule de la manière suivante, selon USACE, 1994 :

$$\frac{U_t}{U_{3600}} = 1.277 + 0.296 \tanh\left(0.9 \log \frac{45}{t}\right)$$

Avec : t , durée du vent en secondes

U_{3600} , vent de durée 1h déduit du vent de référence par la même formule.

Cette formule est valable pour des vents de durée inférieure à 1h (3600 s) uniquement.

On obtient ainsi le vent de projet de temps de retour 50 ans. En ce qui concerne le vent de projet de temps de retour 1 000 ans, la vitesse du vent de référence est multipliée par un coefficient égal à 1.2, selon les recommandations ROSA200, puis la même méthodologie est appliquée.

On obtient ainsi des vents de projet ayant les caractéristiques suivantes :

	t_{min}, s	$U_a, m/s$
50 ans (PHE)	629	27.50
1000 ans (RN)	579	33.13

Tableau 6.5 Vents de projet

6.4.2.1 Hauteur des vagues et déferlement

La hauteur significative des vagues, H_s , est calculée par la formule de Smith :

$$H_s = 0.00048 U_a \sqrt{F}$$

La hauteur de la vague de projet, H_d , est calculée sur la base de la hauteur significative des vagues par la formule :

$$H_d = K H_s$$

K est un coefficient correspondant au pourcentage de vagues que l'on autorise à passer par-dessus l'ouvrage. Dans le cas d'un barrage en enrochements on accepte que 13 % des vagues déferlent par-dessus le barrage, ce qui correspond à un coefficient K de 1 (à titre de comparaison, on accepte 30% de vagues déferlant par-dessus un barrage en béton soit un coefficient K de 0,75).

Lorsque les vagues viennent s'écraser contre le parement du barrage, celles-ci déferlent en dissipant leur énergie cinétique. La hauteur atteinte lors du déferlement, notée R (Run-up en anglais) peut ainsi être supérieure à la hauteur de la vague de projet. Cette hauteur dépend de la longueur d'onde des vagues, de la pente et des caractéristiques de rugosité du parement amont.

La longueur d'onde, L, dépend de la période T des vagues par les relations suivantes :

$$L = 1.56 T^2, \quad T = 0.0716 F^{0.28} U_a^{0.44}, \text{ selon Smith}$$

On obtient alors les résultats suivants :

	T = 50 ans (PHE)	T = 1000 ans (RN)
H_s, m	0,32	0,39
H_d, m	0,24	0,29
L, m	5,32	6,26
H_d/L	0,05	0,05

Tableau 6.6 Caractéristiques des vagues de projet

La pente du parement amont est verticale. La valeur de R se déduit alors de l'abaque ci-après, établi sur la base d'essais sur modèles réduits :

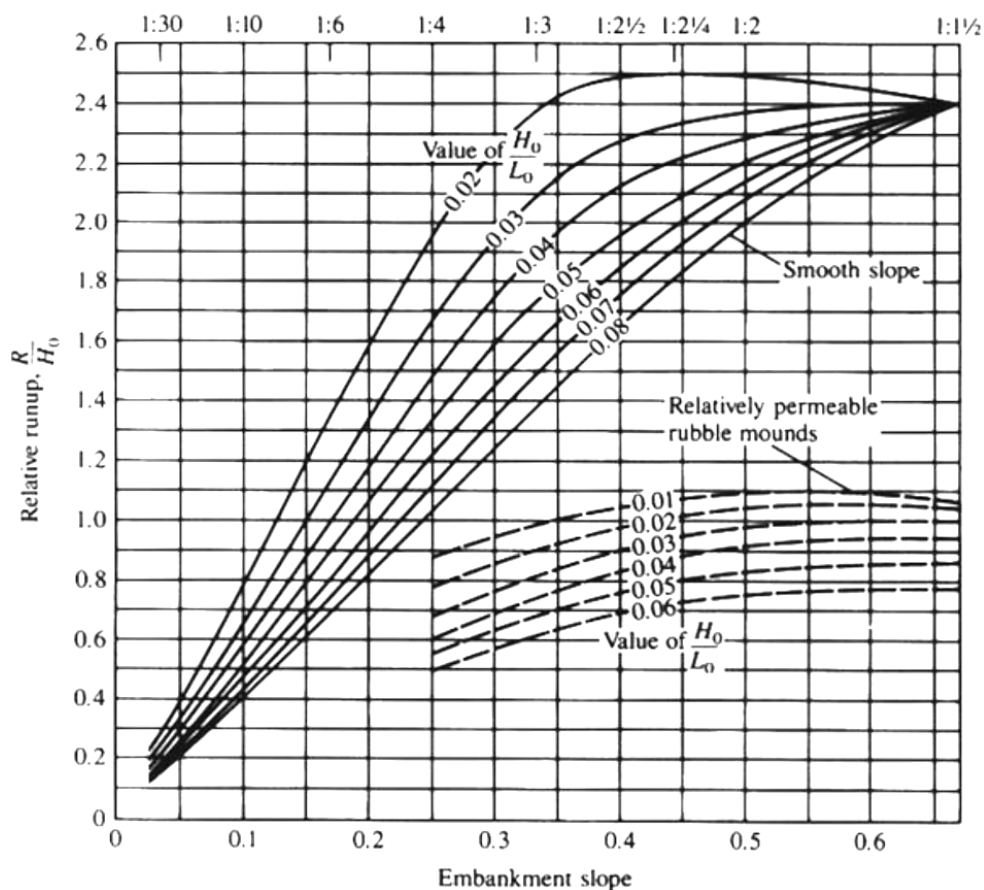


Figure 6.10 Abaque de détermination de la hauteur de déferlement des vagues

Ces revanches nécessaires sont précisées dans le tableau ci-après :

Temps de retour du vent	$T = 50 \text{ ans}$	$T = 1000 \text{ ans}$
Cote de la retenue	PHE	RN
R/Hd	2,4	2,4
Revanche nécessaire R, m	0,64	0,81

Tableau 6.7 Revanches nécessaires

Les principales cotes et revanches actuelles sont précisées ci-après :

Cote de la crête	22,80 m NGF
Cote des parapets	25,00 m NGF
Cote de retenue normale	22,80 m NGF
Cote des PHE	24,78 m NGF
Revanche parapets - RN	2,20 m
Revanche parapets - PHE	0,22 m

Tableau 6.8 Cotes et revanches actuelles

Ce calcul pessimiste au vent permet de conclure que la revanche au vent est très largement suffisante à la cote de retenue normale. Ce calcul pessimiste demande toutefois une revanche à la cote des PHE qui est supérieure à la revanche existante, la cote des PHE étant déjà proche de la cote des parapets (écart de 22 cm) sans tenir compte du vent.,

Ce calcul au vent est jugé pessimiste puisqu'il considère un fetch très grand et le vent orienté dans le sens de la retenue, c'est-à-dire vers le nord. Or les roses des vents disponibles aux trois stations météo à proximité du barrage (Saint Brieuc aéroport **1**, Lamballe **2** et **3**) traduisent des vents soufflant davantage dans des directions ouest, sud ouest et nord est.

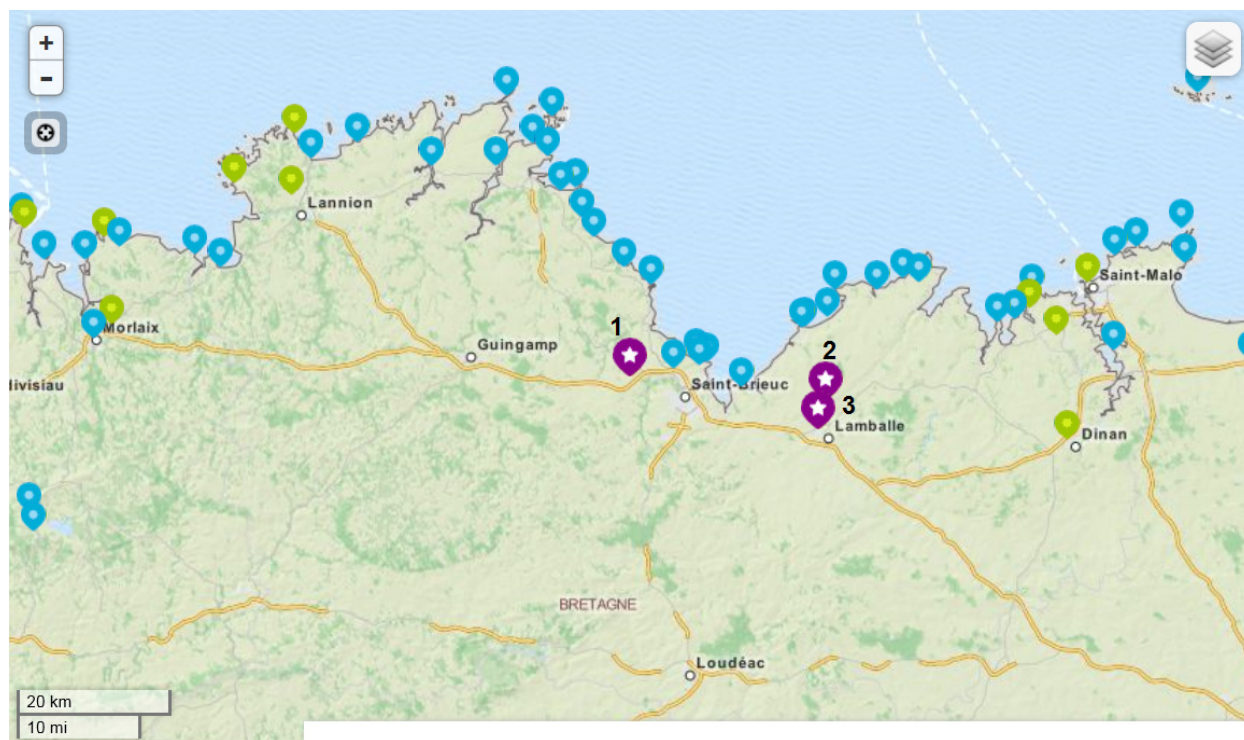


Figure 6.11 Localisation des stations météo disposant d'une rose des vents

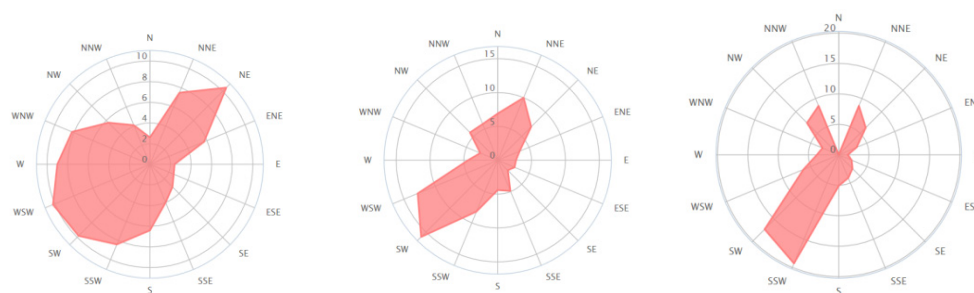


Figure 6.12 Rose des vents dominants dans l'ordre 1, 2 et 3

Considérant (1) que le calcul pessimiste au vent effectué permet de conclure que la revanche au vent à la cote de retenue normale est très largement suffisante, considérant de plus (2) que l'orientation principale des vents n'étant pas dans la direction du barrage, **l'aléa vent n'est pas retenu** comme aléa spécifique du barrage. Pour autant, la revanche de 22 cm entre la cote de retenue à la cote des PHE et la sommet des parapets, ne permet pas d'exclure que des déversements en rive aient lieu à partir d'une telle crue, soit pour un temps de retour de l'ordre de 1 000 ans.

6.5 GEL

La norme AFNOR FD P18-326 de novembre 2004 définit une carte des zones de gel en France métropolitaine qui a été établie suivant un classement gel faible, gel modéré, gel sévère à partir de données statistiques de 108 stations météorologiques de Météo-France couvrant le territoire national.

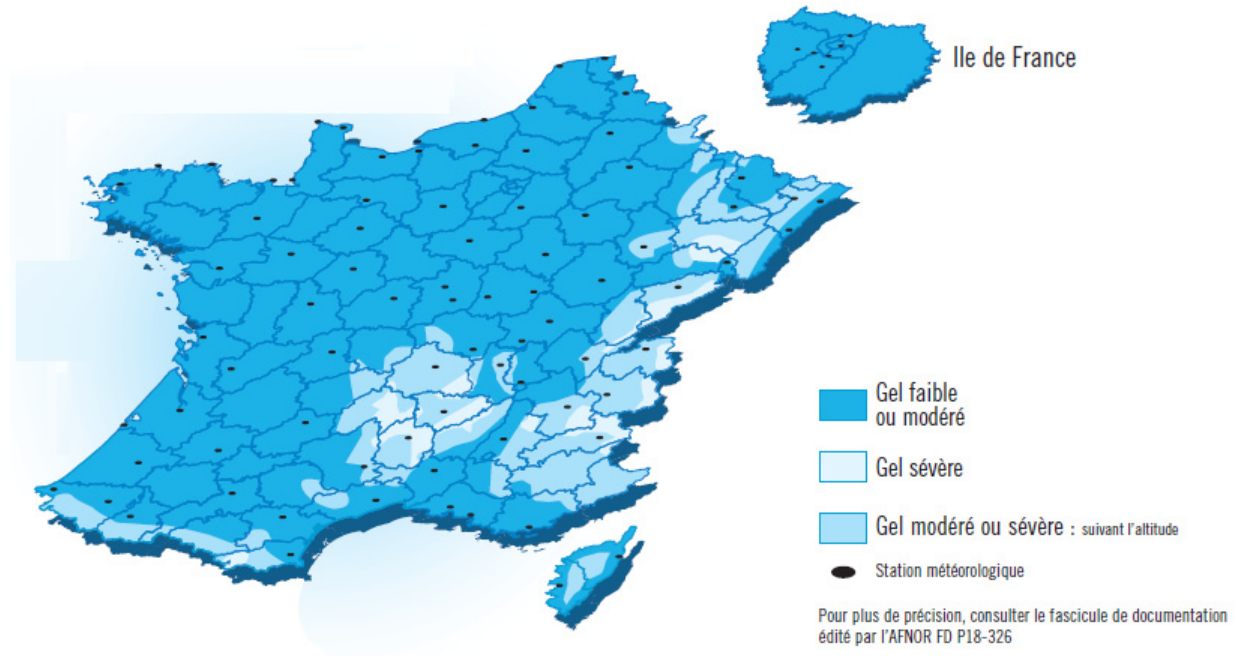


Figure 6.13 Carte des zones de gel

Les classes de gel sévère, modéré et faible sont définies par les conditions suivantes mesurées en moyenne annuelle sur les 30 dernières années :

- gel faible : pas plus de 2 jours ayant atteint une température inférieure à -5°C ;
- gel sévère : plus de 10 jours ayant atteint une température inférieure à -10°C ;
- gel modéré : entre gel faible et gel sévère.

Les communes d'Hillion et de Morieux sont considérées en zone de gel faible.

À ce jour, aucun problème de vannes lié au gel n'a marqué l'exploitation du barrage. De plus en cas de crue, aucune manipulation sur les vannes n'est prévue.

A partir du site www.infoclimat.fr il est possible de connaître le nombre moyen de jours de gel pour la station météorologique de Dinard entre 1961 et 1990 qui est de 28,3 jours.

A partir du site www.meteo-bretagne.com, comme indiqué au chapitre 6.2, le nombre moyen de jours de gel à Saint Brieuc est de 22,9.

L'aléa gel n'est pas retenu comme aléa spécifique pour l'ouvrage.

6.6 NEIGE

Les NV65 2009 reprennent la cartographie des charges de neige sur le sol en France adoptée dans l'annexe nationale de l'Eurocode 1 - partie 1-3 (norme NF EN 1991-1-3/NA).

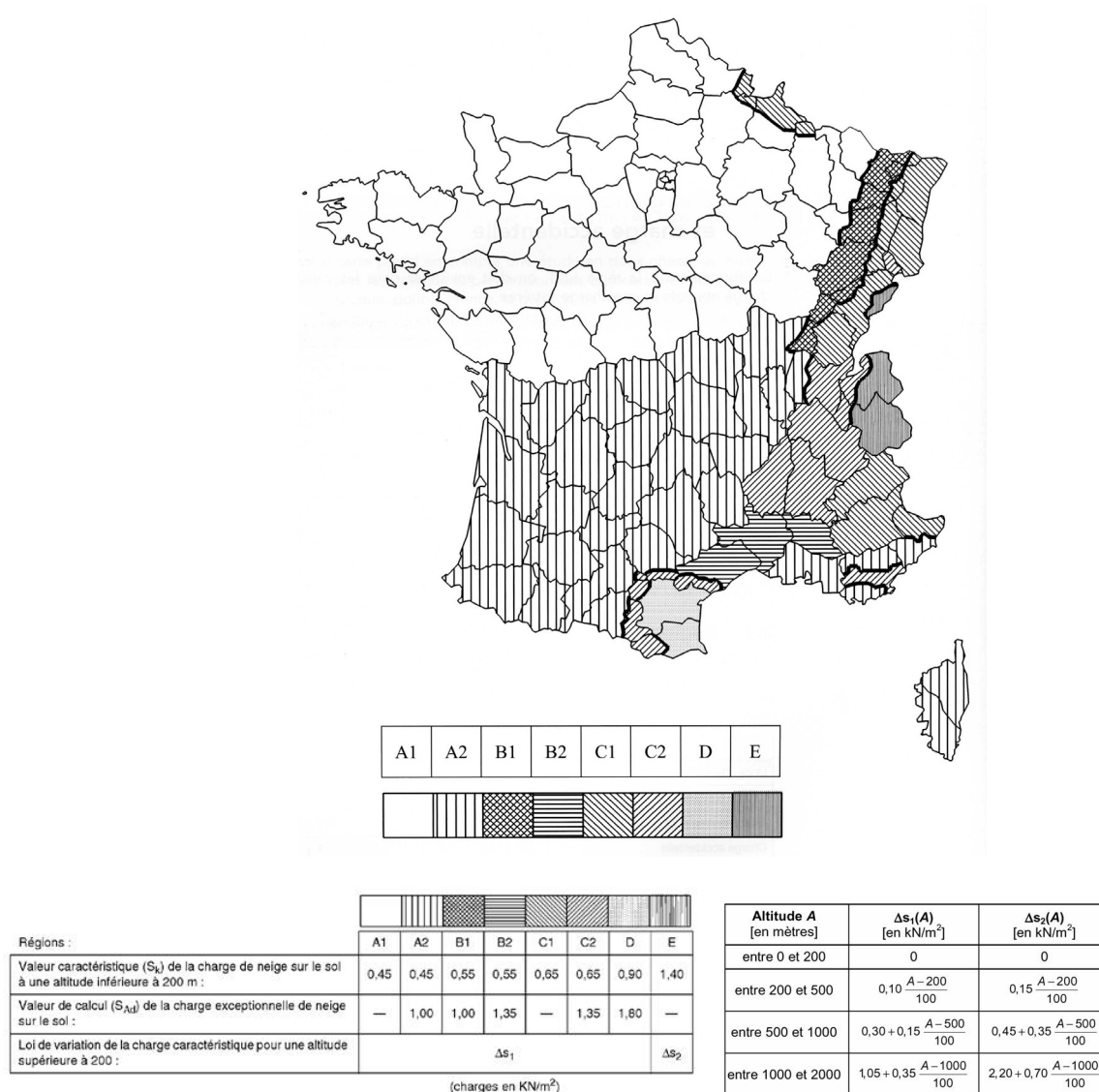


Figure 6.14 Carte des zones de neige

Le barrage de Pont Rolland se situe en zone A1. Selon l'Eurocode 1, pour cette zone et à une altitude de 10 m NGF, la charge extrême de neige est de $0,47 \text{ kN/m}^2$, ce qui équivaut à une épaisseur de neige d'environ 50 cm.

Une couche de neige importante n'a pas d'incidence directe sur l'exploitation de l'ouvrage, si ce n'est en perturbant l'inspection visuelle du barrage et en compliquant l'accès au barrage.

L'aléa neige n'est pas retenu comme aléa spécifique pour l'ouvrage.

6.7 FOUDRE

L'activité orageuse est calculée à partir de la valeur du niveau kéraunique, c'est-à-dire du nombre de jours d'orage par an, issu des mesures du réseau de détection de la foudre. (Données du réseau de détection des impacts de foudre pour la période 2002 – 2011).

Le guide de l'UTE C15-712-1 donne le niveau kéraunique N_k en France (UTE = Union Technique de l'Electricité) :

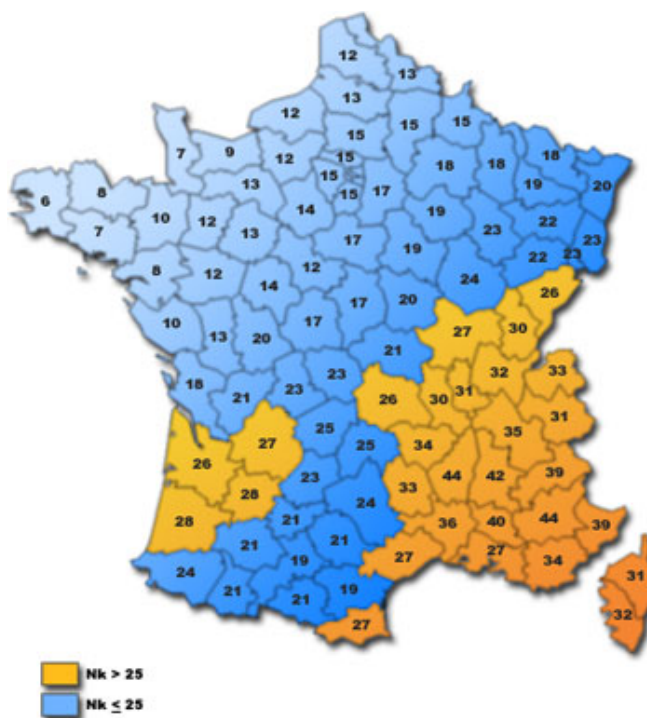


Figure 6.15 Niveau kéraunique N_k en France

Le niveau kéraunique pour le département des Côtes d'Armor est de 8.

On définit également la densité de foudroiement N_g comme le nombre d'impacts de foudre par an et par kilomètres carrés dans une région.

Ces paramètres sont liés par la relation approximative : $N_g = \frac{N_k}{10}$ soit pour les Côtes d'Armor $N_g=0,8$.

En cas de foudre, les problèmes suivants pourraient survenir :

- fragilisation voire destruction de composants électroniques, de circuits imprimés,
- perturbation du fonctionnement des appareils,
- vieillissement accéléré du matériel

Considérant l'ensemble de ces éléments, **l'aléa foudre est retenu** comme aléa spécifique pour l'ouvrage.

6.8 FEUX DE FORÊT

Les communes de Morieux et d'Hillion ne sont pas recensées dans les communes concernées par le risque « feux de forêt » dans le Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM) des Côtes d'Armor, **l'aléa « feux de forêt » n'est pas retenu** comme aléa spécifique pour l'ouvrage.

6.9 MOUVEMENTS DE TERRAIN ET STABILITÉ DES VERSANTS DE LA RETENUE

Aucun mouvement de terrain de grande ampleur ou entraînant des conséquences graves pour les populations ne s'est produit à une époque récente à proximité du barrage de Pont Rolland.

Le Dossier Départemental des Risques Majeurs de Côtes d'Armor précise les communes concernées par l'aléa mouvement de terrain « affaissement, éboulements et glissement de terrain »,

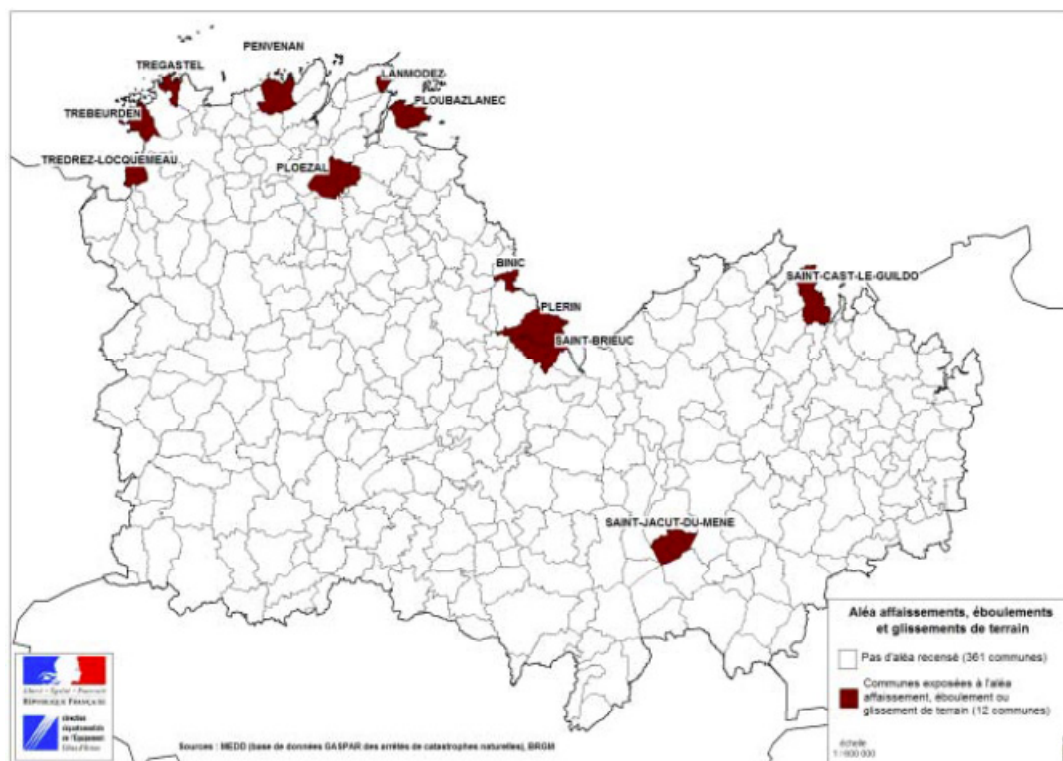


Figure 6.16 Communes concernées par l'aléa mouvement de terrain « affaissement, éboulements et glissement de terrain »,

La commune la plus proche concernée est la commune de Saint Brieuc qui a subi un mouvement de terrain du 2 octobre 2010 au 28 mars 2011 (code INSEE 22278).

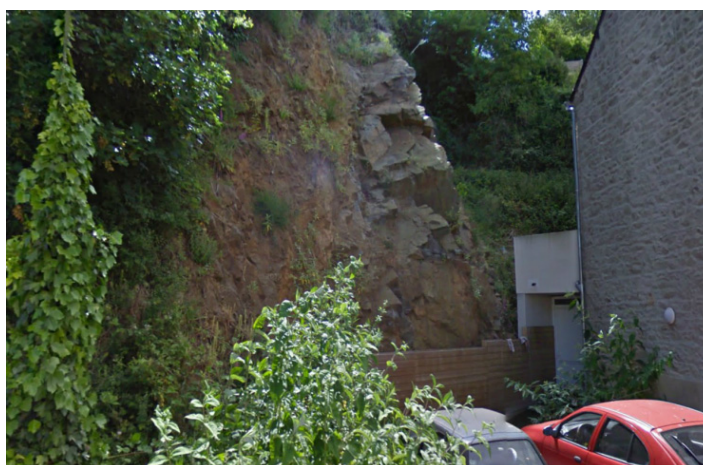


Figure 6.17 Glissement à Saint-Brieuc

Le tour de la retenue est boisé et ne présente aucun risque d'instabilité des versants pouvant affecter significativement la retenue

Considérant l'ensemble de ces éléments, **l'aléa mouvement de terrain n'est pas retenu** comme aléa spécifique pour l'ouvrage.

6.10 ENVASEMENT

Des travaux de grappinage ont été réalisés en octobre 2010 par l'entreprise Romoeuf. Ces travaux ont été précédés d'une inspection initiale par l'entreprise O'Can.

Le rapport d'inspection par O'Can est repris ci-après :

Grilles de prise d'eau

« Le niveau du bois se situe, en rive gauche, à la hauteur de la panne de fixation supérieure et, en rive droite, au niveau de la panne de fixation inférieure. Dans le sens aval-amont en partant des grilles, nous pouvons constater une évolution de la nature des matériaux recouvrant le fond. Jusqu'à 5 mètres à l'amont des grilles, le fond est recouvert de gros morceaux de bois. Entre 5 et 10 mètres, les troncs d'arbres font place à un mélange de branches, de feuilles et de vase. Au-delà de 10 mètres à l'amont des grilles, sous une couche de 5 cm à 1 mètre de branches, le fond est recouvert de vase (environ 1,20 m d'épaisseur à 10 mètres des grilles). Il n'y a plus de dépôts (vase et bois). En effet, le niveau de bois contre les grilles en rive gauche est à environ 16,50 m NGF, alors qu'en rive droite il se situe au niveau de la panne de fixations inférieure (14,50 m NGF). »

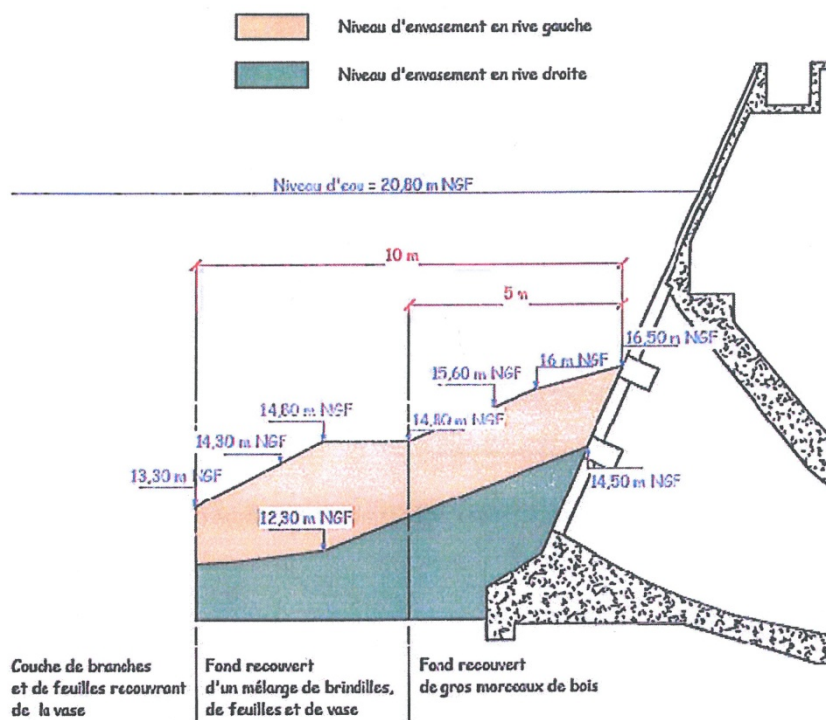


Figure 6.18 Sédiments en amont des grilles de la prise d'eau, 2010

Seuls les plus gros morceaux de bois colmatant les grilles ont été retirés lors des travaux de grappinage. Le bois retiré représente une quantité d'environ 12 m³ après découpage en petits tronçons de 1,50 mètre sur le bord.

Vanne de fond et vanne de secours :

« Le fond est entièrement recouvert de bois et de vase. Les grilles d'entrée d'eau de la vanne de chasse et de la vanne de secours sont entièrement ensevelies sous la vase et le bois. Le dépôt (vase et bois) se situe à environ 7,30 m NGF au niveau de la vanne de chasse. »

Finalement lors des travaux, il s'est avéré que le dépôt n'était constitué exclusivement que de sédiments et de petits branchages et n'a pas nécessité de grappinage.

L'évacuation des crues étant de plus assurée essentiellement par la crête déversante, **l'aléa envasement n'est donc pas retenu** comme aléa spécifique pour l'ouvrage.

6.11 ALÉA MARITIME

Les niveaux marins extrêmes sont issus du rapport : « *Statistiques des niveaux marins extrêmes des côtes de France (Manche et Atlantique), CETMEF SHOM – 2012.* »

Ces données proviennent du SHOM (Service Hydrographique et Océanographique de la Marine), et sont détaillées dans le Tableau suivant.

Type de marée	Niveau d'eau
10 ans – pleine Mer	6,80 m NGF
100 ans – pleine mer	7,05 m NGF

Tableau 6.9 Niveaux de marée

Le petit seuil aval protège l'ouvrage contre les remontées jusqu'au pied du barrage de l'eau salée de la mer, agressive pour le béton de la voûte.

En absence de seuil, une pleine mer de temps de retour 100 ans entraînerait une faible remontée d'eau jusqu'au barrage, légèrement supérieur à 2 mètres en partie centrale. Cette remontée est sans conséquence pour la stabilité de l'ouvrage.

Considérant l'ensemble de ces éléments, **l'aléa maritime n'est pas retenu** comme aléa spécifique pour l'ouvrage.

6.12 RÉCAPITULATIF

Les aléas naturels pouvant avoir une incidence potentielle sur le barrage ont été caractérisés dans ce chapitre. À l'issue de cette analyse, les aléas à retenir et qui seront pris en compte dans l'analyse de risques comme événements initiateurs de situations dangereuses en tenant compte de leur occurrence, sont les suivants :

- L'aléa hydrologique : la cote des PHE (temps de retour 1 000 ans) est estimée à 24,78 m NGF et la cote en situation extrême (occurrence 3.10^{-5}) est de 25,60 m NGF.
- L'aléa sismique, bien que le barrage soit dans une zone faiblement sismique ;
- L'aléa thermique : les barrages voûtes, de faible épaisseur de béton, ont un comportement influencé par les conditions météorologiques extérieures, qui influencent la température dans l'ouvrage.
- L'aléa foudre qui peut perturber le fonctionnement de certains appareils électriques.

7 ETUDE ACCIDENTOLOGIQUE ET RETOUR D'EXPERIENCE

Conformément à l'arrêté du 12 juin 2008 définissant le plan de l'étude de dangers des barrages et des digues et en précisant le contenu, la rubrique 7 « Etude accidentologique et retour d'expérience » doit décrire les défaillances, accidents, incidents et évolutions lentes survenus sur l'ouvrage. Elle doit également décrire les scénarios d'événements de même nature ayant concerné d'autres ouvrages que celui objet de l'étude de dangers dès lors que le maître d'ouvrage en a eu connaissance.

L'étude accidentologique et le retour d'expérience (REX) permettent d'améliorer la connaissance des situations dangereuses, de fournir des éléments quant à la récurrence de certaines causes et à la sensibilité du type de barrage à ces dernières.

7.1 ANALYSE DES EVÉNEMENTS DE MÊME NATURE AYANT CONCERNE D'AUTRES OUVRAGES

L'analyse accidentologique internationale porte sur des **barrages voûtes** assimilables au barrage objet de l'étude.

Après avoir présenté les accidents les plus graves recensés, nous présenterons les taux de ruptures ainsi que les principaux mécanismes et causes de rupture de ce type d'ouvrages.

7.1.1 Présentation de la démarche

Les données qui ont pu être recueillies au titre de cette analyse se présentent sous la forme de bases de données ou d'études recueillies auprès de différents organismes regroupant des spécialistes de barrages qui tiennent un relevé, effectuent des statistiques des accidents et des ruptures.

La Commission internationale des Grands Barrages (CIGB, ICOLD) a instauré sa première enquête dans les années 60. Cet exercice est réitéré tous les 10 ans et commence à pouvoir définir des tendances historiques et les particularités qui caractérisent la sécurité du parc mondial des barrages et des digues.

L'hétérogénéité des données (construction et gestion différentes des ouvrages, typologies et cotations propres) et leur imprécision (pas de retour d'expérience, peu de descriptions de mesures rectificatives prises, pas toujours de cause bien identifiée) sont les principales limites à cette analyse accidentologique.

Les informations et statistiques utilisées dans le cadre de cette analyse accidentologique sont issues des sources suivantes :

- « Rapport sur l'amélioration de la sécurité des barrages et ouvrages hydrauliques, Christian KERT, OPECST, Juillet 2008. »
- L'Institut Paul Scherrer (PSI) a mis en place, sous la désignation ENSAD (Energy-Related Severe Accident Database), la plus grande banque de données au monde pour les accidents graves du secteur de l'énergie
- La Commission Internationale des Grands Barrages (CIGB) publie de la documentation technique relative aux cas de rupture de barrages en s'appuyant sur des statistiques et le retour d'expérience. Deux ouvrages ont été consultés : « Ruptures de barrages - Analyse statistique » et « Leçons tirées des accidents de barrage » Les renseignements tirés se rapportent aux fréquences de ruptures en fonction du type de barrages et à leurs causes principales (pour les grands barrages).
- Le livre : « *Barrages, crues de rupture et protection civile*, Claude Marche, 2008, Presses Internationales Polytechniques ».
- Le bulletin 89 de la CIGB : « Enrochement armé et remblai armé pour les barrages », 1993.

7.1.2 Accidents les plus graves recensés

Entre 1800 et 1987, 30 accidents de ruptures de barrages ont été recensés dans le monde faisant 18 000 victimes (Chine non référencée).

Les accidents liés aux barrages en maçonnerie ou en béton et ayant causé **plus de 100 morts, depuis 1800**, sont répertoriés dans le tableau ci-dessous.

Barrages	Pays	Date de rupture	Hauteur du barrage (m)	Volume de la retenue (hm ³)	Nombre de victimes
Barrage poids, rupture lors de la première mise en eau					
Puentes	Espagne	1802	69	13	600
Saint-Francis	Etats-Unis	1928	62	47	450
Barrage poids, rupture en service					
Fergoug I	Algérie	1881	33	30	200
Tigra	Inde	1917	25	124	1 000
Khadakwasla	Inde	1961	33	137	1 000
Barrage voûte					
Malpasset	France	1959	60	49	423
Barrage à contreforts et voûtes multiples					
Gleno	Italie	1923	35	5	600
Vega de terra	Espagne	1959	33	7.3	140
[Source : www.hydrocoop.org]					

Tableau 7.1 Ruptures de barrages en béton ou maçonnerie de 1800 à 1987

En considérant l'ensemble des ruptures postérieures à 1800 dans le monde, quelle que soit la hauteur du barrage, on compte 144 ruptures de barrage dont :

- 71 sans victime,
 - 31 avec moins de 10 morts,
 - 17 avec 10 à 99 morts,
 - 25 avec 100 morts et plus.
- Au XX^e siècle, il se produirait entre 10 et 40 ruptures de barrages chaque décennie. D'après des données plus récentes, le nombre de ruptures tend vers 1,5 par année.
- Le cumul du nombre de ruptures majeures au XX^e siècle fait l'objet du graphique suivant.

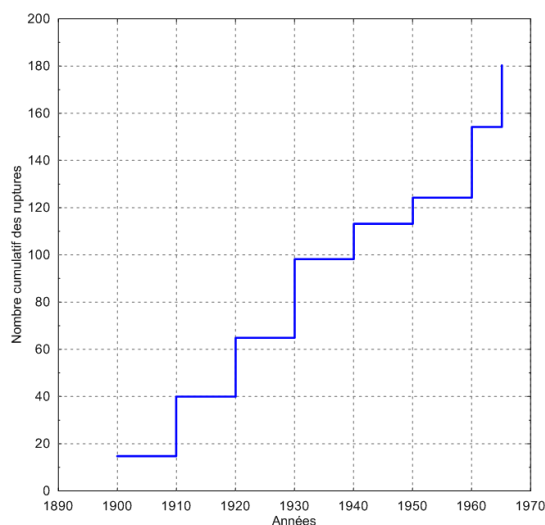


Figure 7.1 Cumul du nombre de ruptures majeures au XX^e siècle (jusqu'en 1970)
(issue de « Barrages, crue de rupture et protection civile », Claude Marche, 2008)

Deux accidents ont marqué les esprits sur le territoire français :

- la rupture du barrage de Bouzey (barrage poids en maçonnerie, d'une hauteur de 18 m, construit en 1880) (Vosges), en avril 1895, a fait 87 morts. Il s'agissait d'une rupture brusque, mais qui avait été précédée par l'apparition de fissures et de déformations importantes. La rupture est imputable au comportement du corps du barrage, avec comme cause principale l'apparition de sous-pressions. La rupture du barrage de Bouzey a amené les constructeurs à plus de prudence en mettant en évidence le rôle joué par les sous-pressions, tant dans les fondations que dans le corps du barrage.
- la rupture du barrage de Malpasset (barrage voûte en béton, d'une hauteur de 60 mètres, construit en 1954) (Var), en décembre 1959, au cours du 1er remplissage, a fait 423 victimes et causé des dommages matériels importants : 155 immeubles détruits, 1 000 hectares de terres agricoles sinistrées, deux milliards de francs de dégâts. Le barrage a cédé alors que des intempéries ont fait monter le niveau d'eau dans la retenue. Un des appuis du barrage était implanté sur un dièdre rocheux de grand volume dont le plan de fissuration présentait une orientation défavorable, avec un drainage naturel décroissant avec la pression ; la poussée de l'eau a déchaussé le dièdre, qui a été éjecté vers l'aval entraînant le déséquilibre et la rupture de la voûte en béton. La rupture est donc imputable à la fondation avec comme cause principale la rupture au cisaillement. L'onde de submersion a atteint la ville de Fréjus située à une dizaine de kilomètres, avant de se jeter dans la mer.

7.1.3 Analyse des ruptures

7.1.3.1 Analyse des probabilités de rupture

L'Institut Paul Scherrer dresse un bilan des taux de ruptures des barrages, en s'appuyant sur des données historiques recensées dans la base de données de l'ENSAD. Ce taux de rupture par barrage et par année correspond au rapport entre le nombre de ruptures d'ouvrages du même type depuis une année fixée (1850 ou 1930) et la durée totale d'exploitation des ouvrages de même type construits.

Ces évaluations des taux de ruptures de barrages ne concernent que les ouvrages des pays occidentaux (Etats-Unis, Canada, Europe de l'ouest, Australie et Nouvelle-Zélande) afin de pouvoir réaliser des statistiques fiables grâce aux similitudes des techniques de construction entre ces pays.

Les ouvrages concernés sont les grands barrages au sens de la définition de la CIGB⁽¹⁾. Quant à la notion de « rupture », elle est aussi reprise de la CIGB qui considère tout effondrement ou mouvement d'une partie du barrage ou de ses fondations entraînant la libération de toute l'eau retenue. La rupture complète d'un barrage correspond à la plus grande menace pour les populations à l'aval de l'ouvrage.

Le tableau 7.2 présente les taux de ruptures rapportés par différentes sources et synthétisés par l'ENSAD.

Author/Company	Failure rate [per dam-year]	Cause of failure	Dam type	Region/ Country
[Basler & Hoffmann (1978)]	$3 \cdot 10^{-5} - 3 \cdot 10^{-4}$	not specified	Gravity, Arch	Europe
[Baecher et. al. (1980)]	$2 \cdot 10^{-4} - 5 \cdot 10^{-4}$	not specified	all types	USA
[Baecher et. al. (1980)]	$4 \cdot 10^{-5}$	not specified	all types	Japan
[Baecher et. al. (1980)]	$6 \cdot 10^{-4}$	not specified	all types	Spain
[Baecher et. al. (1980)]	$2 \cdot 10^{-4}$	not specified	all types	World
[Gruetter and Schnitter (1982)]	$1.8 \cdot 10^{-5}$	overtopping	Gravity, Arch	alpine region
[Johansen et al. (1997)]	$6.3 \cdot 10^{-5} - 5.6 \cdot 10^{-4}$	hydrologic, seismic, internal erosion	Rockfill	Norway
[Hartford (1996)]	$2.8 \cdot 10^{-6} - 6.9 \cdot 10^{-6}$	hydrologic	Earth	Canada

Tableau 7.2 Exemples de taux de ruptures de barrages selon différentes sources

⁽¹⁾ Est un « grand barrage », tout ouvrage de plus de 15 m de haut au-dessus de la surface générale des fondations ; peut être considéré comme « grand barrage » un ouvrage dont la hauteur serait comprise entre 10 et 15 m et présentant des caractéristiques particulières : grand réservoir, évacuateur de crues important, etc.

On notera particulièrement les valeurs suivantes intéressant notre étude : pour les barrages en poids et voûte, en Europe, le taux de rupture se situe entre $3 \cdot 10^{-5}$ et $3 \cdot 10^{-4}$ /barrage/an.

Les taux de ruptures rapportés dans le graphique suivant (Figure 7.2), ont été calculés à partir des données ENSAD (pays occidentaux, 2 périodes d'observation 1850-1996 et 1930-1996).

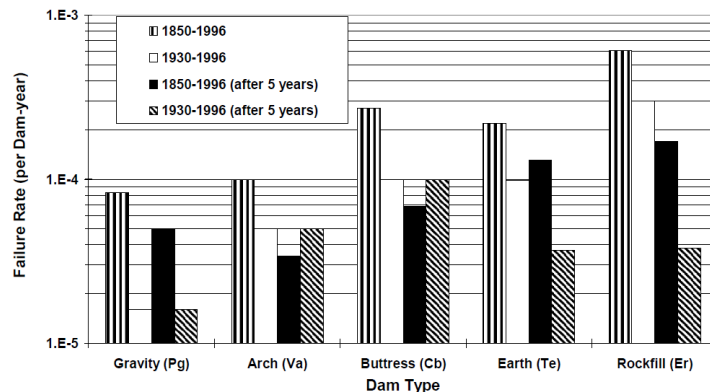


Figure 7.2 Taux de ruptures pour différents barrages et deux périodes de temps

Ainsi, la fréquence de rupture d'un barrage voûte dans les pays occidentaux est inférieure à 5.10^{-5} /barrage/an, pour la période d'observation 1930-1996, correspondant à la période de construction et de mise en service du barrage de Pont Rolland.

On retiendra de cette analyse que les différents taux de rupture calculés sont de l'ordre de 10^{-4} et 10^{-5} /an/barrage pour les barrages voûte.

On définit également le taux de rupture comme le pourcentage de rupture par rapport au pourcentage de barrages construits. Il faut noter que le taux de rupture des barrages en béton est deux fois plus faibles que le taux de rupture des barrages en remblai (0,54 contre 1,11).

7.1.4 Analyse des causes de ruptures concernant les barrages les barrages vo

La CIGB a publié deux travaux importants concernant les incidents de barrages :

- « Leçons tirées des accidents de barrages », 1974.
- « Ruptures de barrages. Analyse statistique », 1995.

Le premier ouvrage analyse le recensement de toutes les ruptures et de tous les accidents intervenus avant le 31 décembre 1965 à des barrages d'une hauteur de plus de 5 m de la fondation à la crête, que les causes soient en relation avec les fondations ou non.

La notion de « rupture » correspond à une destruction ou un mouvement d'une partie du barrage (comme les vannes) ou de ses fondations, tel que l'ouvrage ne puisse plus retenir l'eau. En général, le résultat est le relâchement d'un volume d'eau important entraînant des risques pour les personnes ou les biens à l'aval.

Cette analyse de 1974 définissait deux types de ruptures et trois types d'accidents :

- Rupture type 1 : une rupture grave entraînant l'abandon complet du barrage.
- Rupture type 2 : une rupture qui a pu être sérieuse, mais qui a toutefois laissé la possibilité de réparer avec succès les dommages et de remettre le barrage en service.
- Accident type 1 : un accident sur un barrage en service depuis quelques temps, mais que des mesures immédiates comportant, par exemple, la vidange du réservoir, ont empêché de dégénérer en rupture.
- Accident type 2 : un accident sur un barrage observé pendant le premier remplissage du réservoir, et que des mesures immédiates comportant, par exemple, la vidange du réservoir ont empêché de dégénérer en rupture.

- Accident type 3 : un accident sur un barrage pendant la construction, par exemple tassement des fondations, effondrement des talus, etc. observé avant tout remplissage et où des mesures radicales ont été prises, ce qui a permis le remplissage ultérieur en toute sécurité.

466 incidents provenant de 43 pays-membres de la CIGB ont été recensés. Sur ce total, 202 décrivent des ruptures. Sur les ruptures, 70 % concernent des grands barrages (plus de 15 m de haut). La répartition des accidents est détaillée dans le tableau ci-après :

Rupture type 1	84
Rupture type 2	118
Accidents type 1	154
Accidents type 2	70
Accidents type 3	40
Total	466

Tableau 7.3 Répartition du nombre total de ruptures et accidents (Source : Leçons tirées des accidents, CIGB, édition complète, 1974)

Le tableau ci-après montre une répartition des accidents et cas de ruptures répertoriés en fonction de différents types de barrages et en fonction de leur hauteur. La typologie de barrages utilisée par la CIGB est la suivante : A = barrage voûte ; B = à contreforts, G = poids, E = en terre, R = en enrochement et M = divers.

Les barrages en enrochements (R) nous intéressent plus particulièrement avec 27 incidents recensés.

Hauteur (m)	Nombre d'incidents						Total
	A	B	G	E	R	M	
5-15			21	59	4	9	93
15-30	5	8	22	168	11	4	218
30-50	9	6	14	73	7	1	110
50-100	6	2	7	17	5		37
Plus de 100	1		2				3
Pas d'information				5			5
Total	21	16	66	322	27	14	466

Tableau 7.4 Répartition des incidents en fonction du type de barrage et de sa hauteur (Source : Leçons tirées des accidents, CIGB, édition complète, 1974)

Contrairement aux barrages en remblai, la probabilité de rupture des barrages en béton dépend peu de leur hauteur, comme l'illustre le graphique ci-après :

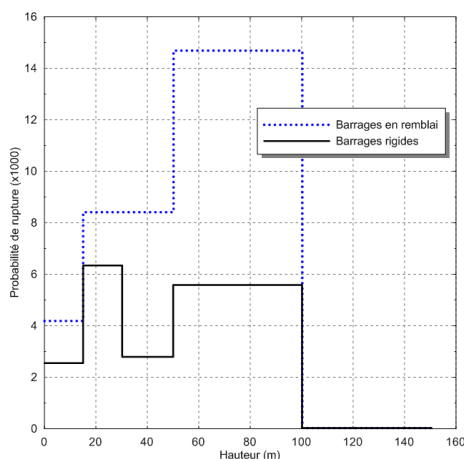


Tableau 7.5 Probabilité de rupture des ouvrages en fonction de leur hauteur

L'analyse statistique de 1995 est venue préciser les causes de rupture. Elle concerne les cas de ruptures (179) survenus sur tous types de grands barrages (plus de 15 m, ou si inférieur à 15 m le réservoir doit avoir un volume supérieur à 1hm³), entre 1799 et 1991.

Pour les barrages en béton, comme illustrée sur la Figure 7.3, la principale cause de rupture concerne les problèmes relatifs aux fondations (érosion interne 1.1.5 ou contraintes de cisaillement 1.1.3 sur la Figure 7.3).

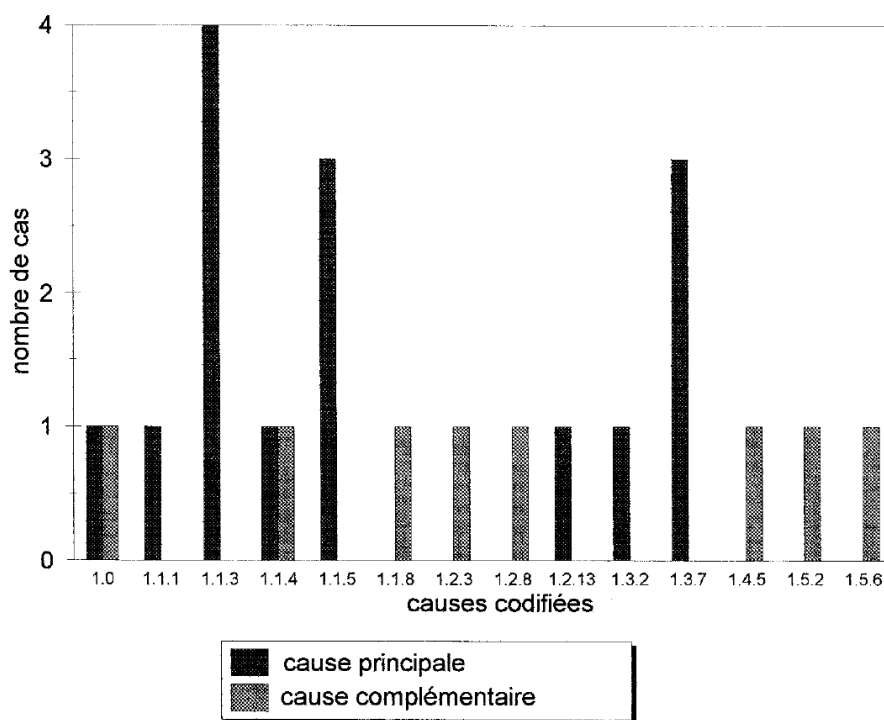


Figure 7.3 Répartition des causes de rupture des barrages en béton (Source : Rupture des barrages, analyse statistique, CIGB, 1995)

Dans le cas des 4 ruptures documentées de barrages voûte, le comportement de la voûte n'a pas été mise en cause : à Malpasset Vaughan Creek et Ibar l'accident est imputable aux fondations (cisaillement, érosion interne ou infiltration), tandis qu'à Moyie River, il résulte de la submersion d'un appui (la voûte ne s'est pas rompue).

A noter également que les barrages voûte sont des ouvrages sûrs au qui résistent bien aux sollicitations sismiques comme le montrent les exemples de plusieurs ouvrages ayant du faire face à des séismes de magnitude importante (Pacoima en Californie, Rappel au Chili, barrages en Chine...).

Les conclusions de l'étude « Ruptures de barrages. Analyse statistique » réalisée en 1995 par la CIGB sont les suivantes :

- En valeur absolue, la majorité des ruptures concerne de petits ouvrages, mais ceux-ci constituent aussi la majorité des barrages construits. Presque 70 % des barrages rompus ont moins de 30 m de hauteur, en ne tenant compte que des barrages dont la hauteur est connue (les barrages de moins de 15 m ne sont pris en compte que si leur réservoir a un volume supérieur à 1 hectomètre cube).
- Parmi toutes les causes de rupture recensées, deux se distinguent nettement : la première est la capacité insuffisante de l'évacuateur, responsable de 35 % des ruptures documentées, et la deuxième regroupe les problèmes de fondation, relevés comme cause directe dans 25 % des cas.
- Le taux de rupture des barrages en béton ou en maçonnerie est environ deux fois plus faible que celui des barrages en remblai
- Quand la rupture est imputable aux ouvrages annexes, c'est l'insuffisance de capacité des évacuateurs qui intervient le plus fréquemment (22% comme cause principale, 39% comme cause secondaire). »
- La plupart des ruptures concernent des barrages jeunes. La période du premier remplissage et les cinq années suivantes sont des étapes critiques pour la sécurité des barrages comme l'illustre la figure ci-après.

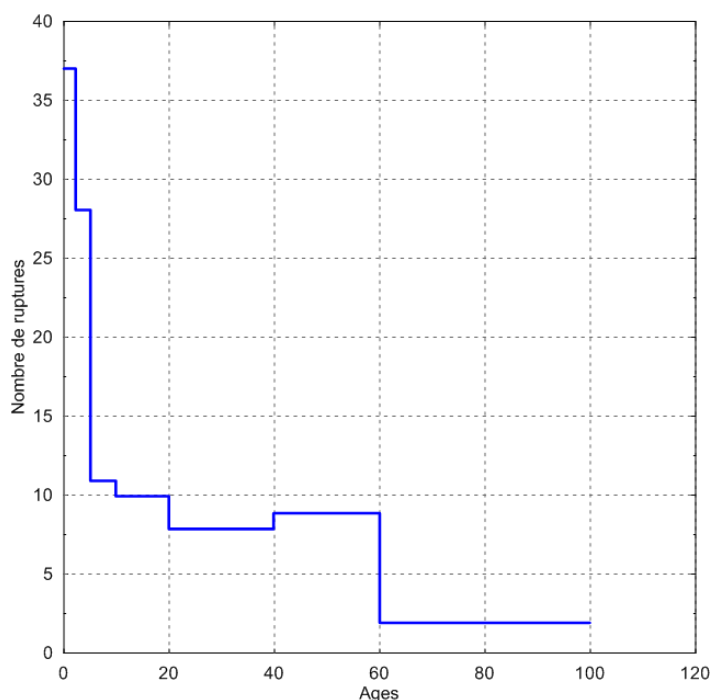


Tableau 7.6 Relation entre l'âge des barrages et l'occurrence de rupture

- Les dispositions retenues à la suite d'une rupture sont le plus souvent : abandon de l'ouvrage (36 %), construction d'un ouvrage de type différent (17 %), reconstruction totale à l'identique (16 %).

7.2 PATHOLOGIES DES BARRAGES VOÛTES

7.2.1 Dégradation des parements et des structures en crête

Comme pour les barrages poids, l'action de l'eau de la retenue sur le parement amont ou des intempéries sur le parement aval, peut à terme provoquer une dégradation des parements.

Toutefois, « *du fait d'une meilleure qualité du béton et d'une réalisation souvent plus soignée, ce type de défaut est plus rare.⁽¹⁾* ».

Les joints de construction présentant des défauts d'étanchéité peuvent être alors le siège d'écoulement, entraînant des phénomènes de dissolution et dépôt. Des traces de calcite peuvent être visibles côté aval.

Les effets des infiltrations des eaux de pluie ou l'effet du gel, peuvent endommager et accélérer le vieillissement des structures en crête.

7.2.2 Gonflement des bétons

Le gonflement des bétons est généralement dû à une réaction alcali-granulats correspondant à une réaction lente de la silice libre des agrégats avec les alcalis du ciment en présence d'eau, se manifestant par la formation d'un gel gonflant dans la masse du béton. Ce gonflement peut affecter la totalité du barrage.



Figure 7.4 Barrage de Bimont

Des gonflements localisés peuvent survenir également, comme dans le cas du barrage du Bimont.

Les conséquences de ce gonflement peuvent être les suivantes :

- déformations des structures, la voûte ayant tendance à se déporter vers l'amont, entraînent une décompression du pied aval. Ces déformations peuvent affecter les organes hydromécaniques du barrage ;
- une réduction des caractéristiques mécaniques des bétons, dans le corps de l'ouvrage et au niveau des reprises de bétonnage ;
- modification de la répartition des contraintes affectant l'équilibre général de l'ouvrage.

⁽¹⁾ « *Les barrages, conception et maintenance* », Patrick Le Delliou, Presses Universitaires Lyon, 2003

7.2.3 Résistance insuffisante du corps du barrage

Dans certains cas de charges, des contraintes de traction peuvent apparaître au pied amont de la voûte, au niveau du contact entre la voûte et la fondation. Ces tractions peuvent engendrer un fort risque de fissuration avec apparition de sous-pression, qui peut concerner une part importante de l'épaisseur du barrage.

Plusieurs exemples peuvent être cités :

- Le barrage de Piney, voûte mince dans une vallée évasée construite en 1953 haut de 47 m pour une longueur de 198 m, a subi un basculement vers l'aval de la console suite à une crue survenue au mois de février alors que la voûte était froide, et peu comprimée.



Figure 7.5 Barrage de Piney

- Le barrage de Kolnbrein en Autriche, voûte mince de 200 mètres de hauteur construit dans une vallée de 626 m de largeur. Dès la mise en eau, des fuites importantes en galerie et des fissures en partie inférieure amont du barrage sont constatées. Des travaux d'étanchéité locale et d'injections ont été réalisés sans succès. La voûte a été alors renforcée par la construction d'un barrage poids voûte de 60 m de haut à l'aval immédiat du barrage principal, faisant office de butée à la voûte afin d'éviter les tractions amont.

Le barrage d'Esch-sur-Sure est un autre exemple de barrage ayant connu des fissures traversantes atteignant localement 90 % de l'épaisseur du barrage en hiver contre 60 % en été. Bien que la stabilité générale de la voûte n'ait pas été mise en doute, l'étanchéité amont de ce barrage a été restaurée par une plinthe ancrée en fondation à l'amont du barrage, reliée à l'ouvrage par un joint d'étanchéité avec une voile d'étanchéité foré au travers de la plinthe pour préserver l'ouvrage des sous-pressions.



Figure 7.6 Barrage d'Esch-sur-Sure

7.2.4 Fissurations en aval du barrage au niveau des rives

Les contraintes thermiques, que ce soit en cours de construction ou après la construction, peuvent engendrer des fissurations du pied aval de l'ouvrage en rive, visible sur le parement aval de l'ouvrage.

7.2.5 Affaiblissement des culées

Comme pour la voûte du barrage, les culées peuvent être le siège d'infiltrations pouvant affaiblir les caractéristiques mécaniques des bétons. Les culées, souvent réalisées sous forme de barrage poids sont sensibles aux sous-pressions.

7.2.6 Déstabilisation des appuis rocheux

L'exemple du barrage de Malpasset met en évidence l'importance du contrôle des sous-pressions dans les rives et les appuis des barrages voûtes. En cas de forte piézométrie, un renforcement du drainage par l'aval voire une étanchéité amont peuvent être réalisées.

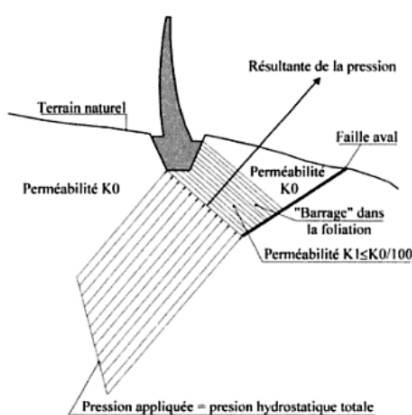


Figure 7.7 Pressions dans la fondation du barrage de Malpasset⁽¹⁾

La déformation des appuis peut également impacter l'ouvrage. Le barrage de Tseuzier en Suisse, haut de 156 mètres et mis en service en 1957 a connu une fissuration généralisée, suite au percement de la galerie de sondage du tunnel de Rawyl en 1978.

(1) « Les barrages, conception et maintenance », Patrick Le Delliou, Presses Universitaires Lyon, 2003

7.3 VULNÉRABILITÉ AU SÉISME

Le rapport « Risque sismique et sécurité des ouvrages hydrauliques », rédigé à la demande du MEDDTL-DGPR, dans sa version de novembre 2010 précise la vulnérabilité au séisme des barrages en béton.

« Aucun barrage en béton ou en maçonnerie n'a subi de destruction à l'occasion des séismes les plus violents, à l'exception de la ruine du barrage de dérivation de Shih-Khang (Taiwan). La présence d'une faille, sensiblement parallèle à la vallée et non détectée pendant les travaux, provoqua un rejet vertical de 3 à 4 mètres entre les pertuis vannés de la rive droite mais sans lâchure catastrophique d'eau de la retenue. »



Figure 7.8 Barrage de Shih Khang après le séisme Chi Chi – rupture au droit de la faille

Qu'il s'agisse de barrage-voûte ou de barrage-poids, en béton ou en maçonnerie, la stabilité globale des ouvrages n'a pas été mise en cause et les dégâts observés se sont traduits principalement :

- *par l'apparition de fissures en partie supérieure des ouvrages localisées en général à des changements d'inertie des structures, en particulier lorsque le parement aval comporte une rupture de pente*
- *Par des ouvertures ou des décalages au droits des joints de plots »*

Plusieurs barrages voûtes ont subi des séismes majeurs. À titre d'exemple le barrage de Pacoima en Californie, construit en 1929 a subi des séismes en 1971 de magnitude 6,6 (épicentre à 5km) et en 1994 de magnitude 6,7 (épicentre à 18 km).

Lors du séisme de 1994, des accélérations maximales de 1,76 g en horizontal et 1,6 g en vertical ont été enregistrés au sommet de l'appui rive gauche.

L'ouvrage n'a connu que des dégâts mineurs avec des ouvertures et fermetures du joint vertical en rive gauche au contact entre la voûte et la culée poids d'une amplitude de 5 cm. Le niveau de la retenue était toutefois bas lors de ces deux séismes.

D'autres barrages ont également subi des séismes importants (barrage de Rappel et d'Ambiesta au Chili(0,4g), barrage de Shapai en Chine(0,5g)), sans que des dommages aient été observés sur la voûte.

Outre les effets sur les barrages, les séismes peuvent entraîner des glissements de terrain dans la retenue ou barrant les cours d'eau, des chûtes de blocs sur l'ouvrage, dans la retenue ou bloquant les accès.

7.4 EVÈNEMENTS SURVENUS SUR LE BARRAGE ÉTUDIÉ

Sources utilisées : [7] ; [9 à 19] ; [21] ; [22]

7.4.1 Voûte du barrage

7.4.1.1 Etat du barrage constaté lors des inspections régulières et annuelles

La voûte du barrage a été inspectée lors des visites des 2005 et 2007 et lors des VTA Génie civil de 2009 et 2011. Un avis a également été formulé sur son état lors de l'inspection du service de contrôle du 3 juin 2010.

a) Parement amont

Les conclusions de ces différents rapports sont reprises ci-après.

Une dégradation du béton sur le parement amont au niveau du joint A est observée depuis 2005 à une cote de 23,8 m NGF. Cette dégradation se situe 1 mètre au-dessus de la cote de la crête : la dégradation a lieu sur le mur parapet. Une dégradation est également présente au niveau du joint B. Une très lente dégradation de l'état du joint a été signalée en 2011.



Figure 7.9 Joint A en 2009

b) Parement aval

Le parement aval présentait en 2005 de la mousse sur sa partie basse (mi-hauteur des plots CD, DE et EF). Des suintements et des traces de calcite étaient présents au niveau des joints de plots.

- Joint A : venue d'eau à la cote de 21,5 m NGF et au contact barrage /redans ;
- Joint B : venue d'eau à l'interface barrage/redans en pied de joint ;
- Joint H : venue d'eau sur joint ;
- Joint F : venue d'eau en pied de redans.

En 2005, il est également fait mention que le joint E est élargi et la présence d'un suintement en pied est relevé. Le joint G présentait également une humidité à mi-hauteur avec présence de calcite.



Figure 7.10 Joints E et G en 2009

En 2007, seule la présence d'un suintement en partie supérieure du joint A est relevée. Des traces de boue rouge sont présentes sur les redans en rive droite et en rive gauche

*Figure 7.11 Eau ferrugineuse sur les redans en 2009*

c) Crête déversante

Les différents rapports mettent en évidence le bon état général du béton avec toutefois par endroits des fers apparents et des éclatements ponctuels de surface.

d) Tapis de réception et redans

Les déversements ont créé des érosions de surface des bétons localement, aussi bien en rive gauche qu'en rive droite. En rive gauche, des affouillements ponctuels en formation au contact rocher/béton en surface des redans sont signalés depuis 2007.

e) Culées en rive gauche et en rive droite

La présence de végétations sur les culées est signalée dans les différents rapports de VTA et nécessite un entretien régulier.

7.4.2 Comportement ausculté de l'ouvrage

Lors de la mise en eau en 1935, des fuites dont le débit total atteignait environ 115 l/min étaient observées en aval du barrage, en provenance du rocher de la rive gauche. Des séries d'injections réalisées successivement à l'aval puis à l'amont permettaient de diminuer ces débits de moitié par la suite, ils diminuaient encore, vraisemblablement du fait du colmatage naturel des cheminements dans la rive pour atteindre environ 50 l/min en 1936. Jusqu'en 2000, les débits collectés à l'aval du barrage baissaient progressivement pour atteindre moins de 10 l/min. En 2000, la reprise de la collecte de l'ensemble des fuites entraînait une légère modification de leur régime qui se traduisait par des fluctuations plus marquées, sans changement significatif du débit moyen global du barrage.

Avant le déversement récent de l'ouvrage, les fuites étaient mesurées au niveau de 4 points de mesure :

- En rive droite : Fuite «vanne auxiliaire » et fuite « barrage F » ;
- En rive gauche : Fuite « total RG » et fuite « Ecoulements RG ».

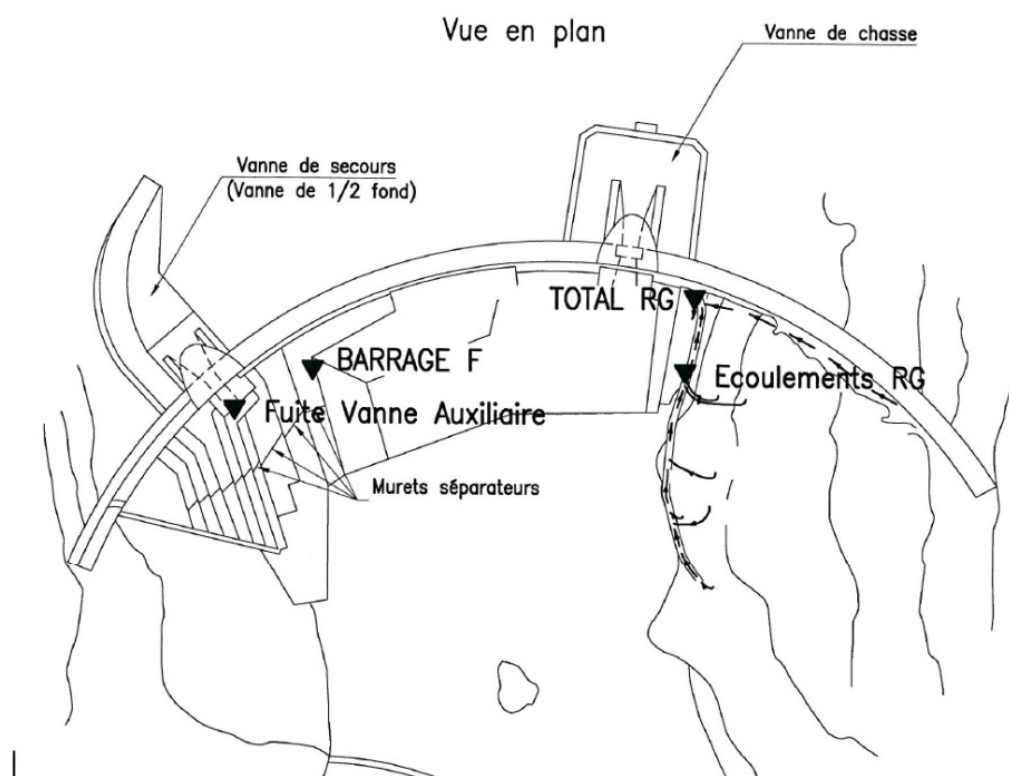


Figure 7.12 Rappel des points de mesure des fuites

Depuis 2004, la fuite « total RG » donne des débits moyens de 3 l/min avec des pointes pouvant atteindre 8 l/min, avec des valeurs minimales proches de 1 l/min pour une retenue avoisinant 20 m NGF. En moyenne, un débit de 2 l/min provient des écoulements le long de la rive gauche, avec des pointes pouvant atteindre 5 l/min.

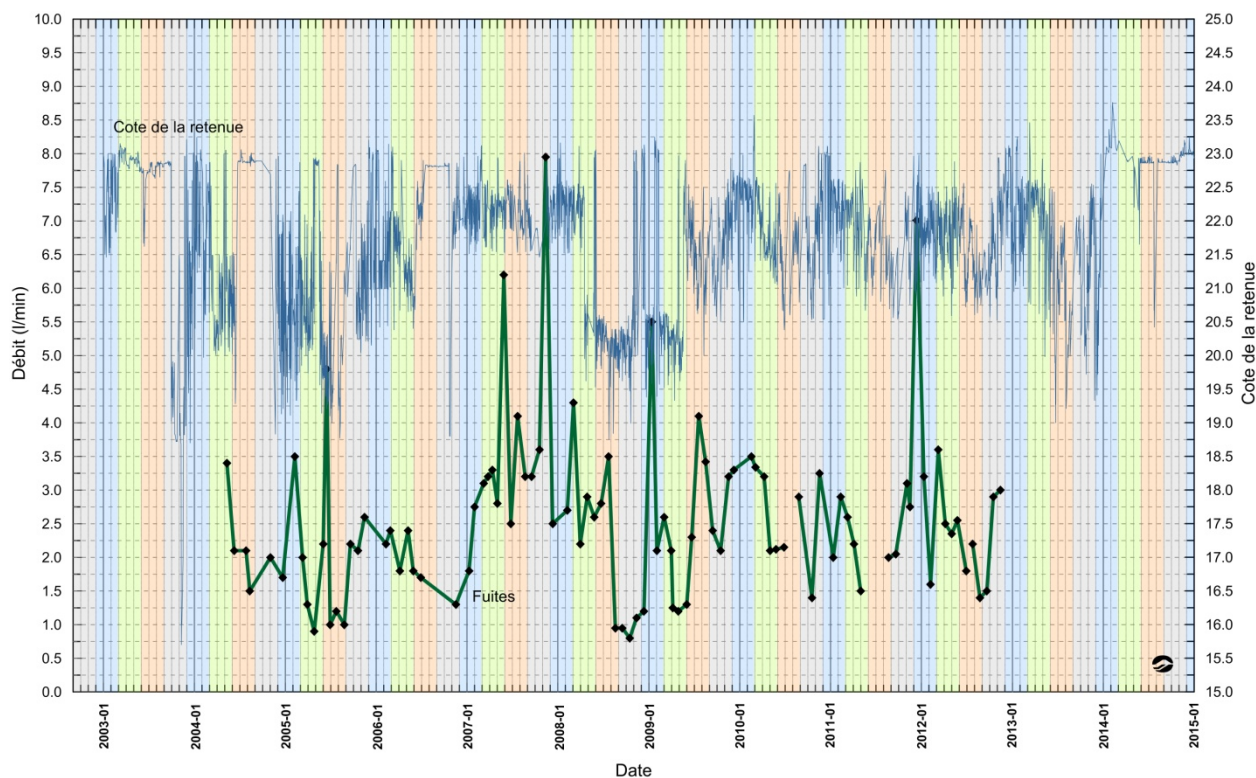


Figure 7.13 Auscultation de la fuite « total RG » depuis 2004

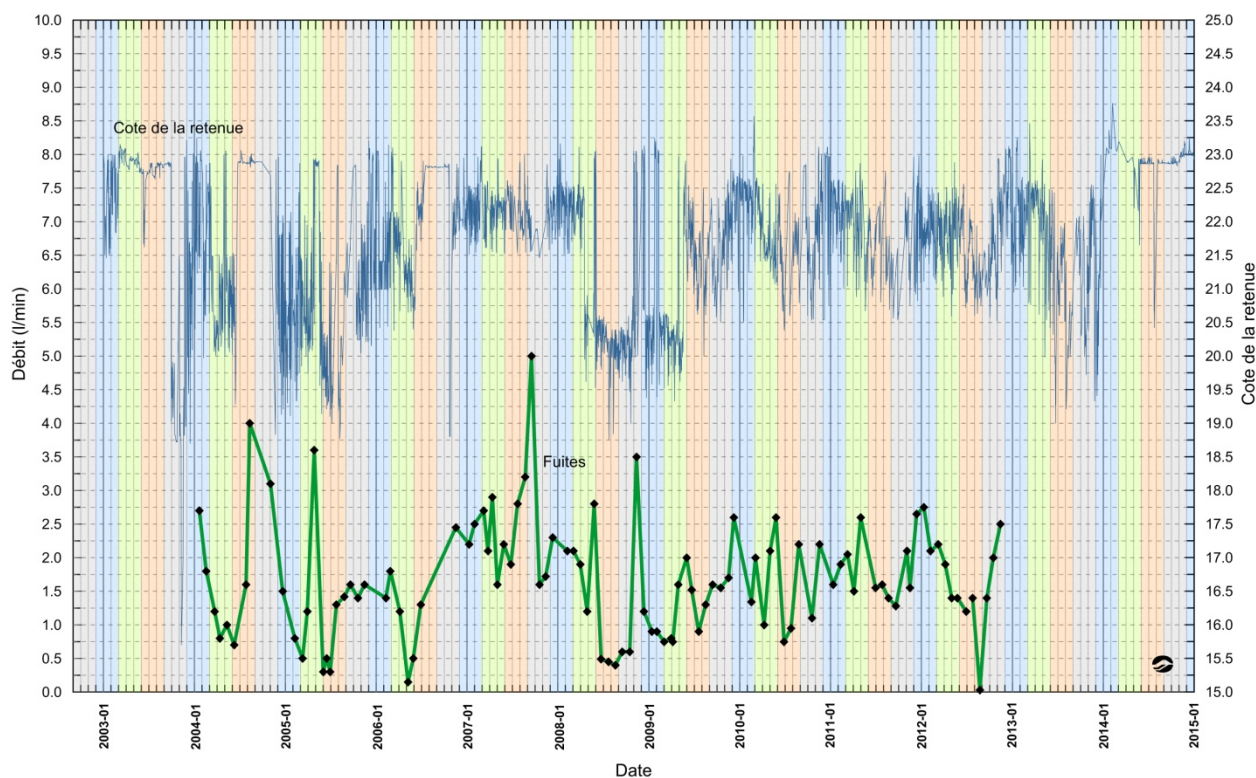


Figure 7.14 Auscultation de la fuite « Ecoulements RG » depuis 2004

En rive droite, les débits mesurés au niveau de la fuite « barrage F » semblent contenir tout ou partie des débits de la fuite « vanne auxiliaire ». Depuis 2004, la fuite barrage F a subi des pointes dépassant 5 l/min et depuis 2010, en absence de débit provenant de la fuite « vanne auxiliaire », le débit « fuite F » est proche de 1 l/min.

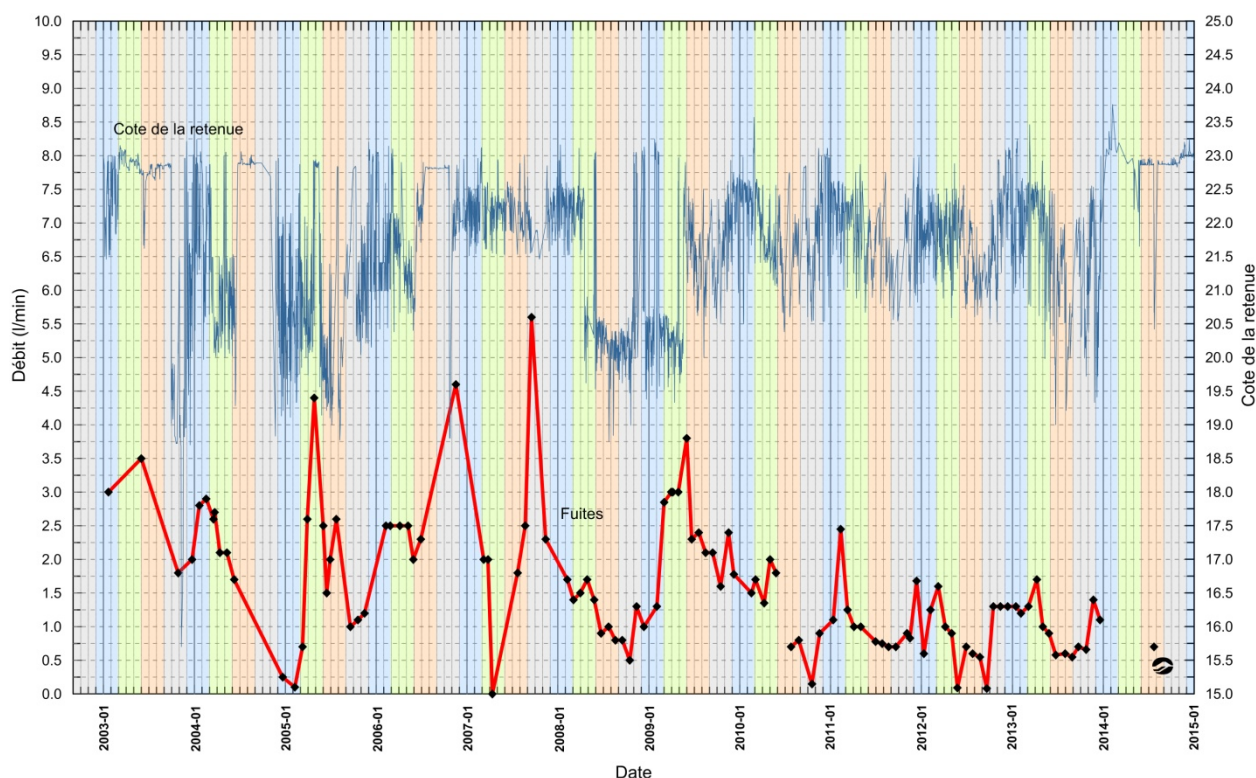


Figure 7.15 Auscultation de la fuite « barrage F » depuis 2004

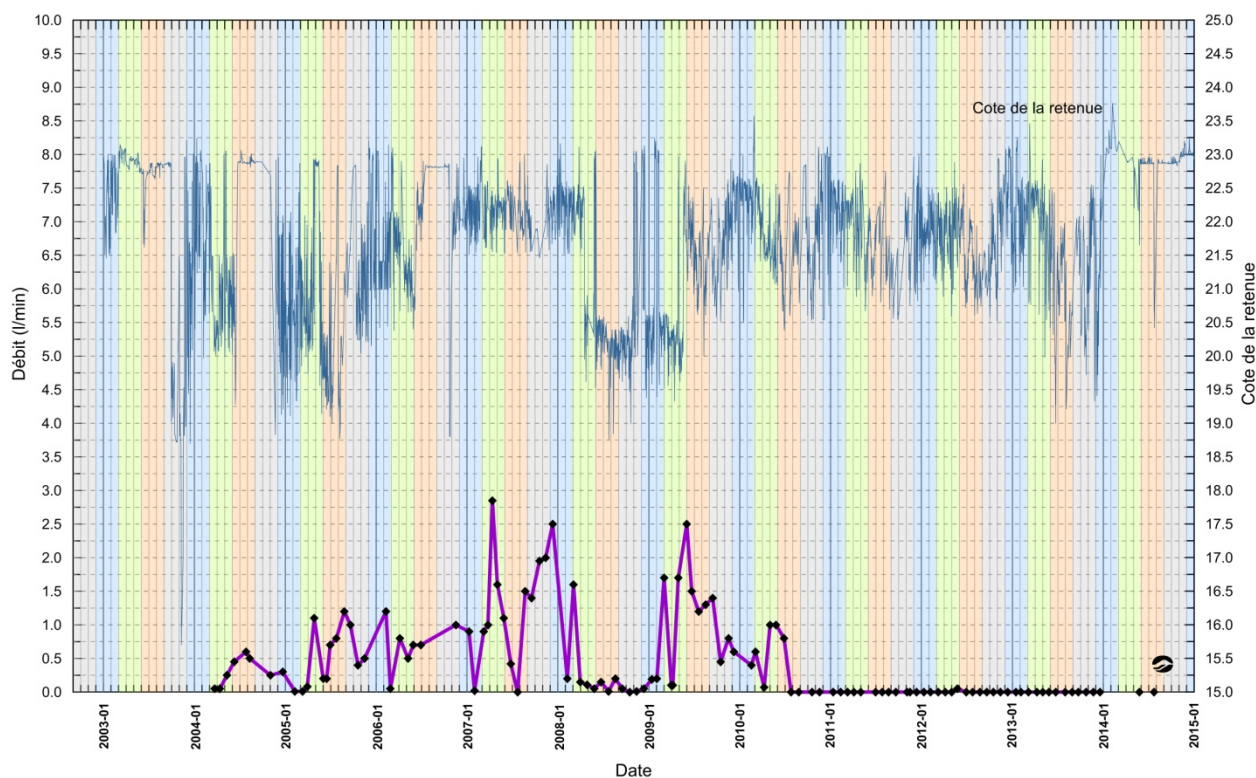


Figure 7.16 Auscultation de la fuite « vanne auxiliaire » depuis 2004

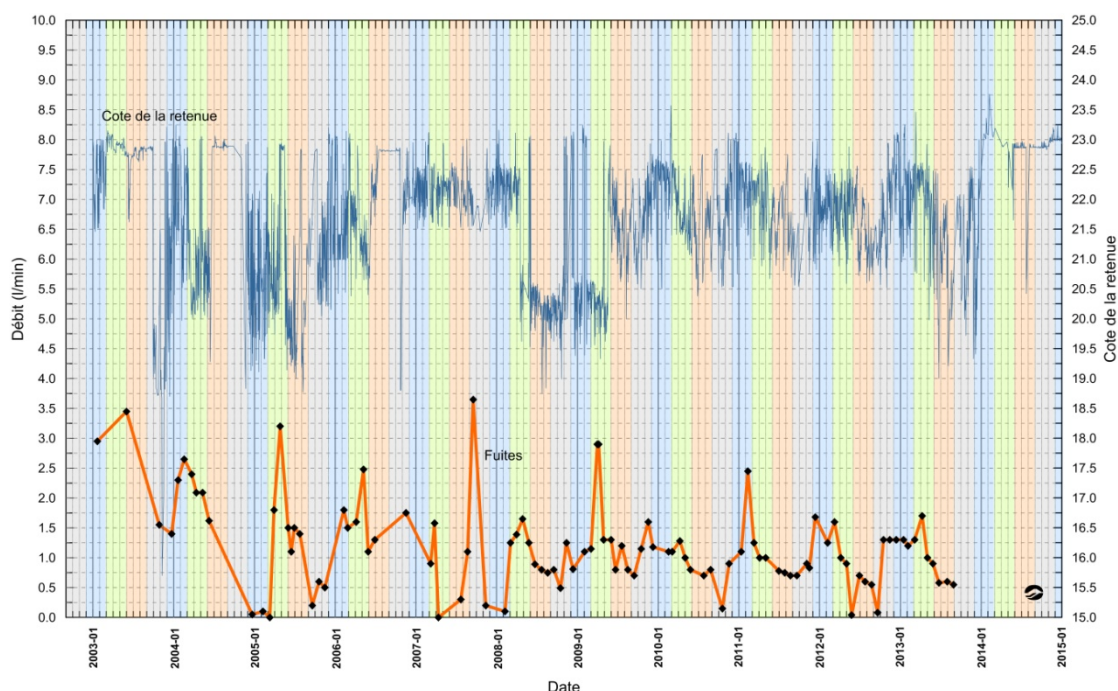


Figure 7.17 Auscultation de la fuite « F-vanne auxiliaire » depuis 2004

7.4.3 Organes hydrauliques

7.4.3.1 Vidange de fond

La vanne de fond a été remplacée en 2009. Après ce remplacement, des fuites sont apparues aux axes des galets dès la mise en service. Une réintervention a eu lieu en 2010, les étanchéités des galets sont jugées correctes mais deux fuites persistent en partie supérieure du tablier.

Suite à ce remplacement, aucun dysfonctionnement n'est apparu sur la vanne de fond depuis sa mise en service et lors des essais en charge ou à vide.

Le rapport Hydromécanique de 2011 mentionne que « l'état de la structure est fiable, le revêtement anticorrosion est neuf mais n'a pas un bel aspect. Les fuites persistantes malgré une intervention ont déposé une couche de boue sur la structure. [...]. Les commandes sont en bon état ainsi que le revêtement. L'ensemble des pièces mécaniques est graissé. Le système de commande est protégé par un abri en tôles galvanisées. La vidange de fond ne présente pas de problème particulier, son état est jugé satisfaisant. »

Le tableau suivant détaille les contrôles effectués et les constats réalisés :

Point examiné	Précisions sur les conditions de la visite	observations
Intégrité structure vanne	Contrôle visuel du tablier aval	Dépôts de boue sur la structure. Le tablier de la vanne est neuf mais la peinture est recouverte de boue du fait des fuites d'eau
Etanchéité vanne	contrôle visuel des $\frac{3}{4}$ du tablier visible	Fuites aux deux angles supérieurs. La partie inférieure, dans l'eau, est invisible.
Blindage	Contrôle visuel	Le blindage en acier à l'aval du tablier de la vanne est corrodé dans sa partie inférieure.
Dispositif de manœuvre	Contrôle visuel externe	Les engrenages sont graissés et en bon état. L'ensemble de la commande est protégé par un abri en tôles galvanisées.
Essai de la vanne	Pas d'essai lors de la VTA de 2011	En 2010, il y eu 6 manœuvres en eau. En 2011, il y a eu une manœuvre.

Tableau 7.7 Contrôles et constats, vanne de fond



Figure 7.18 Tablier aval de la vanne de fond et blindage acier en 2011

7.4.3.2 Vanne de demi-fond

La vanne de secours est actuellement non manœuvrée.

Le rapport Hydromécanique de 2011 mentionne que «la structure du tablier est correcte et l'étanchéité satisfaisante. Le revêtement de peinture du tablier est en bon état. Le blindage du conduit aval présente de nombreux chancres (degré d'enrouillement R5).

Le châssis de commande manuel de la vanne est fortement corrodé et en cas d'essai d'ouverture de la vanne, il y a un risque de rupture de la boulonnerie du châssis ou d'éléments de manœuvre (Degré d'enrouillement R5) ».

Point examiné	Précisions sur les conditions de la visite	observations
Intégrité structure vanne	Contrôle visuel du tablier aval	Revêtement anticorrosion en bon état. L'apparence des galets est satisfaisante.
Etanchéité vanne	contrôle visuel du tablier visible	Aucune fuite. Léger suintement dans l'angle inférieur rive droite.
Dispositif de manœuvre	Contrôle visuel externe	Corrosion importante du châssis de la commande manuelle et des pièces mécaniques. Cette vanne n'est pas manœuvrable en l'état.
Essai de la vanne	Pas d'essai lors de la VTA de 2011	Il n'ya jamais eu d'essai de cette vanne.

Tableau 7.8 Contrôles et constats, vanne de demi-fond

Les mêmes remarques sont formulées lors du rapport Hydromécanique de 2013



Figure 7.19 Tablier aval de la vanne de secours en 2011

7.4.4 Dispositifs de surveillance, alarmes, transmission des données

Plusieurs problèmes de ces dispositifs ont été signalés et ont fait l'objet d'événements significatifs pour la sûreté hydraulique :

- Problèmes de dérive de la cote de retenue mesurée par la sonde piézométrique (30 avril 2008 14 août 2008, 18 septembre 2009 11/02/2011)
- Problème du module WIT d'acquisition du signal analogique transmission de la cote à l'usine de Guerlédan (16 juillet 2007, 11 octobre 2007)
- Valeurs erronées de la cote de retenue suite à des toiles d'araignée ou problème de transmission avec valeurs affichées correctes dans le local de la prise d'eau et valeurs erronées à l'usine de Pont Rolland (avril 2006) ou absence de transmission le 23/07/2007 (mise en place de deux ventilateurs dans le coffret de la sonde pour empêcher le développement de toiles d'araignées dès 2005)
- 07/08/2008 orage en fin de journée : le matin plusieurs ordinateurs se sont trouvés bloqués sur écran noir ; les informations venant de l'usine ne sont plus reçues à Guerlédan (relevé de la cote et des plages de fonctionnement des groupes);
- Des problèmes de SOFREL inopérant ont également été signalés

7.4.5 Protection publique, vandalisme

Plusieurs incidents ont été signalés concernant les dispositifs de protection publique :

- le 1^{er} janvier 2009, la bouée présente normalement sur le couronnement en rive gauche à côté du mécanisme de la vanne de vidange a été balancée à l'aval ;
- le 27 octobre 2005, la dérive de la bouée signalant la limite « 300 mètres amont » est arrivée contre le parement amont du barrage ;
- La présence de 3 personnes en pied de barrage a été signalée le 29 juillet 2009 : suite à des travaux.
- Problème de sécurité sous la crête du barrage : mars 2007, mai 2007 pour effectuer les mesures de fuite, il faut se trouver sous la crête déversante, problèmes des arbres en bascule qui peuvent tomber en contrebas

7.4.6 Exploitation

7.4.6.1 Crues enregistrées supérieures à la crue décennale

Le débit de pointe d'une crue décennale est estimé à 82 m³/s.

Les archives EDF font mention de plusieurs crues depuis 1980 :

- en janvier 1982 : débit maximal instantané de 47,3 m³/s ;
- 3 crues supérieures à la crue décennale :
 - le 28 janvier 1978 : déversement de 128 m³/s
 - le 28 février 2010 : déversement de 128 m³/s (débit moyen journalier à la station hydrologique d'Andel de 68 m³/s)
 - le 7 février 2014 : cote de 23,76 m NGF, soit un débit de déversement de 102 m³/s (débit moyen journalier à la station hydrologique d'Andel de 42 m³/s)

7.4.6.2 Séismes ayant conduit à une action d'exploitation⁽¹⁾

Après le séisme du 30 septembre 2002 (région épiscopale : Vannetais dans le Morbihan ; commune de Hennebont-Branderion) avec une intensité à l'épicentre de 5,5 et une intensité ressentie dans la commune d'Hillion de 3.5 (3 pour la commune de Morieux), il a été demandé aux exploitants de barrage de vérifier si les ouvrages n'avaient pas été endommagés.

⁽¹⁾ Après un séisme ressenti ou déclaré par information locale, un agent d'exploitation réalise une première visite sur site afin de déceler d'éventuels désordres sur l'ouvrage.

7.5 SYNTHÈSE

L'étude de l'accidentologie mondiale et propre au barrage de Pont-Rolland montre que plusieurs mécanismes de rupture d'un barrage voûte doivent être pris en compte comme événements initiateurs de scénarios accidentels pour l'analyse des risques, aussi bien la résistance insuffisante des ouvrages que des problèmes d'instabilité en fondation ou des appuis rocheux.

Les organes hydrauliques peuvent également être à l'origine de situations accidentelles en cas d'ouverture intempestive ou de rupture.

Les rapports récents sur l'ouvrage concluent sur l'absence de comportement pathologique remettant en cause la stabilité du barrage. Le barrage a fait l'objet, jusqu'au déversement permanent, d'un suivi régulier par EDF aussi bien pour le corps du barrage que pour les organes hydromécaniques de sécurité. Ce suivi a consisté en des inspections visuelles du barrage, une auscultation hydraulique ainsi que des essais et contrôles des dispositifs de surveillance et des organes de sécurité. Au besoin, des travaux ont été menés, ainsi la vanne de fond a été changée en 2009.

Cette étude, réalisée avec les données disponibles au moment de l'étude pour l'accidentologie mondiale, ne peut prétendre à l'exhaustivité, notamment dans le domaine de la vannerie où il existe très peu de données statistiques consolidées. L'analyse systématique des modes de défaillance, conduite au stade de l'analyse préliminaire des risques, vient en complément et contribue à atteindre le niveau d'exhaustivité souhaité dans l'identification des initiateurs de scénarios.

8 IDENTIFICATION ET CARACTERISATION DES RISQUES

L'analyse des risques a pour objectif de mettre en avant les événements liés au barrage de Pont Rolland pouvant mettre en jeu la sécurité publique, afin de vérifier si ces événements sont maîtrisés. Les événements pour lesquels le niveau de risque est jugé trop élevé seront traités au paragraphe 9 de l'EDD qui propose des mesures de réduction du risque.

8.1 MÉTHODOLOGIE DE L'ANALYSE DES RISQUES

8.1.1 Principes de la démarche

La démarche d'analyse de risques a été réalisée en quatre étapes complémentaires :

- identification des risques intrinsèques liés à chaque organe du barrage ;
- identification des situations dangereuses pouvant survenir sur l'ouvrage par la méthode de **L'Analyse Préliminaire des Risques (APR)**. Cette méthode permet de distinguer les événements qui peuvent avoir un impact sur la sécurité publique des événements non dangereux. Les événements jugés impactant pour la sécurité publique sont dits Événement Redoutés Centraux (ERC) ;
- cotation des ERC par la réalisation de **diagrammes « Nœud Papillon » (NP)**. Il s'agit de définir la probabilité d'occurrence et la gravité des ERC ;
- synthèse des résultats obtenus précédemment par positionnement des ERC sur une grille Fréquence/Gravité. Les ERC présentant une criticité trop élevée seront traités au paragraphe 9 de ce document.

8.1.2 Analyse Préliminaire des Risques (APR) : identification des ERC

L'Analyse Préliminaire des Risques (APR) a été développée au début des années 1960 dans les domaines aéronautiques et militaires. Utilisée depuis dans de nombreuses autres industries, l'Union des Industries Chimiques (UIC) recommande son utilisation en France depuis le début des années 1980. L'Analyse Préliminaire des Risques (APR) est une méthode d'usage très général couramment utilisée pour l'identification des risques au stade préliminaire de la conception d'une installation ou d'un projet, mais elle trouve également des applications dans le cas de systèmes existants afin de vérifier qu'ils ne génèrent pas de risques lors de leur exploitation.

L'Analyse Préliminaire des Risques est fondée sur les éléments préalablement établis dans le dossier d'étude de dangers, à savoir :

- la description de l'ouvrage et de son environnement (§ 3) ;
- l'identification et la caractérisation des potentiels de dangers (§ 5) ;
- la caractérisation des aléas naturels (§ 6) ;
- l'étude accidentologique et le retour d'expérience (§ 7).

À partir de ces éléments, l'APR vise à identifier, pour chaque organe ou élément important pour la sécurité, une ou plusieurs situations de dangers. Dans le cadre de cette étude, une situation dangereuse est définie comme une situation qui, si elle n'est pas maîtrisée, peut conduire à l'exposition de cibles à un ou plusieurs phénomènes dangereux ; dans le cas des ouvrages hydrauliques, des phénomènes conduisant à la libération de tout ou partie de l'eau de la retenue. La démarche APR appliquée à l'EDD du barrage de Pont Rolland se situe en amont de la construction des nœuds papillon et leur sert de donnée d'entrée.

Cette recherche des situations dangereuses est réalisée en groupe de travail et doit alors aboutir à en déterminer les causes et les conséquences, puis à identifier les mesures de sécurité existantes sur le système étudié. Si ces dernières sont jugées insuffisantes vis-à-vis du niveau de risque identifié dans la grille de criticité, des propositions d'améliorations doivent alors être envisagées.

L'ensemble des éléments issus de la réflexion en groupe de travail est synthétisé dans un tableau. Chaque organe et élément important pour la sécurité est passé en revue en examinant les situations de dangers potentielles de manière systématique, au regard du contexte d'exploitation,

du retour d'expérience, des potentiels de dangers et des aléas naturels identifiés précédemment. Pour cela, le groupe de travail fait appel à l'expérience de chacun.

8.1.3 Formalisme utilisé

Les différentes colonnes utilisées dans le tableau de l'AOR comportent les éléments suivants :

- **Élément de l'ouvrage** : élément concerné par la/les défaillances.
- **Condition d'exploitation** : indique si le barrage est en état d'exploitation normal ou en crue.
- **Mode de défaillance** : indique tous les modes de défaillance possibles pour l'élément de l'ouvrage considéré (ex. : non fermeture d'une vanne).
- **Fonction** : indique la fonction de l'organe du barrage étudié.
- **Conséquences** : correspond aux conséquences de la défaillance considérée (soit la défaillance conduit directement à la libération de tout ou partie de l'eau / ERC ; soit la défaillance conduit indirectement à la libération de tout ou partie de l'eau par un événement initiateur / EI).
- **Cinétique** : il s'agit de la cinétique post accidentelle. Celle-ci est rapide (si les premiers enjeux sont atteints en moins d'une demi-heure) ou lente (premiers enjeux atteints en plus d'une demi-heure).
- **Gravité** : au stade de l'APR l'objectif est de savoir si la défaillance peut conduire à libérer tout ou partie de l'eau et à impacter des personnes.
- **Type d'événement (ERC ou EI)** : ERC si la défaillance conduit directement à la libération de tout ou partie de l'eau (ex. : rupture en cas de crue) ; EI si la défaillance conduit indirectement à la libération de tout ou partie de l'eau (ex. : non ouverture d'un organe d'évacuation en cas de crue / exhaussement de la retenue / risque de rupture par surverse).
- **Occurrence** : au stade de l'APR l'objectif est de savoir si l'événement s'est déjà produit à plusieurs reprises sur l'ouvrage (ou ouvrage similaire) ou s'il s'agit d'un événement qui a peu de chance d'être rencontré pendant la durée de vie de l'ouvrage.
- **Cause de la défaillance si ERC** : description des causes éventuelles de la défaillance.
- **Mesures de prévention / Barrières existantes** : description des mesures existantes qui permettent de limiter l'apparition de l'événement.
- **Commentaires** : justifications des conséquences et des cotations des situations dangereuses en termes de gravité et de cinétique.

8.1.4 Modalités de mise en œuvre de l'Analyse Préliminaire des Risques

La démarche d'analyse de risques a été réalisée de manière participative et itérative en groupe de travail. Les groupes de travail ont mobilisé plusieurs types de compétence permettant d'avoir une vision globale du fonctionnement des ouvrages.

Nom	Fonction	Société
Mme. Fabienne HERBINOT	Chargée de missions	DREAL Bretagne
M. Roger SOUQUIERE	Chargé du dossier à EDF Mission Eau Environnement	EDF UP Centre
M. Johan JANTZEN	Ingénieur barrages	Geos Ingénieurs Conseils
M. Nicolas MICHON	Ingénieur ouvrages hydrauliques	Geos Ingénieurs Conseils

Tableau 8.1 Composition des groupes de travail pour l'Analyse Préliminaire des Risques

Les résultats de l'analyse préliminaire de risques sont en Annexe 2.

8.1.5 Analyse Détaillée des Risques (ADR) : cotation des ERC

8.1.5.1 Principe de la méthode du nœud papillon

L'analyse détaillée des risques consiste en premier lieu à réaliser les diagrammes « nœud papillon » pour les ERC. La méthode du nœud papillon est une méthode d'analyse des risques à la fois inductive et déductive qui combine des arbres de défaillances et des arbres d'évènements.

L'objectif de cette méthode consiste à :

- apporter une démonstration renforcée de la bonne maîtrise des risques en présentant clairement l'action des mesures de sécurité sur le déroulement du scénario envisagé,
- sensibiliser les acteurs du système considéré sur la base d'un schéma détaillé, mais compréhensible pour tous.

Sur la base des situations dangereuses identifiées au titre de l'APR, le nœud papillon consiste à rechercher par une construction graphique toutes les combinaisons d'évènements qui peuvent conduire à l'apparition d'un ERC.

8.1.5.2 Formalisme utilisé

- **Causes potentielles** : ce sont les causes pouvant conduire à l'apparition des situations dangereuses identifiées dans l'APR. Leur probabilité est indiquée sur le nœud papillon et justifiée sous le diagramme NP.
- **Evènement initiateur** : ce sont les situations dangereuses déduites de l'APR (défaillance sur un élément de l'ouvrage dans un état d'exploitation normal ou de crue) pouvant conduire à un ERC.
- **Evènement intermédiaire** : ce sont des familles d'évènements initiateurs (érosion interne par exemple) permettant de préciser le déroulement des phénomènes.
- **Evènement Redouté Central** : un ERC est un évènement qui conduit à libérer tout ou partie de l'eau de la retenue et à exposer des personnes ; ils sont identifiés dans l'APR.
- **Phénomène dangereux** (PhD) : deux phénomènes dangereux sont identifiés car un ERC peut avoir des conséquences à l'aval (liées à l'onde de submersion) et à l'amont (liées à la vidange de la retenue).
- **Effets majeurs** (EM) : ce sont les conséquences de l'ERC en fonction du nombre de personnes exposées par la libération de l'eau et par la cinétique de l'évènement.
- **Barrières existantes** : ce sont les mesures identifiées au titre de l'APR qui permettent de diminuer la probabilité d'occurrence de la cause potentielle ; le niveau de confiance de la barrière (décote de 0, 1 ou 2) est justifié sous le nœud papillon.

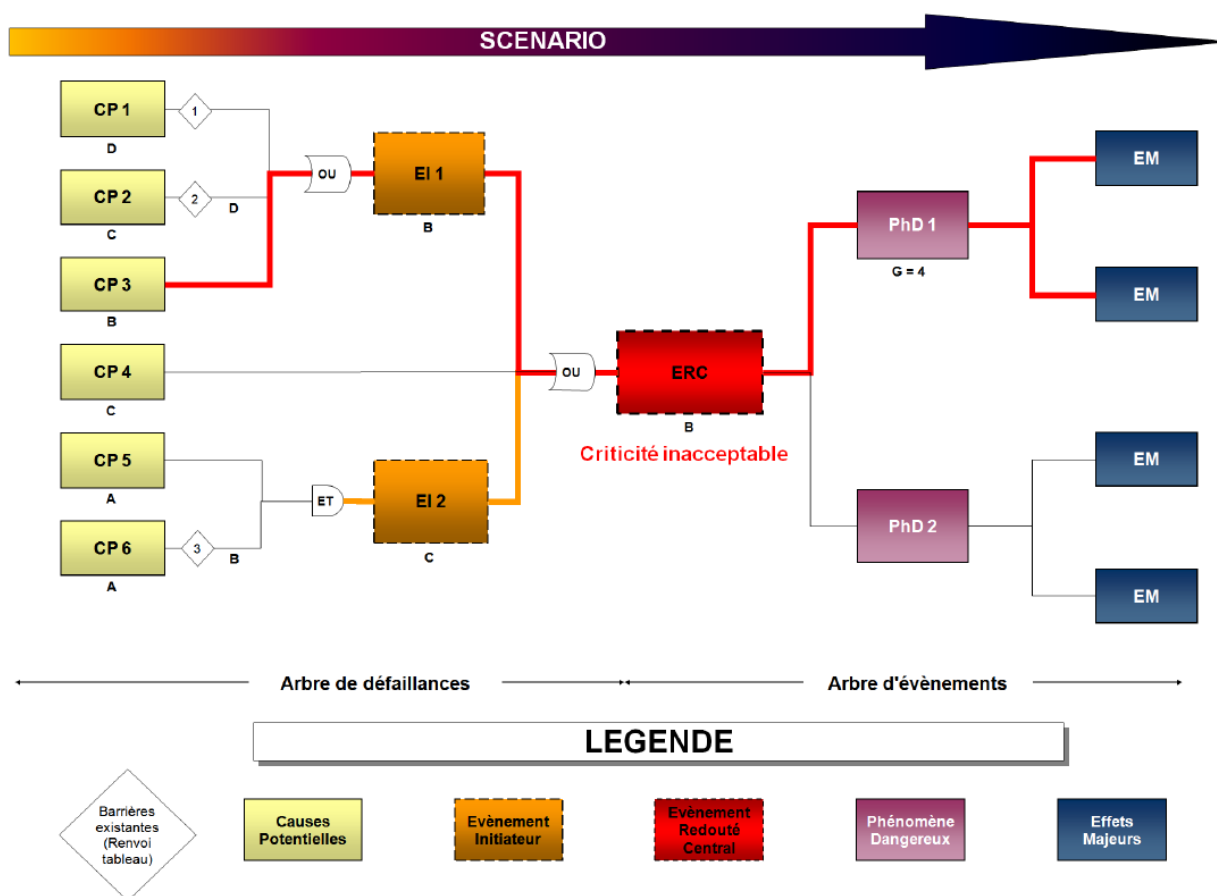


Figure 8.1 Représentation d'un ERC selon le modèle du nœud papillon

La partie gauche du Nœud Papillon correspond à un arbre de défaillances et permet d'identifier les causes de l'Événement Redouté Central (ERC).

La partie droite du Nœud Papillon est un arbre d'événements et permet de déterminer les conséquences de l'ERC en fonction du scénario le plus critique. Dans cette représentation graphique, chaque chemin conduisant d'une défaillance d'origine jusqu'à l'apparition d'effets majeurs désigne un scénario d'accident particulier pour un même événement redouté central.

La probabilité de chaque cause est rappelée, ainsi que les barrières existantes permettant de décoder cette probabilité. Le numéro de la barrière renvoie à un tableau rappelant les mesures en place et le niveau de confiance accordé.

Les chemins critiques sont identifiés par une branche de couleur : en orange, les scénarios de criticité intermédiaire ; en rouge les scénarios de criticité unacceptable. **La criticité majorante de chaque nœud papillon est alors rappelée sur le schéma.**

8.1.6 Cotation des situations dangereuses

8.1.6.1 Probabilité d'occurrence

L'analyse détaillée des risques détermine des niveaux d'occurrence de chaque cause selon l'échelle suivante :

Niveau	E	D	C	B	A
Fréquence associée	$< 10^{-5}$ Possible mais extrêmement peu probable	$< 10^{-4}$ Très improbable	$< 10^{-3}$ Improbable	$< 10^{-2}$ Probable	$> 10^{-2}$ Courant
Niveau Qualitatif	N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles mais non rencontré au niveau mondial sur un très grand nombre d'années d'installations	S'est déjà produit dans ce secteur d'activité mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité	S'est déjà produit dans secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité	S'est déjà produit et/ou peut se reproduire pendant la durée de vie de l'installation	S'est produit sur site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie de l'installation malgré d'éventuelles mesures correctrices

Tableau 8.2 Echelle de probabilité d'occurrence

La probabilité initiale est justifiée par expertise et peut être diminuée de 1 ou 2 niveaux en fonction du niveau de confiance accordé aux barrières existantes. Les barrières permettant de décaler la probabilité initiale et la justification de leur niveau de confiance sont listées dans un tableau sous le diagramme nœud-papillon.

8.1.6.2 Gravité des conséquences

La gravité des conséquences est déterminée en fonction de l'échelle présentée ci-dessous et correspond au nombre de personnes exposées à la libération de tout ou partie de l'eau de la retenue.

L'extension des phénomènes est modélisée puis reportée sur la carte des densités de population afin de déterminer le niveau de gravité du scénario.

Classes de gravité des conséquences (par ordre décroissant)	Nombre de personnes exposées en zone à cinétique rapide	Nombre de personnes exposées en zone à cinétique lente
5 : Désastreux	Supérieur à 1 000	Supérieur à 10 000
4 : Catastrophique	Entre 100 et 1 000	Entre 1 000 et 10 000
3 : important	Entre 10 et 100	Entre 100 et 1 000
2 : sérieux	Entre 1 et 10	Entre 10 et 100
1 : modéré	-	Entre 1 et 10

Tableau 8.3 Echelle de gravité

La détermination du niveau de gravité est réalisée par expertise afin de ne comptabiliser que le nombre potentiel de personnes exposées en fonction des zones inondées et des cotes atteintes.

Pour chaque scénario, la cinétique du phénomène a également été estimée sur avis d'experts en dissociant :

- les phénomènes rapides (premiers enjeux atteints dans un temps trop court pour permettre une mise à l'abri des personnes exposées),
- les phénomènes lents, avec possibilité d'alerte et évacuation des populations.

8.1.6.3 Criticité des situations dangereuses

Chaque situation dangereuse est quantifiée par un couple « gravité - probabilité » (appelé aussi criticité) qui permet de déterminer si cet événement redouté est dans l'une des 3 zones suivantes :

- **la zone du risque acceptable** pour laquelle l'ouvrage est réputé sûr sans qu'aucune mesure de réduction du risque soit nécessaire ;
- **la zone du risque intermédiaire** pour laquelle l'ouvrage n'est pas entièrement satisfaisant du point de vue de la sécurité. Les actions à mener par le responsable de l'ouvrage doivent conduire à un niveau de risque aussi bas qu'il est raisonnablement possible d'un point de vue économique et technique (principe ALARP) ;
- **la zone du risque inacceptable** pour laquelle l'exploitant doit proposer des mesures de réduction du risque, lesquelles, une fois mises en œuvre, réduiront de manière conséquente soit la probabilité d'occurrence de l'accident, soit son niveau de gravité.

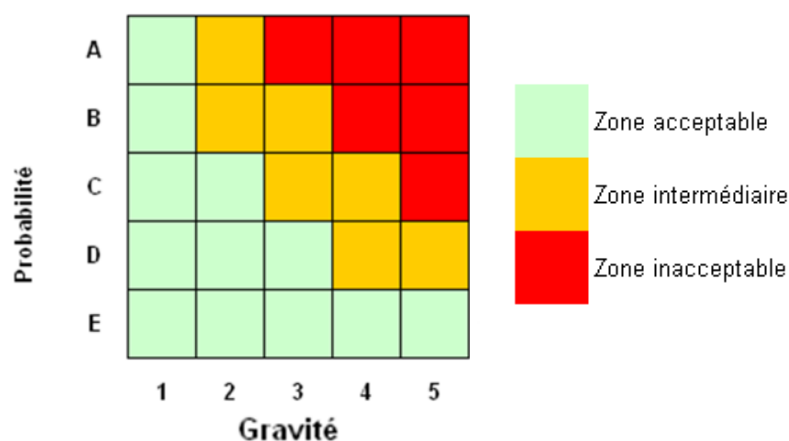


Figure 8.2 Grille de criticité

8.2 IDENTIFICATION DES RISQUES INTRINSÈQUES

Il s'agit, dans ce chapitre, d'évaluer les risques propres au barrage et à ses équipements. Ces risques sont identifiés par l'examen de la conception, du dimensionnement, de l'état et du comportement de l'ouvrage et de ses organes de sécurité.

Pour chaque élément de l'ouvrage, il s'agit de synthétiser les données pertinentes concernant ce composant et d'aider à la cotation des nœuds papillons. Les jugements résumés dans les conclusions sont exprimés à dire d'expert de façon qualitative.

L'identification d'éventuels agresseurs exogènes aux structures et organes faisant partie du périmètre, est incluse dans la démarche d'analyse de risques.

8.2.1 Barrage de Pont Rolland

Le barrage de Pont Rolland a été calculé par les méthodes de calcul de l'époque.

Dans la note de calculs de 1933, une décomposition en arcs horizontaux est réalisée et les calculs sont effectués à l'aide des formules de Pigeaud (issues du Génie Civil du 29 juillet 1922) : pour les anneaux épais, les voûtes ont été réduites à des voûtes actives, sans traction, et inscrites dans la voûte réelle. Les effets du poids, les effets hydrostatiques, les effets ainsi que les effets du retrait et du gonflement sont pris en compte. Une analyse thermique est également menée à parti d'hypothèses standards de températures. Le rapport conclut que la fatigue à la compression ne dépasse pas $63,7 \text{ kg/cm}^2$, pour une cote de retenue de 24,30 m NGF (les études hydrologiques de l'époque n'envisageant pas une lame d'eau supérieure à 1,50 m). Cette fatigue, comparée à une résistance à la compression estimée à 250 kg/cm^2 permettait de conclure sur un facteur de sécurité de 4, qui serait certes quelque peu réduit pour des niveaux de retenue proches du sommet des parapets. La critique des hypothèses thermiques retenues à l'époque est également rendue délicate par l'absence d'auscultation des déplacements du barrage durant la vie de l'ouvrage.

La fondation du barrage a fait l'objet d'une expertise sérieuse par des géologues connaissant bien la géologie régionale, chaque faille a été détectée et traitée. L'ouvrage a bénéficié de la contribution des spécialistes des barrages voûtes avec la participation active de M. André Coyne, aussi bien pour l'élaboration du projet de l'ouvrage que pour le contrôle de l'ouvrage exécuté. L'entreprise Ballot, entrepreneur des travaux est une entreprise connue pour sa spécialisation dans ce type d'ouvrage (barrage de Marèges notamment).

Après traitement des fuites apparues dès la mise en eau de l'ouvrage, aucun constat pathologique de l'ouvrage n'est mentionné dans les rapports récents à disposition d'EDF. André Coyne lui-même est réputé avoir revisité l'ouvrage en 1937 pour un problème de corrosion dans la conduite forcée, sans s'attarder sur l'ouvrage. En s'en tenant aux rapports de l'exploitant, pour l'analyse de l'état de la voûte et l'étude de son comportement, on peut conclure sur l'absence de désordre de nature à remettre en cause la stabilité de l'ouvrage.

Les quelques faits signalés sont repris ci-après :

Lors de la mise en eau en 1935, des fuites dont le débit total atteignait environ 115 l/min étaient observées en aval du barrage, en provenance du rocher de la rive gauche. Des séries d'injections réalisées successivement à l'aval puis à l'amont permettaient de diminuer ces débits de moitié par la suite, ils diminuaient encore, vraisemblablement du fait du colmatage naturel des cheminements dans la rive pour atteindre environ 50 l/min en 1936. Jusqu'en 2000, les débits collectés à l'aval du barrage baissaient progressivement pour atteindre moins de 10 l/min. En 2000, la reprise de la collecte de l'ensemble des fuites entraînait une légère modification de leur régime qui se traduisait par des fluctuations plus marquées, sans changement significatif du débit moyen global du barrage.

Le génie civil de la voûte a été inspecté lors des VTA successives au rythme d'une fois tous les deux ans de 2003 à 2013. Ces rapports signalent une dégradation progressive du joint A en rive gauche du barrage en partie supérieure, ainsi qu'une lente érosion du déversoir et quelques venues d'eau accompagnées de boues rouges en partie basse des redans.

Lors du dernier rapport d'auscultation, il est fait mention que les débits collectés en rive droite varient de manière cyclique entre 0 et 4 l/min, avec le marnage de la retenue. Ces débits ont diminué progressivement entre 1976 et le début des années 2000.

En 1988, lors de l'abaissement de la retenue à la cote de 12,80 m NGF, une diminution des débits en rive droite de l'ordre de 3 l/min a été observée.

Les débits en rive gauche ont également diminué entre 1976 et 2005. Ces débits présentent une corrélation avec le niveau de la retenue et pourraient être issus en partie d'un contournement par la rive, dans sa partie supérieure. L'abaissement de la retenue en 1988 a provoqué l'annulation de ces débits.

Les derniers rapports d'état et de comportement de l'ouvrage n'attirent pas l'attention sur des signes alarmants pour la sécurité de l'ouvrage. Toutefois, l'état actuel du barrage s'apprécie difficilement par le déversement permanent en crête, qui ne permet plus de poursuivre l'auscultation hydraulique du barrage, seule auscultation réalisée en absence de suivi des déplacements de l'ouvrage.

8.2.2 Parapets de l'ouvrage

Les parapets présents en rives, de part et d'autre de la crête déversante de l'ouvrage constituent des superstructures dont la stabilité pourrait devenir précaire face à des pressions hydrostatiques importantes. Toutefois, ces parapets sont en béton armé. Seule une crue de temps de retour 3 000 ans entrainerait une surverse de ces parapets. Nul doute que pour de telles crues, aucune personne ne s'aventurerait dans la vallée à l'aval du barrage et le surdébit créé par la rupture de ces parapets serait sans conséquence directe pour la sécurité publique. Le surdébit diminuerait également rapidement par une baisse de la lame d'eau. En cas de rupture, le surdébit créé pourrait favoriser l'érosion des rives et fragiliser progressivement la stabilité de l'ouvrage.

8.2.3 Vidange de fond

La vanne de vidange de fond a été changée en 2009 ainsi que le batardeau amont. Depuis ce remplacement, la vanne n'a pas fait l'objet de dysfonctionnements. Les manœuvres de la vanne sont limitées. Cette vanne ne participant pas à l'évacuation des crues, seules des manœuvres en essais sont réalisées. Le dispositif de manœuvre de la vanne est situé en crête et accessible par la rive gauche du barrage. Le dispositif est protégé par un abri en tôles, fermé par un cadenas.

La rupture de la vanne est étudiée de même que son ouverture intempestive par acte de malveillance ou erreur humaine.

8.2.4 Vidange de demi-fond

La vanne de vidange de demi-fond n'est jamais manipulée de peur de ne pas réussir à la refermer.

La rupture de la vanne est toutefois étudiée de même que son ouverture intempestive par acte de malveillance ou erreur humaine.

8.3 IDENTIFICATION DES ÉVÈNEMENTS REDOUTÉS CENTRAUX (ERC)

L'Analyse Préliminaire de Risques (APR) présentée en annexe, dresse l'inventaire des modes de défaillances des organes de sécurité de l'ouvrage pour toutes conditions d'exploitation. Elle permet de les hiérarchiser et de ne conserver que les modes de défaillances jugés significatifs, en justifiant ce choix.

L'APR a mis en évidence 3 Evénements Redoutés Centraux :

ERC 1 : Rupture totale et instantanée du barrage de Pont Rolland ;

ERC 2 : Evacuation d'eau non contrôlée par la vidange de fond ;

ERC 3 : Evacuation d'eau non contrôlée par la vidange de demi-fond ;

8.4 ANALYSE DES CONSÉQUENCES DES ERC

8.4.1 Analyse des conséquences de l'ERC 1 (rupture du barrage)

La rupture du barrage (ERC 1) a comme conséquence la propagation d'une onde de submersion à l'aval du barrage.

L'onde de submersion issue de la rupture du barrage de Pont Rolland à la cote des parapets a été cartographiée. Les enjeux à l'aval sont détaillés au chapitre 3.7. La rupture du barrage en crue pourrait impacter entre 10 et 100 personnes (voir §10.4) dans une zone suffisamment proche du barrage pour qu'on ne puisse pas espérer, que ces personnes soient alertées de la rupture de l'ouvrage avant l'arrivée de l'onde.

Ainsi, d'après l'échelle de gravité définie au chapitre 8.1.6.2 , l'ERC1 est en classe de gravité 3, important.

La gravité de cet ERC est liée au nombre de personnes en zone à cinétique rapide :

Classes de gravite des conséquences (par ordre décroissant)	Nombre de personnes exposées en zone à cinétique rapide	Nombre de personnes exposées en zone à cinétique lente
5 : Désastreux	$1800 \geq N$	$N \geq 10\,000$
4 : Catastrophique	$1\,000 > N \geq 100$	$10\,000 > N \geq 2\,250$
3 : important	$100 > N \geq 10$	$1\,000 > N \geq 100$
2 : sérieux	$10 > N \geq 1$	$100 > N \geq 10$
1 : modéré	-	$10 > N \geq 1$

Tableau 8.4 Gravité de l'ERC 1

8.4.2 Analyse des conséquences de l'ERC 2 (vidange de fond)

Les conséquences de cet événement redouté central pour la sécurité public sont limitées, c'est-à-dire une libération d'eau en aval, qui peut être brusque et d'au plus 30 m³/s à la cote de retenue normale qui peut entraîner ou non, une inondation des abords du barrage, phénomène à cinétique rapide et à intensité faible. Ce phénomène aurait peu de conséquences : le débit est proche des 24 m³/s auparavant équipé sur la centrale. Entre 1 et 10 personnes sont considérées à l'aval du barrage en zone à cinétique rapide (personnes potentiellement présentes en aval du barrage, l'accès en pied étant sécurisé par un portail). Cette évaluation est prudente, notamment dans le cas d'une ouverture progressive de la vidange de fond. Une **gravité prudente de 2** peut être retenue.

Classes de gravité des conséquences (par ordre décroissant)	Nombre de personnes exposées en zone à cinétique rapide	Nombre de personnes exposées en zone à cinétique lente
5 : Désastreux	$1800 \geq N$	$N \geq 10\,000$
4 : Catastrophique	$1\,000 > N \geq 100$	$10\,000 > N \geq 2\,250$
3 : important	$100 > N \geq 10$	$1\,000 > N \geq 100$
2 : sérieux	$10 > N \geq 1$	$100 > N \geq 10$
1 : modéré	-	$10 > N \geq 1$

Tableau 8.5 Gravité de l'ERC 2

8.4.3 Analyse des conséquences de l'ERC 3 (vidange de demi-fond)

Le débit maximal de la conduite de vidange de demi-fond est de l'ordre de 24 m³/s à la cote de retenue normale. En cas d'évacuation d'eau non contrôlée par la conduite de vidange de demi-fond, les conséquences pour la sécurité publique seraient limitées. On assisterait à une libération d'eau en aval, qui peut être brusque et d'au plus 24 m³/s à la cote de retenue normale (soit le débit d'équipement de la centrale) qui peut entraîner ou non, une inondation des abords du barrage, phénomène à cinétique rapide et à intensité faible. Ce phénomène aurait peu de conséquences : le débit est proche des 24 m³/s auparavant équipé sur la centrale. Entre 1 et 10 personnes sont considérées à l'aval du barrage en zone à cinétique rapide (personnes potentiellement présentes en aval du barrage, l'accès en pied étant sécurisé par un portail). Comme pour l'ERC2, cette évaluation est prudente, notamment dans le cas d'une ouverture progressive de la vidange de demi-fond.

Une **gravité prudente de 2** peut être retenue.

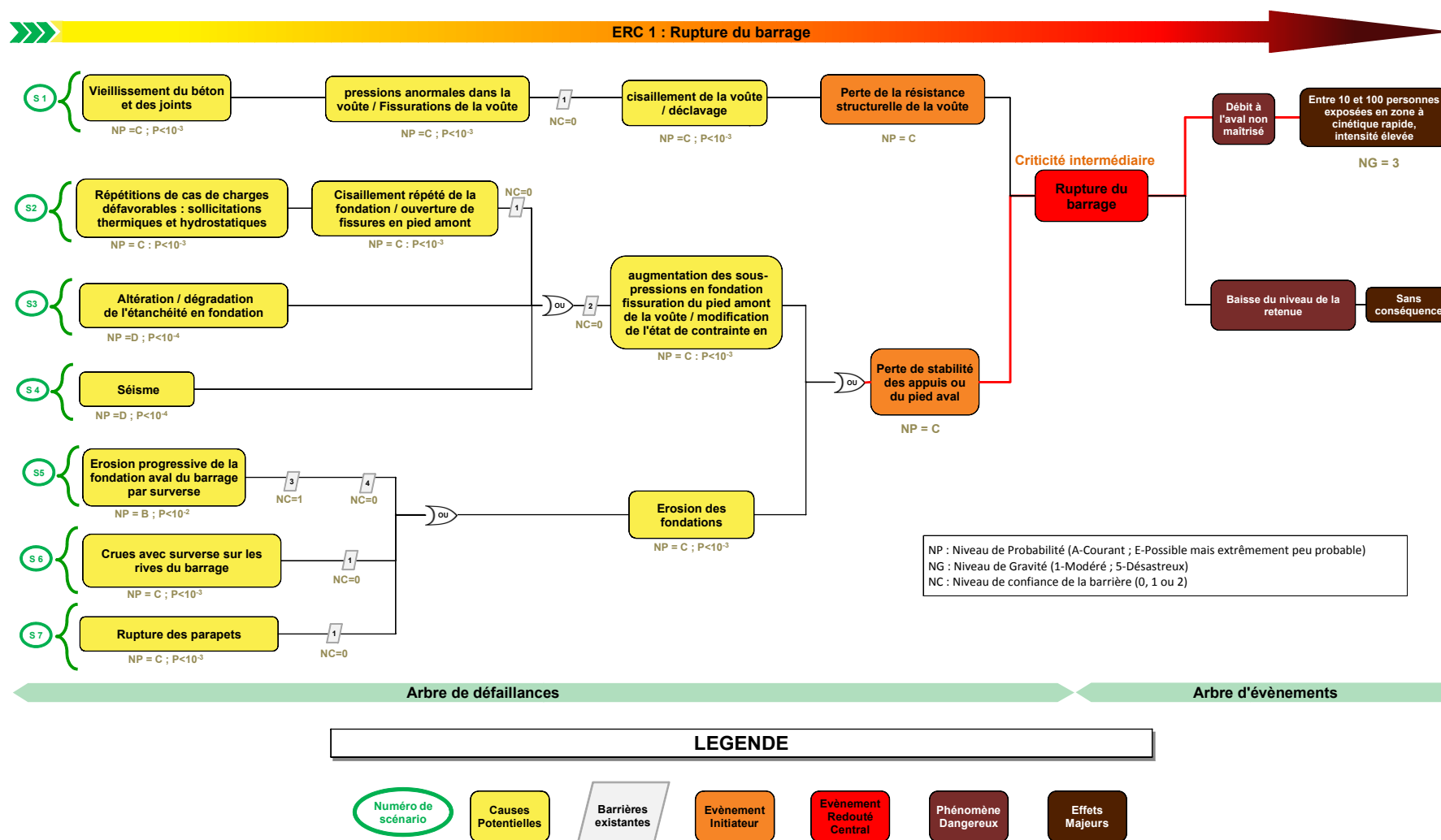
Classes de gravité des conséquences (par ordre décroissant)	Nombre de personnes exposées en zone à cinétique rapide	Nombre de personnes exposées en zone à cinétique lente
5 : Désastreux	$1800 \geq N$	$N \geq 10\,000$
4 : Catastrophique	$1\,000 > N \geq 100$	$10\,000 > N \geq 2\,250$
3 : important	$100 > N \geq 10$	$1\,000 > N \geq 100$
2 : sérieux	$10 > N \geq 1$	$100 > N \geq 10$
1 : modéré	-	$10 > N \geq 1$

Tableau 8.6 Gravité de l'ERC 3

8.5 COTATION DES ÉVÈNEMENTS REDOUTÉS CENTRAUX (ERC)

8.5.1 ERC 1 : Événement Redouté Central 1 (barrage)

8.5.1.1 Nœud-papillon de l'ERC 1 : Rupture du barrage



8.5.1.2 Liste des barrières (ERC 1 : rupture du barrage)

Des dispositifs de type organisationnel ou encore matériel sont en place au barrage de Pont-Rolland. Ils permettent de prévenir les événements menant aux ERC.

Tableau des barrières		
n° de la barrière	Descriptif et analyse de la barrière	Niveau de confiance : NC
1	<p>Surveillance de l'ouvrage avec inspection visuelle courante et après événements particuliers : crues avec débits de plus de 80 m³/s et visite post-séisme.</p> <p>Au besoin, un abaissement préventif du plan d'eau par la vanne de vidange peut être décidé ou des travaux de confortement peuvent être enclenchés.</p> <p>La surverse permanente de l'ouvrage ne permet toutefois pas de disposer de conditions optimales de surveillance en particulier pour l'inspection visuelle du parement aval et du pied aval. La surveillance visuelle n'est complétée par aucune auscultation des déplacements du barrage. Cette barrière ne permet pas de décoter l'évènement.</p>	NC=0
2	<p>Auscultation hydraulique de l'ouvrage avec suivi des débits de fuite avec si besoin abaissement préventif du plan d'eau par la vanne de vidange.</p> <p>Cette auscultation n'est pas possible en raison de la surverse permanente de l'ouvrage : cette barrière ne permet pas de décoter l'évènement.</p>	NC=0
3	<p>Seuil aval permettant le maintien d'une lame d'eau amortissant la chute des eaux de déversement et protégeant ainsi le pied aval du barrage.</p> <p>L'efficacité de cette barrière a été éprouvée durant la vie de l'ouvrage et n'est pas rendue inefficace par la crue. Si nécessaire, une dégradation dans le temps pourrait être traitée.</p>	NC=1
4	<p>Inspection de la fosse aval efficace pour détecter toute érosion aval après vidange préalable au besoin, pouvant enclencher des mesures de sécurité.</p> <p>Impossible en l'état avec la surverse du barrage, cette barrière ne permet pas de décoter l'évènement.</p>	NC=0

8.5.1.3 Cotation des causes potentielles et des événements initiateurs en probabilité

Réf	Intitulé	Cotation	Argumentaire de cotation
S1	Vieillessement du béton et des joints	C	<ul style="list-style-type: none"> Le barrage de Pont Rolland est l'un des plus anciens barrages voûtes en France. Les inspections visuelles de l'ouvrage n'ont relevé toutefois aucune dégradation de nature à rendre précaire la stabilité de l'ouvrage. Au vu du tableau 8.2 et au vu du peu de barrage voûtes construits en France avant le barrage de Pont Rolland, une cotation de C peut être retenue.
S2	Répétitions de cas de charges défavorables : sollicitations thermiques et hydrostatiques avec crues exceptionnelles ou extrêmes	C	<ul style="list-style-type: none"> Des crues de temps de retour entre 1 000 et 10 000 ans entraînent des déversements importants sur l'ouvrage : les sommets des parapets sont atteints pour la crue 3 000 ans. En absence de mesures curatives en cas de désordres, le barrage pourrait être fragilisé et vulnérable à un cas de charge d'occurrence plus faible. Une probabilité prudente de C peut ainsi être retenue en absence de barrières de sécurité.

Réf	Intitulé	Cotation	Argumentaire de cotation
S3	Altération /dégradation de l'étanchéité en fondation	C	<ul style="list-style-type: none">▪ Un soin particulier a été pris lors de la construction pour injecter les failles en fondation.▪ Les infiltrations en fondations étaient suivies jusque récemment par la mesure des débits de drainage qui n'ont pas mis en évidence d'augmentation du débit des fuites.▪ Au vu du tableau 8.2, une gravité de C peut être retenue
S4	Séisme	D	<ul style="list-style-type: none">▪ Le séisme de projet à retenir pour le barrage de Pont Rolland est de temps de retour 2 500 ans pour les barrages de classe B d'après les recommandations du groupe de travail « barrages et séisme ». La bonne tenue des barrages au séisme et la présence du barrage dans une zone d'activité sismique faible, permet de placer le niveau de probabilité de ce scénario en probabilité D d'après le Tableau 8.2.
S5	Erosion progressive de la fondation aval du barrage par surverse	C	<ul style="list-style-type: none">▪ Les inspections de la fosse aval ne mettent pas en évidence d'érosion significative, si ce n'est un léger affouillement localisé au pied de la vidange de fond. Le rocher de fondation en appui du barrage a été bétonné lors de la construction de l'ouvrage.
S6	Crues avec surverse sur les rives du barrage	C	<ul style="list-style-type: none">▪ Le sommet des parapets est atteint pour une crue de temps de retour 3 000 ans. La revanche par rapport aux parapets pour la crue de temps de retour 1 000 ans n'est que de 22 cm, ce qui ne permet pas de garantir l'absence de déversement en cas de vent, pour une telle crue.
S7	Rupture des parapets	C	<ul style="list-style-type: none">▪ Le sommet des parapets est atteint pour une crue de temps de retour 3 000 ans. Comme la voûte du barrage, les parapets sont en béton armé.

8.5.1.4 Etude des scénarios de l'ERC 1 (rupture du barrage)

Le premier scénario (S1) correspond au vieillissement du béton ou des joints. Le vieillissement des bétons et/ou des matériaux des joints peut entraîner des pressions anormales dans la voûte et causer une fissuration, pouvant entraîner une perte de l'effet d'arc de la voûte et conduisant à déstabiliser tout ou partie du barrage. Le barrage de Pont Rolland fait partie des plus anciens barrages voûtes en France. Les dernières visites de l'ouvrage ne font toutefois état d'aucune dégradation du béton. Les dégradations au niveau des joints restent concentrées en partie supérieure de l'ouvrage sur le parapet et n'évoluent pas ou très faiblement. Aucune dégradation du béton susceptible d'entraîner des ouvertures irréversibles de fissures avec déclavage de la voûte n'a été relevée. Ce scénario est coté comme improbable, probabilité C au vu du tableau 8.2.

Une éventuelle dégradation de la voûte pourrait être détectée par les inspections visuelles de l'ouvrage, qui permettraient d'envisager un abaissement préventif de la retenue avant d'éventuels travaux de stabilisation. Toutefois cette barrière de sécurité est rendue ineffective par la surverse permanente du barrage qui ne permet pas d'inspection complète du parement aval. Sans inspection visuelle et sans aucun suivi des mouvements du barrage, un comportement pathologique du barrage pourrait être difficilement détecté.

Le deuxième scénario (S2) correspond à la répétition de sollicitations thermiques et hydrostatiques extrêmes entraînant des cisaillements de la fondation de l'ouvrage en partie centrale conduisant à l'augmentation des sous pressions en fondation, sous l'ouvrage. Pour une crue de temps de retour 3 000 ans, le sommet des parapets à la cote 25 m NGF est atteint. La répétition de fortes crues pourrait être préjudiciable à l'ouvrage. La sécurité du barrage pourrait être rendue précaire si l'ouvrage, préalablement fragilisé par une crue doit faire face à de nouveaux chargements extrêmes sans que des mesures n'aient été prises pour assurer sa bonne tenue. Aucune inspection du barrage n'a toutefois mis en évidence de fissuration dans la voûte de l'ouvrage. Une gravité de C peut être retenue. L'auscultation hydraulique et les inspections visuelles pourraient jouer le rôle de barrière de sécurité si elles n'étaient pas perturbées, voire rendues ineffectives par la surverse actuelle du barrage. Aucun suivi des déplacements du barrage n'est mis en place.

Deux autres scénarios pourraient entraîner cette augmentation des sous pressions.

Le scénario 3 considère une dégradation progressive de l'étanchéité en fondation: aucun signe d'une telle dégradation n'est mis en évidence dans les rapports de suivi de l'ouvrage. Ce scénario apparaît comme improbable, d'après le Tableau 8.2. Les mesures d'auscultation hydraulique des débits de fuite qui constituent une barrière est rendue inefficace par la surverse de l'ouvrage

Le scénario 4 considère le cas d'un séisme pouvant créer de nouvelles infiltrations dans la fondation. Les mesures d'auscultation hydraulique pourraient constituer une barrière de sécurité. En cas de séisme, la modification de l'état de contrainte en fondation pourrait également être préjudiciable à l'ouvrage. La bonne tenue des barrages voûtes au séisme et la présence du barrage dans une zone faiblement sismique permettent de placer le scénario 4 en classe de probabilité D, d'après le Tableau 8.2.

Enfin, les trois derniers scénarios considèrent l'érosion des fondations : le premier considère une érosion progressive par une surverse continue de l'ouvrage. Le suivi de la fosse aval devrait permettre de surveiller cette érosion et permettrait d'enclencher des mesures de sécurité (protection du rocher de fondation) faisant office de barrière de sécurité, si la surverse du barrage ne l'empêchait pas. L'inspection de la fosse aval par vidange n'a pas mis en évidence d'érosion marquée. Le second scénario (S6) considère une érosion accélérée par des déversements en rives, au dessus des parapets, pour des crues de temps de retour supérieurs à 3 000 ans, voire 1 000 ans en cas de vent. Enfin le troisième scénario considère la rupture des parapets. Les parapets sont en béton armé et sont suivis par les inspections visuelles qui n'ont pas mis en évidence de signe d'instabilité. Seuls les joints de ces petites superstructures, subissant les variations thermiques et dont la partie amont peut être partiellement en eau, ont fait l'objet de quelques désordres. Au vu du temps de retour des crues, entraînant la surverse des parapets, la rupture de ces parapets apparaît comme improbable, probabilité C.

Au final, la rupture du barrage est estimée en classe de probabilité C, improbable.

De probabilité C et de gravité importante, la rupture du barrage voûte de Pont Rolland est de **criticité intermédiaire**.

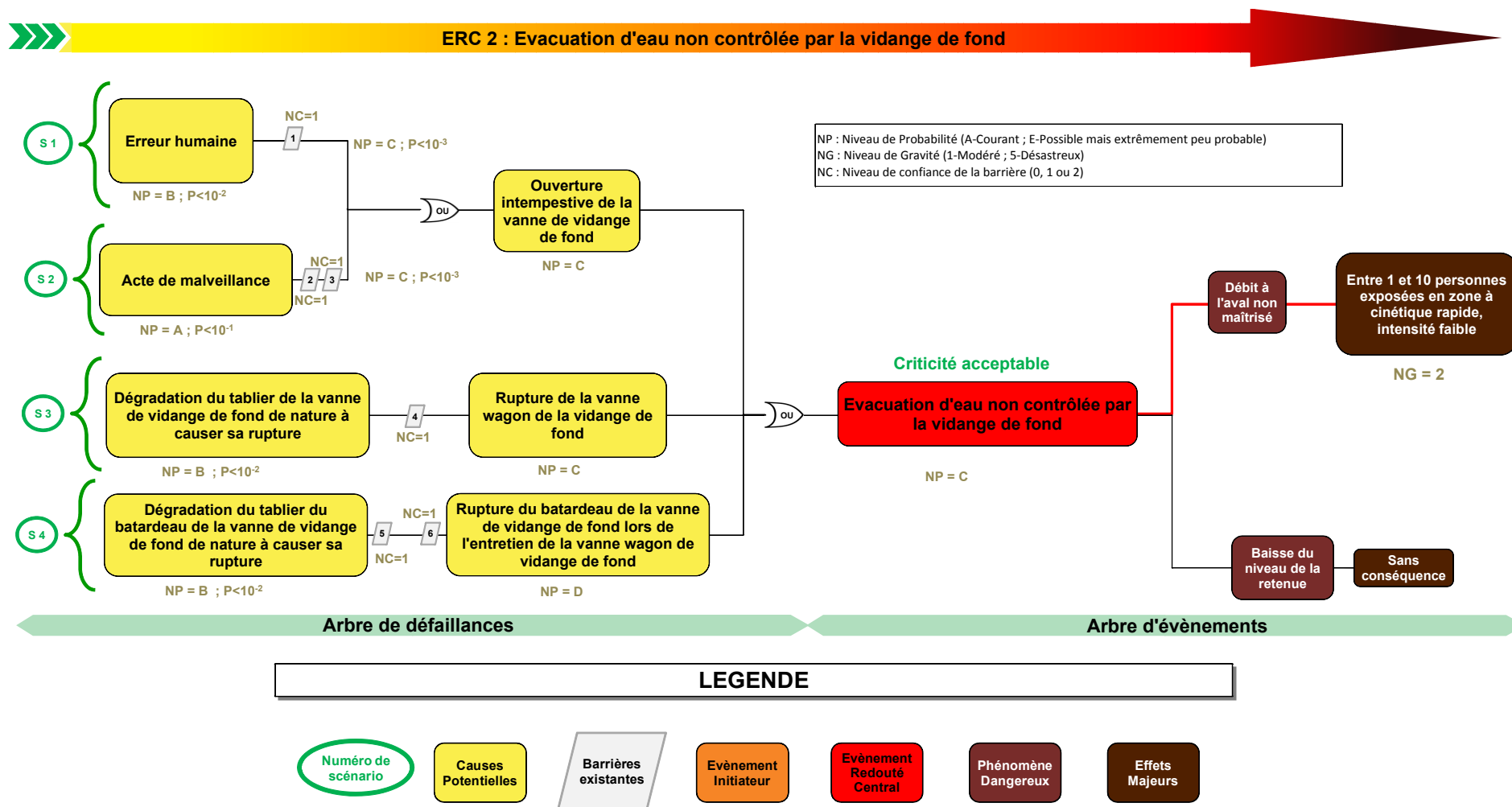
Probabilité	A : courant > 10 ⁻²					
	B : probable < 10 ⁻²					
	C : improbable < 10 ⁻³			ERC 1		
	D : très improbable < 10 ⁻⁴					
	E : extrêmement peu probable < 10 ⁻⁵					
<div></div> Zone acceptable <div></div> Zone intermédiaire <div></div> Zone inacceptable		1 : modéré	2 : sérieux	3 : important	4 : catastrophique	5 : désastreux
Gravité						

Figure 8.3 Criticité de l'ERC 1 : Rupture du barrage

Cet ERC doit faire l'objet de mesures de réduction de risque, voir chapitre 9.

8.5.2 ERC 2 : Evénement Redouté Central 2 (vidange de fond)

8.5.2.1 Nœud-papillon de l'ERC 2 : Evacuation d'eau non contrôlée par la vidange de fond



8.5.2.2 Liste des barrières (ERC 2, vidange de fond)

Tableau des barrières		
n° de la barrière	Descriptif et analyse de la barrière	Niveau de confiance
1	Agents formés à la manœuvre des vannes intervention en binôme L'efficacité de la barrière a été éprouvée durant la vie de l'ouvrage.	NC=1
2	Accès à la manœuvre de la vanne en crête du barrage protégée par porte avec cadenas. Barrière permanente dont l'efficacité a été éprouvée durant la vie de l'ouvrage.	NC=1
3	Abri de manœuvre en tôle protégé par cadenas. Manivelle conservée dans la chambre de la prise d'eau Barrière permanente dont l'efficacité a été éprouvée durant la vie de l'ouvrage.	NC=1
4	Essai annuel et maintenance si nécessaire de la vanne, avec possibilité de batardeur la vanne par l'amont pour la maintenance. L'efficacité de cette barrière a été éprouvée durant la vie de l'ouvrage (changement de la vanne en 2009). De plus, la vanne ne sert pas comme organe d'évacuation des crues et son utilisation est peu fréquente, uniquement pour l'abaissement de la retenue.	NC=1
5	Expertise et essai annuels du batardeau Barrière dont l'efficacité a été éprouvée durant la vie de l'ouvrage	NC=1
6	Batardage de la vidange de fond avec maintenance de la vanne peu fréquent dans la vie de l'ouvrage	NC=1

8.5.2.3 Cotation des causes potentielles / événements initiateurs en probabilité

Réf	Intitulé	Cotation	Argumentaire de cotation
S1	Erreur humaine	B	<ul style="list-style-type: none">La manœuvre manuelle de la vanne est lente et peut difficilement faire l'objet d'une ouverture trop importante par inadvertance.Les ouvertures de la vanne par manœuvres électrique et manuelle sont suivies par le contrôle de la montée de la crémaillère.
S2	Acte de malveillance	A	<ul style="list-style-type: none">Un acte de malveillance peut être envisagé sur ce type d'organe.
S3	Dégradation du tablier de la vanne de vidange de fond de nature à entraîner sa rupture	B	<ul style="list-style-type: none">Vanne changée en 2009.Une rupture du tablier peut se produire durant la vie de l'ouvrage, une réparation inadaptée ou usure anormale ne peuvent être exclues
S4	Dégradation du tablier du batardeau de la vidange de fond de nature à entraîner sa rupture	B	<ul style="list-style-type: none">Une rupture du tablier du batardeau peut se produire durant la vie de l'ouvrage, une réparation inadaptée ou usure anormale ne peuvent être exclues

8.5.2.4 Etude des scénarios de l'ERC 2 (vidange de fond)

Les deux premiers scénarios considèrent l'ouverture intempestive de la vanne wagon de la vidange de fond.

L'ouverture involontaire par une erreur humaine (scénario S1) peut se produire durant la vie de l'ouvrage, probabilité B, d'après le Tableau 8.2. Le contrôle de degré d'ouverture de la vanne est visuel par mesure avec un mètre de la levée de la crémaillère. Les agents sont formés aux

manœuvres des vannes et réalisent des interventions en binôme lors des essais de vannes. Ce scénario peut correspondre à une ouverture importante de la vanne suite à une erreur humaine lors d'une manœuvre initialement destinée au simple décollement de la vanne.

L'acte de malveillance est à prendre en compte et peut être estimé de probabilité A, d'après le Tableau 8.2. Toutefois, l'accès en crête est protégé par une porte avec cadenas. Le dispositif de manœuvre, sous abri en tôle, est également protégé par un cadenas. De plus, la manivelle est conservée dans la chambre de la prise d'eau également protégée par une porte verrouillée, ce qui limite le risque de malveillance.

Prenant en compte, les barrières de sécurité, l'ouverture intempestive de la vidange de fond est de probabilité C, improbable.

Le troisième scénario (S3) considère la rupture de la vanne wagon de la vidange de fond.

La dégradation du tablier de la vanne de nature à provoquer sa rupture est de probabilité B, peut se produire dans la vie de l'ouvrage. Le tablier est peu sensible à une rupture (résistance intrinsèque vérifiée par l'usage, la corrosion observée n'est pas de nature à fragiliser le tablier et entraîner sa rupture). Les opérations de maintenance et d'essais font office de barrière de sécurité. La présence d'un batardeau amont permet au besoin la maintenance de la vanne et rend cette barrière efficace.

La probabilité d'une rupture est également réduite par l'usage limité de cette vanne qui ne participe pas à l'évacuation des crues.

Le quatrième scénario (S4) considère la rupture du batardeau de la vanne wagon de la vidange de fond, lors d'une maintenance de la vanne wagon. La dégradation du tablier du batardeau de la vidange de fond de nature à provoquer sa rupture est estimée de probabilité B : peut se produire dans la vie de l'ouvrage. Le tablier est peu sensible à une rupture (résistance intrinsèque vérifiée par l'usage, la corrosion observée n'est pas de nature à fragiliser le tablier et entraîner sa rupture). Les opérations de maintenance et d'essais font office de barrière de sécurité.

Les conséquences de cet événement redouté central pour la sécurité public sont limitées, c'est-à-dire une simple libération d'eau brusque en aval, d'au plus 30 m³/s à la cote de retenue normale qui peut entraîner une légère surélévation du niveau aval pouvant être ressenti dans l'anse de Morieux. Une **gravité prudente de 2** peut être retenue car le nombre de personnes exposées est compris entre 1 et 10 (personnes potentiellement présentes en aval du barrage, l'accès en pied étant sécurisé par un portail).

L'évacuation d'eau non contrôlée par la conduite de vidange est jugée improbable et de gravité sérieuse. Au vu de la grille de criticité ci-après, la criticité de l'ERC2 apparaît comme **acceptable**.

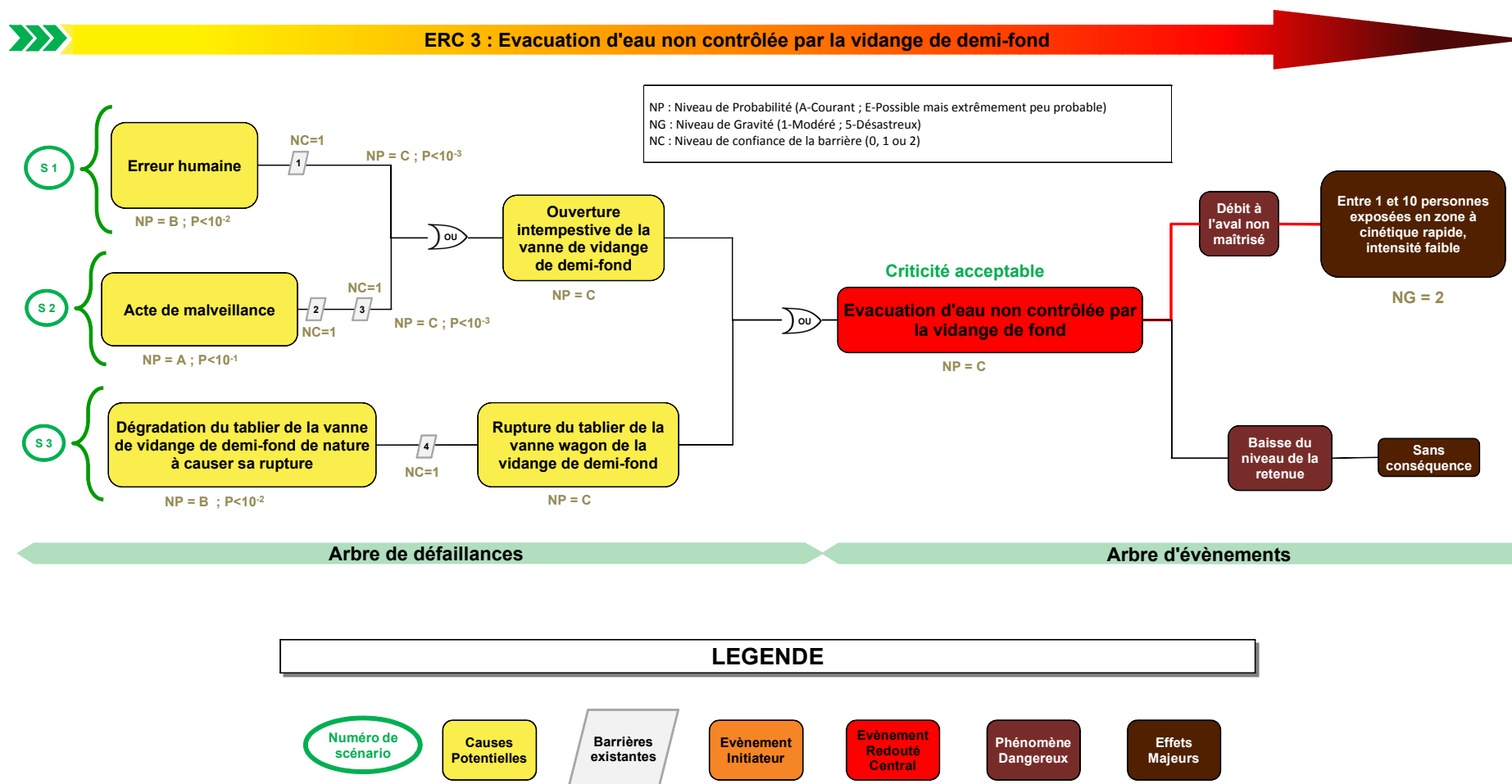
Probabilité	A : courant > 10 ⁻²					
	B : probable < 10 ⁻²					
	C : improbable < 10 ⁻³		ERC 2			
	D : très improbable < 10 ⁻⁴					
	E : extrêmement peu probable < 10 ⁻⁵					
<div> <div></div> Zone acceptable <div></div> Zone intermédiaire <div></div> Zone inacceptable </div>		1 : modéré	2 : sérieux	3 : important	4 : catastrophique	5 : désastreux
		Gravité				

Figure 8.4 Criticité des scénarios de l'ERC 2

Cet ERC ne fera pas l'objet de mesures de réduction des risques

8.5.3 ERC 3 : Evénement Redouté Central 3

8.5.3.1 Nœud-papillon de l'ERC 3 : Evacuation d'eau non contrôlée par la vidange de demi-fond



8.5.3.2 Liste des barrières (ERC 3, vidange de demi-fond)

Tableau des barrières		
n° de la barrière	Descriptif et analyse de la barrière	Niveau de confiance NC de la barrière
1	Agents formés à la manœuvre des vannes Intervention en binôme L'efficacité de la barrière a été éprouvée durant la vie de l'ouvrage.	NC=1
2	Accès à la manœuvre de la vanne en crête du barrage protégé par porte avec cadenas. Barrière permanente dont l'efficacité a été éprouvée durant la vie de l'ouvrage.	NC=1
3	Abri de manœuvre en tôle protégé par cadenas. Manivelle conservée dans la chambre de la prise d'eau. Barrière permanente dont l'efficacité a été éprouvée durant la vie de l'ouvrage.	NC=1
4	Diagnostic visuel de la vanne, et au besoin maintenance avec possibilité de batardeur la vanne par l'amont. De plus, la vanne n'est jamais manœuvrée.	NC=1

8.5.3.3 Cotation des causes potentielles / événements initiateurs en probabilité

Réf	Intitulé	Cotation	Argumentaire de cotation
S1	Erreur humaine	B	<ul style="list-style-type: none"> La manœuvre de la vanne est lente et ne peut faire l'objet d'une ouverture trop importante par inadvertance.
S2	Acte de malveillance	A	<ul style="list-style-type: none"> Un acte de malveillance peut être envisagé sur ce type d'organe.
S3	Dégradation du fonctionnement de la vanne de nature à entraîner sa rupture	B	<ul style="list-style-type: none"> Une rupture du tablier du batardeau peut se produire durant la vie de l'ouvrage, une réparation inadaptée ou usure anormale ne peuvent être exclues

8.5.3.4 Etude des scénarios de l'ERC 3, vidange de demi-fond

Les deux premiers scénarios considèrent l'ouverture intempestive de la vanne wagon de la vidange de demi-fond.

L'ouverture involontaire par une erreur humaine (S1) est improbable. La vanne n'est jamais ouverte. Comme pour la vanne de fond, si son ouverture partielle était testée, le contrôle de degré d'ouverture de la vanne pourrait être contrôlé visuellement par mesure avec un mètre de la levée de la crémaillère. Les agents sont formés aux manœuvres des vannes. Ce scénario de défaillance pourrait alors correspondre à une ouverture importante de la vanne suite à une erreur humaine lors d'une manœuvre initialement destinée au simple décollement de la vanne.

L'ouverture délibérée par malveillance (S2) est envisageable, mais l'accès en crête est protégé par une porte avec cadenas. Le dispositif de manœuvre, sous abri en tôle est également protégé par un cadenas. De plus, la manivelle est conservée dans la chambre de la prise d'eau également protégée par une porte verrouillée, ce qui limite le risque de malveillance.

L'ouverture intempestive de la vanne de demi-fond est cotée comme improbable (probabilité C).

Le troisième scénario (S3) considère la rupture de la vanne wagon de la vidange de demi-fond.

La vanne wagon est peu sensible à une rupture. Aucun essai n'est réalisé sur cette vanne, seul un diagnostic visuel par l'aval est réalisé lors des Visites Techniques Approfondies. La présence d'un

batardeau amont permet au besoin la maintenance de la vanne. Cette vanne n'est jamais manipulée de peur de ne plus pouvoir la refermer.

La rupture de la vanne wagon de la vidange de demi-fond est jugée improbable (probabilité C).

Les conséquences de cet évènement redouté central pour la sécurité public sont limitées, c'est-à-dire une simple libération d'eau brusque en aval, d'au plus 24 m³/s à la cote de retenue normale qui peut entraîner ou non, une inondation des abords du barrage, phénomène à cinétique rapide et à intensité faible. Ce phénomène aurait peu de conséquences. Une **gravité prudente de 2** peut être retenue car le nombre de personnes exposées est compris entre 1 et 10 (personnes potentiellement présentes en aval du barrage, l'accès en pied étant sécurisé par un portail).

L'évacuation d'eau non contrôlée par la vanne de vidange de demi-fond est jugée improbable et de gravité sérieuse. Au vu de la grille de criticité ci-après, la criticité de l'ERC2 apparait comme **acceptable**

Probabilité	A : courant > 10 ⁻²					
	B : probable < 10 ⁻²					
	C : improbable < 10 ⁻³		ERC 2			
	D : très improbable < 10 ⁻⁴					
	E : extrêmement peu probable < 10 ⁻⁵					
		1 : modéré	2 : sérieux	3 : important	4 : catastrophique	5 : désastreux
		Gravité				
		Zone acceptable				
		Zone intermédiaire				
		Zone inacceptable				

Figure 8.5 Criticité des scénarios de l'ERC 2

Cet ERC ne fera pas l'objet de mesures de réduction des risques

8.6 SYNTHÈSE DE L'ANALYSE DES RISQUES - CRITICITÉ

Les résultats de l'analyse de risques sont résumés dans la grille de criticité présentée ci-après.

Trois Evénements Redoutés Centraux ont été identifiés.

Le premier correspond à la rupture du barrage. Cette rupture apparait comme improbable. L'étude de l'onde de rupture en crue a permis d'évaluer la gravité d'un tel évènement comme importante. Cet ERC apparait de criticité intermédiaire et nécessite l'étude de mesures de réduction des risques.

Les deux autres évènements redoutés centraux correspondent à l'évacuation d'eau non contrôlée par la vidange de fond (ERC2) et la vidange de demi-fond (ERC3). Ces évènements ont été jugés de façon prudente en gravité sérieuse, mais de probabilité improbable. Au final, ces deux ERC sont de criticité acceptable.

Probabilité	A : courant $> 10^{-2}$					
	B : probable $< 10^{-2}$					
	C : improbable $< 10^{-3}$		ERC 2 ERC 3	ERC 1		
	D : très improbable $< 10^{-4}$					
	E : extrêmement peu probable $< 10^{-5}$					
<div> <div></div> Zone acceptable </div> <div> <div></div> Zone intermédiaire </div> <div> <div></div> Zone inacceptable </div>		1 : modéré	2 : sérieux	3 : important	4 : catastrophique	5 : désastreux
		Gravité				

Figure 8.6 Criticité des ERC

9 ETUDE DE REDUCTION DES RISQUES

9.1 PRINCIPE DE LA DÉMARCHE

À partir des scénarios identifiés comme critiques et en prenant en compte les dispositions déjà mises en œuvre pour maîtriser les risques ainsi que les éléments de l'étude accidentologique, cette rubrique présente la démarche de réduction des risques qu'il est proposé de conduire, dans une logique d'amélioration continue.

Cette démarche identifie et justifie les mesures retenues pour réduire les risques, en portant une appréciation sur leur efficacité espérée.

9.2 RÉDUCTION DE LA CRITICITÉ DE LA RUPTURE DE L'OUVRAGE

La rupture de l'ouvrage est classée de criticité intermédiaire.

Cette criticité fait notamment suite à l'inefficacité des barrières de sécurité identifiées, causée par la surverse permanente de l'ouvrage.

Cette surverse empêche l'auscultation des débits de fuite de l'ouvrage et de sa fondation, seule auscultation mise en place jusqu'à présent. L'observation du parement aval en est également rendue délicate. Dans l'état, il ne serait pas non plus possible de procéder à une surveillance du pied de l'ouvrage et de sa fosse aval que la surverse n'a probablement pas érodés de façon marquée depuis la précédente inspection, mais pour autant, il n'est pas recommandé que cette situation perdure plus de quelques années (trois années).

L'étude de dangers met en évidence à travers l'étude de situations de probabilité extrêmement faibles, qu'une meilleure sûreté de l'ouvrage demanderait a minima de veiller à ne pas perturber l'auscultation courante de l'ouvrage par la surverse permanente en crête.

La reprise des installations hydroélectriques et du turbinage par un éventuel repreneur remplirait finalement cette exigence de sûreté. Dans l'attente d'une éventuelle remise en service de la centrale par un repreneur potentiel, le maître d'ouvrage a choisi de stopper la surverse permanente par la mise en place d'un siphon. Cette solution permettra de reprendre l'auscultation hydraulique du barrage. Pour que la fosse aval puisse être vidangée et inspectée (après une forte crue ou à intervalle régulier), l'eau issue du siphon devrait pouvoir être canalisée au pied du barrage pour être rejetée au-delà du seuil présent quelques dizaines de mètres en aval du barrage.

L'arrêt de la surverse permanente permettra de renforcer la qualité de la barrière d'auscultation. Accompagné à moyen terme d'un suivi des déplacements de l'ouvrage par la mise en place d'un dispositif de suivi topométrique la barrière d'auscultation pourra être pleinement prise en compte dans l'analyse des risques, afin que toute dégradation de l'ouvrage ou comportement anormal puisse être détecté rapidement et que des mesures correctrices puissent être engagées. Ce renforcement de l'auscultation permettrait de rendre acceptable la criticité de l'ouvrage.

Le tableau suivant récapitule les mesures correctrices que le maître d'ouvrage s'engage à respecter :

A court terme
Limitation à court terme de la surverse de l'ouvrage par la mise en place d'un siphon Reprise par l'exploitant de l'auscultation hydraulique de l'ouvrage, suivant les exigences de l'arrêté de réquisition
A moyen terme
Mise en place d'un dispositif topométrique de suivi des déplacements de l'ouvrage (une fois la surverse limitée, dans un intervalle de 5 ans).

Tableau 9.1 Mesures de réduction des risques

9.3 RECOMMANDATIONS COMPLÉMENTAIRES

Le barrage de Pont Rolland est un ouvrage construit avec les moyens de calcul de l'époque et dont le bon comportement semble s'être vérifié par les rapports de suivi mis à disposition.

Certains éléments semblent toutefois être absents du dossier de l'ouvrage tels que le suivi des fuites entre 1948 et 1960 et certains rapports de suivi de l'ouvrage, notamment les rapports des inspections des vidanges effectuées.

La recherche de ces éléments permettrait également de fournir, le cas échéant, au futur repreneur, un dossier complet de l'ouvrage.

Le retour d'expérience sur les déplacements du barrage permettra de disposer d'éléments plus précis pour l'analyse du comportement du barrage. Ces éléments pourront appuyer une nouvelle étude de stabilité, qui pourrait être imposée dans le cadre des nouvelles obligations de vérification des ouvrages au séisme.

10 CARTOGRAPHIE

10.1 PRÉAMBULE

La cartographie a été réalisée dans le cadre de l'étude d'onde de rupture, réalisé par GEOS Ingénieurs Conseils en parallèle à l'étude de danger et faisant l'objet d'un rapport spécifique. Les paragraphes ci-dessous résument le rapport d'onde de rupture.

10.2 MÉTHODOLOGIE

L'hydrogramme de rupture du barrage de Pont Rolland a été réalisé par le bureau GEOS Ingénieurs Conseils. Il a été calculé par un modèle hydraulique 1D à l'aide du logiciel HEC-RAS. Ce modèle comprend la retenue, la vallée à l'aval du barrage sur quelques centaines de mètres et le barrage en lui-même. HEC-RAS offre la possibilité de simuler la rupture du barrage et de calculer le débit sortant de la retenue.

En raison de sa grande étendue longitudinale (1.5 km) comparée à sa largeur (125 m maximum), la retenue a été modélisée au moyen de plusieurs sections en travers trapézoïdales. Ce type de modélisation permet de tenir compte du temps de mise en mouvement de l'eau dans la retenue, alors qu'une méthode utilisant la courbe hauteur-volume aurait induit une mobilisation instantanée de l'ensemble du volume.

Le barrage de Pont Rolland est un barrage voûte en béton. Ce type d'ouvrage n'est pas sensible aux problèmes liés à la submersion ou à l'érosion interne comme peuvent l'être les ouvrages en remblai. Le type de rupture considéré est donc un effacement total et instantané du barrage.

La rupture du barrage est considérée pour une retenue à la cote des parapets, soit 25 m NGF.

L'hydrogramme ainsi obtenu est le suivant :

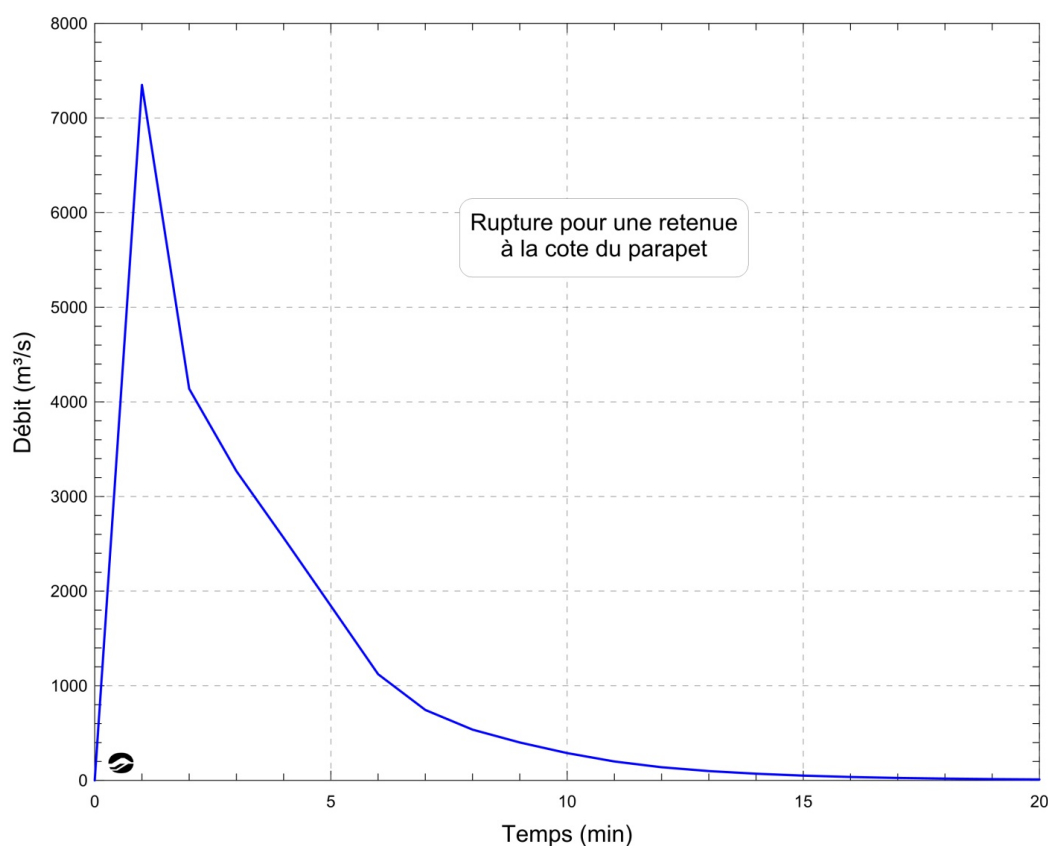


Figure 10.1 Hydrogramme de rupture du barrage

La vidange de la retenue est réalisée en une vingtaine de minutes, avec une pointe de débit de plus de 7000 m³/s.

Cet hydrogramme issu de la rupture du barrage est intégré comme condition limite amont dans un modèle hydraulique conçu pour calculer sa propagation à l'aval. La vallée du Gouessant étant encaissée, les écoulements issus de la rupture du barrage seront confinés à la vallée : un modèle 1D a donc été utilisé jusqu'au débouché du fleuve dans l'anse de Morieux. Un modèle 2D prend ensuite le relai afin de modéliser l'anse de Morieux où les écoulements s'étaleront sur une grande largeur.

La condition limite aval consiste en un niveau de marée appliqué à l'aval du modèle 2D. Les données retenues sont les niveaux marins extrêmes des pleine et basse mers de période de retour 10 ans de la zone Bretagne-Nord. Ces données proviennent du SHOM (Service Hydrographique et Océanographique de la Marine), et sont détaillées dans le Tableau suivant.

Type de marée	Niveau d'eau
10 ans – Basse Mer	- 5.85 m NGF
10 ans – Pleine Mer	6.80 m NGF

Tableau 10.1 Niveaux de marée utilisés comme conditions limites aval

Le point bas de l'anse de Morieux étant à la cote -0.7 m NGF, elle est initialement hors eau en situation de basse mer. En situation de pleine mer (niveau initial de 6.80 m NGF), elle est pleine d'eau.

10.3 RÉSULTATS

10.3.1 Situation de Basse Mer

Les cartes 1685-11 et 1685-12 présentent respectivement les hauteurs d'eau et vitesses maximales obtenues suite à la rupture du barrage.

Pour une anse initialement vide, on observe que la rupture du barrage à la cote des parapets occasionne un remplissage maximal des 2/3 de l'anse environ, le débit de pointe arrivant à l'embouchure de l'anse de Morieux environ 15 minutes après la rupture du barrage.

Du barrage au débouché du Gouessant dans l'anse, l'écoulement reste confiné dans l'étroite vallée, en occasionnant des hauteurs d'eau de plus de 15 m. A l'arrivée dans l'anse, l'écoulement s'étale, les hauteurs maximales diminuent et deviennent rapidement inférieures à 2 m. Le laminage du débit à ce niveau est remarquable : le débit de pointe passe de 4800 à 1800 m³/s entre la sortie de la vallée et le profil situé au droit du Roc Verd, soit une diminution de plus de 60 %.

En ce qui concerne les vitesses, elles sont importantes jusqu'à la fin de la vallée du Gouessant (atteignant plus de 10 m/s), avant de chuter lors de l'élargissement dans l'anse de Morieux.

10.3.2 Situation de Pleine Mer

Pour pouvoir apprécier l'effet de l'onde de rupture dans l'anse initialement remplie d'eau, les hauteurs d'eau présentées sur la carte 1685-21 correspondent à la surélévation maximale du plan d'eau occasionnée lors du passage de l'onde. La carte 1685-22 présente quant à elle les vitesses maximales obtenues suite à la rupture du barrage.

On peut ainsi observer d'importantes surélévations le long de la vallée du Gouessant (jusqu'à 12 m), tandis que l'arrivée dans l'anse et l'élargissement correspondant occasionnent un important étalement des eaux, avec des surélévations maximales passant rapidement sous 2 puis 1 m.

En ce qui concerne les vitesses, la conclusion est la même que pour le cas d'une basse mer initiale : elles sont importantes jusqu'à la fin de la vallée du Gouessant (atteignant plus de 10 m/s), avant de chuter lors de l'élargissement dans l'anse de Morieux.

10.4 IMPACTS À L'AVAL

10.4.1 Situation de Basse Mer

Dans ce premier cas, l'inondation n'atteint pas les côtes sur l'ensemble de l'anse. Les plages présentes au débouché du Gouessant dans l'Anse (plage de la Grandville et plage de Saint-Maurice) sont inondées, ainsi que la plage de Béliard dans une moindre mesure puisqu'une bande sableuse reste hors eau.

Les plages de Lermot et Bon Abri ne sont en revanche pas touchées.

Au niveau de la vallée plus resserrée du Gouessant, les principaux enjeux présents sont les bâtiments localisés au niveau de l'usine électrique (centrale hydroélectrique ainsi que trois maisons), ainsi que le pont de la D34 à l'aval du barrage. Ils sont touchés en quelques dizaines de secondes après la rupture de l'ouvrage et sont totalement submergés.

Le sentier de randonnée GR34, qui longe l'ensemble de la zone modélisée, est épargné sur la majeure partie de son tracé mais serait potentiellement touché par l'onde en rive gauche du Gouessant en amont du débouché dans l'anse, ainsi qu'aux alentours du pont de la D34 à l'aval du barrage.

Un autre danger lié à ce scénario réside dans le fait que des promeneurs ou occupants d'installations aquacoles présents dans une anse initialement dégagée pourraient être surpris par le front d'onde arrivant en quelques minutes après la rupture de l'ouvrage. En effet, les installations conchylicoles présentes à proximité de la pointe des Guettes ainsi qu'à l'aval du modèle dans la baie de Saint Briec seraient atteintes par l'onde, les hauteurs d'eau maximales au niveau de ces zones étant de l'ordre du mètre.

10.4.2 Situation de Pleine Mer

Dans ce second cas, l'anse est déjà totalement en eau lors de la rupture de l'ouvrage. À l'arrivée de l'onde de rupture, le rivage est ponctuellement submergé sur 10 à 40 mètres supplémentaires, au niveau des plages de la Grandville, Saint Maurice et surtout Bon Abri. Sur le reste du périmètre bordé par des falaises, l'onde n'engendre pas d'inondation supplémentaire. La zone inondée correspond globalement à l'ensemble de la zone de sable humide cartographiée sur les images SCAN25.

L'ensemble des plages sont en eau du seul fait de la marée, et sont rejointes par l'onde de rupture sous la forme d'une vague de 1 à 3 m de haut selon la proximité par rapport au débouché du Gouessant dans l'anse. Il en va de même pour les installations aquacoles citées précédemment.

Le camping de Bonabry n'est en revanche pas menacé par l'onde de rupture.

Au niveau de la vallée plus resserrée du Gouessant et comme dans le cas précédent, les principaux enjeux présents sont les bâtiments localisés au niveau de l'usine électrique (centrale hydroélectrique ainsi que trois maisons), ainsi que le pont de la D34 à l'aval du barrage. Ils sont touchés en quelques dizaines de secondes après la rupture de l'ouvrage et sont totalement submergés. A la différence du cas de basse mer, en pleine mer le niveau d'eau est initialement déjà proche du niveau de débordement en rive gauche vers l'usine et les maisons avant même la rupture de l'ouvrage.

Le sentier de randonnée GR34 est là encore épargné sur la majeure partie de son tracé mais serait potentiellement touché par l'onde en rive gauche du Gouessant en amont du débouché dans l'anse, ainsi qu'aux alentours du pont de la D34 à l'aval du barrage.

10.4.3 Conclusion sur les impacts à l'aval

Sur le parcours du Gouessant entre le barrage et le débouché dans l'anse de Morieux, l'onde de rupture impacterait les occupants des habitations à l'aval du barrage ainsi que d'éventuels randonneurs du GR34, soit une population de l'ordre de 10 personnes, en cas de pleine ou basse mer.

A cette dizaine de personnes viennent s'ajouter, dans le cas d'une situation de basse mer, d'éventuels promeneurs et occupants des installations aquacoles dans l'anse de Morieux.

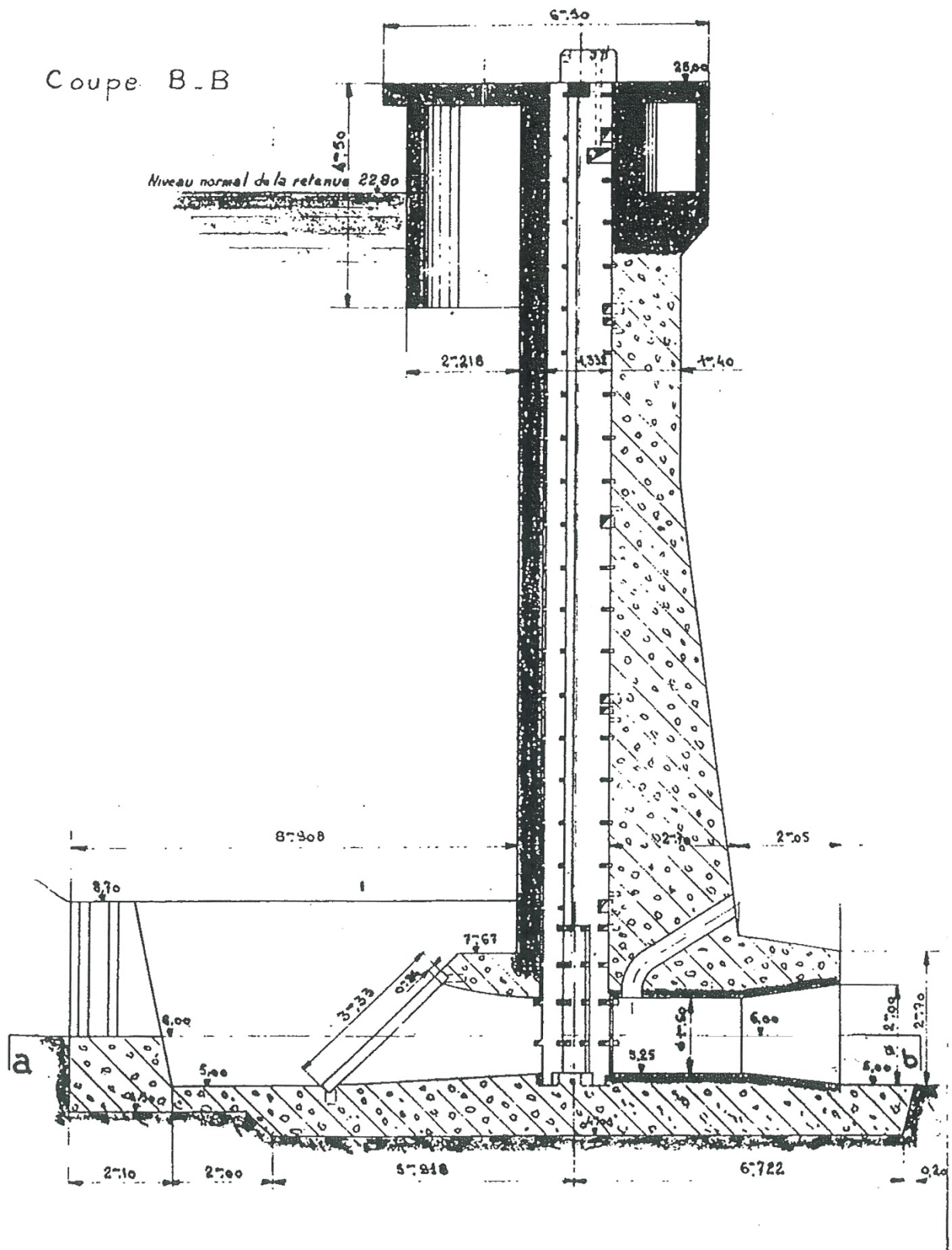
Dans les deux cas, le camping de Bon-Abri ne serait pas touché.

Il paraît ainsi raisonnable de considérer que la population menacée par l'onde de rupture se situe entre 10 et 100 personnes.

ANNEXE A

Plans et coupes

Coupe. B.B



[illegible]

Vanne de secours Plan, coupe

EXPLOITATION USINES HYDRAULIQUES

BRIS GR-18

ANNEXE B

Système de gestion de la sécurité propre à EDF

ANNEXE : SYSTEME DE GESTION DE LA SURETE PROPRE A EDF

La sûreté des barrages est une préoccupation d'EDF depuis l'origine. Au fil des décennies, l'entreprise a ainsi forgé des outils, des principes techniques et une organisation pour maîtriser cette sûreté. La mise sous assurance qualité des activités d'exploitation a consolidé l'ensemble de ces éléments, aboutissant aujourd'hui à un système de gestion de la sûreté des barrages.

A.1 - Le management de la Sûreté Hydraulique à EDF

La sûreté de l'exploitation des installations hydroélectriques est encadrée par la Politique de Sûreté Hydraulique. Cette politique définit les objectifs fondamentaux que se fixe l'entreprise pour maîtriser la sûreté de ses installations et se conformer aux textes réglementaires, et les principes d'action pour y parvenir. Elle est signée par le Directeur de la Direction Production Ingénierie. Un Inspecteur de la Sûreté Hydraulique, rattaché à la Présidence d'EDF, a pour responsabilités l'évaluation globale du niveau de Sûreté au sein de la Division (Management de la Sûreté de la DPIH, efficacité de l'organisation sûreté dans les domaines de l'exploitation, de la maintenance et de l'ingénierie) et l'alerte en cas de situation à risque identifiée. Pour formaliser sa position sur le niveau de Sûreté, l'Inspecteur Sûreté Hydraulique produit un rapport annuel pour porter un avis sur les domaines couverts par la politique de la Sûreté Hydraulique, fournir de la matière à réflexion et être utilisé comme un instrument de progrès pour les hommes et pour l'organisation. Ce rapport est disponible sur le site Internet du groupe EDF.

L'application de la politique de Sûreté Hydraulique incombe aux responsables hiérarchiques de la Division Production et Ingénierie Hydraulique (DPIH), à deux niveaux : le directeur de la Division et les directeurs des 5 Unités de Production (UP) et des deux Unités d'Ingénierie (CIH - Centre d'Ingénierie Hydraulique et DTG - Division Technique Générale).

Le directeur de la DPIH fixe les directives organisationnelles et techniques applicables par les Unités. Ces directives couvrent cinq domaines : les processus de niveau central, la surveillance des barrages, la maîtrise du passage des crues, la maîtrise des variations de débit, le retour d'expérience.

Le Comité National de Sûreté Hydraulique (CNSH), composé notamment des Responsables Management de la Sûreté Hydraulique des Unités de la DPIH, a pour missions l'élaboration des politiques et directives de la DPIH dans le domaine de la Sûreté Hydraulique, l'élaboration de la « revue de Sûreté Hydraulique » annuelle pour évaluer le niveau de maîtrise des risques Sûreté Hydraulique, l'animation du domaine de la Sûreté Hydraulique et le contrôle interne dans le domaine de la sûreté sur l'ensemble de ses composantes (sûreté d'exploitation et sûreté liée à l'état du patrimoine).

Le Comité Technique de Sûreté Hydraulique (CTSH), composé d'un panel d'experts de la DPIH représentatif de ses différents domaines d'activités, a pour mission l'instruction de dossiers ayant un enjeu de sûreté notamment, certains projets de conception de nouveaux ouvrages, de modernisation/évolution des ouvrages et le traitement de problématiques génériques (issues du retour d'expérience). Il formule des avis et des recommandations au Directeur de la DPIH sur ces dossiers.

Dans les paragraphes suivants, sont traités successivement les processus de niveau central, le système de management des unités, et les processus « opérationnels » : surveillance des barrages, maîtrise du passage des crues, maîtrise des variations de débit et retour d'expérience.

A.2 - Les processus de niveau central

Des notes de directive fixent les responsabilités des Unités de Production et d'Ingénierie, les politiques techniques de conception, de maintenance et de surveillance des installations, les outils logiciels imposés pour la collecte des données et des événements. Ces directives sont élaborées et modifiées par les services centraux de la DPIH, et notifiées aux unités par le directeur de la DPIH.

La Directive Management de la Sûreté Hydraulique précise les modalités organisationnelles mises en place au sein de la DPIH pour atteindre les objectifs fixés dans la « Politique Sûreté Hydraulique » et notamment garantir la maîtrise des trois risques : « rupture d'ouvrage », « crues » et les « risques liés à l'exploitation ».

Elle traite notamment les thèmes et exigences associés suivants :

- Les rôles et responsabilités des entités et des acteurs de la Sûreté Hydraulique. Ils sont ainsi rendus explicites pour tous les agents de la DPIH ;
- Les dispositions du contrôle interne Sûreté. Source de progrès, le contrôle doit apporter la garantie du respect des exigences et de l'obtention du résultat attendu ;
- Les outils de pilotage de la Sûreté pour contribuer à son efficacité ;
- Les modalités d'organisation et d'utilisation du REX pour mieux comprendre les dysfonctionnements et tirer des enseignements pour renforcer la fiabilité des systèmes techniques et organisationnels. Le REX s'appuie sur une démarche d'amélioration de la prise en compte des aspects SOH (socio-organisationnels et humains) dans l'ensemble des activités opérationnelles en s'intéressant à la façon dont les hommes et les équipes gèrent les situations, intègrent le comportement des systèmes techniques et les procédures disponibles ;
- La maîtrise des compétences dans le domaine de la sûreté par la mise en œuvre du dispositif de la formation et de la qualification des agents chargés d'activités ayant un impact Sûreté Hydraulique.

La politique de maintenance a pour but de garantir dans la durée le niveau de performance et d'améliorer le niveau de sûreté de l'ensemble des ouvrages et matériels. Pour atteindre cet objectif, la politique de maintenance s'appuie sur une analyse de risques patrimoine, déclinée par familles d'ouvrages ou de matériels (17 familles), par exemple pour le génie civil : barrages, galeries, prises d'eaux, canaux, écluses et bâtiments. Cette analyse est alimentée par les résultats de la maintenance courante au plus près des exploitants. A partir de cette analyse, la politique de maintenance définit plusieurs niveaux de barrières :

- Mise en place des prescriptions générales au niveau du parc, pour chaque famille, formant le référentiel de maintenance ;
- Mise en place, en provisoire ou en définitif, de dispositifs ou moyens particuliers (DMP), lorsque l'analyse de risques met en évidence un écart au référentiel ou une anomalie ; ces mesures sont palliatives, en attendant un traitement correctif pérenne (maintenance spécialisée) ;
- Mise en place de prescriptions de maintenance spécifiques à l'ouvrage ou au matériel au niveau local, en fonction d'une analyse de risques, du REX local ou d'une expertise, déclenchés suite à un écart ou une anomalie. Cela conduit par exemple à un renforcement de la surveillance ou à des essais de fonctionnement plus rapprochés ;
- Opération de maintenance spécialisée par l'ingénierie : rénovation, réhabilitation, etc...

Les Unités de Production s'assurent que le système d'information est tenu à jour en continu en fonction des événements :

- Résultat de la maintenance courante (surveillance et essais de fonctionnement) ;
- Diagnostics et/ou expertises ;
- Opérations de maintenance spécialisée ;
- Incidents.

Elles définissent un plan de contrôle et s'assurent de sa mise en œuvre. Ce plan de contrôle comprend une synthèse des résultats de la maintenance par famille d'ouvrages et de matériels, un état quantitatif des DMP mis en œuvre et un état des principaux incidents et dysfonctionnements détectés.

Des revues annuelles par famille d'ouvrages et de matériels sont organisées au niveau central pour mettre à jour les prescriptions générales de maintenance en fonction des événements survenus au cours de l'année.

L'animation nationale de la Sûreté Hydraulique est assurée par la mise en commun des expériences et des pratiques de chaque unité, l'explicitation des politiques et directives, l'élaboration commune et le suivi de plans d'actions, l'analyse des bilans et résultats. A cet effet,

aux niveaux central et régional, des comités spécifiques se réunissent plusieurs fois par an pour cette mise en commun. Un rapport annuel d'activités et de bilans est élaboré par chaque unité et au niveau central. Le rapport annuel de Sûreté Hydraulique d'EDF est communiqué à l'autorité de contrôle. Périodiquement, des « colloques sûreté » sont l'occasion de faire le point des résultats obtenus et de l'avancement des plans d'action, et contribuent au maintien de la dynamique de maîtrise des risques de Sûreté Hydraulique par les agents.

Des **outils informatiques** partagés sont imposés pour un certain nombre d'activités. Ils structurent l'activité et garantissent l'homogénéité et la complétude des actions. Ce sont en particulier :

- Le site intranet « HYDRO » pour la mise à disposition des documents du référentiel de Sûreté Hydraulique ;
- Des bases de données : SILEX pour la collecte des événements d'exploitation. Pour les ESSH, la base SILEX inclut un compte rendu factuel et un rapport d'analyse. La base AMELIE est utilisée pour le suivi des plans d'actions décidées après l'analyse des causes ;
- Des outils techniques :
 - o VIGIE BARRAGES, progiciel de formation assisté par ordinateur pour l'inspection visuelle ;
 - o KOALA, progiciel de collecte des données d'auscultation, d'analyse de premier niveau et d'envoi à DTG ;
 - o SIMBA, simulateur utilisé lors des stages de formation au passage des crues.

Les **stages de formations** spécifiques à la sûreté sont commandités par la DPIH qui contrôle leur adéquation aux besoins et les fait évoluer, si nécessaire. Les stages concernent la sensibilisation aux enjeux de Sûreté Hydraulique, l'analyse des Evénements Significatifs pour la Sûreté Hydraulique, la surveillance des ouvrages, la conduite des ouvrages en période de crue.

Le management est responsable du cursus de professionnalisation des agents en charge des activités en rapport avec la sûreté, conformément aux référentiels d'Assurance Qualité de chaque unité.

A.3 - Système de management des unités

Toutes les Unités de Production (UP) disposent d'un système de management :

- Comportant des procédures qui décrivent l'organisation, les responsabilités, les activités opérationnelles et le management des compétences ;
- Garantissant la traçabilité de ces activités opérationnelles.

Pour chaque aménagement, des consignes (Consigne de Surveillance et d'Auscultation, Consigne Générale d'Evacuation des Crues, Consigne d'Exploitation en Crue,...) représentent l'engagement d'EDF vis-à-vis des services de l'Etat.

Unités de Production

A tout moment, une installation de production est placée sous la responsabilité d'un Chargé d'Exploitation.

En situation perturbée (incident technique, aléa climatique,...), le personnel technique des centrales est compétent pour intervenir, 24h sur 24.

Ces interventions consistent :

- à mettre en sécurité l'installation après analyse, et à dépanner si nécessaire ;
- à mettre en place un service de quart en cas de passage de crue ;
- à autoriser l'accès aux installations dans le respect des consignes de sécurité.

Tous les organes et fonctions nécessitant une intervention immédiate sont reliés par alarme téléphonique (bureau et domicile) vers un agent d'astreinte, dit de « premier niveau ».

En permanence, un second agent « d'astreinte dite de deuxième niveau », correspondant à un représentant de l'encadrement des groupements, est également mobilisable soit pour assister le précédent, soit pour se substituer à lui dans l'hypothèse où celui-ci est déjà en intervention sur un autre site.

Unités d'Ingénierie

Le Système de Management des Unités d'Ingénierie (CIH, DTG) est construit pour respecter les principes suivants :

- intégrer les exigences de Sûreté dans leur système de management ;
- mettre en place au sein de leur Unité une organisation qui respecte les objectifs et principes de la politique Sûreté Hydraulique ;
- intégrer ces exigences à tous les stades des activités de l'ingénierie : avis techniques (expertises, diagnostic, pronostic, surveillance), études et conception, réalisation des modifications et travaux, retour d'expérience ;
- et, en lien avec les Unités de Production, s'assurer que les enjeux de Sûreté soient bien pris en compte dans les interventions dont ils assurent le pilotage opérationnel (préparation, réalisation, requalification).

A3.4 - Surveillance des barrages

Le niveau de sécurité d'un barrage résulte d'un ensemble d'activités qui commencent à la conception et à la construction et se poursuivent ensuite par la surveillance tout au long de la vie de l'ouvrage. Cette surveillance peut amener, suivant le comportement observé, à réaliser des études complémentaires et parfois des travaux de maintenance.

La **conception** des barrages exploités par EDF a été faite en utilisant les standards de dimensionnement et de réalisation datant de l'époque où ils ont été construits. La première mise en eau de ces barrages a constitué de fait une épreuve de cette phase de conception/réalisation. Dans quelques cas, assez rares, elle a mis en évidence des comportements anormaux qui ont nécessité des travaux complémentaires. A l'issue de cette phase les pouvoirs publics ont accordé l'autorisation de mise en exploitation des barrages.

L'expérience internationale montre clairement que la majorité des incidents graves de barrages ont lieu pendant cette phase cruciale de la première mise en eau et des premières années d'exploitation.

Après cette période, **en phase d'exploitation**, les évolutions du comportement des barrages sont lentes, et une anomalie grave sera perceptible des mois, voire des années à l'avance. Ces anomalies proviennent des processus de vieillissement qui peuvent concerner les matériaux constitutifs du barrage (gonflement ou fluage des bétons, tassement des remblais, modification des caractéristiques des noyaux en terre, des filtres et drains,...) ou de ceux des fondations (perte d'efficacité des écrans d'étanchéités, des drains, montée de pressions hydrauliques,...). Dans la plupart des cas, ces processus de vieillissement sont normaux, prévus à la conception, et n'ont pas d'influence sur les fonctions principales des barrages. Ils sont traités par la maintenance courante.

Pour contrôler les risques liés à ce vieillissement, les deux **barrières fondamentales**, et génériques pour tous les barrages, sont donc :

- la surveillance, comprenant l'inspection visuelle et l'auscultation ;
- la maintenance, comprenant des tests et contrôles périodiques des organes de sécurité (vidange de fond et évacuateur de crues, ainsi que leurs commandes et alimentation en énergie,...),

qui sont sous la responsabilité des directeurs d'UP, à qui incombent les décisions à prendre en matière d'exploitation et d'actions correctives éventuelles.

Une organisation spécifique est mise en œuvre en cas de séisme : EDF a passé un contrat avec un organisme spécialisé qui informe EDF lorsqu'il détecte un séisme dépassant un seuil de magnitude donnée. Les exploitants évaluent l'intensité sismique ressentie autour de l'épicentre et déclenchent

des inspections visuelles et des mesures d'auscultation dont la nature et le délai d'intervention sont fonction de ces intensités. Ces dispositions font l'objet d'une note de directive nationale, et sont déclinées dans chaque Unité de Production et dans chaque consigne de surveillance et d'auscultation.

A.4.1 - Aspects organisationnels

L'importance du parc de barrages à surveiller a conduit EDF à répartir les **activités de surveillance** entre plusieurs entités, dont certaines ont même été créées pour cette seule activité. Cette organisation a pour but de mutualiser des compétences spécialisées, ce qui permet de développer des pôles d'expertise. Plusieurs entités d'EDF contribuent à la surveillance des barrages : ce sont essentiellement les services d'exploitation, ceux de l'ingénierie (DTG et CIH) et les services centraux. Une directive nationale précise les missions de chacune de ces entités, ainsi que les modes d'interaction entre elles et avec les acteurs externes.

Ces directives précisent tout d'abord que la responsabilité de la surveillance du barrage incombe aux Unités de Production, au sein desquelles un responsable est nommément désigné. Ce responsable doit prendre les décisions en matière de sûreté, d'exploitation et d'actions correctives éventuelles. Elles définissent les rôles de chacune des entités intervenantes comme suit :

- L'exploitant local collecte les mesures et en fait un premier diagnostic, réalise l'inspection visuelle régulière et effectue les contrôles simples des dispositifs de mesures ;
- DTG réalise les mesures spéciales (topographie,...), effectue le diagnostic de second niveau de toutes les mesures transmises par l'exploitant et assure la vérification métrologique des capteurs ;
- CIH réalise les inspections visuelles spécialisées et conseille l'exploitant pour la maintenance courante ;
- DTG gère la base de données de référence de toutes les mesures, réalise le diagnostic du comportement des barrages, publie les rapports d'expertise (rapports d'auscultation) et conseille l'exploitant pour les évolutions des dispositifs d'auscultation ;
- CIH et DTG sont en appui de l'exploitant pour l'analyse et le conseil lors de situations inhabituelles ;
- CIH conduit les études de vérification, et pilote en tant que de besoin les projets de réhabilitation sur les aspects d'études et de travaux.

La mise en place, en parallèle, de deux filières indépendantes d'exploitation des données d'auscultation (Unité de Production et DTG) constitue une garantie supplémentaire de la qualité et de la traçabilité du diagnostic.

Le rôle central de DTG facilite la mise au point, la diffusion et la standardisation des méthodes de traitement et des matériels. DTG constitue un pôle de recherche et de développement de l'auscultation en France.

A.4.2 Les politiques techniques

Les **dispositifs de mesure** installés à demeure dans les barrages sont le fruit d'une longue expérience sur le choix des grandeurs à mesurer, les types de capteurs, leur mise en place et leur maintenance. Il en résulte des principes techniques qui contribuent à la qualité de la barrière « surveillance » :

- La possibilité, chaque fois que c'est techniquement réalisable, de faire des recoupements entre capteurs ;
- Les dispositifs sont évolutifs en fonction de la phase de vie du barrage et de son comportement ;
- La lecture et le dépouillement « à la main » des capteurs restent toujours possible ;
- Des notes techniques décrivent les procédures de pose des capteurs et leur maintenance ;

- Des vérifications métrologiques sont pratiquées sur les capteurs, sur la base des précisions attendues en termes d'exigence (la précision requise pour l'objectif de détection d'anomalies ou de dérives n'est pas à confondre avec la précision intrinsèque du capteur).

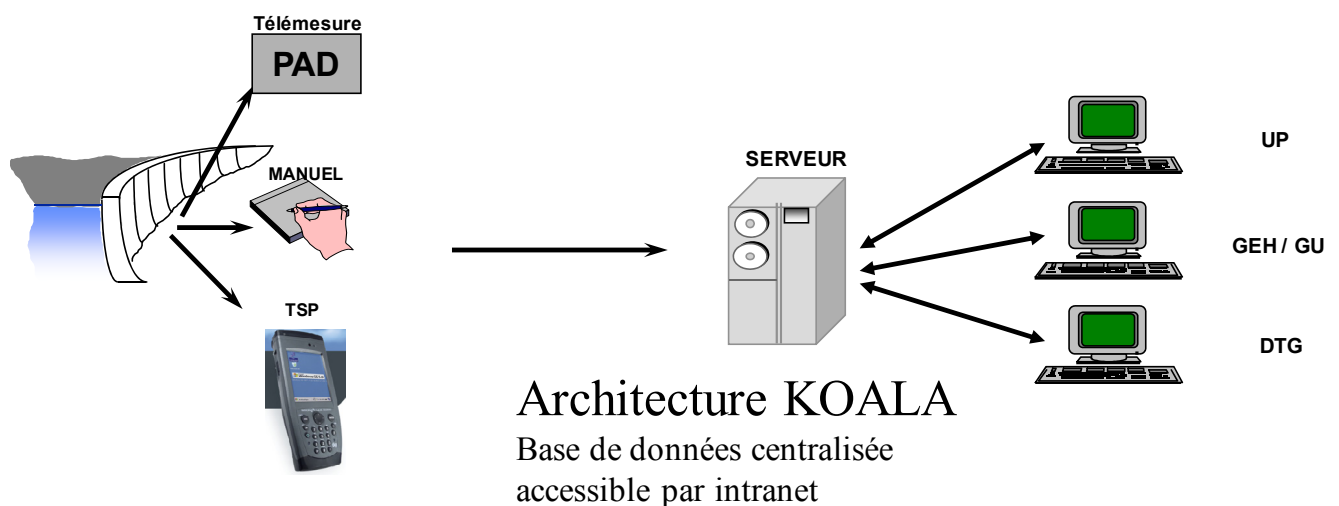
Certains barrages sont équipés, en totalité ou partiellement, d'acquisition automatique des mesures. Les particularités de ces télémesures sont :

- Souplesse des interrogations, dont les fréquences sont programmables et s'adaptent aux circonstances particulières d'exploitation ;
- Qualité des mesures, affranchies des aléas et erreurs humaines ;
- Rapidité de transmission des données.

La **collecte, la transmission et le diagnostic** de plusieurs centaines de milliers de mesures effectuées chaque année sur les quelques 200 ouvrages auscultés sont assurés au travers d'une organisation de type hiérarchique et avec l'aide d'outils informatiques décentralisés fonctionnant en réseau.

Toutes les mesures, en dehors de celles nécessitant un appareillage spécifique et une technicité particulière (topographie, inspection de forage par caméra, inclinométrie, ...), sont effectuées par l'exploitant sur les dispositifs d'auscultation en place. Leur périodicité normale est indiquée dans la Consigne de Surveillance et d'Auscultation et établie en fonction des phénomènes mesurés, mais peut être modifiée dans certaines circonstances.

L'exploitant dispose de l'application KOALA qui facilite les tâches de saisie, de diagnostic et de transmission de toutes ces mesures. Cette application micro-informatique est déployée dans toutes les unités d'EDF sur environ 200 postes de travail.



Réseau de transmission des données - application KOALA

Connectée au réseau d'entreprise, KOALA constitue un puissant moyen de cohérence et de structuration de l'activité au travers de trois fonctions :

La collecte des mesures, possible suivant plusieurs modes : par saisie directe des valeurs au clavier, via un Terminal de Saisie Portable (TSP) ou par télémesure. Le mode le plus courant est le TSP dont l'utilisation est très souple et qui permet un test de cohérence au plus près de l'acte de mesure.

Ces mesures, quel que soit leur mode d'acquisition, sont ensuite « dépouillées » (calcul des valeurs physiques à partir des lectures sur appareils) puis vérifiées individuellement par le surveillant.

Cette étape fondamentale du diagnostic par le surveillant est facilitée par des éditions graphiques adaptées, mettant en relief la mesure à vérifier par rapport à l'ensemble des mesures acquises, et présentées soit en fonction du temps, soit en fonction d'un autre phénomène (en général la cote de retenue). La comparaison à des seuils ou à des critères est également possible. C'est seulement à la fin de cette étape que la mesure est définitivement validée par la hiérarchie du surveillant.

La transmission des mesures est ensuite effectuée via le réseau commuté ou le réseau d'entreprise, à la fois vers des centres de contrôles de l'exploitant et vers DTG.

Le **diagnostic de deuxième niveau** est assuré par DTG, qui dispose d'outils numériques adaptés à la masse d'information à traiter, permettant la détection de valeurs « anormales » par rapport à l'historique des mesures. Ce deuxième diagnostic est effectué sur des valeurs « corrigées » des effets réversibles (variations de cote du réservoir, variations des températures saisonnières) et du temps (effet retard pour certains phénomènes) quand cela est pertinent. Le délai de diagnostic d'une mesure est fixé à deux jours ouvrés à partir de la date de la mesure, ce qui est suffisant compte tenu qu'un premier diagnostic a été réalisé par l'exploitant, en général le jour même de la mesure.

DTG réalise une analyse de synthèse périodique du comportement de tous les barrages de classe « A » et « B », formalisée dans le rapport d'auscultation. On retrouve à ce niveau tout l'intérêt d'une structure spécialisée : expérience acquise par les ingénieurs, productivité assurée par des outils informatiques créés pour cet usage, capacité à dresser des synthèses de comportement par type d'ouvrage, servant ensuite de références.

Les **inspections visuelles** ont un caractère essentiellement *qualitatif* et font appel au bon sens et à la compétence (connaissance des problèmes) de l'agent chargé de les assurer. Leur objectif principal est la détection de toute nouveauté, sans restriction, telle que :

- Nouveau point de fuite ;
- Turbidité dans une fuite ou un drain ;
- Taches d'humidité sur un parement aval ;
- Nouvelle fissure, etc.

Les inspections mises en place par EDF sont de plusieurs types, de périodicités variables liées au niveau de compétence auquel elles font appel :

- Visites bimensuelles, effectuées par un agent de maîtrise (en général à l'occasion de la tournée de mesures d'auscultation sur les barrages) ;
- Visites trimestrielles à annuelles effectuées avec le concours de l'encadrement local et d'un ingénieur spécialisé dans le génie civil du CIH.

Les fiches de visite sont renseignées par les exploitants. Afin d'assurer la traçabilité des observations, l'observateur signe son relevé et le complète de divers renseignements (cote de retenue, météo,...).

Une formation est assurée aux agents de Groupement d'Usines (« surveillants ») qui ont en charge la surveillance des ouvrages. Un didacticiel spécifique, « VIGIE BARRAGE », a été élaboré en partenariat avec le CEMAGREF à l'intention de ces personnels, qui sont, à EDF, de formation électromécanique. Les acteurs de la démarche ont ainsi le sentiment de mieux voir leur barrage, de mieux comprendre le pourquoi de telle ou telle observation. On obtient ainsi une très bonne adhésion et une large compréhension dès lors que ces acteurs arrivent bien à mettre en perspective les enjeux et les risques de défaillance d'une part et les points de contrôle associés d'autre part.

En cas de **détection d'un événement particulier** après une mesure d'auscultation ou suite à une inspection visuelle, le traitement de l'anomalie est défini dans les procédures des UP : les actions prises seront d'abord la remontée de l'information vers la hiérarchie, puis la demande d'appui aux unités d'ingénierie pouvant aller à la mise en place d'un groupe d'appui permanent en cas d'anomalie durable, et à l'instauration de cellule de crise si les enjeux de sûreté le justifient. L'information vers les DREAL est systématique dès que l'anomalie le nécessite.

Lors des **Examens Techniques Complets (ETC)**, l'inspection visuelle des parties accessibles des ouvrages est complétée par celle des parties habituellement noyées. Cette inspection peut être directe, par vidange du réservoir, et réalisée alors depuis des nacelles ou à partir d'une barque pendant la descente du plan d'eau. Les progrès récents dans les techniques d'inspections subaquatiques incitent maintenant à procéder à la majorité des visites par des robots télé opérés équipés de caméras ; on évite ainsi les nuisances environnementales accompagnant souvent les vidanges des réservoirs, tout en réduisant sensiblement les coûts. Les vidanges sont réservées aux

cas où des travaux sont nécessaires, et lorsque le type de barrage ou la visibilité dans l'eau du réservoir se prêtent mal à une visite subaquatique.

Les **essais** périodiques des vidanges de fond et des évacuateurs de crue sont réalisés suivant les périodicités et les modalités de la consigne de surveillance et des procédures d'essais. Chaque essai est tracé.

La **maintenance** des organes mécaniques et de leurs commande et alimentation est décrite dans des documents opérationnels pour chaque barrage qui sont basés sur les politiques de maintenance établie au niveau de la DPIH pour les différents types de matériels concernés : vannes, contrôle-commande, auxiliaires, etc.

La législation concernant les **Plans Particuliers d'Intervention** (PPI) est strictement appliquée à EDF. Dès qu'un PPI est promulgué par un ou plusieurs Préfets, EDF rédige un Plan d'Organisation Interne (POI) qui explicite la façon dont EDF répond aux attentes des autorités en cas de crise.

Notamment ils permettent d'organiser et de décider :

- une baisse rapide du niveau de la retenue par vidange ;
- la mise en sécurité des populations par les Pouvoirs Publics.

La **traçabilité** des activités ayant trait à la surveillance des barrages décrites ci-dessus est assurée par la production de divers documents, dont certains sont réglementaires : registre de l'exploitant, rapports de visites et d'inspection, rapport d'auscultation, etc.

En conclusion de cette présentation de l'organisation et des outils d'EDF pour la surveillance des barrages, il faut garder à l'esprit que tous ces outils et ces structures, qui ont pour objet d'assurer le meilleur niveau de sûreté, ne valent que par la qualité des personnels, dont la conscience professionnelle, la perspicacité et la rigueur sont les gages les plus importants de l'atteinte de cet objectif.

A.5 - Maîtrise du passage des crues

Les risques liés aux passages de crues sont importants ; les statistiques mondiales d'accidents de barrages indiquent en effet que c'est la cause la plus importante de ruine en phase d'exploitation des barrages. L'événement majeur redouté est la submersion de la crête du barrage, et donc la mise en péril de sa stabilité ou de son intégrité par érosion (pour les barrages en remblai).

Plusieurs barrières génériques sont mises en œuvre à EDF :

La première concerne le dimensionnement : la caractéristique principale d'un évacuateur, quel que soit son type, est en effet sa débitance qui va permettre le transit de crues très importantes, sans mettre en péril le barrage. Pour le choix de la crue de dimensionnement d'un ouvrage, EDF suit les recommandations du Comité Technique Permanent des Barrages et des Ouvrages Hydrauliques (CTPBOH), qui sont de retenir la crue millénale pour les barrages en béton, et la crue décennale pour les barrages en remblai.

À EDF, pour des petits à moyens bassins versants, l'évaluation de ces crues extrêmes a été basée sur la méthode du GRADEX, ayant reçu un avis favorable de l'administration française. Cette méthode est appliquée depuis 1965, et a connu plusieurs évolutions visant à améliorer la qualité des résultats. EDF utilise désormais la méthode du SCHADDEX, qui est une version améliorée du GRADEX. Ces études d'évaluation des crues extrêmes sont réalisées à EDF par DTG.

D'autres principes de dimensionnement sont également adoptés :

- Les caractéristiques dimensionnelles des évacuateurs, quel que soit leur type, sont également importantes, notamment vis-à-vis des risques d'embâcles : la largeur des passes doit avoir une dimension minimum dès lors que le bassin versant est boisé ;
- L'alimentation en énergie : l'alimentation normale est complétée par une alimentation de secours apportée la plupart du temps par un groupe électrogène, implanté au-dessus du niveau d'eau maximum qui pourrait être atteint, et au plus près des organes de manœuvre ;
- Le cheminement des câbles électriques et des fluides est doublé et ne doit pas être vulnérable aux effets de la crue ;

- D'autres organes indispensables à la conduite en crue, comme les capteurs de position des organes et de niveau de la retenue font l'objet d'un traitement sécurisé au niveau de leur conception.

Pendant un épisode de crue, l'exploitant dispose d'outils pour la prévision des débits entrants dans la retenue, et de modes opératoires décrivant les manœuvres à effectuer en fonction de la situation. C'est le rôle des prévisions hydrologiques et des consignes de crue décrites ci-dessous.

En France, le développement d'une crue sur un bassin versant peut se réaliser en quelques heures (type crues cévenoles ou torrentielles) ou en quelques jours sur les principaux fleuves (type crues de plaine ou fluviales). L'anticipation des phénomènes représente un facteur de sécurité pour les exploitants, qui pourront ainsi se rendre sur les ouvrages et prendre les dispositions utiles au passage de la crue. Pour ce faire, EDF s'est doté depuis plusieurs dizaines d'années d'équipes spécialisées à DTG qui collectent et dépouillent en continu les mesures, et diffusent aux exploitants des messages de mise en garde lorsque des épisodes de crues sont prévus. Ces équipes utilisent les données des stations hydrométéorologiques d'EDF et celles mises à disposition par Météo-France. Des modèles pluie/débit pour les petits bassins, ou débit/débit pour les plus grands sont utilisés pour fournir des prévisions à quelques heures.

Lorsque l'évacuateur est à seuil libre, le rôle de l'exploitant est limité à la surveillance de son bon fonctionnement, qui pourrait être perturbé par des embâcles. Dans le cas des évacuateurs vannés, son rôle est essentiel pour la manœuvre des organes. Pour éviter les prises de décision à chaud et des improvisations qui pourraient être nuisibles à l'efficacité ou à la sûreté, la conduite à tenir est définie au préalable et formalisée dans **des consignes de crue** dont le contenu et le mode d'élaboration sont définis dans des directives DPIH. Ces consignes, approuvées par les autorités de tutelle, ont d'abord pour objectif de définir et de hiérarchiser les contraintes et objectifs à respecter. Elles comportent tous les éléments (abaques, courbes, formules de calcul,...) nécessaires au calcul des débits à évacuer pour atteindre ces objectifs. Le fonctionnement et les manœuvres des vannes sont décrites dans les Instructions d'exploitation. La consigne, spécifique pour chaque barrage, est construite en suivant les étapes clés suivantes :

- Définition et hiérarchisation des objectifs à atteindre : par exemple le non dépassement d'une cote maximale du plan d'eau constitue l'objectif principal, suivi de l'exigence de ne pas aggraver les conséquences naturelles de la crue à l'aval du barrage ; d'autres objectifs ou contraintes secondaires peuvent être envisagés : retarder la montée de l'eau à l'aval, écrêter la crue, assurer le remplissage du réservoir en fin de crue, effectuer des chasses de dégravolement,... ;
- En fonction de ces objectifs, la définition de la conduite à tenir et des débits à évacuer dépend de la situation hydrologique. Suivant cette situation, caractérisée par la cote du réservoir et la valeur du débit entrant, on définit un état de veille et un état de crue. Lors du déclenchement de l'état de veille l'exploitant assure un suivi continu de la situation hydrologique, et se prépare de façon à être présent sur le barrage lors du déclenchement de l'état de crue. L'état de crue est effectif lors de l'atteinte d'un deuxième seuil, et correspond au début de manœuvres des vannes ;
- Les abaques utilisées sont applicables en local et manuellement : les prévisions de débits entrants constituent certes une aide utile, ainsi que les calculateurs qui peuvent prendre en charge la détermination du débit à évacuer, et commander les vannes. Il faut néanmoins tenir compte du cas où ces aides ne sont plus opérationnelles (pannes de transmission, défauts de calculateur,...) et donner aux exploitants des outils simples basés sur les seules informations disponibles au barrage : cote de la retenue et position des vannes ;
- L'information aux autorités (Services de Prévision des Crues, mairies,...) constitue une tâche également fondamentale, décrite dans ces consignes.

Les évacuateurs de crues font l'objet d'une **surveillance** pour s'assurer que l'ensemble des organes reste en parfait état. Cette surveillance est assurée par des inspections visuelles régulières ainsi que par des essais et contrôles périodiques de fonctionnement.

Les inspections visuelles portent en particulier sur la présence de corps flottants s'accumulant à proximité ou dans les équipements des vannes (rainures, chaînes, ..), sur l'état des organes mobiles, des conduits hydrauliques, électriques et oléodynamiques. L'état des coursiers et celui des ouvrages de dissipation sont également examinés.

La **vérification périodique du fonctionnement** est un moyen indispensable pour le contrôle de la fonctionnalité des évacuateurs. Les organes à essayer sont les vannes et les clapets, avec une périodicité comprise entre 3 et 12 mois. L'essai peut être partiel ou total, et les manœuvres réelles effectuées pendant une crue peuvent également servir d'essai. A intervalle plus espacé, le contrôle porte sur les temps de manœuvre, le réglage des protections, les pressions et niveaux d'huile, etc.

Les mesures de niveaux dans la retenue, les capteurs de position des organes, les protections, les alimentations électriques, normale et secourue, font également l'objet de tests fonctionnels. Les groupes électrogènes de secours sont essayés systématiquement lors des essais.

La **formation des opérateurs** est importante car la pertinence des décisions de l'opérateur peuvent avoir un impact fort lors de situations perturbées. C'est pourquoi des exercices sont organisés régulièrement pour bien appréhender la configuration et le fonctionnement des organes, pour revoir les consignes, les modes opératoires, les contacts à informer, etc. En complément, des simulateurs de crue reproduisant les caractéristiques des évacuateurs et permettant de dérouler des scénarios de crue, servent à la formation active des exploitants. Des crues extrêmes et des scénarios de pannes sont simulés, permettant ainsi de tester le comportement des opérateurs, et de les habituer à des conditions de fonctionnement qu'ils n'ont jamais rencontrées.

A.6 - Maîtrise des variations de débits

L'exploitation des installations hydroélectriques, dont les barrages, provoque des variations de débit et de niveaux qui peuvent, dans certains cas défavorables, mettre en difficulté des personnes se trouvant à proximité des ouvrages de retenue ou des cours d'eau aval. Les barrières génériques mises en œuvre à EDF sont les suivantes :

Pour chaque installation **une analyse des risques** potentiels induits par leur fonctionnement est réalisée, en général à partir d'essais en grandeur réelle. La connaissance de la nature du public présent à proximité des zones dangereuses et de la périodicité de sa fréquentation est un des éléments pris en compte dans l'analyse des conséquences. L'évolution de ce facteur « public » est suivie régulièrement et peut amener à revoir l'analyse de risques.

Suivant le résultat de ces analyses, trois types de barrières peuvent être mis en œuvre :

- L'évolution des conditions d'exploitation, par exemple en réalisant des lâchers d'alerte avant ouverture des organes d'évacuation ou en les conditionnant à une visite préalable d'un surveillant dans les zones critiques pour faire évacuer le public éventuellement présent. Ces conditions d'exploitation sont décrites dans la consigne d'exploitation, disponible pour chaque installation ;
- Les restrictions ou interdictions d'accès à des zones dangereuses, par arrêtés réglementaires ou par des moyens « physiques » : barrières, chaînes, enrochements, etc. ;
- **L'information du public** par de très nombreux moyens :
 - o Signalétique à proximité des zones critiques, sous forme de panneaux standards ou spécifiques ;
 - o Information institutionnelle vers les écoles, les associations de pêche, les syndicats de tourisme, les professionnels de loisirs nautiques, via des brochures, des affiches, des encarts publicitaires ;
 - o Contact direct avec le public en période de forte affluence, via des saisonniers formés par EDF (hydroguides) ;
 - o Contractualisation de la présence de certains publics (scolaires, associations sportives) et de professionnels intervenant pour des travaux dans les rivières.

A.7 - Organisation du retour d'expérience

La prise en compte du retour d'expérience des résultats obtenus est une barrière importante de sûreté, car elle permet l'analyse des causes des incidents, l'élaboration de plans d'actions correctives adaptés et de tirer des enseignements génériques pour renforcer la fiabilité des systèmes techniques et organisationnels.

À EDF, les exploitants collectent tous les événements d'exploitation dans l'outil informatique « SILEX ». Les événements qui ont eu des conséquences sur les personnes ou les biens, ou qui auraient pu en avoir si les circonstances avaient été différentes, sont appelés « ESSH » (Evénements Significatifs pour la Sûreté Hydraulique). Ces ESSH sont d'abord classés en fonction de la gravité et de la nature de leurs conséquences et font l'objet d'un compte rendu factuel dans un délai maximal de 15 jours. Une analyse des causes des incidents est ensuite réalisée, avec une profondeur adaptée aux enjeux. Elle fait intervenir les acteurs de l'incident et utilise une méthodologie décrite dans le guide interne d'analyse des ESSH. Les causes sont classées suivant leur nature, pour mettre en évidence ce qui relève des défaillances matérielles, des défauts de l'organisation, de la documentation, etc. Les conditions nécessaires à cette analyse sont la transparence des acteurs au stade de la détection des événements et de leur analyse, ainsi que l'implication de la hiérarchie. Ces conditions « comportementales » font partie de la culture sûreté qui constitue un axe de progrès très fortement encouragé par le management de la DPIH.

Cette analyse des causes débouche sur un plan d'actions validé par la hiérarchie et tracé dans l'application interne « AMELIE ». Les responsables des actions et les délais de réalisation sont définis, l'avancement des actions est suivi par les entités concernées.

Afin de prendre des mesures adaptées à chaque niveau de responsabilité, chaque niveau managérial centralise les analyses, organise leur partage et rédige un bilan qualitatif identifiant des forces et des faiblesses et proposant des stratégies préventives. Chaque bilan est fourni au niveau managérial supérieur, jusqu'au niveau national qui synthétise et propose à la direction de la DPIH un bilan permettant de positionner les axes de progrès pour l'année suivante.

Les DREAL sont informées des ESSH de niveau supérieur ou égal à 1 pour les aménagements concédés par la mise en œuvre de la démarche de déclaration des Evénements Importants pour la Sûreté Hydraulique (EISH) suivant des modalités définies par la circulaire DARQSI du 24 juillet 2006. Les EISH sont classés selon trois couleurs suivant la gravité croissante de leurs conséquences : jaune, orange et rouge. Une déclaration est envoyée à la DREAL concernée après la survenue de l'événement. De plus, EDF rédige un bilan annuel comportant les plans d'actions de chaque EISH déclaré dans l'année, ainsi que l'état d'avancement des actions. Ce bilan est communiqué au Ministère de l'Environnement (MEEDM).

ANNEXE C

Analyse préliminaire des risques

Elément de l'ouvrage	Conditions d'exploit. / sollicitation / position	Mode de défaillance	Fonction	Conséquences	Cinétique post-accidentelle	Gravité	Type d'évènement (ERC, EI ou non retenu)	Occurrence (sans barrières)	Causes possibles de la défaillance si ERC	Mesures de prévention / Barrières existantes	Commentaires
Barrage de Pont Rolland											
Retenue et rives	Toutes conditions	Glissement de terrain	Maîtriser la cote amont	Formation d'une vague dans la retenue avec risque de surverse du barrage	/	/	NR				Les rives de la retenue sont boisées, de pente régulière sans risque de glissement majeur.
Barrage	Toutes	Rupture	Retenir l'eau	Onde de rupture : (7000 m³/s à l'aval immédiat du barrage) Baisse du plan d'eau	Rapide	Grave	ERC 1 Rupture du barrage		Perte de résistance des appuis	Surveillance et auscultation	En situation actuelle de surverse, la mesure des fuites est ineffective.
Evacuateur de crue	Crue	Obstruction	Evacuer les crues	Exhaussement de la cote de retenue	Rapide	Grave	NR		Embâcles sur crête déversante	Surveillance	Les longueurs déversantes sont grandes : Evacuateur non sensible à une obstruction
Parapets	Crue	Rupture	Empêcher les écoulements de surverse en rives	Surdébit aval. Erosion des rives	Rapide	Grave	EI de l'ERC 1		Instabilité statique	Surveillance	Temps de retour pour surverse des parapets : 3000 ans
Vanne wagon de la conduite de fond	Toutes	Ouverture intempestive / rupture	Maîtriser le débit de vidange	Lâchure d'un débit maximal de 30 m³/s à RN ; Vidange de la retenue			ERC 2 : évacuation d'eau non contrôlée par la vidange de fond		Erreur humaine / vandalisme/ rupture du tablier de la vanne	Maintenance / Entretien avec batardage possible par l'amont Examen visuel	Débit brusque en aval
	Essai	non fermeture	Maîtriser le débit de vidange	Maintien d'un débit maximal de 30 m³/s à RN Vidange de la retenue			NR		Blocage mécanique		Les lâchures d'eau sont fonction des avaliers dans l'anse. Aucun surdébit brusque en aval immédiat.
	Toutes	non ouverture	Maîtriser le débit de vidange	Impossibilité de réaliser des vidanges préventives			NR		Problème sur le dispositif de manœuvre		La vanne de vidange ne sert pas à l'évacuation des crues. Les vidanges préventives sont représentées comme barrière préventive : la fiabilité des barrières préventives est étudiée.
Batardeau de la vidange de fond	Défaillance de la vanne de fond	Ouverture intempestive / rupture / Non fermeture	Bloquer l'écoulement par la vidange de fond	Lâchure d'un débit de 30 m³/s à RN si vanne de vidange ouverte; Baisse du plan d'eau			NR				Dans cette situation, le batardeau joue le rôle de barrière de sécurité. Sa défaillance est prise en compte dans la cotation de la barrière.
Batardeau de la vidange de fond	Maintenance de la vanne de fond	Ouverture intempestive / rupture / Non fermeture	Bloquer l'écoulement par la vidange de fond	Lâchure d'un débit de 30 m³/s à RN si vanne de vidange ouverte; Baisse du plan d'eau			EI de l'ERC2		Rupture du tablier		

Vanne wagon de la conduite de demi-fond	Toutes	Ouverture intempestive / rupture	Maîtriser le débit de vidange	Lâchure d'un débit de 24 m ³ /s à RN ; Baisse du plan d'eau			ERC 3 : évacuation d'eau non contrôlée par la vidange de demi-fond		Erreur humaine / vandalisme / rupture du tablier		Débit brusque en aval
	Toutes	Non fermeture	Maîtriser le débit de vidange	Maintien d'un débit maximal de 24m ³ /s à RN Vidange de la retenue			NR		Blocage mécanique		La vanne de vidange de demi-fond n'est pas manœuvrée.
	Toutes	Non ouverture	Maîtriser le débit de vidange				NR		Problème sur le dispositif de manœuvre		La vanne de vidange de demi fond ne sert pas à l'évacuation des crues. La vanne de vidange de fond permet d'assurer l'abaissement du plan d'eau selon les recommandations.
Batardeau de la vidange de demi-fond	Défaillance de la vanne de demi-fond	Ouverture intempestive / rupture / Non fermeture	Bloquer l'écoulement par la vidange de fond	Lâchure d'un débit de 24 m ³ /s à RN si vanne de vidange de demi fond ouverte; Baisse du plan d'eau			NR				Dans cette situation, le batardeau joue le rôle de barrière de sécurité. Sa défaillance est prise en compte dans la cotation de la barrière. La vanne de vidange de fond n'est jamais manœuvrée.
Batardeau de la vidange de demi-fond	maintenance de la vanne de demi-fond	Ouverture intempestive / rupture / Non fermeture	Bloquer l'écoulement par la vidange de fond	Lâchure d'un débit de 24 m ³ /s à RN si vanne de vidange de demi fond ouverte; Baisse du plan d'eau			NR				La vanne de vidange de fond n'est jamais manœuvrée.
Appuis rocheux et fondation rocheuse	Toutes	Perte de stabilité					EI de l'ERC 1		Augmentation des sous pressions Ouvertures de nouveaux chemins d'écoulement modification de l'état de contrainte Érosion par surverse		
	Seuil aval	Rupture	Créer une lame d'eau à l'aval du barrage	Les eaux de surverse déversent directement sur le pied rocheux			NR				Pris en compte comme barrière de sécurité
Dispositif de mesure et transmission de la cote de retenue	Toutes	Perte de l'information par la foudre	Informé du niveau de retenue				NR				Aucune présence humaine imposée en crue. Aucun état de vigilance en crue déclenché par un seuil de niveau de retenue

ANNEXE D

Nœuds papillons

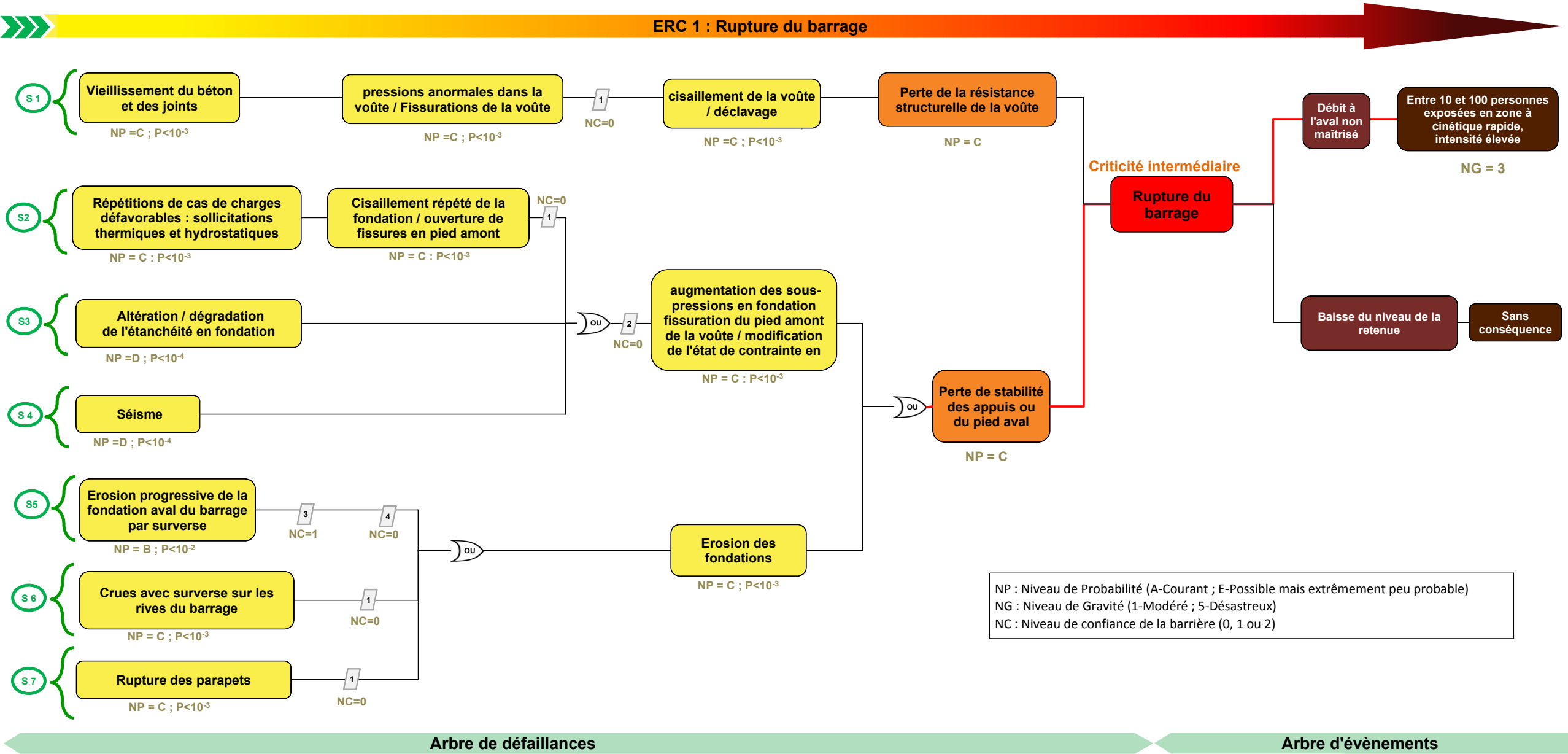
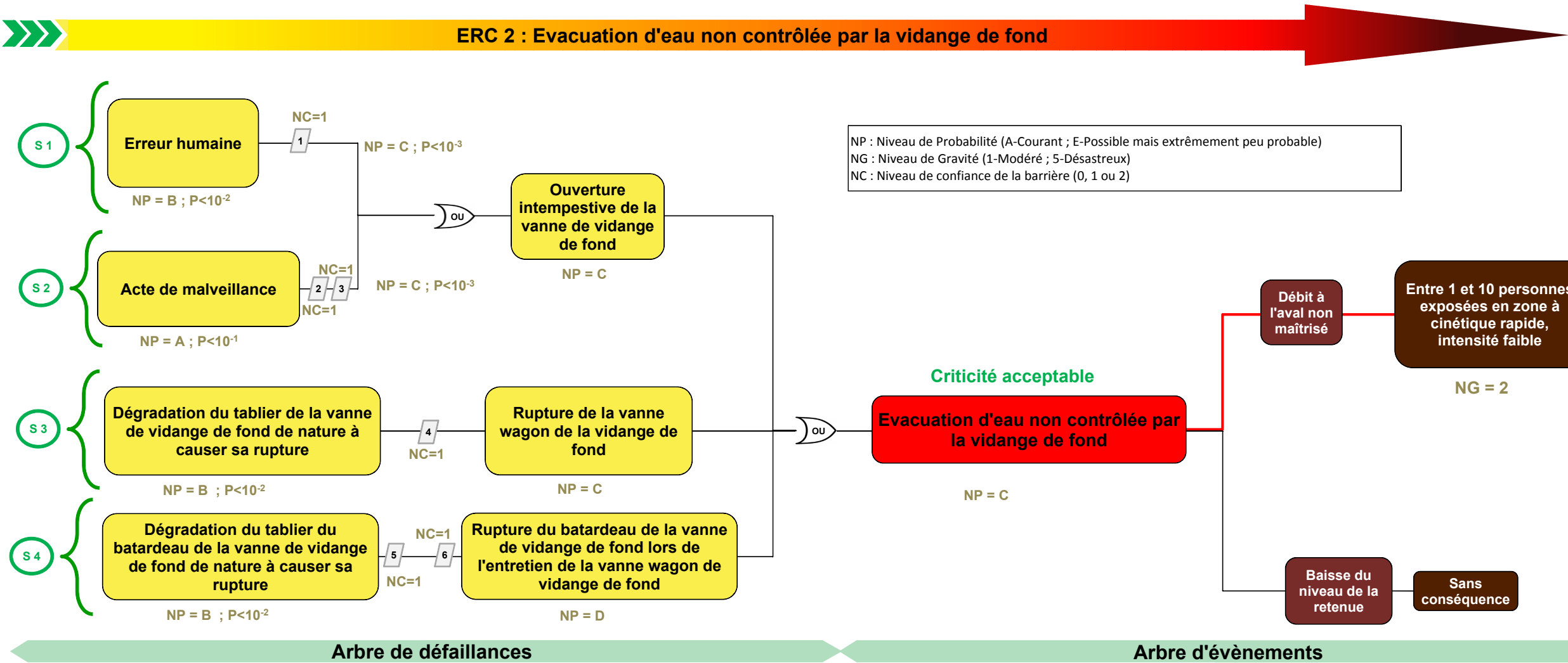
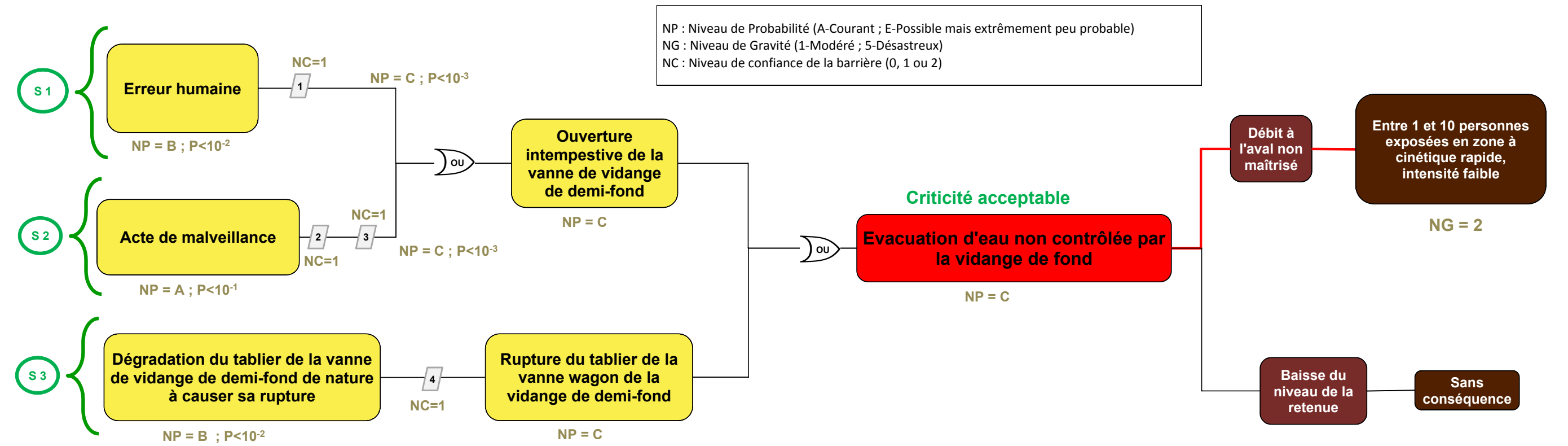


Tableau des barrières		
n° de la barrière	Descriptif et analyse de la barrière	Niveau de confiance : NC
1	Surveillance de l’ouvrage avec inspection visuelle courante et après évènements particuliers : crues avec débits de plus de 80 m ³ /s et visite post-séisme. Au besoin, un abaissement préventif du plan d’eau par la vanne de vidange peut être décidé ou des travaux de confortement peuvent être enclenchés. La surverse permanente de l’ouvrage ne permet toutefois pas de disposer de conditions optimales de surveillance en particulier pour l’inspection visuelle du parement aval et du pied aval. La surveillance visuelle n’est complétée par aucune auscultation des déplacements du barrage. Cette barrière ne permet pas de décoter l’évènement.	NC=0
2	Auscultation hydraulique de l’ouvrage avec suivi des débits de fuite avec si besoin abaissement préventif du plan d’eau par la vanne de vidange. Cette auscultation n’est pas possible en raison de la surverse permanente de l’ouvrage : cette barrière ne permet pas de décoter l’évènement.	NC=0
3	Seuil aval permettant le maintien d’une lame d’eau amortissant la chute des eaux de déversement et protégeant ainsi le pied aval du barrage. L’efficacité de cette barrière a été éprouvée durant la vie de l’ouvrage et n’est pas rendue inefficace par la crue. Si nécessaire, une dégradation dans le temps pourrait être traitée.	NC=1
4	Inspection de la fosse aval efficace pour détecter toute érosion aval après vidange préalable au besoin, pouvant enclencher des mesures de sécurité. Impossible en l’état avec la surverse du barrage, cette barrière ne permet pas de décoter l’évènement.	NC=0



ERC 3 : Evacuation d'eau non contrôlée par la vidange de demi-fond



Arbre de défaillances

Arbre d'évènements

Tableau des barrières		
n° de la barrière	Descriptif et analyse de la barrière	Niveau de confiance
1	Agents formés à la manœuvre des vannes Intervention en binôme L'efficacité de la barrière a été éprouvée durant la vie de l'ouvrage.	NC=1
2	Accès à la manœuvre de la vanne en crête du barrage protégé par porte avec cadenas. Barrière permanente dont l'efficacité a été éprouvée durant la vie de l'ouvrage.	NC=1
3	Abri de manœuvre en tôle protégé par cadenas. Manivelle conservée dans la chambre de la prise d'eau. Barrière permanente dont l'efficacité a été éprouvée durant la vie de l'ouvrage.	NC=1
4	Diagnostic visuel de la vanne, et au besoin maintenance avec possibilité de batarder la vanne par l'amont. De plus, la vanne n'est jamais manœuvrée.	NC=1

ANNEXE E

Echelle MSK

Echelle MSK

L'intensité est évaluée sur une échelle macrosismique. En France et dans la plupart des pays européens, l'intensité est exprimée dans l'échelle M.S.K. 1964 qui comporte 12 degrés :

1. secousse non ressentie mais enregistrée par les instruments (valeur non utilisée),
2. secousse partiellement ressentie notamment par des personnes au repos,
3. secousse faiblement ressentie balancement des objets suspendus,
4. secousse ressentie dans et hors les habitations tremblement des objets,
5. secousse forte, réveil des dormeurs, chutes d'objets, parfois légères fissures dans les plâtres,
6. dommages légers parfois fissures dans les murs, frayeur de nombreuses personnes,
7. dommages prononcés larges lézardes dans les murs de nombreuses habitations,
8. dégâts massifs, les habitations les plus vulnérables sont détruites, presque toutes subissent des dégâts importants, chutes de cheminées,
9. destructions de nombreuses constructions quelquefois de bonne qualité, chutes de monuments et de colonnes,
10. destruction générale des constructions même les moins vulnérables (non parasismiques),
11. catastrophe toutes les constructions sont détruites (ponts, barrages, canalisations enterrées...),
12. changement de paysage énormes crevasses dans le sol, vallées barrées, rivières déplacées.

ANNEXE F

Arrêté de Réquisition



PREFET DES COTES-D'ARMOR

Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Bretagne
Service Climat, Énergie, Aménagement, Logement

Installation hydroélectrique de Pont Rolland sur le Gouessant

Arrêté relatif à la gestion au titre de la sécurité publique par EDF SA

Le Préfet des Côtes-d'Armor
Officier de la Légion d'honneur

VU le code de l'énergie et notamment ses articles L.511-1 et L.521-16 ;

VU le code de l'environnement et notamment son article R.211-1 ;

VU le code général de la propriété des personnes publiques ;

VU le code du domaine de l'État ;

VU les décrets du 27 février 1931 et du 4 juillet 1975 déclarant d'utilité publique et concédant les travaux d'aménagement de la chute de Pont Rolland sur le Gouessant (Côtes d'Armor) à Électricité de France (EDF) jusqu'au 31 décembre 2010 ;

VU le décret n°94-894 du 13 octobre 1994 modifié relatif à la concession et à la déclaration d'utilité publique des ouvrages utilisant l'énergie hydraulique ;

VU le décret n°2004-374 du 29 avril 2004 modifié relatif aux pouvoirs des préfets, à l'organisation et à l'action des services de l'État dans les régions et départements et notamment le chapitre II du titre 1^{er} ;

VU la décision d'EDF en date du 15 octobre 2010 de ne pas poursuivre l'exploitation de la chute de Pont Rolland pour des raisons économiques liées aux exigences environnementales associées au nouveau titre ;

VU le courrier d'EDF en date du 28 mai 2014 annonçant sa décision de ne plus produire d'électricité afin de ne pas solliciter le matériel électrique vétuste de l'usine de Pont Rolland pour des raisons de sécurité publique (risque d'incendie et de pollution) ;

VU la proposition financière d'EDF, jointe au présent arrêté, établie sur la base des prestations annuelles à réaliser en concertation avec la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL), administration gestionnaire de l'ancienne concession ;

CONSIDERANT qu'il est impossible de recourir au mécanisme dit des délais glissants, institué par l'article L.521-16 du code de l'énergie susvisé, assurant la prorogation des droits et

obligations issus de la concession hydroélectrique jusqu'au moment où est délivrée une nouvelle concession ;

CONSIDERANT qu'il est impératif, afin d'assurer la sécurité publique, de maintenir la surveillance et le fonctionnement normal des installations jusqu'au transfert ou l'aliénation de la propriété domaniale de l'ouvrage à un nouvel exploitant ;

CONSIDERANT qu'une interruption, durant cette période, de la surveillance de cet aménagement pourrait nuire gravement à la sûreté des ouvrages, à la sécurité des tiers et à la salubrité des eaux ;

CONSIDERANT que, pour des motifs de sécurité publique, la production d'électricité doit être arrêtée ;

SUR PROPOSITION de M. le secrétaire général de la préfecture des Côtes-d'Armor et du directeur régional de l'environnement, de l'aménagement et du logement de Bretagne :

A R R E T E

Article 1^{er} :

Pour garantir la sûreté des ouvrages et la sécurité des tiers, la société ELECTRICITE DE FRANCE (EDF), Société Anonyme au capital de 924 433 331 euros, immatriculée au RCS Paris 552 081 317, dont le siège social est situé au 22-30 avenue de Wagram à PARIS (75008) France, est mandatée pour gérer, à titre temporaire, l'aménagement hydroélectrique public de PONT ROLLAND, d'une puissance maximale brute de 1880 kW, sise sur le territoire des communes de Hillion et Morieux, et à occuper l'ensemble des terrains et immeubles du domaine public de l'État.

Article 2 :

Le présent mandat prend effet au 1er juillet 2014 pour une durée d'un an. Il est reconductible annuellement à la date anniversaire par tacite reconduction.

À tout moment, EDF peut solliciter auprès du représentant de l'État une modification, en tout ou partie, des modalités d'exécution du présent mandat. Si elles sont acceptées, ces dispositions modificatives seront prises en compte dans un nouvel arrêté préfectoral qui annulera et remplacera le présent acte.

À tout moment, l'État peut mettre fin au présent mandat, sans indemnité, par arrêté préfectoral. Dans ce cas, EDF disposera d'un délai de trois mois pour arrêter sa prestation et remettre au représentant de l'État les éléments techniques nécessaires à la poursuite de l'exploitation des installations.

Article 3 :

L'aménagement hydroélectrique public de Pont Rolland confié à EDF comprend les ouvrages et équipements suivants:

- la retenue de Pont Rolland,
- le barrage à voûte unique équipé d'une vanne de vidange et d'une vidange de secours (appelée également vanne de demi-fond),
- la prise d'eau de l'usine implantée en rive gauche,
- la galerie d'amenée, la cheminée d'équilibre et deux conduites forcées,
- l'usine de production équipée de deux groupes kaplan à axe vertical.

Article 4 :

La délivrance du présent mandat et son exercice ne sauraient ni proroger, totalement ou de manière partielle, la concession échue le 31 décembre 2010, ni valoir nouvelle autorisation ou concession au titre du code de l'énergie.

N'ayant pas, de ce fait, à être soumis aux formalités et procédures d'instruction d'une demande de concession de chute d'eau, le présent mandat a pour seule portée de maintenir à titre conservatoire les conditions d'exploitation de l'aménagement hydroélectrique afin de garantir la sûreté des ouvrages et la sécurité des tiers.

En tant que propriétaire des installations, l'État est subrogé aux droits et obligations contractés dans le cadre de la concession échue et encore en vigueur.

Article 5 :

EDF exploitera, pour le compte de l'État, l'aménagement hydroélectrique en respectant les prescriptions des documents annexés suivants:

- **Annexe N°1** : consigne d'exploitation hors crues
- **Annexe N°2** : consigne de surveillance et d'auscultation du barrage
- **Annexe N°3** : les actions de maintenance courante à réaliser qui sont décomposées en 11 fiches récapitulées dans le tableau ci-dessous.

N° de la fiche	Ouvrages concernés	Périodicité
002	Centrale et barrage	mensuelle
004	Centrale et barrage	trimestrielle
007	Végétation	semestrielle
009	Batteries	semestrielle
010	Panneaux sûreté	annuelle
011	Nettoyage armoire électrique	annuelle
013	Bâtiment et matériel de sécurité	annuelle
024	Vanne de fond	annuelle
031	Pompe exhaure	annuelle
032	Terre	annuelle
034	Vanne de tête	annuelle

Pour toute anomalie relevée lors de visites ou opérations d'entretien courant, le mandataire informera par écrit le représentant de l'État chargé du suivi de l'exécution du présent mandat

La responsabilité du mandataire se limitera aux conditions normales d'exploitation précitées. Il ne pourra notamment prendre que les dispositions, et n'entreprendre que des actions, qui sont nécessaires à l'exploitation strictement entendue.

En particulier, il lui est interdit d'accroître ou de réduire la consistance patrimoniale du domaine de l'État sans autorisation expresse et préalable du Préfet. Il lui est également interdit d'accorder à des tiers tout droit d'occupation ou d'usage supplémentaire à ceux existants, sans l'accord du Préfet.

Article 6 :

En cas de situations de crues, le barrage, équipé d'un seuil déversant, ne nécessitera pas de manœuvre d'exploitation du mandataire.

En cas de situation d'urgence en lien avec la sécurité publique, le mandataire mettra en œuvre les mesures de sauvegarde nécessaires et en informera, sans délai, le Préfet.

Article 7 :

EDF souscrit une police d'assurance garantissant notamment sa responsabilité civile, le vol, les explosions et incendies, bris de machines, dommages aux ouvrages de génie civil.

Article 8 :

Le présent arrêté n'est pas constitutif de droits réels au sens des articles L.2122-6 et suivants du code général de la propriété des personnes publiques.

Article 9 :

La mission telle que décrite ci-dessus sera rémunérée forfaitairement par l'État à EDF pour un montant de 50 817,05 € TTC (42 347,54 € HT), suivant décompte estimatif joint. Le paiement sera effectué annuellement dans les trois (3) mois qui suivent la date de reconduction tacite du présent arrêté. Le mandat est délivré sans autre compensation financière de l'État.

Le prix forfaitaire sera actualisé chaque année à la date anniversaire du 1^{er} juillet, sur la base de l'indice SHBOE (Salaire horaire de base des ouvriers et employés) dont la valeur est revue trimestriellement. Dans le cadre de cet indice, l'activité prise en compte est codifiée MC : « autres activités spécialisés, scientifiques et techniques »

Le prix sera actualisé suivant la formule $P = P_o * (\text{indice mois } M / \text{indice mois } M_o)$ pour laquelle :

- P représente le prix forfaitaire après actualisation.
- P_o représente le prix forfaitaire de base indiqué dans le présent article
- M_o est le mois de juin 2014 (date d'établissement du présent arrêté)
- M est le mois de juin de l'année de l'actualisation

Toutes dépenses liées à des besoins de travaux sur les ouvrages hydroélectriques publics, survenus après la date de fin de la concession du 31 décembre 2010, suite à une nouvelle réglementation ou des désordres nécessitant des grosses réparations, sont à la charge de l'État.

Article 10 :


Le présent arrêté peut faire l'objet d'un recours devant le Tribunal Administratif territorialement compétent dans un délai de deux mois à compter de sa notification.

Article 11 :

Le secrétaire général de la préfecture des Côtes d'Armor, le directeur régional de l'environnement, de l'aménagement et du logement de Bretagne, le directeur départemental des territoires et de la mer des Côtes-d'Armor, les maires des communes de Hillion et Morieux sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté.

Le présent arrêté sera notifié à EDF, publié au recueil des actes administratifs de la préfecture des Côtes d'Armor et transmis, pour information, au directeur départemental des finances publiques des Côtes d'Armor.

Fait à Saint-Brieuc, le 26 juin 2014


Pierre SOUBELET



PREFET DES COTES-D'ARMOR

Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Bretagne
Service Climat, Énergie, Aménagement, Logement

Installation hydroélectrique de Pont Rolland sur le Gouessant

Arrêté relatif à la gestion au titre de la sécurité publique par EDF SA

Le Préfet des Côtes-d'Armor
Officier de la Légion d'honneur

ANNEXE N°1 à l'arrêté de réquisition applicable au 1^{er} juillet 2014

Consigne d'exploitation hors crue

1- Objet de la consigne:

Cette consigne détaille les modes de fonctionnement et définit les conditions d'exécution des manœuvres d'exploitation permettant de maîtriser les variations de débits dans le Gouessant, à l'aval du barrage de Pont Rolland. Elle définit également les modalités relatives à l'information du public sur les risques liés à la présence et au fonctionnement de l'aménagement.

La description technique de l'aménagement à exploiter est précisée en dernière page du présent document.

2- Modes de fonctionnement en gestion non énergétique:

2.1 – Déversé hydraulique:

Le déversement en crête du barrage se produit dès lors que la cote de la retenue atteint 22,80 m NGF.

Le déversement est dû à une augmentation du débit naturel qui devient alors supérieur au débit turbinable, ou bien à une indisponibilité partielle ou totale de la centrale, ayant pour conséquence la montée du niveau de la retenue jusqu'au seuil de la crête déversante situé à 22,80 m NGF.

2.2 : Manœuvres et essai périodique de la vanne de fond

Les essais et contrôles de la vanne de fond sont réalisés selon les prescriptions relatives à la maintenance déclinées en interne.

La manœuvre complète de la vanne de fond doit s'échelonner sur une période d'une heure à minima.

La manœuvre de la vanne de fond est réalisée localement depuis le couronnement du barrage. La vanne de fond rive gauche est motorisée alors que la vanne rive droite est manœuvrable manuellement (hors service).

Il est à noter que la vanne de fond rive gauche motorisée satisfait à elle seule aux prescriptions internes relatives aux vidanges.

3- Les tronçons influencés par l'aménagement:

3.1 – Tronçon amont:

Le tronçon amont est constitué de la retenue de Pont Rolland. La retenue s'étend jusqu'au canal de fuite de l'usine de Ponts Neufs.

3.2 - Tronçon court-circuité

Le tronçon court-circuité correspond à la zone allant du pied du barrage de Pont Rolland situé 100 mètres à l'aval immédiat du pont routier D13 jusqu'à la sortie du canal de fuite de la centrale hydroélectrique. Le tronçon court-circuité est d'une longueur d'environ 400 mètres.

3.3 - Tronçon aval

La centrale de Pont Rolland a la particularité de turbiner directement dans la baie de Morieux (domaine maritime).

4- Analyse des risques en rivière liés à l'exploitation:

La mesure de la criticité d'un site consiste à évaluer, selon une méthode, le risque engendré par un aménagement sur un site représentatif soumis à un type de lâcher. Le site et le lâcher sont choisis de manière à retenir la configuration la plus défavorable du point de vue du risque.

La criticité résulte d'une combinaison des paramètres suivants :

- la mesure de l'effet du lâcher (gravité),
- la fréquence du lâcher,
- la fréquentation du site,
- la vulnérabilité des personnes fréquentant le site,
- la configuration du site (pénétrabilité).

Ces paramètres sont évalués à partir :

- de la connaissance du terrain par l'exploitant,
- de l'enquête du dossier « sûreté hydraulique sécurité des tiers » d'octobre 1996,
- du compte-rendu des essais de variations de débit à l'aval de l'aménagement réalisés le 15 décembre 1997, et le 18 Janvier 1999,
- de l'exploitation des aménagements hydroélectriques,
- des rapports annuels de l'hydroguide,
- des analyses des ESSH.

Selon le résultat de la criticité obtenue, les actions permettant de faire baisser cette criticité sont examinées. La mesure de criticité est révisée annuellement ou sur événement nécessitant sa mise à jour. Les dispositions prises dans la présente consigne sont en cohérence avec l'analyse de risques à l'aval.

La synthèse des résultats est tenue à la disposition du Service du contrôle de l'aménagement.

5- Prévention et information du public:

5.1 – Panneaux d'information:

Des panneaux d'information du public invitant à la prudence sont mis en place :

- sur le tronçon amont : des panneaux sont implantés tout autour de la retenue de Pont Rolland
- sur le tronçon court-circuité et aval : des panneaux d'information sont implantés jusqu'à l'embouchure de la baie de Morieux

- sur les sites : l'accès est interdit au public par des clôtures et des barrières métalliques. Cette interdiction d'accès et les dangers encourus sont également rappelés à l'aide de panneaux d'information.

Le contrôle de la présence et de la lisibilité des panneaux d'information du public est effectué annuellement.

5.2 – Activation de l'organisation des crises:

Lorsqu'un événement est susceptible d'impacter l'externe, l'organisation de crise est activée.

5.3 – Campagne de communication:

Chaque année, avant la période estivale, un plan de communication est élaboré. Son objectif est d'adapter l'information aux usages de la rivière, à la nature et à l'importance des impacts de l'aménagement.

6- Traçabilité:

La cote de retenue de Pont Rolland est enregistrée.

Le registre d'exploitation de Guerlédan et le consignateur d'état permettent de consigner les manœuvres des groupes de production ainsi que les événements marquants.

7- Application de la consigne:

7.1 – Application de la consigne:

La personne responsable de l'application de cette consigne est le chargé d'exploitation du groupement de Guerlédan.

Les règles fixées par le présent document sont impératives et ne peuvent pas être transgressées par l'agent chargé de leur application, sauf sur instruction formelle du chargé d'exploitation.

Toute dérogation doit être maîtrisée pour garantir la sécurité des personnes, des biens et de l'environnement.

Les dérogations à la consigne sont de trois types:

- demandées à l'exploitant par une personne ayant autorité (préfet, tutelle, police de l'eau...). Elles doivent être confirmées par écrit par le demandeur. L'astreinte d'encadrement du GEH en est informée.
- sur circonstances exceptionnelles mettant en danger des personnes ou des biens. Il n'y a alors pas de demande préalable de dérogation.
- pour la préservation du milieu aquatique si cela ne remet pas en cause la sécurité des personnes et des biens.

7.2 – Réexamen de la consigne:

Le réexamen de la consigne a lieu tous les 3 ans ou lorsque les conditions d'exploitation doivent être changées (évolution des risques à l'aval, modification des caractéristiques de l'aménagement, avenant au cahier des charges,...).

Description de l'aménagement

Rivière : Gouessant		
Bassin versant capté :	420	km ²
Module : 2,78	m ³ /s	
Capacité totale :	1 000 000	m ³
Cote RN :	22,8	m NGF
Cote minimale d'exploitation	18,8	m NGF
Débit réservé :	0	m ³ /s
(domaine maritime)		

Description du barrage

T	
ype : voûte	
Hauteur : 17,6	m
Longueur en crête:	102,6 m

Conduite d'amenée écoulement en charge, conduite de 325 m et de 9 m² de section

Évacuateur de crues barrage à crête déversante (1 déversoir sans vanne)
Capacité totale d'évacuation : 200 m³/s

Vidange de fond 2 vannes wagons (1,5m x 1,5m) (dont une sous 18,3 m d'eau = 31 m³/s en rive gauche) et l'autre sous 13,3 m = 26 m³/s (en rive droite).



PREFET DES COTES-D'ARMOR

Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Bretagne
Service Climat, Énergie, Aménagement, Logement

Installation hydroélectrique de Pont Rolland sur le Gouessant

Arrêté relatif à la gestion au titre de la sécurité publique par EDF SA

Le Préfet des Côtes-d'Armor
Officier de la Légion d'honneur

ANNEXE N°2 à l'arrêté de réquisition applicable au 1^{er} juillet 2014

Consigne de surveillance et d'auscultation

1- Inspections visuelles du barrage:

Les évolutions ou observations sont faites par rapport à la visite précédente dans le cas d'une évolution ou observation déjà notée sur la visite précédente. Elles sont faites par rapport à un état de référence à identifier sur la fiche de visite dans les autres cas.

Les remarques seront transcrites dans deux fiches-types (en fonction de la fréquence) qui sont présentées en fin de document.

Si le jour de la visite, les conditions ne permettent pas cette comparaison sur un ou plusieurs points du barrage, il est noté « non observable » dans la case « observations »

L'observation de dégradation lentes de structure (altérations de béton,...) est faite une fois tous les 2 ans lors de la constitution de l'état de référence de l'ouvrage.

Les fréquences des inspections visuelles sont les suivantes:

- par agents chargés de la surveillance : tous les mois
- par l'encadrement du groupement de l'usine : tous les ans
- par un spécialiste en génie civile : tous les 2 ans

2- Suivis complémentaires:

Les actions de suivis énumérées ci-après seront réalisées:

- la cote de la retenue sera mesurée chaque jour et notée dans le rapport d'exploitation et de surveillance. Elle sera également notée sur chaque fiche ou rapport de visite ou compte-rendu d'essais.

- un dossier photographique du parement aval sera constitué tous les 5 ans
- une inspections visuelle des berges sera entreprise tous les 5 ans
- une mesure de profondeur des drains sera réalisée tous les 5 ans

Chaque action de suivi fera l'objet d'un rapport écrit.

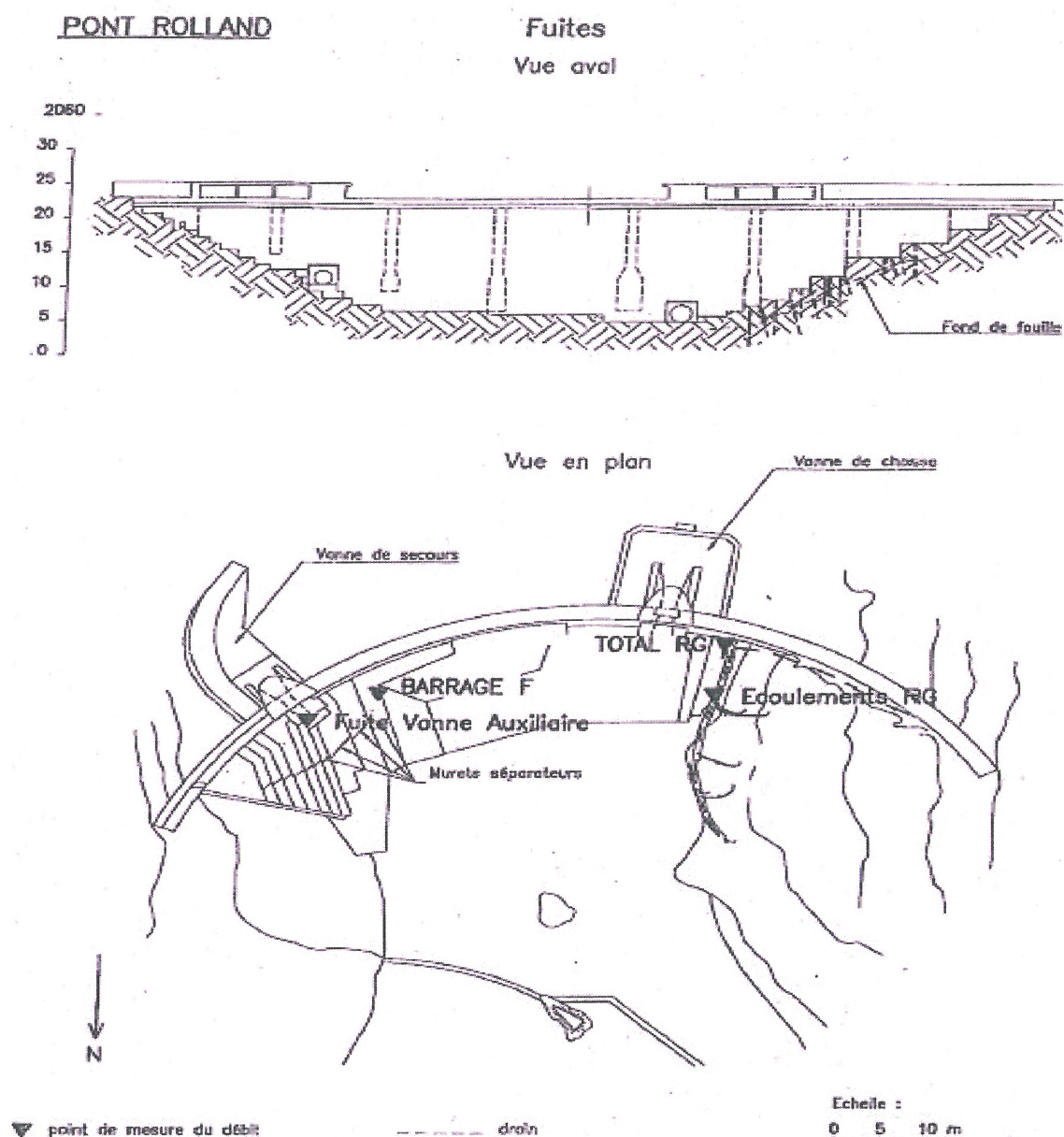
3- Essais des organes de sécurité:

Les vannes de fond seront manoeuvrées tous les 3 ans. Un rapport retraçant le déroulement de l'essai et l'état de fonctionnement de l'organe sera rédigé.

4- Dispositifs d'auscultation hydraulique:

Un suivi hydraulique des points de mesure des fuites (2 points de mesure par rive et vanne auxiliaire) sera effectué toutes les 4 semaines. Le contrôle du bon état de fonctionnement des dispositifs d'auscultation sera réalisé tous les 2 ans.

La localisation des points de mesure est indiquée sur le schéma ci-dessous:



Les mesures seront transcrites sous la forme ci-dessous:

PONT ROLLAND										Fuites				Opérateur(s):									
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> P R O B F U I 0 3 </div>										<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> Date <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> 2 </div> </div>				<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> Heure <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> </div> </div>				<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> Cote <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> </div> </div>					
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;"> BARRAGE F <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> </div> </div>										<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;"> TOTAL RG <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> </div> </div>													
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;"> Fuite Vanne Auxiliaire <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> </div> </div>										<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;"> Ecoulements RG <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> </div> </div>													
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;"> Total BARRAGE BARRAGE F + TOTAL RG <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> </div> </div>																							
Observations : <div style="border: 1px solid black; height: 100px; margin-top: 5px;"></div>										<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> LEGENDE : <div style="display: flex; justify-content: space-between; font-size: small;"> <div style="text-align: center;"> Hauteur (mm) ou Volume (l) </div> <div style="text-align: center;"> Temps (s) </div> <div style="text-align: center;"> Débit (l/min) </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> </div> </div>													

5- Conditions particulières d'exploitation:

5.1 – Après un séisme

- Visite d'inspection visuelle par agents chargés de la surveillance
- Tournée complète du dispositif de d'auscultation hydraulique avec mesures complètes

5.2 – Après une période de crue

Dès que le débit de pointe entrant est supérieur à 80m3 par seconde:

- Visite d'inspection visuelle par agents chargés de la surveillance
- Tournée complète du dispositif de d'auscultation hydraulique avec mesures complètes

5.3 – En vidange totale ou partielle prolongée

Un dossier préalable à l'autorisation de vidange sera constitué et indiquera, entre autres, les modalités d'inspection visuelle et de suivi hydraulique prévues pendant l'opération.

FICHE D'INSPECTION VISUELLE DU BARRAGE DE PONT ROLLAND				
Points à observer	Phénomènes à observer	Evolution		Observations
		oui	non	
Parement aval et rocher de fondation (comparaison au relevé précédent)	Fissuration			
	Apparitions de venues d'eau			
Appui rive droite	Apparitions de nouvelles fuites significatives			
	Modification du débit significatif lors des mesures (par rapport à mêmes conditions)			
Organes de crue et de vidange (à la jumelle)	Etat des bétons du déversoir			
	Etat des bétons des tapis RD et RG			
	Dégradation du mur aval			
Observations générales	Conclusions et évolutions par rapport à la précédente visite			
Cote plan d'eau:	Fréquence de visite : 1 mois	Rédacteur:		
Météo :	Date visite :	Valideur :		
Liste des pièces jointes :				

FICHE D'INSPECTION VISUELLE DU BARRAGE DE PONT ROLLAND				
Points à observer	Phénomènes à observer	Evolution		Observations
		oui	non	
Parement amont (en barque à différents niveaux du plan d'eau ou à la jumelle)	Fissuration			
	Dégradation des joints			
	Décalage entre plots			
Parement aval et rocher de fondation (nouvelle photographie à la même cote et dans les mêmes conditions atmosphériques)	Fissuration			
	Apparitions de venues d'eau			
Appui rive droite	Apparitions de nouvelles fuites significatives			
	Modification du débit significatif lors des mesures (par rapport à mêmes conditions)			
Organes de crue et de vidange (à la jumelle)	Etat des bétons du déversoir			
	Etat des bétons des tapis RD et RG			
	Dégradation du mur aval			
Observations générales	Conclusions et évolutions par rapport à la précédente visite			
Cote plan d'eau:	Fréquence de visite : 2 ans	Rédacteur:		
Météo :	Date visite :	Valideur :		
Liste des pièces jointes :				

ANNEXE N°3

BARRAGE DE PONT ROLLAND			
Ouvrages concernés	Désignation de la consigne	N° fiche annexée à l'arrêté	Fréquence
Centrale	Maintenance courante	N°002	mois
Barrage	Examen visuel		
Barrage	Examen mensuel + vannages	N°004	trimestre
Centrale	Contrôles et essais		
Végétation	Contrôles et entretien	N°007	semestre
Batteries	Contrôles et mesures	N°009	semestre
Signalisation	Examen et entretien panneaux	N°010	annuel
Armoire électrique	Nettoyage	N°011	annuel
Bâtiment	contrôle visuel bâtiments et terrains	N°013	annuel
Matériel sécurité	contrôle visuel extincteurs et autres équipements incendie		annuel
Vanne de fond	Entretien des mécanismes	N°24	annuel
Pompes exhaures	Entretien des mécanismes	N°31	annuel
Réseau terre	Contrôle et mesure	N°32	annuel
Vanne de tête	Entretien des mécanismes	N°34	annuel