



Aménagement d'une écluse anti-salinité au barrage d'Arzal

Demande d'autorisation environnementale

ETUDE D'INCIDENCE SANS SES ANNEXES

Aménagement d'une écluse anti-salinité au barrage d'Arzal

Demande d'autorisation environnementale

Eaux & Vilaine

Etude d'incidence sans ses annexes

VERSION	DESCRIPTION	ÉTABLI(E) PAR	APPROUVÉ(E) PAR	DATE
1	Autorisation initiale	PCE/JBU	JBU	02/2024
2	Actualisation suite au courrier de la DDTM reçu le 21/06/2024	PCE/JBU	JBU	09/2024

ARTELIA SAS
Siège social : 16 rue Simone Veil – 93400 SAINT OUEN – www.arteliagroup.com

SOMMAIRE

SOMMAIRE	1
TABLEAUX	3
FIGURES	3
ETUDE D'INCIDENCE SANS SES ANNEXES	5
1. PRÉAMBULE	6
2. CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE	6
2.1. LOI SUR L'EAU	6
2.1.1. LES ARTICLES L.214-1 À L.214-6 DU CODE DE L'ENVIRONNEMENT	6
2.1.2. NOMENCLATURE DES OPÉRATIONS SOUMISES À AUTORISATION OU À DÉCLARATION	7
2.1.3. APPLICATION AU PRÉSENT PROJET	7
2.2. EVALUATION ENVIRONNEMENTALE	7
3. OBJET, NATURE ET CONSISTANCE DES TRAVAUX	7
3.1. LOCALISATION DU PROJET.....	7
3.2. OBJET DES TRAVAUX.....	11
3.3. NATURE ET CONSISTANCE DES TRAVAUX	11
4. DESCRIPTION DU BARRAGE ET SES USAGES	12
4.1. ORIGINE DE LA CONSTRUCTION DU BARRAGE D'ARZAL	12
4.2. HISTORIQUE DE L'OUVRAGE.....	12
4.3. CLASSEMENT RÉGLEMENTAIRE DE L'OUVRAGE.....	13
4.4. DESCRIPTION DES ORGANES CONSTITUANT LE BARRAGE.....	13
4.4.1. PLAN GÉNÉRAL DU BARRAGE	13
4.4.2. ECLUSE	16
4.4.3. DISPOSITIF DE PASSE À ANGUILLES	19
4.4.4. SIPHONS	21
4.5. FONCTIONNALITES ET USAGES DU SITE.....	22
4.5.1. PROTECTION CONTRE LES CRUES ET GESTION DES NIVEAUX D'EAUX	23
4.5.2. RETENUE D'EAU POUR LA FOURNITURE D'EAU POTABLE	23
4.5.3. NAVIGATION ET DÉVELOPPEMENT TOURISTIQUE	26

4.5.4. CIRCULATION ROUTIÈRE EN CRÊTE D'OUVRAGE	27
4.5.5. PASSES À POISSONS POUR LA MIGRATION PISCICOLE	27
4.6. RÈGLES DE GESTION DU BARRAGE D'ARZAL.....	28
5. ETAT ACTUEL DU SITE ET DE SON ENVIRONNEMENT	29
5.1. MILIEU PHYSIQUE	29
5.1.1. FACTEURS CLIMATIQUES	29
5.1.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE / GÉOTECHNIQUE	29
5.1.3. EN AVAL DU BARRAGE – MER.....	31
5.1.4. EN AMONT DU BARRAGE - VILAINE	34
5.1.5. RISQUE D'INONDATION ET SUBMERSION MARINE	36
5.2. QUALITE DES EAUX.....	37
5.2.1. OBJECTIFS DE QUALITÉ DES MILIEUX RÉCÉPTEURS	37
5.2.2. QUALITÉ DES EAUX DE TRANSITION	41
5.3. PATRIMOINE CULTUREL ET PAYSAGER.....	45
5.3.1. SITES INSCRITS ET CLASSÉS	45
5.3.2. PATRIMOINE ARCHITECTURAL.....	47
5.3.3. SITES ARCHÉOLOGIQUES.....	47
5.4. MILIEU NATUREL.....	47
5.4.1. PATRIMOINE NATUREL.....	47
5.4.2. DIAGNOSTIC BIOLOGIQUE.....	52
5.4.3. DONNÉES BIBLIOGRAPHIQUES SUR LES ESPÈCES BENTHIQUES	62
5.4.4. SUIVI SCIENTIFIQUE DES ESPÈCES PISCICOLES	63
5.5. SYNTHÈSE DE LA DESCRIPTION DES FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX	66
6. RAISONS POUR LESQUELLES LE PROJET A ÉTÉ RETENU / ETUDES PRÉALABLES À LA DÉFINITION DU PROJET	67
6.1. CREATION D'UNE NOUVELLE ECLUSE	67
6.2. SOLUTIONS ALTERNATIVES ETUDIÉES EN 2020-2022	67
7. PRÉSENTATION DE LA SOLUTION RETENUE ET DES MODALITÉS DE SA MISE EN ŒUVRE	70
7.1. PLAN MASSE	70
7.2. PRINCIPES RETENUS POUR LA PARTITION DU SAS EN DEUX ÉLÉMENTS	72
7.3. FONCTIONNEMENT PROJETÉ	73
7.3.1. LORSQUE LE NIVEAU DE MER EST SUPÉRIEUR AU NIVEAU DE LA VILAINE.....	73

7.3.2.	LORSQUE LE NIVEAU DE MER EST INFÉRIEUR AU NIVEAU DE LA VILAINE	75	12.1.	EN PHASE DE TRAVAUX.....	103
7.4.	DESCRIPTION DES TRAVAUX.....	77	12.1.1.	MESURES RELATIVES AUX ENGINS DE CHANTIER	103
7.4.1.	DÉROULEMENT DES TRAVAUX	77	12.1.2.	GESTION DES DÉCHETS DE CHANTIER	103
7.4.2.	ACCÈS ET AIRES DE STOCKAGE.....	78	12.1.3.	MESURES RELATIVES AU MILIEU NATUREL.....	103
7.5.	PLANNING PREVISIONNEL DE REALISATION DES TRAVAUX	80	12.1.4.	MESURES RELATIVES À LA QUALITÉ DES COQUILLAGES.....	103
8.	COÛT PRÉVISIONNEL DU PROJET	87	12.1.5.	MESURES RELATIVES À LA QUALITÉ DE L'EAU	104
8.1.	COUT GLOBAL DES TRAVAUX	87	12.2.	EN PHASE D'EXPLOITATION	105
8.2.	COUT DE FONCTIONNEMENT DE LA STATION DE POMPAGE.....	87	12.2.1.	OPÉRATION DE MAINTENANCE	105
9.	INCIDENCES DU PROJET SUR LES SITES NATURA 2000 LES PLUS PROCHES.	88	12.2.2.	SUIVI CHIMIQUE ET MICROBIOLOGIQUE SUR LES COQUILLAGES.....	105
9.1.	RAPPEL	88	13.	COMPATIBILITÉ DU PROJET AVEC LE SDAGE ET LE SAGE APPLICABLES	105
9.2.	DESCRIPTION DES SITES NATURA 2000	88	13.1.	LE SDAGE LOIRE-BRETAGNE 2022-2027	105
9.3.	ANALYSE DES INCIDENCES NATURA 2000.....	88	13.1.1.	PRÉSENTATION	105
9.3.1.	EFFETS ET MESURES EN PHASE CHANTIER.....	88	13.1.2.	PROJET AU REGARD DU SDAGE.....	106
9.3.2.	EFFETS ET MESURES EN PHASE D'EXPLOITATION	89	13.2.	SAGE VILAINE.....	106
10.	INDICENCES DU PROJET ET MESURES POUR ÉVITER, RÉDUIRE ET COMPENSER LES EFFETS CONSTATÉS	89	13.2.1.	PRÉSENTATION	106
10.1.	EFFETS TEMPORAIRES ET MESURES DURANT LES TRAVAUX	89	13.2.2.	PROJET AU REGARD DU SAGE	107
10.1.1.	MESURES GÉNÉRALES ET ORGANISATION DU CHANTIER.....	89			
10.1.2.	MILIEU PHYSIQUE.....	91			
10.1.3.	QUALITÉ DES EAUX	91			
10.1.4.	MILIEU BIOLOGIQUE	93			
10.1.5.	ACTIVITÉS HUMAINES ET USAGES.....	93			
10.1.6.	PAYSAGE.....	94			
10.2.	INCIDENCES ET MESURES PENDANT LA PERIODE D'EXPLOITATION.....	94			
10.2.1.	MILIEU PHYSIQUE.....	95			
10.2.2.	QUALITÉ DES EAUX	95			
10.2.3.	MILIEU BIOLOGIQUE	95			
10.2.4.	ACTIVITÉS HUMAINES ET USAGES.....	98			
10.2.5.	PAYSAGE.....	99			
10.2.6.	STABILITÉ DU BARRAGE.....	99			
11.	SYNTHÈSE DES MESURES POUR EVITER-RÉDUIRE-COMPENSER (ERC).....	100			
12.	MOYENS DE SURVEILLANCE ET SUIVI	103			

TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristique de la station hydrométrique retenue	35
Tableau 2 : Débits caractéristiques au droit du barrage.....	35
Tableau 3 : Seuils de qualité employés pour la mise en œuvre de la directive de 2006, Source : Note d'information de la Direction générale de la Santé du 23/05/2014	37
Tableau 4 : Modalités de classement des sites de baignade selon la directive de 2006	37
Tableau 5 : Exigences réglementaires et classement des zones conchylicoles	37
Tableau 6 : Classes de qualité sanitaire des sites de pêche à pied de loisir	38
Tableau 7 : Etat des masses d'eau concernées par le projet	41
Tableau 8 : Répartition des résultats (ARS)	44
Tableau 9 : Espèces inscrites à l'article 4 de la directive 2009/147/CE	51
Tableau 10 : Habitats inscrits à l'Annexe I présents sur le site	52
Tableau 11 : Espèces inscrites à l'Annexe II de la directive 92/43/CEE	52
Tableau 12 : Autres espèces de faune et flore importantes	52
Tableau 13 : Méthodologies des expertises écologiques selon les différents groupes biologiques)	52
Tableau 14 : Biodiversité et enjeux biologiques potentiels du site - synthèse	62
Tableau 15 : Seuils définis par le Règlement (CE) n°1881/2006 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires	92
Tableau 16 : Seuils définis par le Règlement (CE) n°1881/2006 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires	104
Tableau 17 : Orientations du SDAGE Loire-Bretagne 2022-2027	106

FIGURES

Figure 1 : Localisation géographique du projet	8
Figure 2 : Vue aérienne et cadastrale du projet	9
Figure 3 : Propriétés appartenant à Eaux & Vilaine	10
Figure 4 : Vue aérienne du barrage et de l'usine Vilaine Atlantique	11
Figure 5 : Plan masse d'avant-projet de la solution retenue	11
Figure 6 : Les différentes limites sur la Vilaine - Source : Eaux et Vilaine	12
Figure 7 : Plan des travaux, 1966 (Archives départementales du Morbihan).....	12
Figure 8 : Photographies illustrant la construction du barrage	13
Figure 9 : Vue en plan du barrage et de ses principaux équipements.....	14
Figure 10 : Localisation des prises de vues autour du barrage d'Arzal.....	15
Figure 11 : Vue de l'écluse en aval de la porte intermédiaire vers l'amont - Source : ARTELIA	17
Figure 12 : Vue de l'écluse en amont de l'ouvrage vers l'estuaire avec (à gauche) — Bavec bateau attendant l'ouverture de l'écluse (à droite) - Source : ARTELIA.....	17
Figure 13 : Statistiques de passages et fermetures des écluses au cours d'une année	17
Figure 14 : Localisation des prises de vue autour de l'écluse	18
Figure 15 : Rampe de la passe à anguilles au droit des gabions (à gauche) - Substrat de reptation des anguilles (à droite)	19
Figure 16 : Localisation de la passe à anguilles construite en 2006 sur le barrage d'Arzal, au droit de l'écluse – Source : Eaux&Vilaine	19
Figure 17 : Passe à anguilles construite en 2006 en rive droite du barrage d'Arzal (rampe plongeant dans l'estuaire et local de piégeage) – Source : Eaux&Vilaine	19
Figure 18 : Bassin de repos situé entre les deux rampes (à gauche) - Seconde rampe et bassin de piégeage (à droite) - Source : Eaux&Vilaine	20
Figure 19 : Mur guide eau et bâti blindé.....	20
Figure 20 : Vue de dessus et en 3D de la passe à bassins d'Arzal	20
Figure 21 : Vue aérienne des passes construites en 1995 et localisées près des gabions (à gauche) - Photographie d'un des bassins de la passe à poissons (à droite)	21
Figure 22 : Local du suivi vidéo (à gauche) - Mulets en migration dans la passe (à droite).....	21
Figure 23 : Piégeage avec quelques kilogrammes de civelles - Source : Eaux et Vilaine	21
Figure 24 : Civelles en migration sur une rampe – Source : Eaux&Vilaine	21

Figure 25 : Installation d'un siphon à proximité des gabions aval	22
Figure 26 : Siphons de soutirage des eaux saumâtres	22
Figure 27 : Vue 3D de la prise d'eau et de la filière de traitement actuelle (Source : SAFEGE)	23
Figure 28 : Périmètres de protection de captage de l'usine de Vilaine Atlantique à Férel.....	25
Figure 29 : Vue aérienne sur le port de plaisance d'Arzal-Camoël	26
Figure 30 : Passage de l'écluse à Arzal – Source : Eaux et Vilaine.....	26
Figure 31 : Vue des accès à la commune d'Arzal - source : Géoportail.....	27
Figure 32 : Pont mobile levant permettant le passage des bateaux	27
Figure 33 : Précipitations à Billiers, sur la période 1981-2010 (Source : Infoclimat)	29
Figure 34 : Températures sur Billiers, sur la période 1981-2010 (Source : Infoclimat)	29
Figure 35 : Carte géologique aux abords du périmètre d'étude.....	30
Figure 36 : Analyse statistique des niveaux aval sur la chronique 2003-2023.....	31
Figure 37 : Chroniques des niveaux aval disponibles.....	31
Figure 38 : Courbe d'extrapolation directe du niveau de pleine mer	32
Figure 39 : Courbe d'extrapolation indirecte du niveau de pleine mer	32
Figure 40 : Projection de remontée eustatique du niveau moyen à Saint-Nazaire pour différents scénarii climatiques (source : GIEC/NASA)	32
Figure 41 : Vitesses de courant maximales à proximité du projet (source : datashom).....	33
Figure 42 : Rotodévaseur, propriété d'Eaux&Vilaine.....	33
Figure 43 : Localisation des points de prélèvement des sédiments les plus proches de l'écluse	34
Figure 44 : Niveaux de la Vilaine au droit du barrage d'Arzal	34
Figure 45 : Débits mensuels moyens et module au droit du barrage d'Arzal	35
Figure 46 : Débits classés au droit du barrage d'Arzal	35
Figure 47 : Schéma hydraulique de la Vilaine au droit du complexe d'Arzal - Bilan annuel en haut - Bilan en période estival en bas	36
Figure 48 : Schéma de principe défini par la DCE	38
Figure 49 : Schématisation du processus d'évaluation de l'état d'une masse d'eau de surface.....	39
Figure 50 : Masses d'eau superficielles concernées par le projet.....	40
Figure 51 : Points de mesure installés entre le barrage d'Arzal et l'Usine de Férel	41
Figure 52 : Suivi des chlorures à la prise de Férel depuis 2020 (Source : Eaux et Vilaine).....	41
Figure 53 : Identification des zones de production conchylicole du Morbihan – classement sanitaire pour les coquillages du groupe 2	42
Figure 54 : Identification des zones de production conchylicole du Morbihan – classement sanitaire pour les coquillages du groupe 3	42
Figure 55 : Suivi REMI pour la zone 56.17.10 – Groupe 2 – Estuaire de la Vilaine – Vilaine.....	42
Figure 56 : Suivi REMI pour la zone 56.17.3 – Groupe 3 – Estuaire de la Vilaine – Embouchure de la Vilaine.....	42
Figure 57 : Suivi REMI pour la zone 56.17.4 – Groupe 3 – Estuaire de la Vilaine – Baie de la Vilaine	43
Figure 58 : Suivi ROCCH pour la zone 56.17.....	43
Figure 59 : Localisation du point de prélèvement « Le Loguy ».....	43
Figure 60 : Evolution des résultats d'analyses bactériologiques (ARS)	44
Figure 61 : Qualité des eaux de baignade à proximité du barrage d'Arzal (Ministère des Affaires Sociales et de la Santé)	44
Figure 62 : Contexte patrimonial et archéologique à proximité du barrage d'Arzal	46
Figure 63 : Photographies prises depuis le site de Broël-sur-Vilaine.....	47
Figure 64 : ZNIEFF à proximité du barrage d'Arzal.....	48
Figure 65 : Sites Natura 2000 à proximité du barrage d'Arzal	50
Figure 66 : Atriplex longipes	53
Figure 67 : Observations d'Atriplex longipes et Atriplex xgustafssoniana au nord du site d'étude	53
Figure 68 : Habitat d'Atriplex longipes (orange)	53
Figure 69 : Hybridations possibles impliquant Atriplex longipes	54
Figure 70 : Habitats selon la nomenclature EUNIS	58
Figure 71 : Enjeux faune observés	61
Figure 72 : Richesse spécifique et densité	63
Figure 73 : Répartition des groupes taxonomiques selon l'abondance par station	63
Figure 74 : Planche photographique des espèces dominantes (® IDRA Bio & Littoral)	63
Figure 75 : Plan masse simplifié de la solution de référence (concours et AVP)	67

Figure 76 : Plan de projet de la solution 2a	71
Figure 77 : Vanne secteur dans son environnement	72
Figure 78 : Vue aérienne de la zone de travaux et ses accès.....	79
Figure 79 : Prix moyen du kWh sur 2022 (€/kWh).....	87
Figure 80 : Proposition de point de suivi microbiologique et chimique au lieu-dit « Vieille Roche »	92
Figure 81 : Proposition de localisation de la sonde pour le suivi de la turbidité	93
Figure 82 : Plan d'intention initial du projet et emplacement de la station de rejet des eaux de pompage ..	96
Figure 83 : Plan d'implantation des ouvrages.....	96
Figure 84 : Coupe longitudinale du bassin de dissipation/décantation et son rejet	96
Figure 85 : Habitat d'Atriplex longipes (orange) et emplacement du point de rejet des eaux de pompage...	97
Figure 86 : Débits classés à Arzal pour les mois d'avril à août - Source : Hydroportail 2002 -2023	98
Figure 87 : Intégration paysagère du bâtiment technique	99
Figure 88 : Proposition de point de suivi microbiologique et chimique au lieu-dit « Vieille Roche »	103
Figure 89 : Mise en œuvre du portique pour la mise en place du batardeau aval	105



ETUDE D'INCIDENCE SANS SES ANNEXES

1. PREAMBULE

Le barrage d'Arzal situé sur l'estuaire de la Vilaine, et inauguré en 1970, constitue l'ouvrage clé contrôlant les écoulements sur la partie aval du fleuve.

Le barrage d'Arzal vient bloquer la marée qui remontait auparavant jusqu'à l'amont de Redon. En période de vives-eaux, la marée venait contrarier l'écoulement des crues, provoquant des inondations à répétition de la vallée. Le barrage a ainsi permis de réduire notablement les risques de débordement, même si la région reste toujours sensible aux grandes crues de la Vilaine. En régulant à l'amont le niveau du plan d'eau, le barrage facilite aussi la navigation sur la rivière et a permis le développement de plusieurs ports de plaisance. Finalement, en arrêtant la marée, le barrage crée un plan d'eau douce de 50 millions de mètres cubes favorable aux activités touristiques et à l'approvisionnement en eau potable.

Cependant, la construction d'un tel ouvrage n'est pas sans conséquences :

- Le fonctionnement de l'écluse laisse pénétrer dans la Vilaine de l'eau salée qui perturbe le process de l'usine de production d'eau potable de Vilaine Atlantique à Férel, la plus importante de Bretagne et dont la prise d'eau est située dans la réserve d'eau douce contrôlée par le barrage d'Arzal. L'usine, qui alimente jusqu'à 1 million de personnes en été, est un équipement stratégique pour la sécurisation de l'approvisionnement en eau potable de la Loire Atlantique, du Morbihan et de l'Ille-et-Vilaine. Ces intrusions sont d'autant plus importantes en été que le débit d'étiage est faible et que le trafic des bateaux est fort ;
- La construction du barrage a eu pour conséquence une aggravation du phénomène d'envasement à l'échelle globale de l'estuaire de la Vilaine. Plus localement, à l'aval de l'écluse actuelle, l'envasement du chenal d'accès oblige Eaux&Vilaine à réaliser régulièrement des opérations de curage pour maintenir le tirant d'eau nécessaire au passage des bateaux. Les essais de chasse réalisés via l'écluse se sont révélés peu concluants, car limités par la conception des portes ;
- Les passes à poisson existantes, bien que fonctionnelles, ne compensent pas totalement l'obstacle à la libre circulation piscicole que constitue le barrage. Le rétablissement d'une continuité hydraulique lors des périodes de migration pourrait constituer une amélioration supplémentaire.

Pour trouver une réponse à toutes ces insuffisances, l'IAV (devenue depuis l'EPTB Vilaine puis Eaux&Vilaine) a envisagé, dès 2008, la construction d'une deuxième écluse au barrage d'Arzal.

Un des objectifs de la nouvelle écluse était de limiter les intrusions d'eau saline afin de respecter les normes de potabilisation imposées (soit une concentration maximale admissible au droit de la prise d'eau de 100 mg/l en NaCl), tout en limitant, voire en supprimant, les volumes d'eau évacués par les siphons.

Une solution d'écluse complémentaire répondant à l'ensemble des objectifs fixés par Eaux&Vilaine a été définie à l'issue d'un concours qui a été conduit en 2009. Cette solution a été ensuite développée et a donné lieu à l'établissement d'un Avant-Projet remis en mars 2014.

En 2020, Eaux&Vilaine a cependant souhaité étudier des solutions optimisées, alternatives ou d'attente, permettant de réduire les coûts d'investissements du projet, tout en obtenant des résultats acceptables au regard des enjeux identifiés. En 2022, une étude de solutions optimisées a été remise à la suite de laquelle une solution alternative d'amélioration de l'écluse existante a été retenue. Cette alternative s'intègre dans le corps même de l'ouvrage et consiste à mettre en place une vanne secteur en aval de la porte écluse amont.

Au regard de la nature du projet, cette solution de modification de l'écluse actuelle relève :

¹ Cerfa déposé en parallèle du présent document d'incidences, et dont l'arrêté préfectoral reçu le 24 juillet 2023 dispense d'évaluation environnementale (en Annexe 1)

- D'un dossier loi sur l'eau en procédure d'autorisation (y compris Natura 2000) ;
- D'une demande d'examen au cas par cas¹.

2. CONTEXTE REGLEMENTAIRE

2.1. LOI SUR L'EAU

2.1.1. Les articles L.214-1 à L.214-6 du Code de l'Environnement

L'article L.211-1 du code de l'environnement a pour objet une gestion équilibrée et durable de la ressource en eau par :

- La prévention des inondations et la préservation des écosystèmes aquatiques, des sites et des zones humides ;
- La protection des eaux et la lutte contre toute pollution par déversements, écoulements, rejets, dépôts directs ou indirects de matières de toute nature et plus généralement par tout fait susceptible de provoquer ou d'accroître la dégradation des eaux en modifiant leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques ou bactériologiques, qu'il s'agisse des eaux superficielles, souterraines ou des eaux de la mer dans la limite des eaux territoriales ;
- La restauration de la qualité de ces eaux et leur régénération ;
- Le développement, la mobilisation, la création et la protection de la ressource en eau ;
- La valorisation de l'eau comme ressource économique et la répartition de cette ressource ;
- La promotion d'une utilisation efficace, économe et durable de la ressource en eau.

« Les installations, ouvrages, travaux et activités visés par l'article L.214-1 [c'est-à-dire celles et ceux qui entraînent des prélèvements sur les eaux superficielles ou souterraines, restitués ou non, une modification du niveau ou du mode d'écoulement des eaux, la destruction de frayères, de zones de croissance ou d'alimentation de la faune piscicole, ou des déversements, écoulements, rejets ou dépôts directs ou indirects, chroniques ou épisodiques, même non polluants] sont définis par une nomenclature et sont soumis à autorisation ou à déclaration suivant les dangers qu'ils présentent (...) (article L.214-2) ».

« Sont soumis à **Autorisation** de l'autorité administrative les installations, ouvrages, travaux et activités susceptibles de présenter des dangers pour la santé et la sécurité publique, de nuire au libre écoulement des eaux, de réduire la ressource en eau, d'accroître notablement le risque d'inondation, de porter atteinte gravement à la qualité ou à la diversité du milieu aquatique »

« Sont soumis à **Déclaration** les installations, ouvrages, travaux et activités qui, n'étant pas susceptibles de présenter de tels dangers, doivent néanmoins respecter les prescriptions édictées en application des articles L.211-2 et L.211-3 (article L.214-3) »

Le Code de l'Environnement « institue, par conséquent, un régime de déclaration ou d'autorisation pour les installations, ouvrages, travaux et activités affectant d'une manière ou d'une autre l'aménagement et la qualité des eaux ».

2.1.2. Nomenclature des opérations soumises à autorisation ou à déclaration

La nomenclature des installations, ouvrages, travaux et activités soumis à autorisation ou à déclaration en application des articles L.214-1 à L.214-6 est annexée à l'article R.214-1.

Cette nomenclature présente 5 titres :

Titre 1	Prélèvements	(5 rubriques)
Titre 2	Rejets	(11 rubriques)
Titre 3	Impact sur le milieu aquatique ou la sécurité publique	(15 rubriques)
Titre 4	Impact sur le milieu marin	(3 rubriques)
Titre 5	Autres régimes d'autorisation valant autorisation au titre des articles L.214-1 et suivants du Code de l'Environnement	(5 rubriques)

2.1.3. Application au présent projet

Le tableau suivant présente l'analyse du cadre réglementaire applicable au présent projet.

Rubrique	Alinéa	Libellé de la rubrique	Quantité totale	Quantité projet	Régime	Précisions sur les AIOT
4120	1	Travaux d'aménagement portuaires et autres ouvrages réalisés en contact avec le milieu marin et ayant une incidence directe sur ce milieu : 1° D'un montant supérieur ou égal à 1 900 000 euros (A) ; 2° D'un montant supérieur ou égal à 160 000 euros mais inférieur à 1 900 000 euros (D).	~ 12 500 000 €	~ 12 500 000 €	A	Aménagement d'une écluse anti-salinité au barrage d'Arzal, dans l'enceinte de l'écluse existante

2.2. EVALUATION ENVIRONNEMENTALE

Après analyse des rubriques 9, 10, 11, 18, 19, 21, 22 et 25, le projet ne semble entrer dans aucune des rubriques de l'annexe à l'article R122-2 du Code de l'environnement. Toutefois, Eaux&Vilaine a souhaité, par sa propre initiative, informer l'autorité chargée de l'examen au cas par cas, du projet envisagé.

L'arrêté préfectoral reçu le 24 juillet 2023 suite au dépôt du dossier d'examen au cas par cas dispense le projet de la réalisation d'une évaluation environnementale (cf. Annexe 1).

3. OBJET, NATURE ET CONSISTANCE DES TRAVAUX

3.1. LOCALISATION DU PROJET

Le barrage d'Arzal (ou barrage d'Arzal-Camoël) est situé sur le cours inférieur de la Vilaine, entre les communes d'Arzal et de Camoël (Morbihan).

Il est situé à une dizaine de kilomètres en amont de l'embouchure de la Vilaine dans l'océan Atlantique, entre les bourgs d'Arzal (sur la rive droite) et de Camoël (sur la rive gauche). Il franchit le fleuve près d'un ancien passage par bac, au lieu-dit La Vieille-Roche.

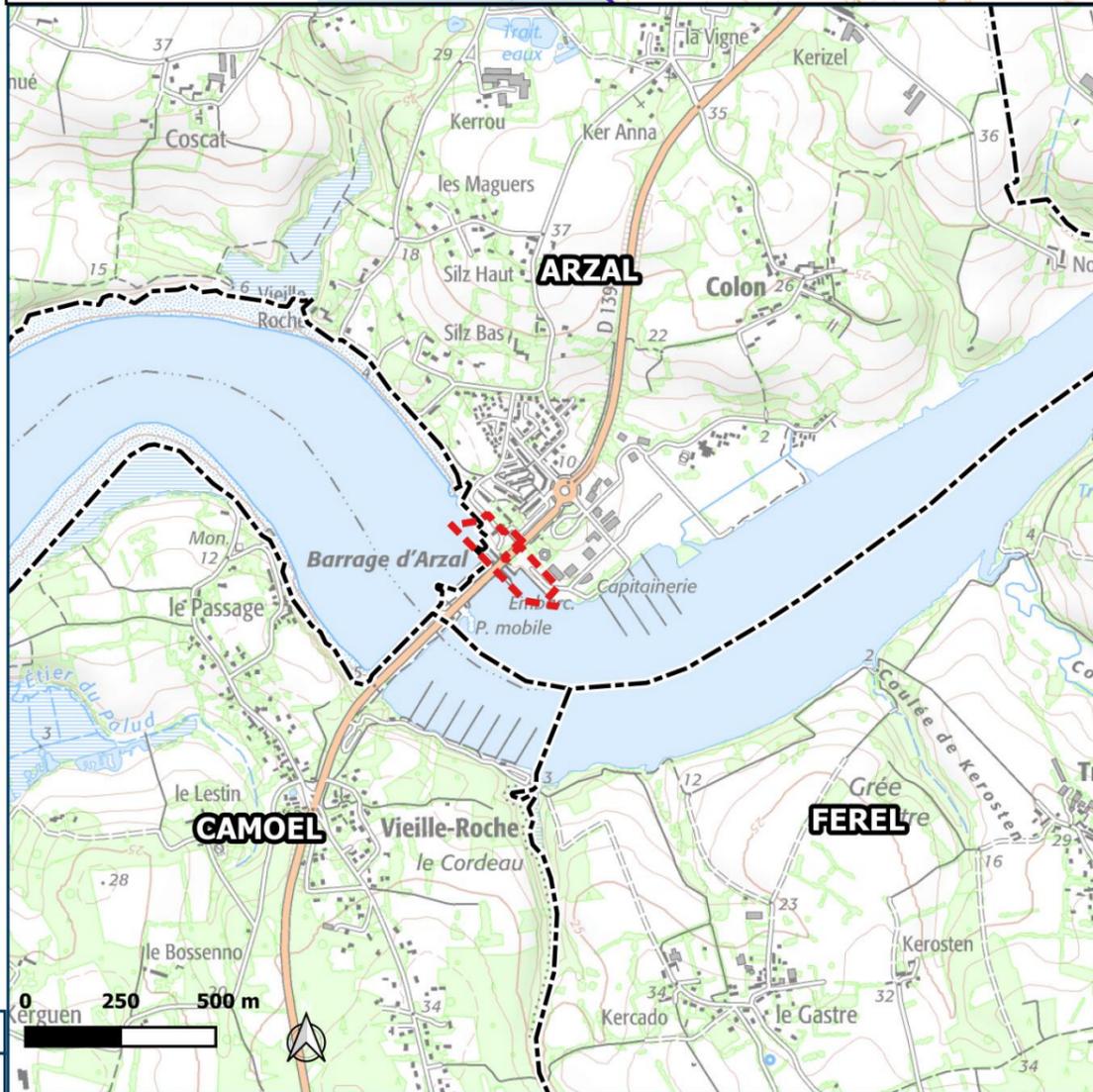
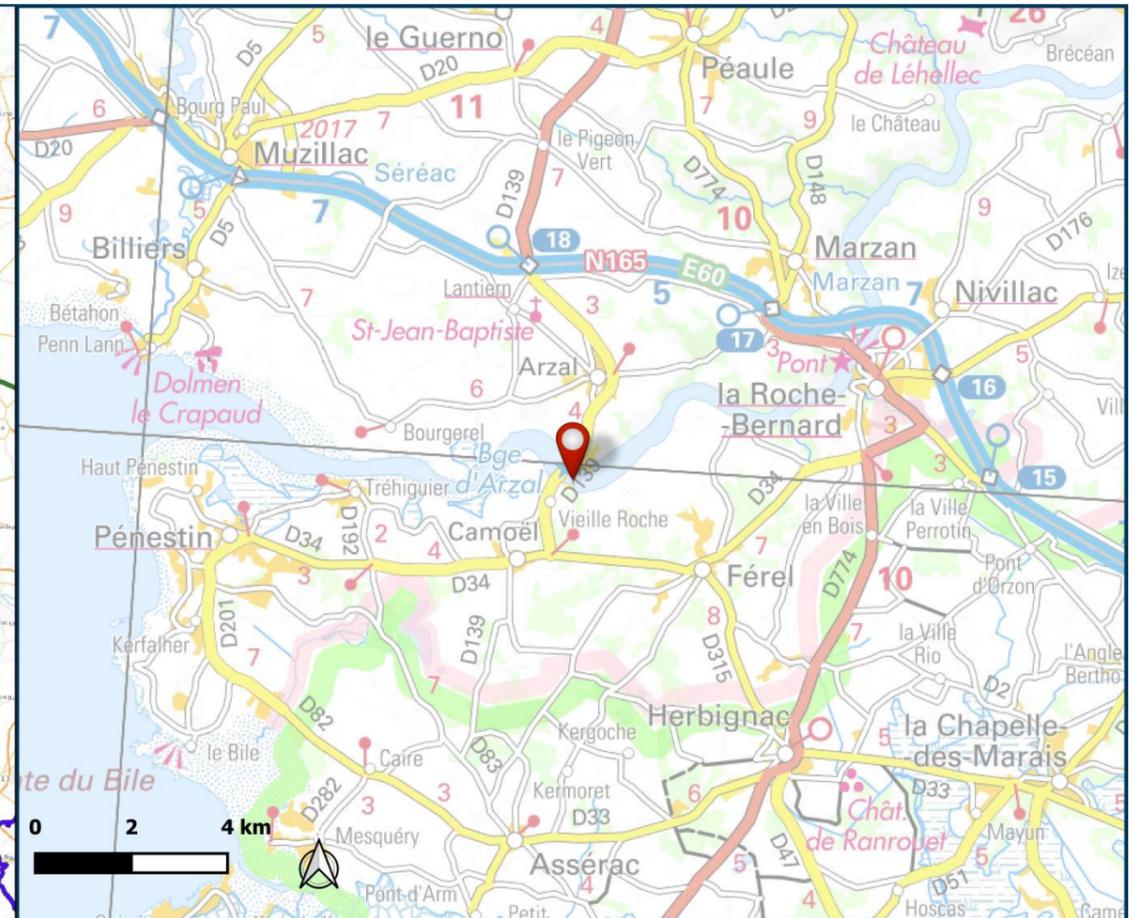
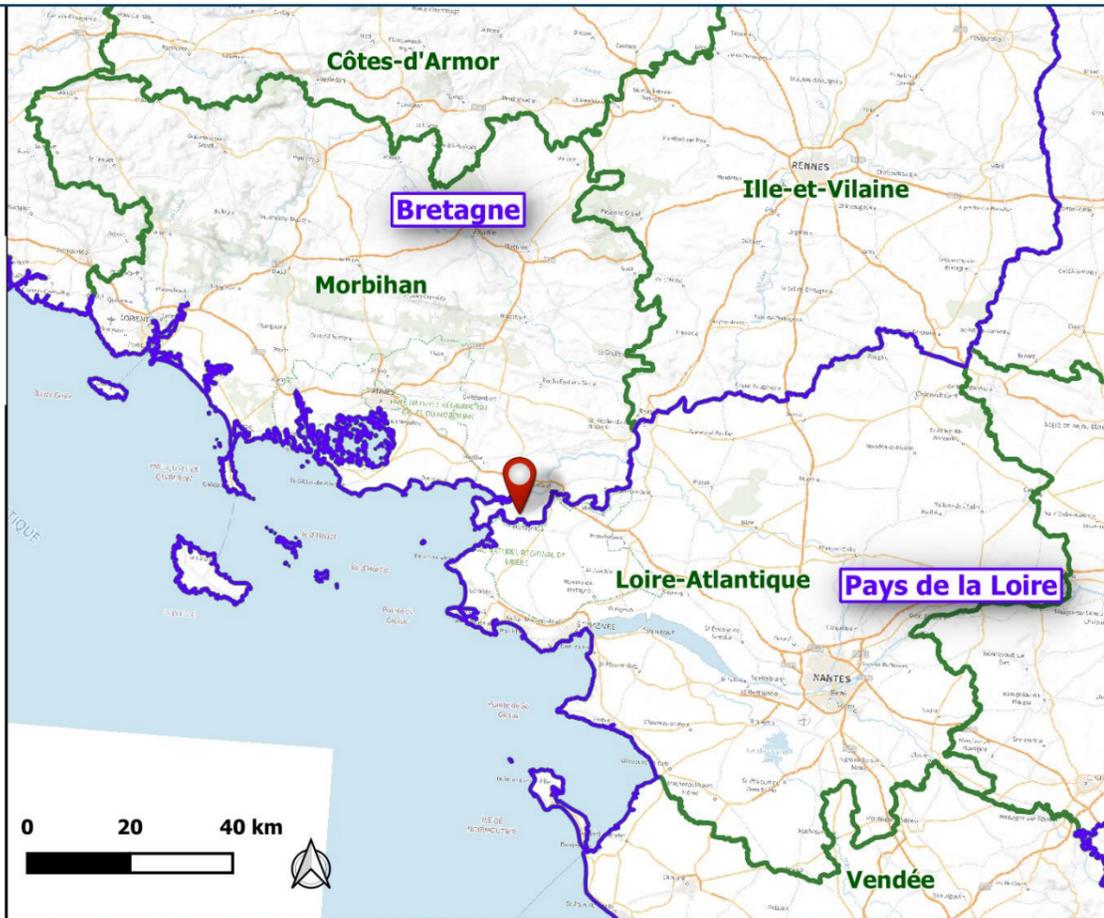
Les cartes en pages suivantes permettent de localiser le projet et les parcelles concernées. L'intégralité du projet se situe sur la commune d'Arzal et sur des parcelles appartenant au Maître d'Ouvrage.

EAUX ET VILAINE

Ecluse anti-salinité au barrage d'Arzal

LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE

-  Périmètre d'étude
-  Région
-  Département
-  Commune



Source(s) : SCAN 25 TOPO®, SCAN régional®, Admin express COG 2020, Ortho 20 cm

Conception et réalisation : ARTELIA 2024



4-53-0655

ACE PCE

EAUX ET VILAINE

Aménagement d'une écluse anti-salinité au barrage d'Arzal

VUE AÉRIENNE ET CADASTRALE

Cadastre

-  Bâtiment
-  Parcelle
-  Section
-  Commune



Source(s) : Ortho 20 cm, Cadastre

Conception et réalisation : ARTELIA 2023



4-53-0655

ACE

JBU



3.2. OBJET DES TRAVAUX

Le barrage d'Arzal, inauguré en 1970, est un ouvrage clé pour la gestion des niveaux sur le bassin de la Vilaine aval. Il contrôle une réserve d'eau douce de 50 millions de mètres cubes alimentant la plus grande unité de production d'eau potable de Bretagne : l'usine de Vilaine Atlantique à Férel, dont la prise d'eau est située à l'amont immédiat du barrage. Cette réserve est multi-usage et peut engendrer des conflits complexes à gérer, notamment en période de sécheresse entre la production d'eau potable et la navigation de plaisance.

Le barrage est équipé d'une écluse pour permettre le passage des bateaux de plaisance, entraînant des intrusions d'eau de mer lors des éclusées. Un système de siphons permet actuellement de capter la majeure partie des eaux salées parasites et de les rediriger vers l'estuaire. Cependant, en étiage, malgré les siphons, une fraction d'eau salée peut remonter dans le plan d'eau et dégrader la qualité de l'eau à la prise d'eau de l'usine. De plus les siphons sont très consommateurs d'eau et ce sont ainsi près de 400 000 m³ de ressource qui sont perdus chaque jour. En période de sécheresse, la seule solution pour préserver la ressource est ainsi de procéder à des restrictions d'éclusage pour limiter les entrées d'eau salée, voire de fermer complètement l'écluse pour arrêter les siphons et préserver la quantité d'eau. Dans un contexte de changement climatique ou les périodes de sécheresse vont se multiplier, les tensions sur la ressource vont être de plus en plus fortes et les conflits d'usage pourraient vont s'exacerber.

Le projet a ainsi pour objectif d'apporter une solution visant à traiter le problème « à la source » en supprimant les entrées d'eaux salées dans la réserve d'eau douce contrôlée par le barrage d'Arzal, ce qui permettra de sécuriser l'alimentation en eau potable et de garantir la continuité de navigation quelles que soient les conditions hydrologiques de la Vilaine.



Figure 4 : Vue aérienne du barrage et de l'usine Vilaine Atlantique

3.3. NATURE ET CONSISTANCE DES TRAVAUX

Le projet consiste à mettre en place un système anti-salinité qui s'intègre dans le corps même de l'ouvrage formé par l'écluse existante, au Nord du barrage. Le concept repose sur la création d'une vanne secteur en remplacement de la porte intermédiaire mais en amont du pont routier à moins de 10 m en aval de la porte écluse amont. Le fonctionnement de cette vanne secteur permettra le remplissage du sas par des eaux douces en surverse, tandis que les eaux saumâtres seront aspirées en fond d'écluses par l'intermédiaire de la station de pompage à créer. De cette façon, les eaux salées seront substituées du sas évitant ainsi toute incursion de sel lors de l'ouverture de celui-ci. La figure suivante, issue du rapport d'avant-projet (Artelia, novembre 2023), illustre le principe général du projet.

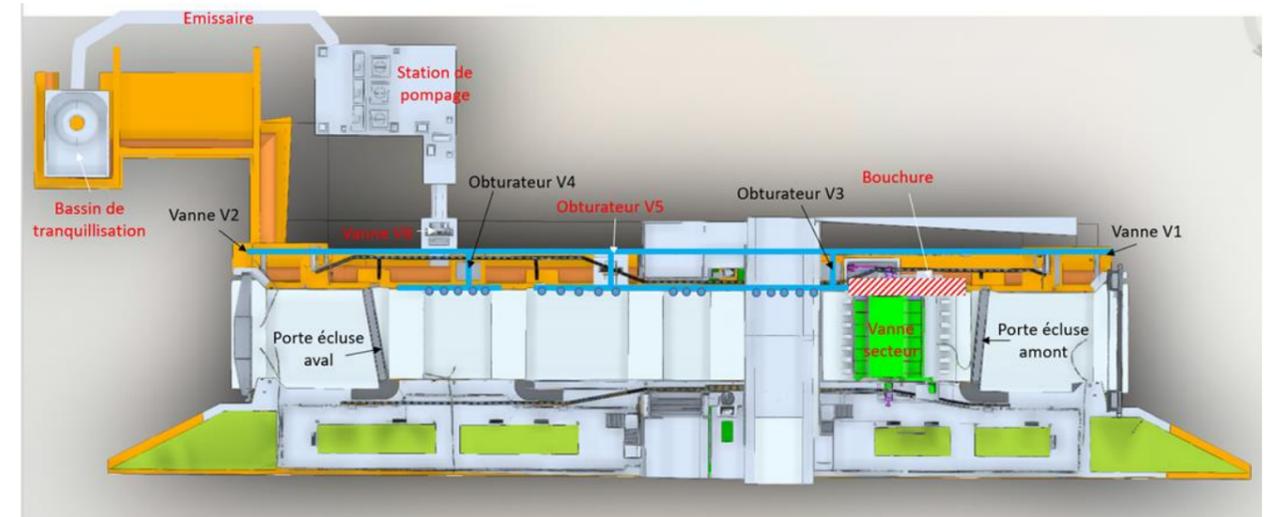


Figure 5 : Plan masse d'avant-projet de la solution retenue

Les travaux seront réalisés dans l'emprise de l'écluse existante exclusivement et consisteront à :

- Modifier l'existant : Bouchure de l'amont de la galerie de distribution amont, dépose de la porte écluse intermédiaire, remplacement de l'installation électrique et hydraulique, rénovation de la vantellerie existante ;
- Ajouter de nouvelles structures : vanne secteur, station de pompage et sa vanne d'isolement (V6), émissaire et bassin de tranquillisation, obturateur secondaire (V5) au niveau de la galerie de distribution amont.

Les travaux se dérouleront sur une période continue de 18 mois entre novembre 2025 et avril 2027. L'écluse ne fonctionnera pas durant les deux périodes hivernales sur une durée de cinq mois maximum (de novembre à fin mars). Néanmoins, la continuité de service relative à la circulation routière, au fonctionnement des vannes du barrage et des dispositifs de moutaison (passe et rampe) sera assurée pendant toute la durée du chantier.

Pour plus de détails sur la nature et la consistance des travaux prévus, on pourra se référer à la partie « Présentation de la solution retenue et des modalités de sa mise en œuvre ».

4. DESCRIPTION DU BARRAGE ET SES USAGES

Le barrage d'Arzal a été inauguré en 1970 et constitue l'ouvrage clé contrôlant les écoulements sur la partie aval du fleuve.

Cet ouvrage marque la limite actuelle de salure des eaux, et également la frontière entre la pêche maritime et la pêche fluviale appartenant à la Région Bretagne, comme illustré sur la carte ci-après. L'ouvrage bloque l'onde de marée à 12 kilomètres de l'embouchure de l'estuaire et constitue une rupture nette entre le milieu estuarien et le plan d'eau douce artificiellement créé à l'amont.

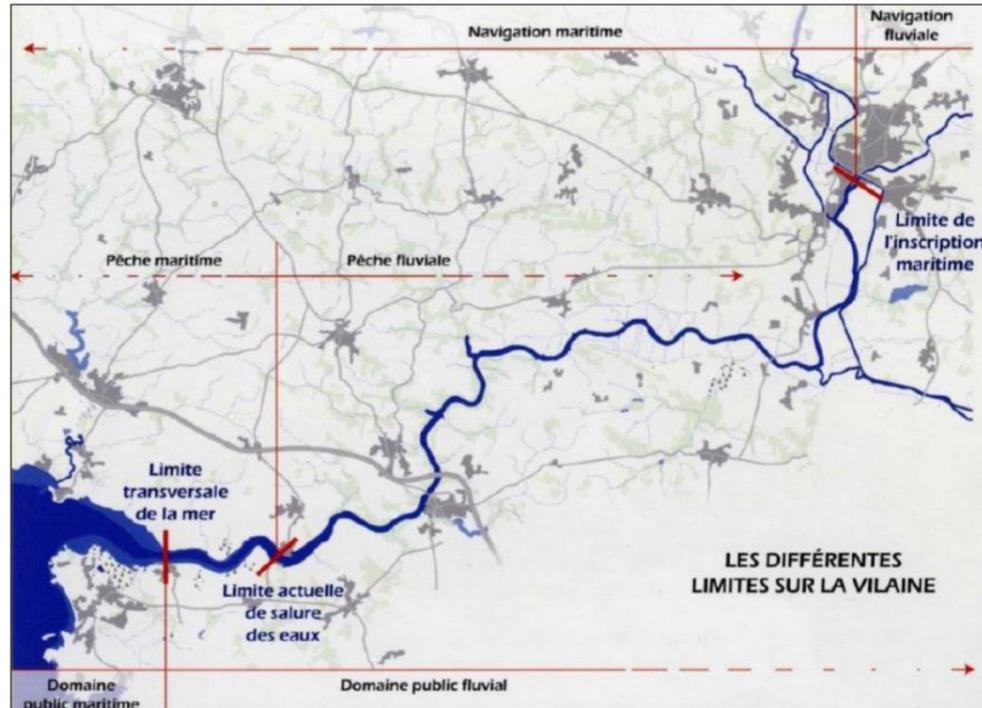


Figure 6 : Les différentes limites sur la Vilaine - Source : Eaux et Vilaine

Propriétaire et gestionnaire du barrage estuarien d'Arzal-Camoël depuis sa construction dans les années 1960, Eaux&Vilaine en assure l'exploitation, l'entretien et la gestion réglementaire.

4.1. ORIGINE DE LA CONSTRUCTION DU BARRAGE D'ARZAL

La mission première du barrage visait la protection contre les inondations en bloquant la remontée de la marée. L'ouvrage a ainsi permis de mettre hors d'eau l'agglomération de Redon pour les crues les plus fréquentes.

A son objectif initial de protection contre les crues s'ajoute le projet de développement de l'activité agricole sur les marais de Redon : le barrage aurait alors pour fonction de dessaler les marais tout en réduisant leur durée de submersion, les terres ainsi gagnées devenant exploitables pour l'agriculture.

Cet objectif n'a été réalisé qu'en partie. Les marais sont toujours majoritairement utilisés pour le pâturage et la production de foin, mais cette activité se place désormais dans un cadre moins contraint par les submersions. Il convient par ailleurs de signaler que les marais de Vilaine situés sous l'influence hydraulique du barrage d'Arzal sont classés Natura 2000.

4.2. HISTORIQUE DE L'OUVRAGE

En 1961, l'Institution d'aménagement de la Vilaine (IAV) fut créée par les départements du Morbihan, de l'Ille-et-Vilaine et de la Loire-Atlantique pour mener à bien les aménagements structurants nécessaires.

Des travaux de grande ampleur ont été menés entre 1965 à 1970 et se sont clôturés par la mise en service du barrage d'Arzal en 1970. C'est l'un des premiers cas de barrage construit sur de la vase.

Les travaux ont débuté par la mise en place d'une enceinte batardée sur la rive Nord afin d'y construire deux digues en enrochements - provisoires - réunies par une série de gabions. La vase puis la roche sont extraites de l'intérieur de l'enceinte. On y construit le quai, l'écluse et les cinq vannes par lesquels s'écoulera l'eau du fleuve pendant la construction de la digue de fermeture. Deux cordons d'enrochement sont ensuite établis. Ils traversent le lit de la rivière à l'aplomb de la future route. Des pieux sont forés tous les 2,50 mètres et du sable est déversé dans ces pieux afin d'assécher la vase pour la solidifier. Un treillis métallique est disposé sur les pieux et le tout est recouvert d'enrochements et de terre.

Mis en eau en 1970, le barrage est officiellement inauguré en 1972. Il est constitué des principaux équipements suivants, de la rive droite vers la rive gauche : une écluse et un pont mobile permettant le passage des bateaux, 5 vannes d'évacuation, une passe à poissons et une digue de fermeture de la Vilaine. Il constitue l'ouvrage clé contrôlant les écoulements sur la partie aval de la Vilaine.

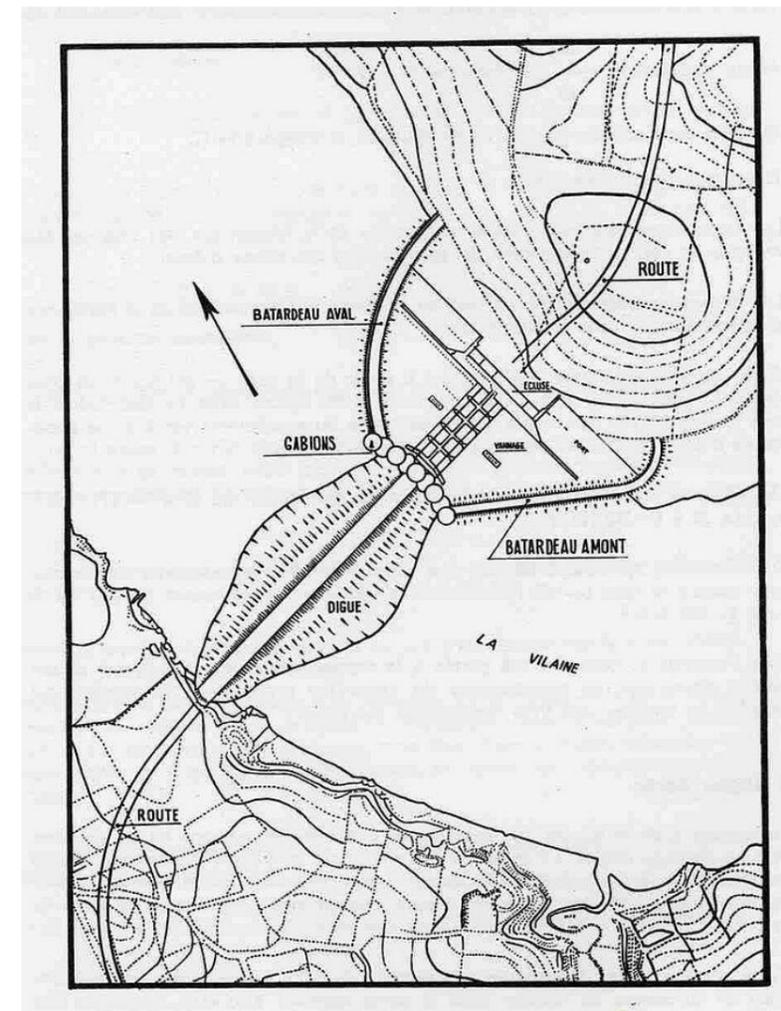


Figure 7 : Plan des travaux, 1966 (Archives départementales du Morbihan)



Figure 8 : Photographies illustrant la construction du barrage

Le plan d'eau douce créé et contrôlé par le barrage, associé à l'existence de l'écluse, a permis le développement d'abris portuaires (environ 3 500 bateaux en 2020 répartis sur les ports d'Arzal-Camoël, Foleux, La Roche-Bernard et Redon) et d'une activité nautique de plaisance qui constitue aujourd'hui l'essentiel du trafic de bateaux.

La création du plan d'eau a également rendu possible la construction d'une usine d'eau potable à quelque deux kilomètres en amont, sur la commune de Férel. Les 17 millions de mètres cubes traités par an alimentent à 70 % la presqu'île guérandaise — où le tourisme s'est énormément développé — et à 25 % le Morbihan, le reste étant destiné au sud-est de l'Ille-et-Vilaine, en particulier la ville de Redon.

Le rôle du barrage est donc aujourd'hui multifonctionnel : prévention des inondations à l'amont, production d'eau potable, maintien d'une activité agricole à l'amont, navigation de plaisance, etc.

4.3. CLASSEMENT REGLEMENTAIRE DE L'OUVRAGE

D'une hauteur de retenue de 6 m et un volume retenu de 5,5 millions de mètres cubes, le barrage était anciennement classé C au titre de l'arrêté du 3 décembre 2010, autorisé par le Code de l'Environnement.

Depuis le 29 avril 2021, l'ouvrage a été reclassé en catégorie B par arrêté préfectoral. Ce reclassement fixe les prescriptions complémentaires relatives à la sécurité de cet ouvrage.

En effet, au vu de ses caractéristiques, le barrage d'Arzal relève de la classe B définie à l'article R.214.112 du code de l'environnement. A ce titre, Eau&Vilaine tient à jour un dossier d'ouvrage et un registre, réalise en régie des visites de surveillance trimestrielles, des levés topographiques et des levés des tassomètres, ainsi que des visites techniques approfondies avec un bureau d'études spécialisé tous les 5 ans.

Par ailleurs, au titre de l'article 3 du présent arrêté, Eau&Vilaine doit mettre en œuvre toutes les mesures nécessaires permettant à la ligne de crête de la partie en remblai du barrage d'Arzal de ne pas descendre sous la cote altimétrique de +4,65m NGF.

4.4. DESCRIPTION DES ORGANES CONSTITUANT LE BARRAGE

4.4.1. Plan général du barrage

Le barrage d'Arzal est un ouvrage multi-usages qui assure les fonctions de :

- Retenue d'eau pour la fourniture d'eau potable ;
- Protection contre les crues et gestion des niveaux d'eau ;
- Navigation via les éclusées ;
- Circulation routière en crête d'ouvrage ;
- Passe à poisson pour la migration piscicole.

Pour assurer ces fonctions, le barrage est composé de plusieurs organes, de la rive droite vers la rive gauche :

- Une écluse (13 m de large et 80 mètres de long) et les ouvrages d'alimentation associés ;
- Une rampe à anguille située le long du mur guide-eau (construite en 2006) ;
- Un pont mobile levant permettant le passage des bateaux pendant les éclusées. Le barrage est en effet situé au droit d'une route départementale (la RD139), et le passage des bateaux nécessite l'arrêt de la circulation ;
- Cinq pertuis d'évacuation, équipés chacun d'une vanne levante (dimensions 18 m x 12 m) sur laquelle repose un volet basculant ;
- Une passe à poissons (construite en 1996), constituée d'une passe à bassins permettant le franchissement par les migrateurs, et de deux rampes à anguilles ;
- Une digue de fermeture de la Vilaine.

La longueur totale du barrage est d'environ 500 m : 140 m pour les ouvrages hydrauliques et 360 m pour la digue. Ses fondations sont complexes : les ouvrages hydrauliques (vannes et écluses) sont posés sur le substratum rocheux, en rive droite la digue est assise sur un sol vaseux aux mécanismes de tassement complexes en rive gauche.

Cependant, la construction d'un tel ouvrage n'est pas sans conséquences :

- Le fonctionnement de l'écluse laisse pénétrer dans la Vilaine de l'eau salée qui gêne l'usine de production d'eau potable de Vilaine Atlantique. Ces intrusions sont d'autant plus importantes en été que le débit d'étiage est faible et que le trafic des bateaux est fort ;
- La construction du barrage a eu pour conséquence une aggravation du phénomène d'envasement à l'échelle globale de l'estuaire de la Vilaine. Plus localement, à l'aval de l'écluse actuelle, l'envasement du chenal d'accès oblige Eau et Vilaine à réaliser régulièrement des opérations de curage pour maintenir le tirant d'eau nécessaire au passage des bateaux. Les essais de chasse réalisés via l'écluse se sont révélés peu concluants, car limités par la conception des portes ;
- Les passes à poissons existantes, bien que fonctionnelles, ne compensent pas totalement l'obstacle à la libre circulation piscicole que constitue le barrage. Le rétablissement d'une continuité hydraulique lors des périodes de migration pourrait constituer une amélioration supplémentaire.

Les figures en pages suivantes permettent d'avoir une vue générale de l'ouvrage et des équipements qui le constituent.

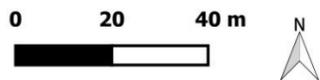


Figure 9 : Vue en plan du barrage et de ses principaux équipements

LOCALISATION DES PRISES DE VUES



Prise de vue



Source(s) : Ortho 20 cm

Conception et réalisation : ARTELIA 2024



4-53-0655

ACE JBU



Comme présenté sur le plan précédent, l'écluse se situe à proximité de plusieurs ouvrages qui jouent un rôle dans le fonctionnement du barrage.

4.4.2. Ecluse

4.4.2.1. Fonctionnement actuel de l'écluse

Le barrage d'Arzal est doté d'une écluse qui permet la navigation entre le fleuve et l'océan.

D'une longueur de 89m et largeur de 13m, l'écluse fonctionne en éclusées continues en commençant par la remontée des bateaux.

En fonction des conditions de marées, le niveau en estuaire peut être plus haut ou plus bas que le niveau de la Vilaine en amont. Une phase préalable d'équilibrage gravitaire des niveaux entre le sas et la Vilaine en éclusées montantes et entre le sas et l'estuaire en éclusées descendantes est donc nécessaire.

En fonction du nombre de bateaux à transiter, l'écluse peut fonctionner en grand sas (utilisation des portes écluse amont et aval) ou en petit sas (utilisation des portes écluse aval et intermédiaire). Le fonctionnement général reste toutefois similaire.

Le séquençage actuel pour des cycles en grand sas est décrit dans le tableau suivant.

Cycle lorsque le niveau de mer est <u>supérieur</u> au niveau de la Vilaine	Cycle lorsque le niveau de mer est <u>inférieur</u> au niveau de la Vilaine
Porte écluse amont fermée Porte intermédiaire ouverte Pont mobile ouvert (il reste abaissé en cas de fonctionnement petit sas) - circulation routière arrêtée	Porte écluse amont fermée Porte intermédiaire ouverte Pont mobile ouvert (il reste abaissé en cas de fonctionnement petit sas) - circulation routière arrêtée
1. Ouverture de la porte aval et entrée des bateaux dans l'écluse	1. Ouverture de la porte aval et entrée des bateaux dans l'écluse
2. Fermeture de la porte aval	2. Fermeture de la porte aval
3. Equilibrage gravitaire du sas avec le niveau d'eau amont - Ouverture de la vanne d'aqueduc en amont (V1)	3. Equilibrage gravitaire du sas avec le niveau d'eau amont - Ouverture de la vanne d'aqueduc en amont (V1)
4. Ouverture de la porte écluse amont à la fin de l'équilibrage et fermeture de V1 (ouverture du pont mobile si petit sas)	4. Ouverture de la porte écluse amont à la fin de l'équilibrage et fermeture de V1 (ouverture du pont mobile si petit sas)
5. Sortie des bateaux montants	5. Sortie des bateaux montants
6. Entrée dans le sas des bateaux en descente	6. Entrée dans le sas des bateaux en descente
7. Fermeture de la porte écluse amont (abaissement du pont mobile si petit sas)	7. Fermeture de la porte écluse amont (abaissement du pont mobile si petit sas)
8. Equilibrage gravitaire du sas avec le niveau aval – ouverture de la vanne d'aqueduc en aval (V2). A la fin de l'équilibrage, fermeture de V2	8. Equilibrage gravitaire du sas avec le niveau aval – ouverture de la vanne d'aqueduc en aval (V2). A la fin de l'équilibrage, fermeture de V2
9. Ouverture de la porte écluse aval, les bateaux sortent de l'écluse	9. Ouverture de la porte écluse aval, les bateaux sortent de l'écluse
10. Abaissement du pont mobile et reprise de la circulation routière	10. Abaissement du pont mobil et reprise de la circulation routière

Sauf avis contraire (crue, étiage sévère, travaux, incident), l'écluse fonctionne aux heures indiquées ci-dessous. En période de pointe, un éclusage peut durer plus de 40 minutes, notamment l'éclusage de fin de journée les dimanches et jours fériés. En période de grande crue, la navigation peut être totalement interdite entre Redon et le barrage d'Arzal.

4.4.2.2. Horaires d'éclusées

Le calendrier et les horaires des éclusées sont établis à l'avance (en intégrant les contraintes de niveaux) et communiqués aux plaisanciers :

- En période de pointe (août) la première éclusée est programmée à 8h et la dernière à 21h ;
- Les éclusées peuvent s'enchaîner toutes les heures lors des périodes de plus fortes sollicitations (sauf incident, ce planning est sensiblement respecté) ;
- En hiver (de novembre à mars inclus), six éclusées sont programmées chaque jour de 8h00 à 18h00 ;
- En mi-saison, (avril, mai, juin, d'une part et septembre, octobre, d'autre part) le programme propose sept éclusées quotidiennes avec huit à dix jours proposant deux éclusées complémentaires- plage d'ouverture 8h00 à 21h00 en moyenne ;
- En haute saison, (juillet et août), huit éclusées minima sont proposées pour juillet et neuf pour août avec certains jours (9 ou 10) qui proposent deux éclusées complémentaires. La plage d'ouverture est également 8h00-21h00 ;
- A raison de 22 à 25 bateaux maximum par éclusée et par sens, la programmation théorique actuelle permet d'offrir au maximum en pointe onze éclusées soit 484 à 550 passages quotidiens cumulés dans les deux sens, soit un maximum absolu de 16 500 passages (avalant + montant) sur le mois en supposant un remplissage intégral de l'écluse à chaque sassée ;
- La mise en place du Passeport-écluse permet à chaque plaisancier de connaître à l'avance les horaires de passage à l'écluse d'Arzal et de s'y pré-inscrire. Cette possibilité de pré-inscription n'est que partiellement utilisée, et les plaisanciers ne se conforment pas toujours à leur pré-inscription. En revanche, elle donne à tous, exploitant et plaisanciers, une vision prospective de la fréquentation de l'écluse lors des prochains passages et un laminage des pointes s'opère naturellement par ce biais.

Sauf ordre particulier, les bateaux rentrent dans le sas de l'écluse en fonction de l'ordre d'arrivée à quai. Les éclusages commencent toujours par le sens montant. Les bateaux sortant de l'écluse sont prioritaires. Les plaisanciers qui rentrent dans l'écluse sont tenus d'appliquer les ordres et consignes donnés par les barragistes, le lamanneur ou le personnel du port présent sur le plan d'eau. Tous les bateaux présents devant l'écluse à l'heure du dernier éclusage seront systématiquement sassés.



Figure 11 : Vue de l'écluse en aval de la porte intermédiaire vers l'amont - Source : ARTELIA



Figure 12 : Vue de l'écluse en amont de l'ouvrage vers l'estuaire avec (à gauche) — Bavec bateau attendant l'ouverture de l'écluse (à droite) - Source : ARTELIA

Sur la période 2016-2019, on compte en moyenne 55 jours de fermeture de l'écluse. Parmi eux :

- Près de la moitié (24 jours) est liée aux crues rendant la navigation impossible ;
- Le tiers (18 jours) est lié à l'objectif de protection de la ressource (salinité) ;
- Le reste (13 jours) est lié à des opérations de maintenance et des causes diverses.

Sur La période 2020-2022, on comptabilise au total près de 140 jours de fermeture cumulés :

- En 2020 : 56 jours de fermeture, en totalité en période hivernale pendant les crues ;
- En 2021 : 24 jours de fermeture, en totalité en période hivernale pendant les crues ;
- En 2022 : près de 60 jours de fermeture entre début août et début octobre, liés à l'objectif de protection de la ressource (salinité).

Les jours de fermeture pour des questions de risque de salinisation sont concentrés sur la période de fin de l'étiage : août, septembre et octobre.

Les critères de restriction liés à la protection de la ressource en eau potable (qualitative et quantitative) sont les suivants :

- Débit naturel de la Vilaine $\geq 10 \text{ m}^3/\text{sec}$ - pas de restriction ;
- Débit compris entre 2.5 et 10 $\text{ m}^3/\text{sec}$ (étiage prononcé) – limitations d'éclusage ;
- Débit $< 2.5 \text{ m}^3/\text{sec}$ – les éclusées peuvent être interdites.

On notera en 2017, un taux de disponibilité de l'écluse de 65 % entre août et octobre, et en 2022 un taux de disponibilité de l'écluse quasi-nul sur août et septembre. Ces chiffres sont à comparer avec la répartition annuelle moyenne du nombre de passages pour une année peu affectée par le problème de salinité – 2018, par exemple qui présentait 7 jours de fermeture-graphique ci-après.

- De fait, la tension reste la plus forte sur août et juillet.
- Ne sont pas comptabilisés ici les jours d'ouverture partielle où certaines éclusées ont été supprimées. Cependant, celles-ci ne représentent qu'un nombre très marginal.

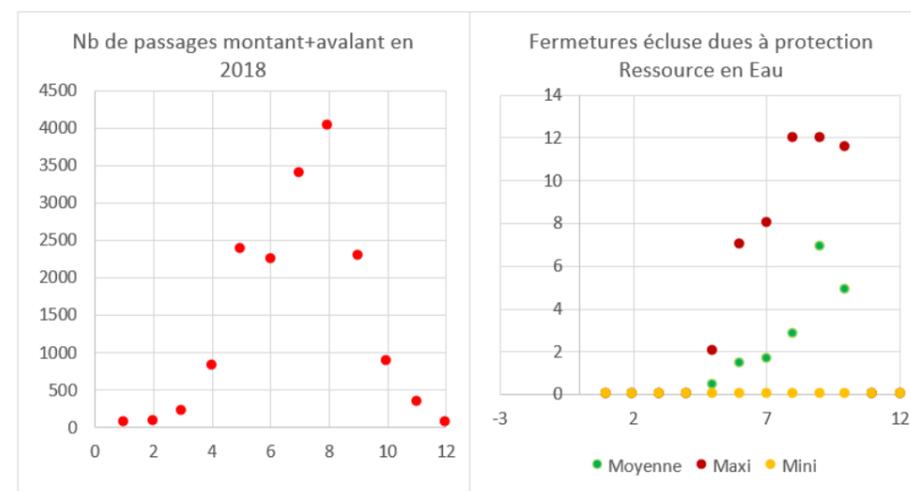
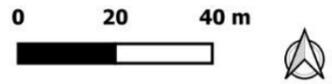
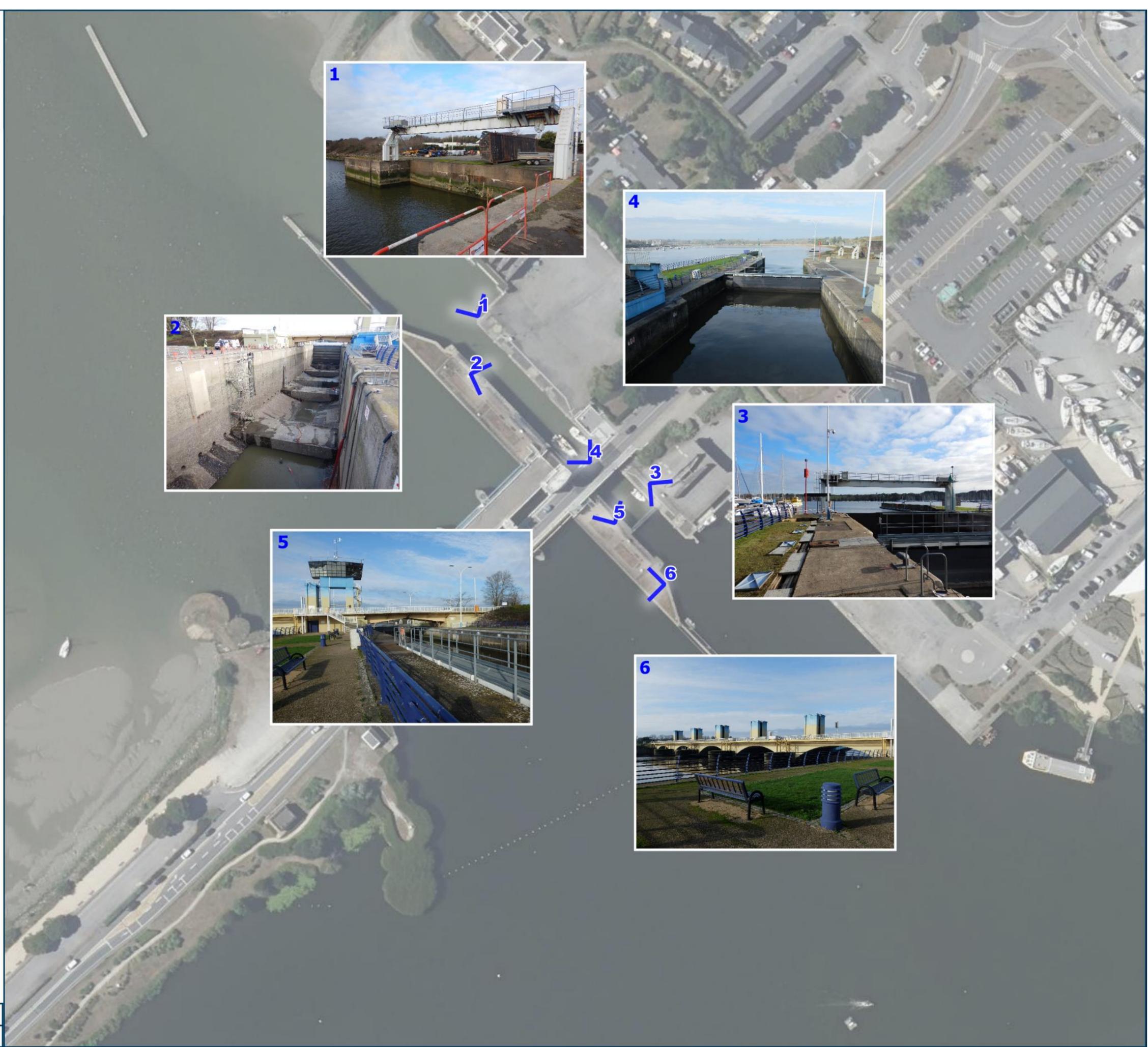


Figure 13 : Statistiques de passages et fermetures des écluses au cours d'une année

Ecluse anti-salinité au barrage d'Arzal

**LOCALISATION DES
PRISES DE VUES AUTOUR DE
L'ÉCLUSE**

> Prise de vue



Source(s) : Ortho 20 cm

Conception et réalisation : ARTELIA 2024



4-53-0655
ACE JBU

4.4.3. Dispositif de passe à anguilles

Le barrage d'Arzal constitue un obstacle majeur à la circulation des poissons migrateurs. Entre 1970 et 1995, année de la mise en service des dispositifs de franchissement, leurs populations ont très fortement régressé sur le fleuve, voire même disparu.

La construction de dispositifs de franchissement s'est donc révélée nécessaire pour rétablir l'équilibre. Les passes à poissons constituent une brèche dans l'ouvrage et sont aménagées pour permettre le franchissement des espèces piscicoles, grâce à l'attrait des débits du barrage.

Le barrage est à ce jour équipé des dispositifs suivants :

- Passe à bassins successifs pour les poissons, entre les gabions et le barrage ;
- Passes à anguilles en rive gauche du barrage, entre les gabions et le barrage.
- **Passe à anguilles en rive droite du barrage, à proximité de l'écluse ;**

Ces dispositifs font l'objet d'un suivi régulier.

■ Les passes à anguilles :

Les capacités physiologiques de l'Anguille européenne étant spécifiques et souvent peu conciliables avec les standards des autres espèces, des aménagements spécifiques sont nécessaires.

En effet, les civelles et les anguillettes d'une taille inférieure à 15 - 30 cm n'ont pas la capacité de nage pour franchir le seuil aval de la passe à bassins. Un ouvrage de franchissement spécifique à l'anguille a été construit en parallèle à la passe à bassins.

La migration des anguilles au barrage d'Arzal est assurée par :

- Une rampe adossée au mur guide eau en rive droite, qui ne collecte que 10% de la migration annuelle ;
- Deux rampes sur la passe principale en rive gauche ;
- Les pertuis du barrage en dévalaison.



Figure 15 : Rampe de la passe à anguilles au droit des gabions (à gauche) - Substrat de reptation des anguilles (à droite)

La rampe adossée au mur guide eau en rive droite a été construite en 2006 à côté de l'écluse pour tenter d'augmenter l'efficacité des conditions de franchissabilité des anguilles. Son principe de fonctionnement est le même que la passe à anguilles située en rive gauche.

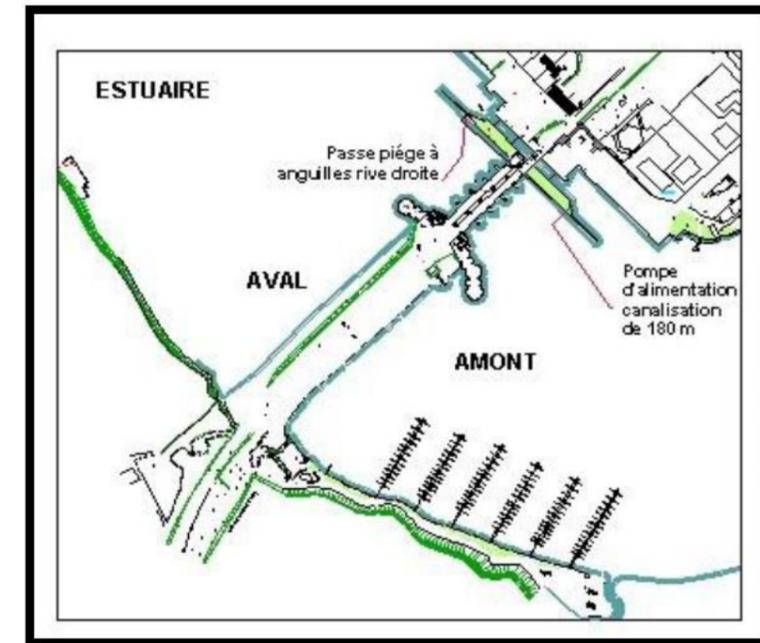


Figure 16 : Localisation de la passe à anguilles construite en 2006 sur le barrage d'Arzal, au droit de l'écluse – Source : Eaux&Vilaine



Figure 17 : Passe à anguilles construite en 2006 en rive droite du barrage d'Arzal (rampe plongeant dans l'estuaire et local de piégeage) – Source : Eaux&Vilaine

La passe à anguilles est constituée de deux rampes recouvertes d'un substrat adapté à la reptation des jeunes anguilles. La première rampe plonge dans l'estuaire et conduit les anguilles vers un bassin de repos. Cette rampe, aux dimensions plus modestes, capte également l'eau en amont du barrage par une pompe de 70 m³.h⁻¹ située en rive droite à l'amont immédiat de l'écluse. Elle est entourée d'un bâti blindé pour éviter le braconnage.

Débouchant dans ce bassin de repos, les anguilles franchissent une seconde rampe qui les conduit dans un bassin de capture. Piégées, elles y sont capturées à l'épuisette puis libérées à l'amont du barrage d'Arzal. Toutes les anguilles qui y sont collectées sont transportées dans des seaux, jusqu'à la passe localisée à proximité des gabions, puis dénombrées, pesées et relâchées dans la conduite qui les ramène à l'amont du barrage.



Figure 18 : Bassin de repos situé entre les deux rampes (à gauche) - Seconde rampe et bassin de piégeage (à droite) - Source : Eaux&Vilaine

Comme la rampe aérienne de la passe localisée à proximité des gabions, cette rampe relativement courte permet aux civelles de monter à partir de la mi-marée. Il arrive parfois que cette passe capture beaucoup de civelles, lorsque les civelles s'accumulent le long du mur guide eau, mais son efficacité est en général plus réduite que l'autre passe à anguilles.



Figure 19 : Mur guide eau et bâti blindé

Dans les passes à anguilles, le contrôle de l'effectif migrant s'effectue par piégeage. Les anguilles qui franchissent les rampes plongeant dans l'estuaire sont dirigées vers un vivier appelé bassin de capture ou bassin de piégeage.

Les civelles, anguillettes et anguilles y sont alors dénombrées, pesées et mesurées.

■ **La passe à bassins successifs :**

Franchissable par un très grand nombre d'espèces marines : grands migrateurs (saumon, truite de mer, alose, lamproie, mulot, anguille au stade adulte), bar, athérine, flet (effectifs anecdotiques pour ces trois espèces), mais également par des espèces d'eau douce dévalant par les vannes en estuaire lors des épisodes de forts débits (sandre, gardon, ablette, brème, etc.) ou par l'écluse, ce type de passe est le seul capable de s'adapter aux grandes variations de niveaux amont et aval.

Cette passe, longue de 70m, est composée de 9 bassins successifs reliés entre eux par des fentes verticales. Des chutes s'établissent entre les bassins et permettent de passer de la cote du plan d'eau amont à la cote de l'estuaire (la passe constitue une sorte d'escalier hydraulique). Le poisson est attiré à l'entrée de la passe par le courant, il va remonter successivement la chute aval et les différents bassins de la passe à poissons pour se retrouver à l'amont du barrage. Les paramètres hydrauliques, régnant dans la passe, conditionnent le passage des espèces migratrices. Par exemple, le courant doit être suffisant pour permettre d'attirer le poisson vers l'entrée de la passe, mais pas trop puissant pour permettre aux poissons de franchir les chutes qui s'établissent entre chaque bassin.

Ces paramètres doivent donc rester compris dans une gamme de valeurs permettant le franchissement des espèces que l'on désire faire passer. Ils dépendent étroitement du niveau d'eau amont et de la hauteur de chute qui s'établit en sortie de passe. Or, le niveau aval lié à la marée, et le niveau amont lié à la gestion du plan d'eau par le barrage, sont très fluctuants.



Figure 20 : Vue de dessus et en 3D de la passe à bassins d'Arzal

Une série de vannes gérées par un automate permet d'adapter en permanence le nombre de bassins (le nombre de marches d'escalier nécessaires pour franchir la dénivellée) et la hauteur de chute aval (la hauteur de la première marche). La mise au point de la passe a été réalisée en 1996 et a permis de caler les conditions de course, d'ouverture et de fermeture des différentes vannes en fonction du niveau de la marée.



Figure 21 : Vue aérienne des passes construites en 1995 et localisées près des gabions (à gauche) - Photographie d'un des bassins de la passe à poissons (à droite)

■ Les dispositifs de contrôle des flux migratoires :

Il s'agit de dispositifs permettant d'évaluer l'importance des migrations :

- dans la passe à bassins, le contrôle des migrations consiste à filmer 24h/24h le passage des poissons au travers d'une vitre.
- dans les passes à anguilles, le contrôle de l'effectif migrant s'effectue par piégeage. Les anguilles qui franchissent les rampes plongeant dans l'estuaire sont dirigées vers un vivier appelé bassin de capture ou bassin de piégeage.

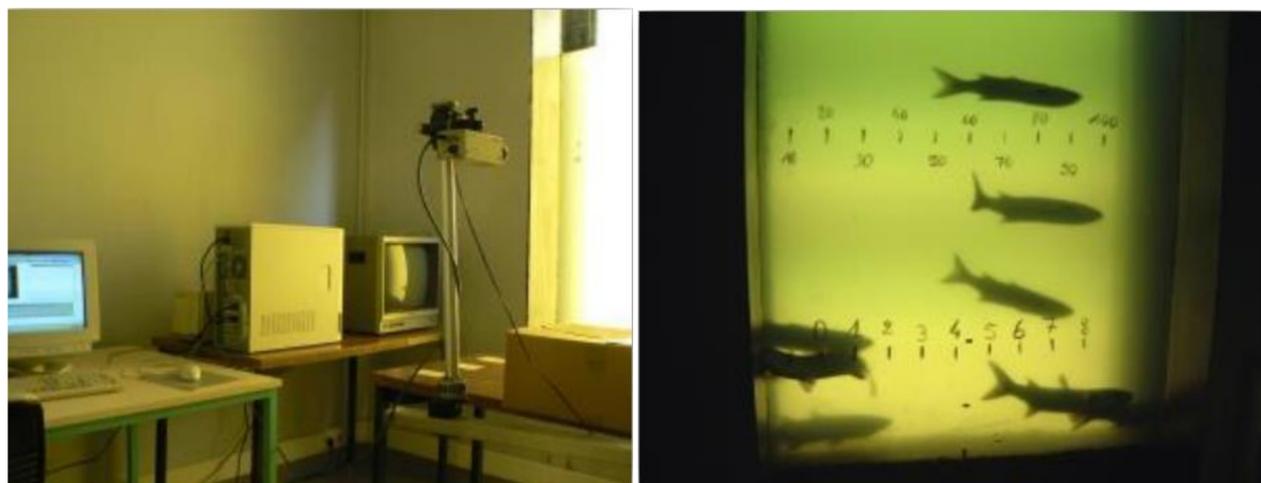


Figure 22 : Local du suivi vidéo (à gauche) - Mulets en migration dans la passe (à droite)

Les civelles, anguillettes et anguilles y sont alors dénombrées, pesées et mesurées.

Le suivi réalisé grâce à diverses méthodes (piégeage, système vidéo, observation directe des poissons etc.) permet d'accroître les connaissances sur la biologie et l'écologie des espèces migratrices et d'améliorer la technologie des passes à poissons.



Figure 23 : Piégeage avec quelques kilogrammes de civelles - Source : Eaux et Vilaine



Figure 24 : Civelles en migration sur une rampe - Source : Eaux&Vilaine

4.4.4. Siphons

Le barrage d'Arzal n'empêche pas les intrusions d'eau de mer en amont, lors des éclusées. Pour limiter ce risque, en 1989, deux conduites traversant la digue du barrage ont été installées en fond de Vilaine.

En amont du barrage, une dépression naturelle est ainsi utilisée pour collecter les eaux saumâtres, plus denses, entrant lors des éclusées ; ces eaux sont ensuite évacuées par un système de siphons, situé à proximité des gabions. L'objectif est de renvoyer l'eau salée en aval avant qu'elle n'arrive à la prise d'eau de l'usine d'eau potable située plus en amont.

Ce système nommé « siphons » est efficace en présence de débit dans le fleuve. Néanmoins, il présente deux inconvénients : il ne fonctionne qu'à marée basse, soit la moitié du temps et n'évacue pas 100% des chlorures. De plus, il s'agit un grand consommateur de ressource qui ne fait pas la différence entre eau douce et salée. Pour 1 m³ d'eau salée qui rentre, environ 10 m³ d'eau douce sont évacués en aval du barrage.



Figure 25 : Installation d'un siphon à proximité des gabions aval

La prise d'eau est implantée au point bas de la retenue en amont du barrage et le rejet s'opère sur le parement aval de l'ouvrage. Ce siphon est amorcé au moyen d'une centrale à vide implantée sur la digue.

Le pompage est effectué de manière discontinue dès que le niveau aval descend sous le niveau amont diminué de 0.20m. Le débit varie évidemment avec la dénivelée disponible entre la retenue et le niveau marin dans l'estuaire au pied du barrage. Le débit maximum est de l'ordre de 6 m³/s sous 4 mètres de charge.

Le fonctionnement actuel des siphons est illustré sur le schéma ci-contre.

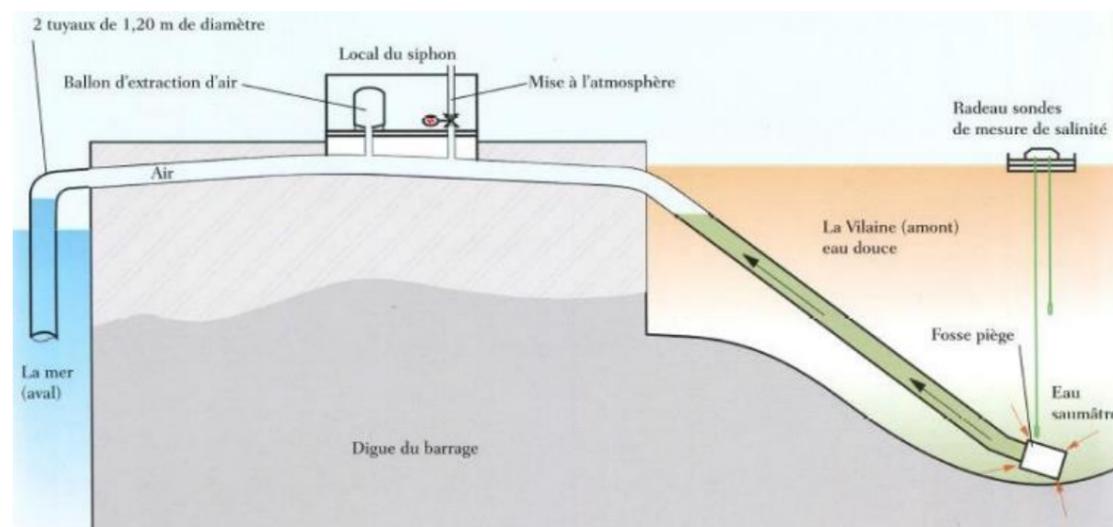


Figure 26 : Siphons de soutirage des eaux saumâtres

Chaque jour, environ 15 000 m³ d'eau de mer traversent le barrage. Avec les siphons, l'ouvrage rejette environ 300 000 m³ d'eau par jour.

La problématique de salinité est aujourd'hui gérée par la mise en œuvre de ces siphons pour renvoyer partiellement dans l'estuaire les chlorures entrés dans la Vilaine. Toutefois, cette solution ne suffit pas à abattre de manière satisfaisante les teneurs en chlorure au droit de la prise d'eau de l'usine de Férel lors des périodes d'étiages soutenus ou de sécheresse.

De plus, l'utilisation des siphons s'accompagne de pertes importantes de la réserve en eau douce (300 000 à 400 000 m³/j), au moment où les besoins en eau potable peuvent être les plus forts. En situation de sécheresse critique, la seule solution pour préserver quantitativement la réserve d'eau potable est de les arrêter, entraînant de facto un arrêt complet des éclusages.

4.5. FONCTIONNALITES ET USAGES DU SITE

La construction du barrage a profondément modifié les usages du fleuve, et avec le temps de nouvelles activités se sont développées en amont de l'ouvrage, notamment :

- La production d'eau potable : En 1972 a été inaugurée l'usine de Vilaine Atlantique à Férel, dont la prise d'alimentation est située environ 1 500 mètres en amont du barrage, et qui alimente plus d'un million de personnes durant les pointes estivales, Elle revêt un rôle de régulation régionale de première importance ;
- La navigation de plaisance : Le plan d'eau douce créé et contrôlé par le barrage, associé à l'existence de l'écluse, a permis le développement d'abris portuaires (environ 2 000 places à flot réparties sur les ports d'Arzal-Camoel, Foleux, La Roche-Bernard et Redon) et d'une activité nautique de plaisance qui constitue aujourd'hui l'essentiel du trafic de bateaux. Si la navigation commerciale pour laquelle était prévue à l'origine l'écluse actuelle n'a pas complètement disparu, elle est aujourd'hui marginale au regard de l'activité touristique. Néanmoins, une relance de cette activité n'est pas à exclure à moyen ou long terme.

En permettant de sécuriser la production d'eau potable et de limiter les inondations, le barrage d'Arzal remplit des fonctions stratégiques à enjeu d'intérêt général.

L'ouvrage devient en effet le lieu structurant de l'estuaire de la Vilaine autour duquel plusieurs activités s'installent. La route construite sur le barrage relie directement la commune d'Arzal à celle de Camoël épargnant ainsi aux usagers de la route une dizaine de kilomètres qu'ils devaient auparavant parcourir, franchissant la Vilaine à La Roche-Bernard. Les activités se développent autour du barrage avec l'installation d'un port de plaisance, 3^{ème} port du Morbihan, d'un camping et d'une zone artisanale.

Le barrage accueille également de nombreux visiteurs pour découvrir le site, observer les éclusages, se promener au bord de l'eau et découvrir la migration des poissons. Ainsi, cet ouvrage est devenu la « clé de voûte » d'un système complexe où les différents usages de l'eau imposent une approche globale et intégrée de sa gestion.

La multiplicité des usages sur le bief contrôlé par le barrage d'Arzal (évacuation des crues, production d'eau potable, agriculture et gestion environnementale des marais de Redon, navigation, continuité écologique pour les poissons migrateurs, etc.) conduit à des conflits parfois forts, notamment en période d'étiage lorsque la ressource se fait rare :

- **Dégradation de la qualité de l'eau potable** : les intrusions d'eau de mer en amont lors des éclusées sont susceptibles de dégrader la qualité de la Vilaine au droit de la prise d'eau de Férel. L'expérience montre qu'à partir d'une concentration en chlorures de 100 mg/l dans les eaux traitées, des problèmes de qualité peuvent apparaître ;
- **Perte de volume de la ressource** : un système de siphons permet de rediriger vers l'estuaire la majeure partie des eaux salées parasites qui rentrent lors des éclusages des bateaux. Mais ce système conduit à perdre des volumes considérables d'eau douce au moment où les besoins en eau potable peuvent être les plus forts. Cette perte combinée à l'évaporation et aux besoins de production mettrait rapidement en péril la ressource en cas de sécheresse sévère combinée à une période caniculaire ou chaude ;
- **Perturbation de la navigation** : des restrictions d'éclusage peuvent être décidées en été pour sécuriser la ressource. Ces situations de crise, qui interviennent la plupart du temps en périodes de fort trafic, sont très mal vécues par les usagers navigants ;

- **Perturbation de l'activité agricole et des enjeux Natura 2000** : en cas de risque de sécheresse marquée, des élévations préventives du bief d'Arzal peuvent être décidées, ce qui pénalise les agriculteurs pendant les périodes de fauche et de pâturage, et par ailleurs contrecarre les objectifs définis dans le programme Natura 2000 des Marais de Vilaine.

L'écluse actuelle, adaptée à la navigation commerciale des années 50-60 mais dont la conception n'a pas intégré l'ensemble de ces problématiques, constitue aujourd'hui le principal facteur limitant pour une gestion optimale et multi-usages de ce bief. La réflexion autour d'un nouveau dispositif anti-salinité au barrage d'Arzal permettrait d'optimiser la gestion de la Vilaine aval et résoudre les principaux conflits d'usage à court et surtout à long terme en réponse au changement climatique.

4.5.1. Protection contre les crues et gestion des niveaux d'eaux

Selon les données recueillies dans l'état des lieux du SAGE Vilaine, « le barrage d'Arzal a été construit pour réduire l'impact des crues catastrophiques de la Vilaine et de l'Oust dans le Pays de Redon, jusqu'alors soumis à l'influence des marées. »

Le barrage joue ainsi un rôle majeur dans la protection contre les crues de l'aval du bassin versant, en empêchant les conjonctions de forts débits amont et d'importantes surcotes de marées.

En effet, le barrage d'Arzal bloque l'onde de marée qui engendrait des inondations fréquentes sur le secteur de Redon par concordance entre une marée haute à fort coefficient et une crue de la Vilaine ou de l'Oust. Il n'est vraiment efficace que lorsque le débit de la Vilaine est inférieur à 800 m³/s, mais il permet de réduire fortement la fréquence des crues et la durée des inondations en toutes zones.

L'écluse ne joue aucun rôle de protection contre les submersions marines. Cette fonction de protection est uniquement assurée par la digue attenante aux gabions.

En ce qui concerne la ville de Redon, l'essentiel de la protection contre les inondations est assuré par le fonctionnement du barrage d'Arzal et la grande surface des zones de prairies humides sur lesquelles les flux d'eau peuvent s'étaler en limitant l'élévation du niveau des eaux dans les secteurs urbanisés.

La gestion du barrage obéit ainsi à différentes logiques suivant les périodes de l'année :

- **En période de crue**, l'objectif est l'évacuation maximale des débits de la Vilaine. Les débits sont alors évacués prioritairement par les vannes : elles restent fermées à marée haute lorsque le niveau de la mer est supérieur au niveau de la Vilaine, et sont ouvertes à marée basse. Lors des grandes crues, la consigne est de gérer le plan d'eau amont à la cote 0 m NGF ;
- **En dehors des périodes de crue**, le barrage est géré pour maintenir un niveau amont constant d'environ 2.20 m NGF. La cote d'objectif peut osciller autour de cette valeur de référence, suivant les périodes de l'année et les usages prioritaires : baisse des niveaux lorsque les agriculteurs font les foins, objectifs de submersion des marais en fin d'hiver (gestion environnementale des niveaux), remontée préventive en période de forte sécheresse pour sécuriser la réserve d'alimentation en eau potable, etc.

Pour la régulation du plan d'eau amont, les volets peuvent être utilisés de manière préférentielle pour les faibles débits de la Vilaine (< 5 m³/s).

4.5.2. Retenue d'eau pour la fourniture d'eau potable

La mise en service du barrage d'Arzal a permis la création d'une réserve d'eau douce d'environ 50 millions de mètres cubes, rapidement exploitée pour la production d'eau potable par Eaux et Vilaine. La première tranche de l'usine de Vilaine Atlantique, d'une capacité de 30 000 m³ par jour, a été inaugurée dès 1972.

Alimentée par cette ressource abondante, l'usine a fait l'objet de travaux d'extension successifs pour atteindre aujourd'hui une capacité de production de 90 000 m³ par jour. **Aujourd'hui, l'usine constitue un point stratégique pour l'approvisionnement en eau potable du Morbihan de la Loire-Atlantique et de l'Ille-et-Vilaine.**

Les techniques de traitement modernes mises en œuvre sur l'usine de production et leur évolution constante pour s'adapter à une réglementation de plus en plus contraignante, font de l'usine un des maillons essentiels de l'alimentation en eau potable à l'échelle régionale.

Les 7 dernières années ont fait l'objet de travaux de modernisation de l'usine pour permettre de construire les nouveaux équipements et démolir les anciens tout en assurant la continuité de service, puisque l'usine n'a jamais été à l'arrêt durant les travaux. La nouvelle usine, nommée « Vilaine Atlantique » permet une amélioration de la filière par la construction d'un double étage décantation/réacteur au charbon actif en poudre en amont des filtres à sable et aménagement de la filière de traitement des boues ainsi qu'un ouvrage de contact chlore et de neutralisation finale, équipé d'une désinfection UV.

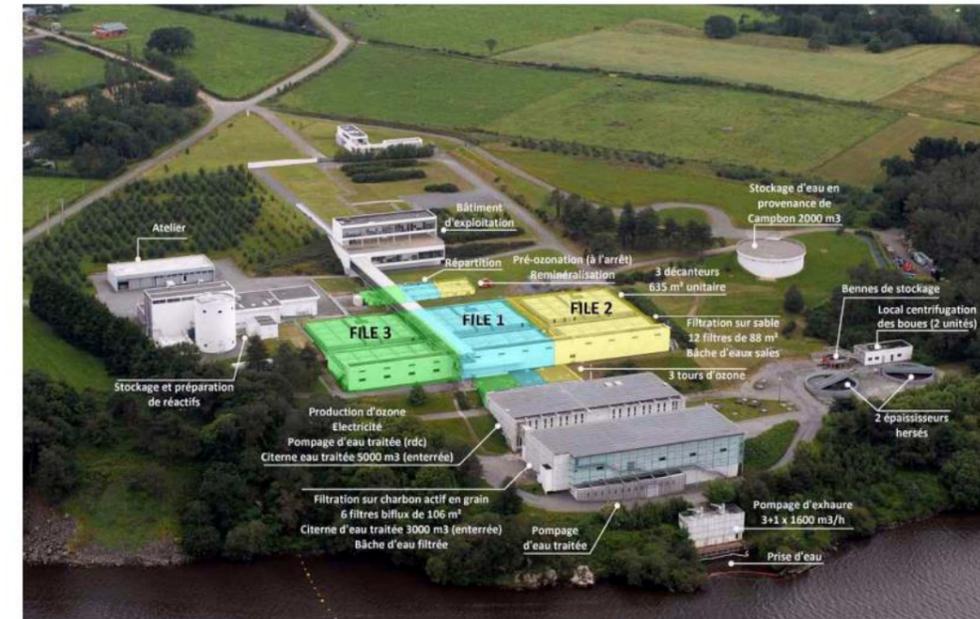


Figure 27 : Vue 3D de la prise d'eau et de la filière de traitement actuelle (Source : SAFEGE)

Conçue à l'origine comme ressource d'appoint en période estivale, l'usine de Vilaine Atlantique est aujourd'hui sollicitée de manière permanente pour l'approvisionnement et la sécurisation en eau de la presqu'île guérandaise, l'agglomération de Saint-Nazaire, le Pays de Vannes, le centre Morbihan, la région de Redon, le centre de l'Ille et Vilaine et l'agglomération Rennaise, avec des pointes de production en saison estivale supérieures à 80 000 m³/j.

En 2021, environ 1 million de consommateurs sont concernés par la production de l'usine de Férel. La croissance générale de la démographie et les difficultés à produire de l'eau potable en période d'étiage (problèmes de qualité de l'eau brute et de quantité de la ressource en eau) vont amplifier la responsabilité du barrage pour cet enjeu. Les besoins continueront de s'accroître, en particulier avec le développement du réseau d'interconnexions (l'usine joue un rôle de sécurisation essentiel, au carrefour de 2 Régions et 3 Départements) et le développement de la population sur le littoral.

Les travaux d'extension réalisés sur l'usine, les interconnexions et, de manière globale, l'importance des besoins contribuent à maintenir, plus que jamais, un objectif de production d'eau potable à la fois sur le plan quantitatif et sur le plan qualitatif.

La prise d'eau se situe dans la Vilaine, à environ 2 km en amont du barrage d'Arzal au droit d'une fosse naturelle, en rive gauche de la Vilaine sur la commune de Férel et au lieu-dit le Drézet. Autour de la zone de captage de l'usine de Vilaine Atlantique, il existe un périmètre de protection qui a été établi en 1970 lors de la Déclaration d'Utilité Publique.

Comme le montre la carte en page suivante, le barrage d'Arzal matérialise la limite actuelle de salure des eaux. L'écluse est localisée à environ, 1,8 km au Nord-est de l'usine d'eau potable, au sein du périmètre de protection intitulé « Zone Complémentaire Fluviale ».

L'eau pompée en Vilaine parcourt la filière de traitement gravitairement avant de rejoindre les citernes d'eau traitées. De là, elle est à nouveau pompée vers les châteaux d'eau puis transportée vers les lieux de consommation. Compte-tenu de la qualité moyenne des eaux de la Vilaine, plusieurs étapes de traitement sont nécessaires pour éliminer les éléments indésirables. L'eau brute est suivie à l'entrée de l'usine d'eau de Férel au titre de la réglementation liée à l'eau potable. Il existe ainsi un suivi de la qualité bactériologique au niveau de l'usine d'eau de Férel.

Par ailleurs, l'immédiate proximité des eaux marines salées est une particularité de l'ouvrage d'Arzal, et de la prise d'eau de Férel. L'exigence "eau potable" implique pour les chlorures une valeur normative de concentration inférieure à 100 mg/l au droit de la prise d'eau. Lors d'étiages sévères et prolongés de la Vilaine, comme ce fut le cas en 1989, les concentrations peuvent dépasser ces valeurs. L'utilisation de l'écluse (qui est la voie de pénétration des eaux marines) est alors réduite, voire annulée. La mise en place en 1990 d'un dispositif de siphons permettant la reprise dans le plan d'eau des lentilles d'eau salées et leur évacuation à l'aval du barrage, a permis de réduire partiellement les effets des intrusions. Cependant, l'utilisation des siphons reste contraignante pour la navigation (nombre limité d'éclusages, horaires d'éclusage tenant compte des marées mais non adaptés aux contraintes de navigation en estuaire en période de "vives eaux") et surtout est responsable d'une perte d'eau douce importante. Celle-ci peut atteindre 400 000 m³/j en marées de vives eaux constituant alors la partie prépondérante des volumes "perdus" du plan d'eau.

Aussi, dans un contexte de changement climatique où les périodes de sécheresse pourraient devenir plus intenses, et ainsi les conflits d'usage plus forts, Eau&Vilaine souhaite étudier des solutions permettant d'optimiser la gestion de la ressource vis-à-vis des intrusions d'eau salée. Les chlorures contenus dans l'eau salée, s'ils sont présents en trop grande concentration, peuvent ainsi générer des sous-produits toxiques lors du processus de potabilisation en usine et augmenter la corrosivité de l'eau distribuée.

La tension sur l'objectif de préservation de la ressource d'eau brute de l'usine de Férel n'est en rien réduite. Au contraire, les travaux d'extension réalisés sur l'usine, les interconnexions et, de manière globale, l'importance des besoins contribuent à maintenir, plus que jamais, cet objectif à la fois sur le plan quantitatif et sur le plan qualitatif.

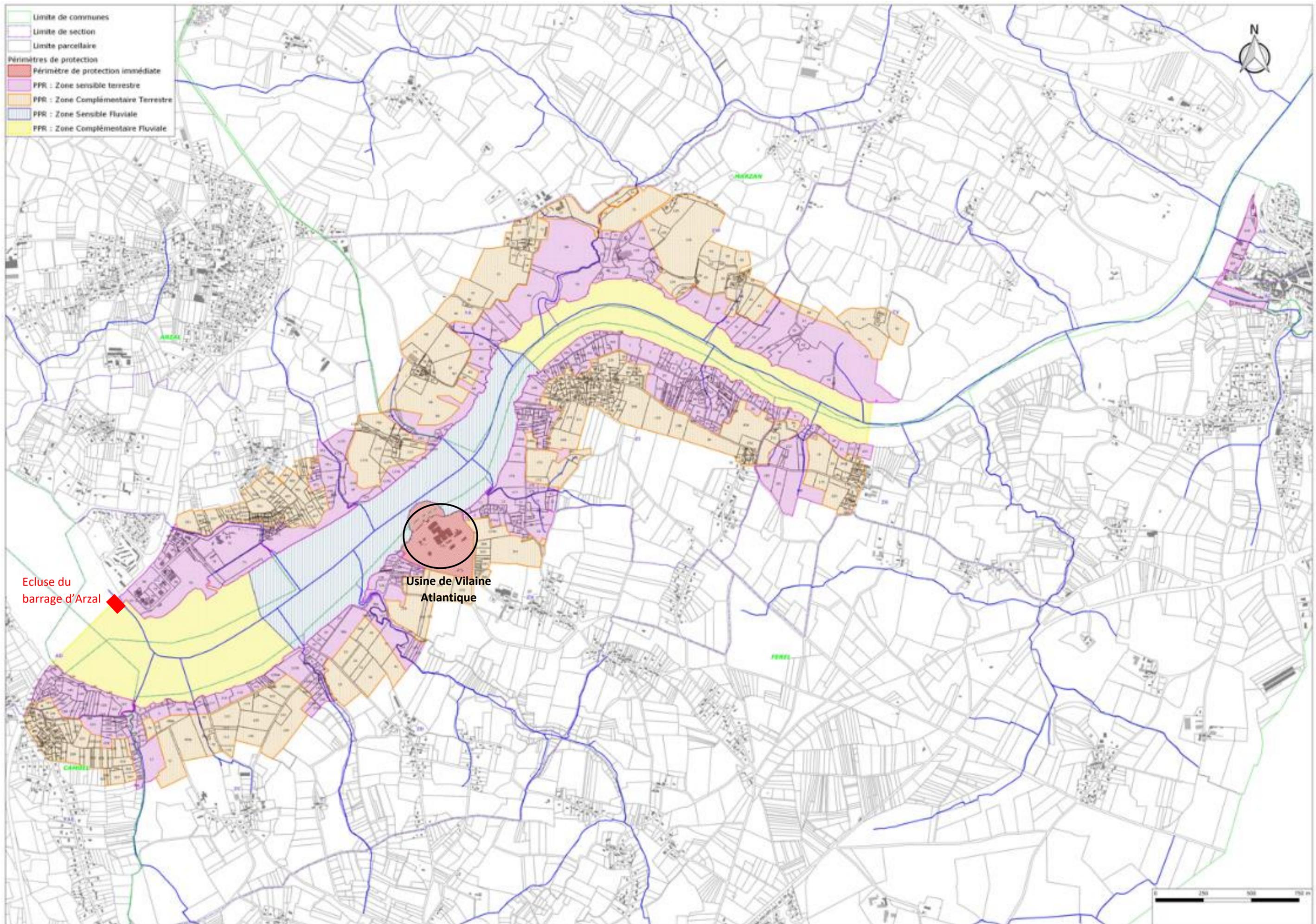


Figure 28 : Périmètres de protection de captage de l'usine de Vilaine Atlantique à Férel

4.5.3. Navigation et développement touristique

Le barrage d'Arzal a considérablement modifié les conditions hydrauliques, puisqu'il permet de maintenir un tirant d'eau important jusqu'à l'amont de Redon indépendamment de la marée. Des travaux connexes de rescindement de méandres, de reprofilage et de dévasement de la rivière ont en outre facilité la navigation. En revanche, le passage de l'embouchure de la Vilaine, qui se situe entre la pointe de Penlan en rive droite et la pointe du Halguen en rive gauche, est très délicat : la profondeur d'eau est faible, et des brisants peuvent se produire sur ces hauts-fonds, particulièrement par houle d'Ouest lors du jusant.

En outre, les conditions du transport solide des vases ont totalement changé du fait de la création du barrage, ce qui induit des difficultés de navigation en basses eaux, et nécessite des dragages réguliers.

Pendant quelques années, la navigation commerciale a été relancée suite à la construction du barrage. Etaient acheminés par voie d'eau du sable, des engrais, du bois. Le dernier bateau transportant des granulats de Saint-Nazaire à Redon a cessé son activité en 2013.

La construction du barrage d'Arzal a surtout entraîné un grand développement de la plaisance, qui devient un atout économique important de la région. La navigation est importante compte tenu de l'intérêt nautique de la Vilaine et de la côte Atlantique (proximité immédiate du Golfe du Morbihan).

Le port d'Arzal-Camoël dispose aujourd'hui d'environ 1 200 places sur pontons et quais et plus de 300 places sur un terre-plein de 28 000 m² qui permet aux plaisanciers, outre le stockage, d'effectuer des opérations d'entretien et de maintenance des bateaux.

Ainsi, le port se positionne comme le principal port de plaisance en eau douce de la façade atlantique.



Figure 29 : Vue aérienne sur le port de plaisance d'Arzal-Camoël

Par ailleurs, la proximité de l'estuaire, la construction du barrage et l'aménagement du port de plaisance a permis à Arzal de développer des activités tournées vers le nautisme. On compte à ce jour une quinzaine d'entreprises liées à ce secteur, localisées à proximité de l'ouvrage.

En 2020, la flotte basée est d'environ 3500 bateaux hors escales. Ceux-ci répartis sur pontons, terre-pleins et corps mort sur les différents ports et mouillages de la Vilaine en amont du barrage (Arzal, Folleux, Redon).

Les escales représentent 9 000 nuitées/an environ, pour 4 500 bateaux franchissant l'écluse d'Arzal.

La flotte basée à Arzal est répartie en huit catégories tarifaires (fondées sur la longueur du bateau).

Vis-à-vis du tirant d'eau, le plan d'eau est fréquenté par des voiliers de type « classe 40 » soit 3 m de tirant d'eau pour une largeur (maître-bau) maxi de 4.50 m. On note aussi le passage de quelques grands voiliers (jusqu'à 27 m) pour un tirant d'eau maxi de 3.50 m.

Le développement de cette activité nautique de plaisance constitue aujourd'hui l'essentiel du trafic de bateaux à l'écluse d'Arzal. La fréquentation nautique à l'écluse du barrage d'Arzal comptabilise environ 15 000 à 16 000 passages de bateaux de plaisance par an, environ 400 passages pour l'activité de pêche et près de 80 passages par an pour le trafic commercial.

La programmation théorique des éclusages est faite chaque année au mois de novembre, pour l'année suivante. Le nombre d'éclusées est limité dans une journée : leur programmation tient compte des horaires de marée les plus favorables pour le transit des bateaux, en intégrant les contraintes prévisibles liées à la production d'eau potable. Un guide de navigation est alors édité qui récapitule pour l'année à venir les prévisions de marée et d'éclusage. Cette programmation initiale peut être modifiée en cas de forte sécheresse estivale. Pour sécuriser la ressource en eau (nécessité de limiter les pertes d'eau douce et risque de dépasser le seuil de salinité imposé par Eau&Vilaine au droit de la prise d'eau), des restrictions d'usage supplémentaire peuvent être décidées : en dessous de 10 m³/s (étiage prononcé) des limitations d'éclusage sont mises en place, en dessous de 2.5 m³/s (étiage sévère) les éclusées peuvent être interdites. Au-dessus de 10 m³/s, l'écluse peut fonctionner normalement : le siphon suffit à garantir le respect des normes de potabilisation imposées par le maître d'ouvrage au droit de la prise d'eau et les pertes d'eau douce ne sont pas pénalisantes pour la production d'eau potable.



Figure 30 : Passage de l'écluse à Arzal – Source : Eau et Vilaine

L'écluse actuelle, du fait notamment des restrictions d'usage évoquées ci-dessus qui empêchent de l'utiliser au maximum de son potentiel, arrive à saturation lors des pointes de trafic estival. Or, le trafic de bateaux est amené à augmenter à terme.

L'analyse sur les quatre dernières années montre que :

- On compte environ 15 à 16 000 passages annuels (avalant + montant) ;
- La progression du nombre de passages sur une longue période est modérée : 14 500 passages en 1998 et 16 800 (année la plus forte connue avec peu de restrictions) soit une croissance annuelle de l'ordre de 0,8 % ;
- La progression du nombre de passages au cours des dernières années est très variable : + 5% entre 2016 et 2017, +12% entre 2017 et 2018, -8% entre 2018 et 2019 (incidence de restrictions d'éclusées ?) elle aura été en moyenne de + 8% en trois ans ;
- A noter : on constate, au regard des quatre dernières années, que les restrictions d'éclusées ont une incidence sur le nombre de passages sans que l'on puisse pour autant en tirer une corrélation très nette ;
- La pointe annuelle reste calée sur août avec 4 000 passages sur le mois environ ;

- Néanmoins, la demande de passages en hiver ne tombe jamais à zéro (sauf restrictions liées aux crues) et on compte, au plus bas de l'année (janvier), près de 100 passages sur le mois (avalant + montant) ;
- Si l'on considère, arbitrairement, une période d'hivernage allant de décembre à mars (inclus), ce sont environ 370 passages (cumulés sur la période) qui sont enregistrés. Selon les indications de la Direction du port, ces mouvements concernent en majorité des bateaux à moteur, d'une part, et, d'autre part, des bateaux se rendant ou revenant sur les chantiers navals présents en amont du barrage (6 à 7 chantiers sur Arzal dont l'activité est continue sur l'année).

Il est singulier de constater que, malgré l'augmentation régulière et importante de la flotte basée, la croissance du nombre de passages à l'écluse reste relativement modérée, voire même recule certaines années. On peut y voir un lien avec les restrictions opérées lors des périodes de sursalinité mais ce lien n'est pas systématique et n'explique pas tout. Il faut également y voir une évolution des pratiques et des usages des plaisanciers.

4.5.4. Circulation routière en crête d'ouvrage

L'accès à la commune d'Arzal se fait aisément par la RD 139 avec le nécessaire passage du barrage si l'on arrive par la rive gauche de la Vilaine. Le port se situe à proximité immédiate de la départementale, juste après le barrage ; il est facilement accessible et visible ; il borde la route départementale.

La carte ci-après présente les voies d'accès présentes à proximité du barrage d'Arzal.

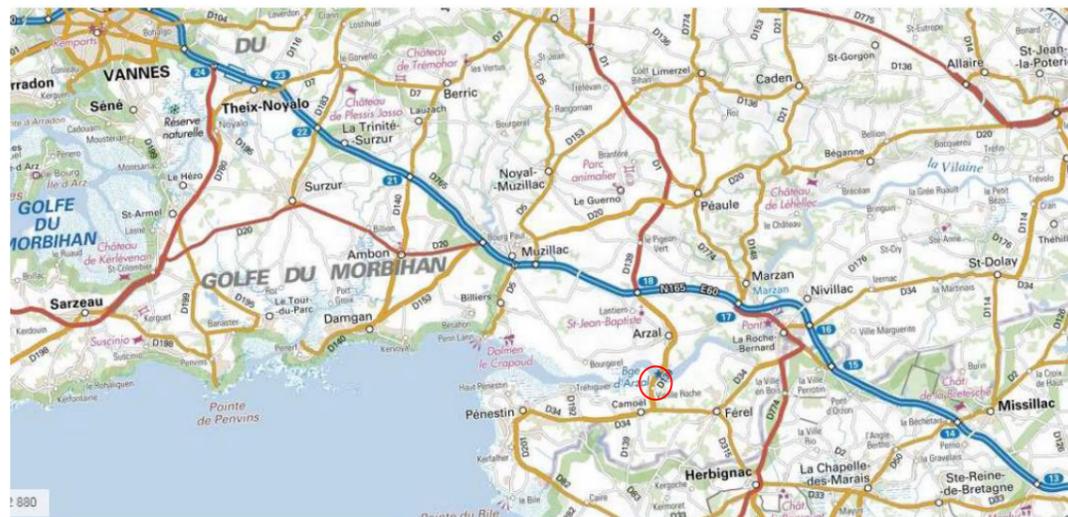


Figure 31 : Vue des accès à la commune d'Arzal - source : Géoportail

L'écluse actuelle présente pour inconvénient majeur de nécessiter une levée du pont (fermeture de la route à la circulation) pendant une part importante de la durée des opérations de sassée. Le passage des bateaux entraîne des coupures de circulation relativement importantes lors des éclusées (cf. photo ci-contre). En fonctionnement actuel, le trafic routier est interrompu pendant la quasi-totalité des opérations d'éclusées, soit environ 45 minutes à 1 heure.

Avec la programmation des éclusées, les horaires de fermeture de la route sont connus et les usagers de la voie, reliant la rive sud de la Vilaine vers la rive nord (ou l'inverse), peuvent franchir la Vilaine à la Roche-Bernard.

Cet itinéraire de déviation implique un rallongement de trajet de l'ordre de 13 à 20 minutes selon les conditions de circulation et de 13.5 km environ. Le surcoût pour l'utilisateur est de l'ordre de 1,10 € à 2,00 € pour un véhicule léger et de plus du double pour un poids-lourd.



Figure 32 : Pont mobile levant permettant le passage des bateaux

Ces arrêts de circulation ne sont pas toujours bien acceptés en période estivale par les usagers de la route. La RD 139 est en effet une route côtière de liaison entre les départements du Morbihan et de Loire-Atlantique, dénommée la « route bleue ».

4.5.5. Passes à poissons pour la migration piscicole

La construction du barrage d'Arzal a fragilisé la biodiversité de cet écosystème très précaire qu'est l'estuaire. En aval, les lâchers d'eau douce du barrage font baisser la salinité de l'eau et modifient l'équilibre du milieu aquatique. Le barrage empêche les civelles de remonter le cours d'eau en amont, limite la diversité des espèces de poissons dans le fleuve et par ricochet, des oiseaux nichant dans les marais. Aussi, pour faciliter la migration des espèces aquatiques, l'installation de passes à poissons et anguilles s'est avérée nécessaire. Elle permet ainsi le passage de diverses espèces de poissons migrateurs (saumons, lamproies et surtout civelles).

Les passes à poissons, construites en 1995, sont suivies depuis leur mise en fonctionnement, de manière quotidienne durant les pics de migration, et plusieurs fois par semaine en dehors de ces périodes. Une salle vitrée pour l'enregistrement et la visualisation du passage des poissons est intégrée au site, et permet d'accueillir le public, à qui est également proposée une exposition permanente sur le thème des espèces piscicoles du bassin de la Vilaine, des projections vidéo, et la visite d'autres parties du barrage permettant de mieux cerner les enjeux et les aspects techniques de l'existence du barrage d'Arzal.

Comme détaillé précédemment, il existe deux types de passes à poissons sur le barrage d'Arzal :

- Passe à anguilles, qui est un plan incliné équipé d'un substrat rugueux et de brosses, débouchant sur un vivier. Elle permet de piéger les civelles et anguilles, et ainsi de mesurer l'importance des migrations et d'acquérir des données biologiques. Les individus sont ensuite relâchés dans le plan d'eau à l'amont du barrage ;
- Passe à bassins à fentes verticales attractive et efficace pour les autres migrateurs : l'alose, la lamproie marine, les salmonidés (saumon, truite de mer) et les espèces susceptibles de passer de la mer à l'eau douce.

4.6. REGLES DE GESTION DU BARRAGE D'ARZAL

La gestion du barrage obéit à différentes logiques suivant les périodes de l'année :

- En période de crue, l'objectif est l'évacuation maximale des débits de la Vilaine. Les débits sont alors évacués prioritairement par les vannes ; elles restent fermées à marée haute lorsque le niveau de la mer est supérieur au niveau de la Vilaine, et sont ouvertes à marée basse.
- En dehors des périodes de crue, le barrage est géré pour maintenir un niveau amont constant d'environ 2.20 m NGF. La cote d'objectif peut osciller autour de cette valeur de référence, suivant les périodes de l'année et les usages prioritaires : baisse des niveaux lorsque les agriculteurs font les foins, objectifs de submersion des marais en fin d'hiver (gestion environnementale des niveaux), remontée préventive en période de forte sécheresse pour sécuriser la réserve d'alimentation en eau potable., etc.
- En période d'étiage, c'est l'objectif d'alimentation en eau potable qui devient prioritaire. En cas d'étiages sévères des restrictions d'éclusages peuvent être décidées, pénalisantes pour la navigation.

Un règlement de l'ouvrage a été établi, en fonction des multiples usages et fonctions de celui-ci. Ainsi, il est affirmé que la production d'eau potable et la protection des personnes et des biens contre les inondations sont des objectifs prioritaires pour la gestion de l'ouvrage. La navigation commerciale et de plaisance, le maintien de l'équilibre écologique de l'estuaire, ce même équilibre et le maintien d'une agriculture extensive sur les marais et la libre circulation des poissons migrateurs sont des objectifs secondaires. La gestion usuelle de l'ouvrage doit cependant chercher en permanence à satisfaire l'ensemble de ces usages, qu'ils soient prioritaires ou secondaires.

Les règles de gestion du barrage distinguent les situations suivantes :

- À partir de 250 m³/s, la navigation est interdite sur le bief amont du barrage, entre Arzal et Redon et le niveau minimal est compris entre 0 et 0,8 m NGF ;
- Entre 100 et 250 m³/s, se produit le début du remplissage des marais de Redon ; l'état de vigilance est adopté. Les lâchers des vannes sont ajustés pour suivre la courbe des marées et l'objectif de niveau sur le bief amont ;
- De 10 à 100 m³/s, la situation est considérée comme normale ; le principal souci est le maintien de la réserve d'eau potable, et l'objectif de niveau est compris entre 1,6 et 2,3 m NGF ;
- De 2,5 à 10 m³/s, le barrage est fermé et le nombre d'éclusées peut être réduit ;
- En-dessous de 2,5 m³/s, le barrage et l'écluse sont fermés pour maintenir la réserve d'eau potable ; la perte de son niveau est estimée entre 1 et 2 cm/jour. Pour préserver la ressource, les siphons peuvent alors être arrêtés.

En fonctionnement normal, les vannes qui sont situées à proximité de la passe à poissons sont ouvertes en priorité, de façon à assurer un débit d'attrait pour les poissons migrateurs.

On notera également, dans ce règlement, la définition du Débit Minimum Biologique (DMB) comme étant le débit nécessaire au fonctionnement de la passe à poissons. Du fait de son fonctionnement calé sur le cycle des marées, et réglé en fonction des différences entre les niveaux aval et amont. Le DMB est égal à 28 000 m³/jour (3.24 m³/s).

5. ETAT ACTUEL DU SITE ET DE SON ENVIRONNEMENT

5.1. MILIEU PHYSIQUE

5.1.1. Facteurs climatiques

Son long trait de côte offre au Morbihan une importante influence océanique. Le climat océanique tempéré se caractérise par des hivers doux et pluvieux et des étés frais et relativement humides.

La station météorologique la plus représentative de la zone d'étude est celle de Billiers (Morbihan, 8 km au Nord-Ouest d'Arzal). Cette station reflète plutôt bien les caractéristiques climatiques de site d'étude (données sur la période de 1981 à 2010).

5.1.1.1. Pluviométrie

D'après les données extraites sur le site Internet InfoClimat, les précipitations cumulées moyennes sur une année peuvent atteindre 793 mm.

Les hauteurs de précipitation moyennes mensuelles oscillent entre 36,9 mm pour le mois le plus sec (juin) et 95,1 mm pour le mois le plus humide (décembre).

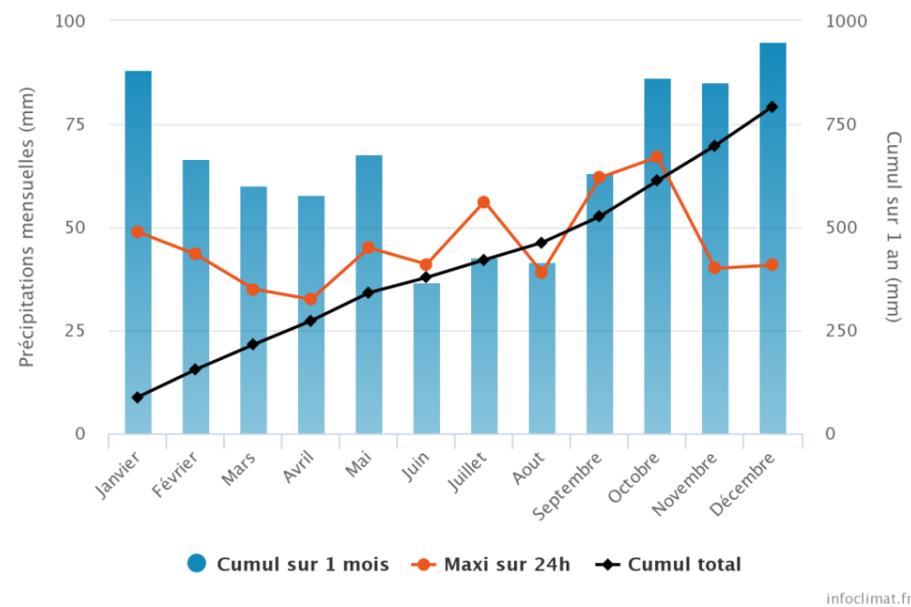


Figure 33 : Précipitations à Billiers, sur la période 1981-2010 (Source : Infoclimat)

5.1.1.2. Températures

Les températures sont modérées avec une moyenne annuelle de 12°C sur cette période et des écarts thermiques modérés : environ 12,3°C de différence entre la température moyenne des mois les plus froids (janvier et février avec 6,2°C) et la température moyenne des mois les plus chauds (juillet et août avec 18,5°C).

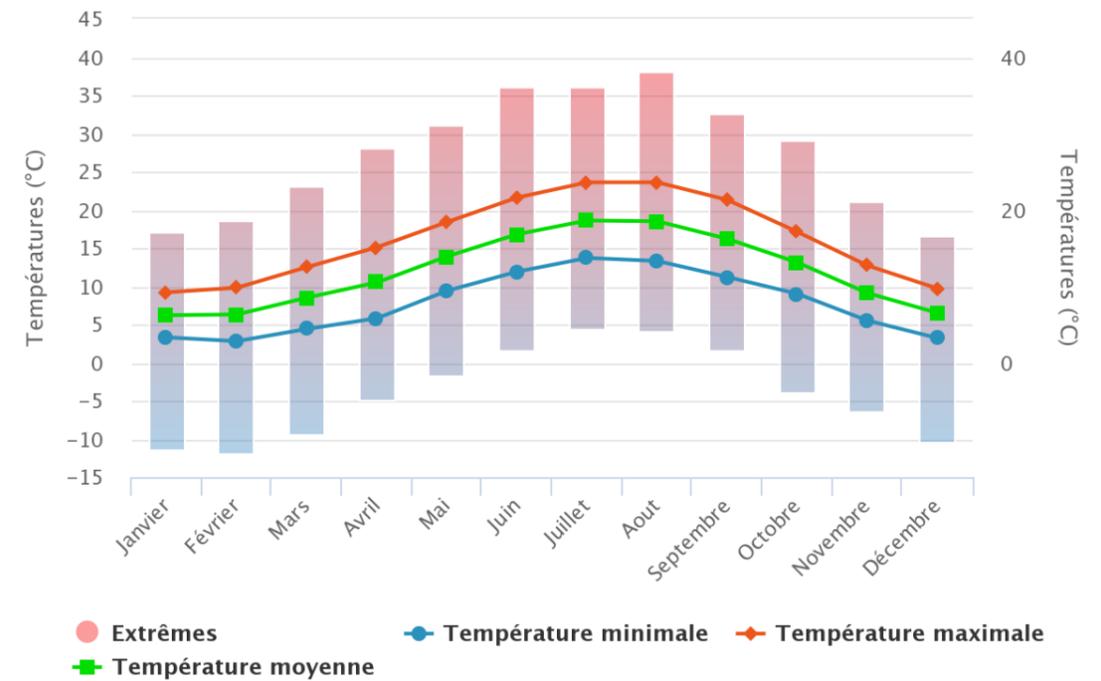


Figure 34 : Températures sur Billiers, sur la période 1981-2010 (Source : Infoclimat)

5.1.1.3. Phénomène de réchauffement climatique

Avec le changement climatique, les périodes de déficit pluviométrique seront plus marquées, engendrant des épisodes de sécheresse qui vont s'intensifier, durer plus longtemps et contribuer à assécher fortement les cours d'eau. La Bretagne souffre particulièrement de ces changements climatiques.

5.1.2. Contexte géologique / géotechnique

5.1.2.1. Contexte géologique général

Le site est caractérisé par la présence d'un substratum de gneiss surmonté d'alluvions argilo-vasardes.

La profondeur du toit des gneiss varie de façon significative entre la rive droite (profondeur relativement faible) et la rive gauche de la Vilaine (profondeur très importante).

D'après le site Infoterre du BRGM, le substratum en rive droite serait constitué du groupe de l'anticlinal de Cornouaille : gneiss migmatiques silico-alumineux du Briovérien.

En rive gauche, le substratum est constitué du granite à biotite et muscovite d'âge indifférencié.

Le substratum est surmonté d'alluvions graveleuses et d'argiles grises silteuses à vasardes.

En rive droite, les remblais sablo-graveleux surmontent le substratum.

D'après la carte géologique au 1/25 000ème du Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), l'écluse repose sur des gneiss migmatiques silico-alumineux (« gneiss de Broël »).

La carte en page suivante illustre ce propos.

EAUX ET VILAINE

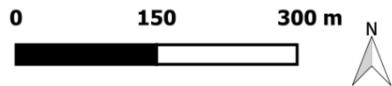
Ecluse anti-salinité au barrage d'Arzal

GÉOLOGIE

 Périmètre d'étude

Formations géologiques

-  Fz, Alluvions fluviales récentes, limons de débordement et chenaux - Holocène
-  ã2(1), Granite de type Herbignac-Férel : Granite à biotite et muscovite, calco-alcalin
-  ñ1, Groupe de l'anticlinal de Cornouaille: Micaschistes à biotite et muscovite (micaschistes de Camoël), parfois imprégnés de feuillets granitiques (qtz, ms, bt) - Briovérien
-  íæ1, Groupe de l'anticlinal de Cornouaille: Série d'Arzal: Gneiss leptyniques et roches basiques associées, (gneiss du Drézet) - Briovérien - 132
-  M2, Groupe de l'anticlinal de Cornouaille: Série d'Arzal: Gneiss migmatitiques silico-alumineux ("gneiss du Broël") à exudats granitiques et pegmatitiques - Briovérien - 133



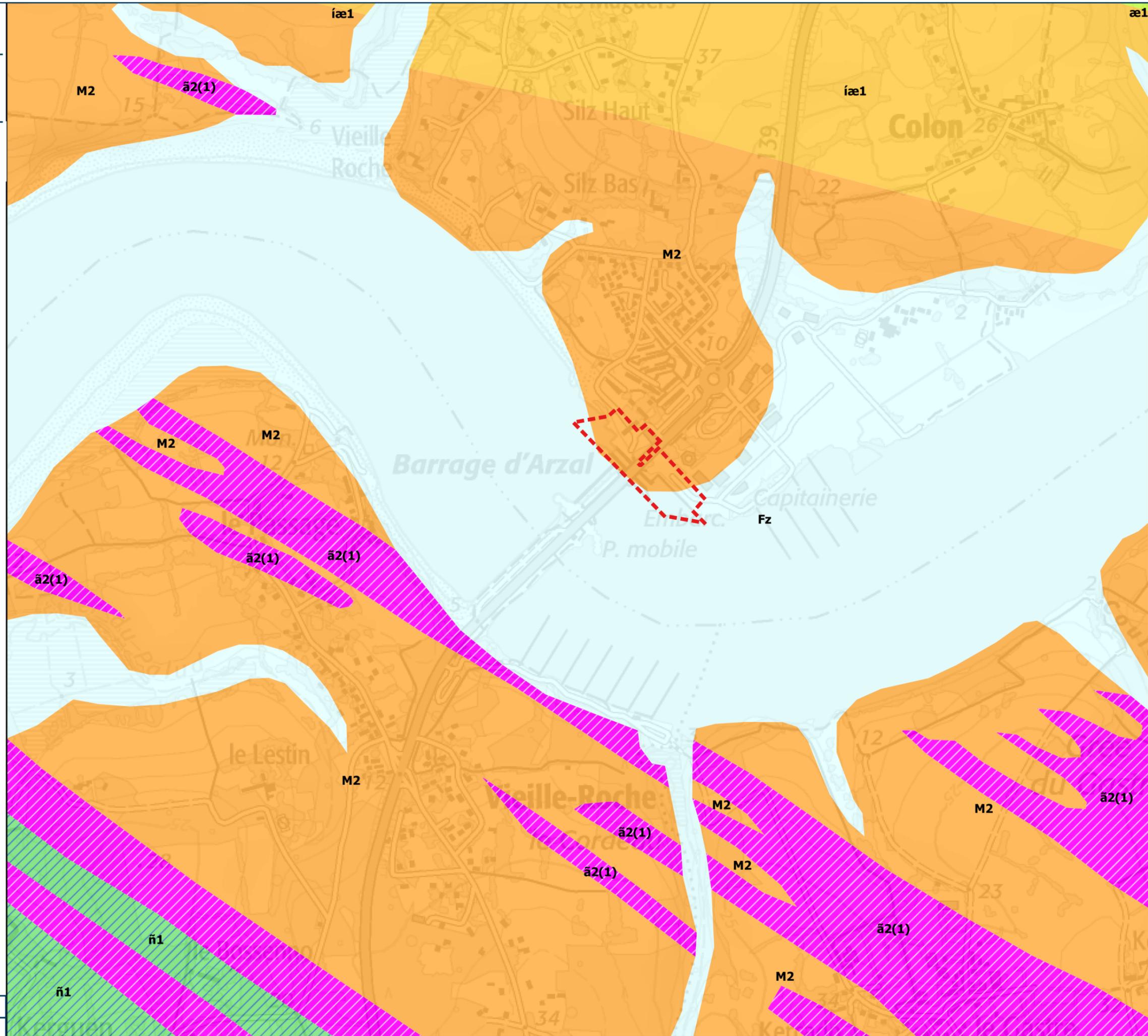
Source(s) : SCAN 25 TOPO®, Géologie vecteur harmonisé au 1/50 000 du BRGM

Conception et réalisation : ARTELIA 2024



4-53-0655

ACE PCE



5.1.2.2. Stratigraphie

D'après les résultats des deux campagnes géotechniques réalisées par FONDASOL en 2009 et 2011, dans le cadre des études du concours, il ressort que la stratigraphie des terrains, en rive droite de l'écluse, est constituée par :

- Des remblais à dominante sablo-graveleuse avec présence de blocs (de schistes ou gneiss), jusqu'à 0.60 à 8.7 m de profondeur ;
- Le substratum de gneiss gris, altéré en tête, présentant des passages de quartz avec une fracturation variable. Il est rencontré à des profondeurs variables de 2.9 à 7 mètres.

5.1.2.3. Contexte géotechnique

Sur la base des rapports géotechniques de 2009 et 2011, il ressort que le contexte géotechnique rencontré en rive droite se caractérise par les points suivants :

- Les remblais sablo-graveleux présentent des caractéristiques hétérogènes, avec parfois la présence d'une fraction de fines. Les valeurs mécaniques obtenues sont globalement faibles avec parfois une chute importante des caractéristiques pressiométriques à partir du niveau de l'eau ;
- Le substratum gneissique présente une frange modérément à très altéré en tête (au-dessus de la cote +3.00 m NGF). Ensuite les gneiss présentent des valeurs par ailleurs très raides et une abrasivité par nature très élevée, mais très fracturé (foliation horizontale à subhorizontale (30°)).

Le niveau de la nappe dans le terre-plein a été observé vers la cote +2.00 m NGF avec de faibles variations en fonction de la marée.

5.1.3. En aval du barrage – Mer

5.1.3.1. Niveaux d'eau aval de mer

La prise en compte du niveau aval en estuaire est primordiale puisqu'il s'agit du niveau dimensionnant du projet. En effet, le niveau aval varie au gré des marées hautes et basses tandis que le niveau amont est globalement assez homogène. Régulièrement à marée haute, le niveau aval de l'écluse est supérieur au niveau amont de l'écluse.

Dans les paragraphes suivants, une analyse statistique des chroniques du niveau aval relevé au niveau de l'écluse est proposée afin de caractériser les niveaux actuels. Puis, une analyse de l'évolution des niveaux extrêmes est proposée afin de prendre en compte le réchauffement climatique et son incidence sur l'augmentation du niveau aval dans le cadre du projet.

Analyse statistique des chroniques 2003-2023 :

Les niveaux de marées hautes enregistrés sur la période 2003-2023 ont été analysés statistiquement et sont présentés sur la figure suivante.

Sur les 20 ans de données, on constate que :

- La marée haute moyenne s'établit à +2.17 m NGF, c'est-à-dire au même niveau que le plan d'eau en amont de l'écluse ;
- 95% des valeurs sont inférieures à +3.00 m NGF.

La PHMA (Plus Haute Marée Astronomique) vaut +3.43 m NGF et est observée 0.4% du temps soit en moyenne 3 fois par an. Cette valeur ne prend pas en compte les surcotes. Le terreplein de l'écluse est établi à +4.30 m NGF. D'après les chroniques, ce niveau de mer n'a jamais été atteint. Cependant, Eaux & Vilaine a observé, en de très rares occasions, des venues d'eau salines sur le terreplein liées à une surcote. Cela n'a pas été problématique pour le fonctionnement de l'écluse.

La PBMA (Plus Basse Marée Astronomique) s'établit à -2.96 m NGF (non visible sur la figure ci-dessous).

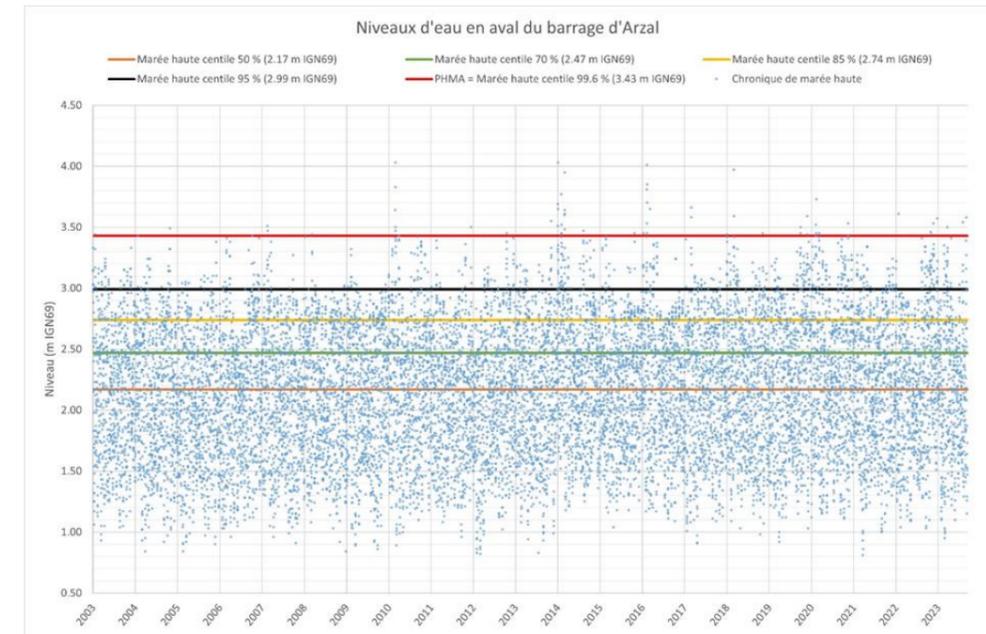


Figure 36 : Analyse statistique des niveaux aval sur la chronique 2003-2023

Evolution du niveau aval :

ARTELIA a réalisé une étude spécifique visant à analyser les niveaux d'eau extrêmes au droit du site afin de caractériser leur évolution dans un contexte de réchauffement climatique.

Dans un premier temps, une analyse des chroniques de débits disponibles sur la période 2003-2023 au pas de temps de 10 min a été effectuée. Plusieurs traitements préalables ont permis d'éliminer les valeurs aberrantes, de lisser le signal, de caractériser les niveaux moyens à différentes échelles de temps et enfin de séparer les différentes composantes du niveau marin dont la marée astronomique.

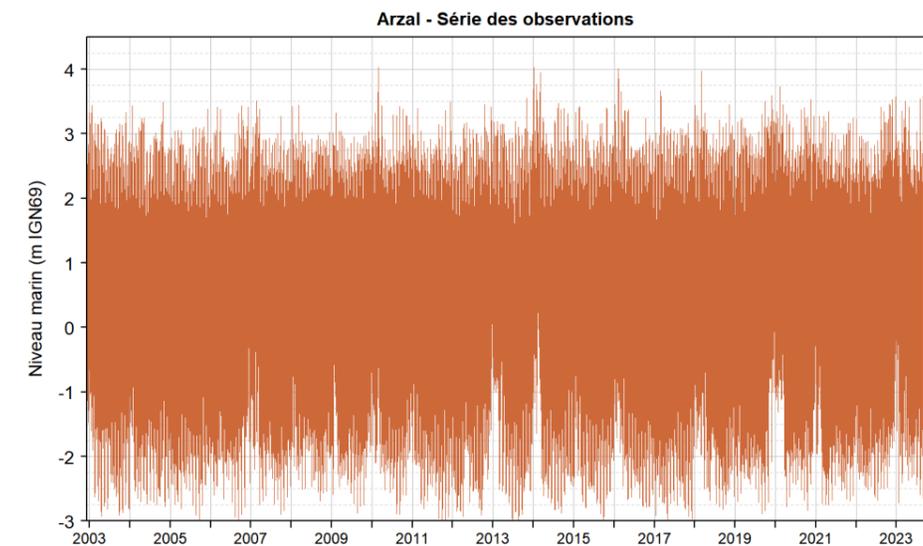


Figure 37 : Chroniques des niveaux aval disponibles

Considérant la difficulté de faire la part de tous les phénomènes, naturels ou non (fonctionnement de l'écluse, problèmes de mesure), dans la série des niveaux d'eau, il est décidé d'extrapoler les niveaux extrêmes par deux approches différentes :

La première approche consiste en une extrapolation directe du niveau de pleine mer. Il s'agit d'une méthode simplifiée et a priori conservative qui traite le niveau de pleine mer comme une variable homogène (on ne sépare pas la marée de la surcote).

Le résultat est illustré sur la figure ci-dessous et donne un niveau de mer cinquantennal à +4.26 m NGF et centennal à +4.36 m NGF.

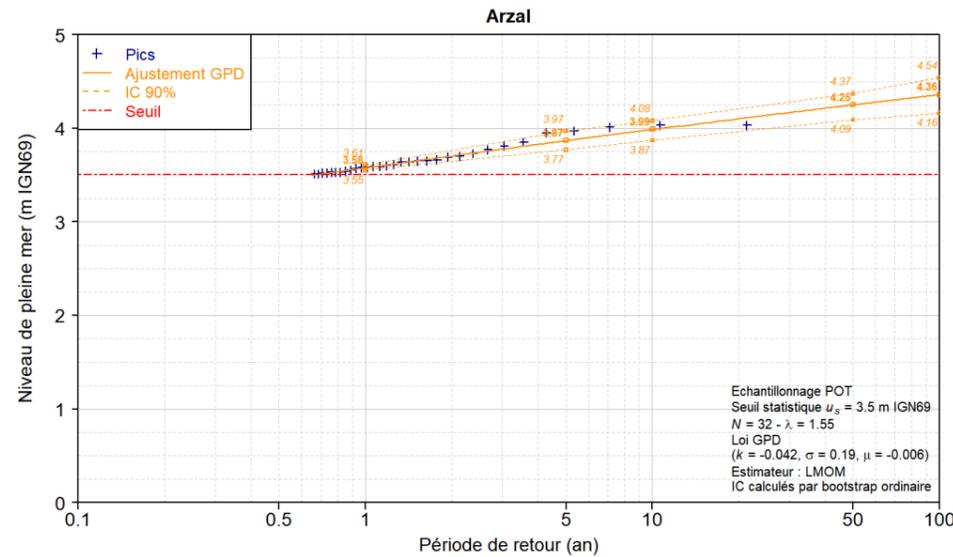


Figure 38 : Courbe d'extrapolation directe du niveau de pleine mer

La seconde approche est dite **indirecte avec séparation de la marée et de la surcote.** Il s'agit de la méthode recommandée dans les environnements macro-tidaux, où la marée astronomique est prédominante et la séparation des composantes du niveau est possible.

Cette approche est figurée sur la figure qui suit et donne des valeurs de niveau de mer cinquantennal et centennal légèrement moins importants avec respectivement +4.11 m NGF et +4.20 m NGF.

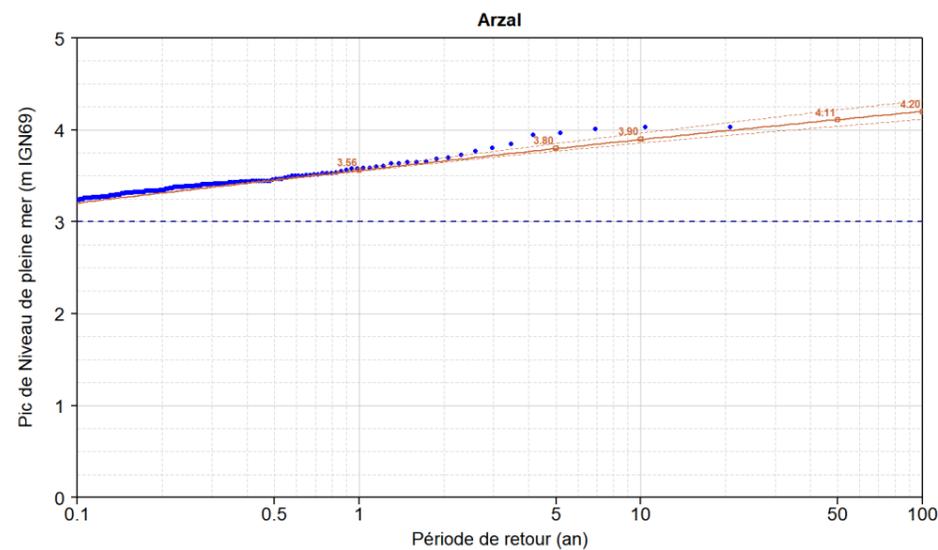


Figure 39 : Courbe d'extrapolation indirecte du niveau de pleine mer

A ces valeurs, il faut ensuite ajouter l'élévation du niveau moyen due au changement climatique qui peut être estimée sur la base des travaux du sixième rapport d'évolution du GIEC dont les projections sont présentées sur la figure suivante.

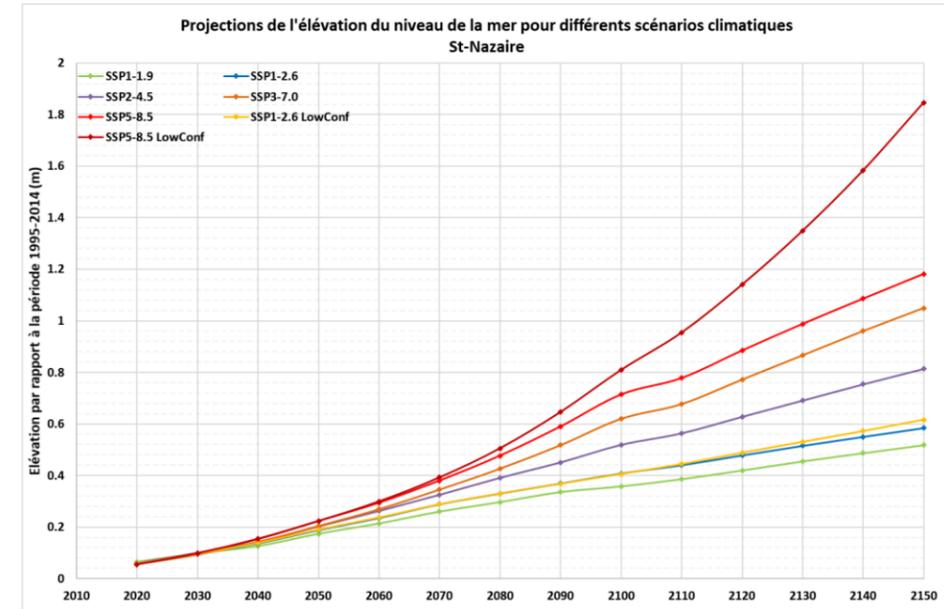


Figure 40 : Projection de remontée eustatique du niveau moyen à Saint-Nazaire pour différents scénarii climatiques (source : GIEC/NASA)

À **horizon 2080** (durée de vie de 50 ans), l'élévation attendue est de l'ordre de 0,5 m en moyenne pour les 2 scénarii les plus défavorables. On obtiendrait un **niveau moyen extrême de l'ordre de +4.61 à +4.76 m NGF.**

À l'**horizon 2130** (durée de vie de 100 ans), l'élévation attendue est de l'ordre de 1 m en moyenne pour les 2 scénarii les plus défavorables. On obtiendrait un **niveau moyen extrême de l'ordre de +5.11 à +5.26 m NGF.**

5.1.3.2. Courants de marées

Les courants de marée sont très largement liés à la marée astronomique, bien qu'ils restent sensibles aux caractéristiques des vents.

Ces variabilités peuvent être liées à plusieurs paramètres :

- coefficient de marée ;
- variabilité des fonds dans le port ;
- influence des ouvrages ;
- variabilité flot/jusant.

Avant la construction du barrage, les courants de marée étaient plutôt rapides : d'après le SHOM (1968), ils atteignaient 3 nœuds, au flot comme au jusant, au mouillage de Tréhiguier.

La réalisation du barrage a considérablement réduit le volume oscillant dans l'estuaire :

- tout d'abord directement, en empêchant la remontée du flot au-delà d'Arzal,
- mais aussi progressivement, de manière indirecte, en favorisant la constitution de bancs de vase émergeant à basse mer.

De ce fait, les courants de marée ont également fortement chuté. Juste en amont de l'embouchure, le SHOM (2003) fait état de courants de vive eau atteignant 1,4 nœuds au flot, et 1,5 nœuds au jusant.

D'après les données du SHOM, les vitesses de courant maximales actuelles en sortie aval du barrage sont faibles, inférieures à 0,5 nœuds par seconde, comme le montre la carte ci-après.

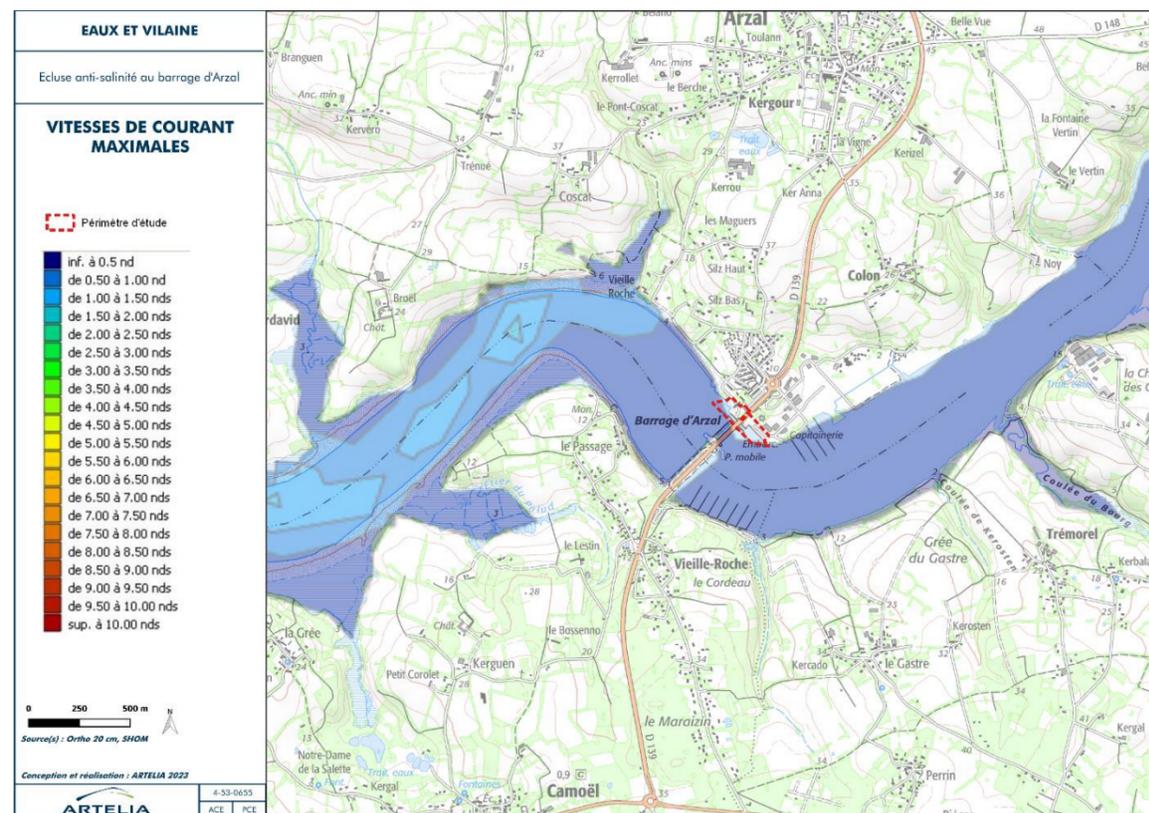


Figure 41 : Vitesses de courant maximales à proximité du projet (source : datashom)

5.1.3.3. Dynamique sédimentaire et envasement

La construction du barrage a modifié les conditions hydrodynamiques de l'estuaire et a donc bouleversé les mécanismes du transport sédimentaire. En bloquant la remontée de la marée, le barrage a réduit le volume oscillant de l'estuaire. Ce phénomène a alors généré une diminution des courants de marée, favorisant le dépôt des sédiments en suspension dans l'eau, entraînant le resserrement du chenal principal et une augmentation du stock de sédiments à l'extérieur de l'estuaire.

En 2020, on estimait à 30 millions de tonnes la quantité de sédiments déposée depuis la création du barrage. L'augmentation du phénomène d'envasement par le barrage d'Arzal a été réel jusque dans les années 1990. Aujourd'hui, on observe des processus morphosédimentaires naturels d'envasement liés au vent et à la houle.

Avant la création du barrage, les dépôts de sédiments marins s'étalaient tout le long de la Vilaine et sur les marais, jusqu'à Redon, sur une distance pouvant atteindre 50 km en amont de l'embouchure. Le barrage d'Arzal en stoppant la remontée de l'onde de marée, a réduit la zone de dépôt des vases à 8 km et a entraîné un comblement (envasement) important en 40 ans, modifiant profondément la morphologie de l'estuaire.

La faiblesse des courants de marée dans la baie favorise la stratification thermique et haline ; les temps de résidence y sont élevés et la circulation est principalement dépendante des vents. Ces caractéristiques écologiques particulières rendent l'écosystème de la baie fragile, en particulier durant la période estivale lorsque des crues fluviales apportent des quantités

importantes de nutriments. De manière plus générale, les événements météorologiques intenses, associés aux modifications accélérées du climat (température, crues estivales, les étiages, les temps de résidence élevés) augmentent les risques des proliférations de phytoplancton et d'hypoxies des fonds marins.

Sous l'action du vent et des houles, ces dépôts vaseux sont remis en suspension et alimentent la turbidité de l'eau. Les lâchers du barrage d'Arzal sont également à l'origine d'un panache turbide dont les effets peuvent se ressentir sur des distances importantes.

Les conditions du transport solide des vases ont totalement changé du fait de la création du barrage, ce qui induit notamment des difficultés de navigation en basses eaux.

L'installation du barrage a donc eu pour conséquence une aggravation du phénomène d'envasement à l'échelle globale de l'estuaire de la Vilaine. Plus localement, à l'aval de l'écluse actuelle, l'envasement du chenal d'accès oblige Eaux&Vilaine à réaliser régulièrement des opérations de curage pour maintenir le tirant d'eau nécessaire au passage des bateaux. Les essais de chasse réalisés via l'écluse se sont avérés peu concluants, car limités par la conception des portes.

5.1.3.4. Opérations de dragage régulières

Afin de lutter contre les effets de cet envasement, des dragages annuels sont ainsi effectués dans l'estuaire de Vilaine afin de maintenir la navigation et l'accès à l'estuaire pour certains points stratégiques et pérenniser les usages locaux estuariens (plaisance, conchyliculture, pêche). Eaux&Vilaine réalise ainsi des dragages dans l'estuaire de la Vilaine depuis 2005.

Un arrêté préfectoral en date du 5 août 2016 autorise les travaux de dragage des sédiments dans l'estuaire de la Vilaine et à l'aval du barrage d'Arzal. L'autorisation a été délivrée pour une durée de 10 ans.

L'opération consiste en une remise en suspension des sédiments dans les courants de fond par le biais d'un rotodévaseur muni d'une fraise horizontale de plusieurs mètres de long qui désolidarise le matériau du fond. L'opération est réalisée au jusant afin de faciliter le départ des sédiments vers le large.



Figure 42 : Rotodévaseur, propriété d'Eaux&Vilaine

Les dragages sont réalisés dans l'estuaire de la Vilaine, sur les 4 sites suivants :

- Le port de Téhiguier à Pénestin ;
- Le port de la Vieille-Roche à Camoël ;
- L'aval de l'écluse du barrage d'Arzal ;
- Le chenal d'accès au port à sec de Tréhudal.

Conformément à l'arrêté préfectoral, les dragages sont suivis d'un point de vue environnemental. Ce suivi s'appuie sur 3 axes :

- Le suivi de la qualité des sédiments est réalisé tous les 3 ans. La dernière analyse date de janvier 2022 et a porté sur 18 prélèvements localisés dans l'estuaire de la Vilaine ainsi qu'à l'aval du barrage d'Arzal. Au droit de l'écluse, en aval du barrage, 3 échantillons de sédiments ont été prélevés (cf. localisation des points ci-dessous). Les résultats des analyses ne montrent aucun dépassement des seuils réglementaires (pour les molécules avec seuils) ;

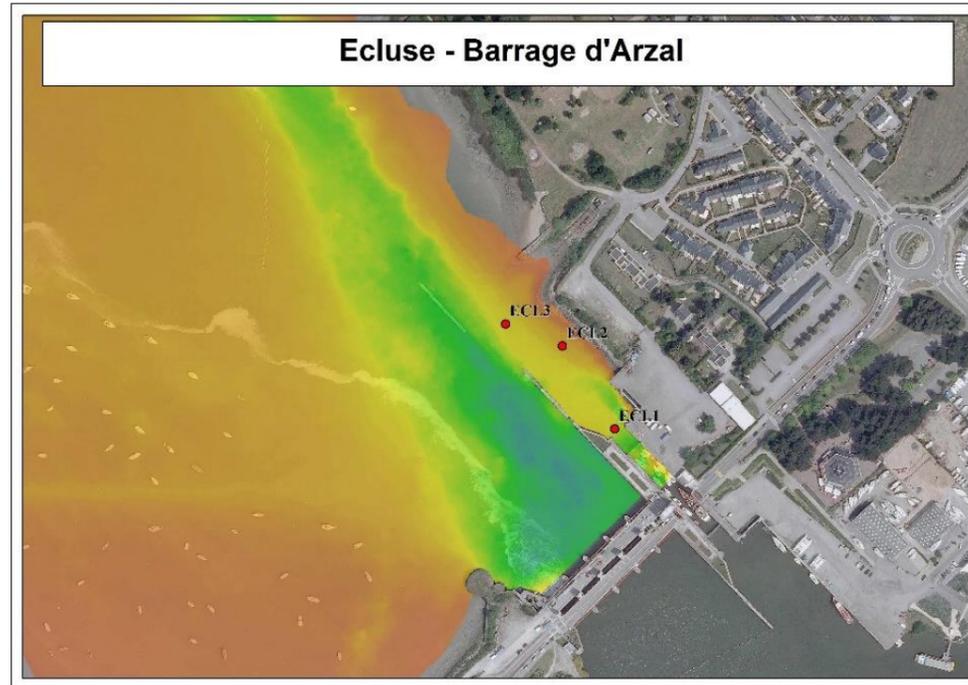


Figure 43 : Localisation des points de prélèvement des sédiments les plus proches de l'écluse

- Le suivi de la croissance et de la mortalité des moules en aval des dragages. Le protocole expérimental s'appuie sur le réseau national de suivi de la moule bleue porté par l'IFREMER : Mytilobs. Aucun impact significatif n'a été mis en évidence à ce jour ;
- L'intégration des résultats des suivis des réseaux REMI, REPHY et ROCCH de l'IFREMER.

La mytiliculture étant une économie majeure sur le territoire, le planning des dragages est élaboré en concertation avec les acteurs locaux dont le Syndicat mytilicole de Pénestin afin d'y intégrer le calendrier d'élevage des exploitations mytilicoles. Les périodes printanières et estivales pendant lesquelles ont lieu le captage des naissains, le grossissement puis les premières récoltes sont très souvent exemptes de dragages. Ce planning est appliqué une fois le dossier des dragages validé par les services de l'état.

Par ailleurs, afin d'estimer les volumes dragués, des relevés bathymétriques des secteurs travaillés sont réalisés avant et après dragage. Une bathymétrie complète de l'estuaire est par ailleurs réalisée tous les 5 ans.

Le rapport interannuel du suivi environnemental des dragages en estuaire de Vilaine présente le bilan des 3 dernières campagnes de dragage (2016-2017 /2018-2019 /2019-2020).

5.1.4. En amont du barrage - Vilaine

5.1.4.1. Niveaux d'eau en Vilaine

La cote de retenue normale du plan d'eau amont au barrage est fixée à 2.20 m IGN69. Toutefois, cette valeur varie suivant les périodes de l'année et les usages prioritaires (cf. § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Les niveaux enregistrés sur la période 2003-2023 ont été analysés statistiquement et sont présentés sur la figure suivante.

Sur les 20 ans de données, on constate que :

- La moyenne s'établit à 1.95 m IGN69 ;
- 90% des valeurs sont comprises entre 1.33 et 2.25 m IGN69 dont 50% entre 1.90 et 2.10 m IGN69 ;
- 5% des valeurs sont inférieures à 1.33 m IGN69, soit en moyenne 18 jours par an en moyenne ;

5% des valeurs sont supérieures à 2.25 m IGN69, soit également 18 j/an en moyenne

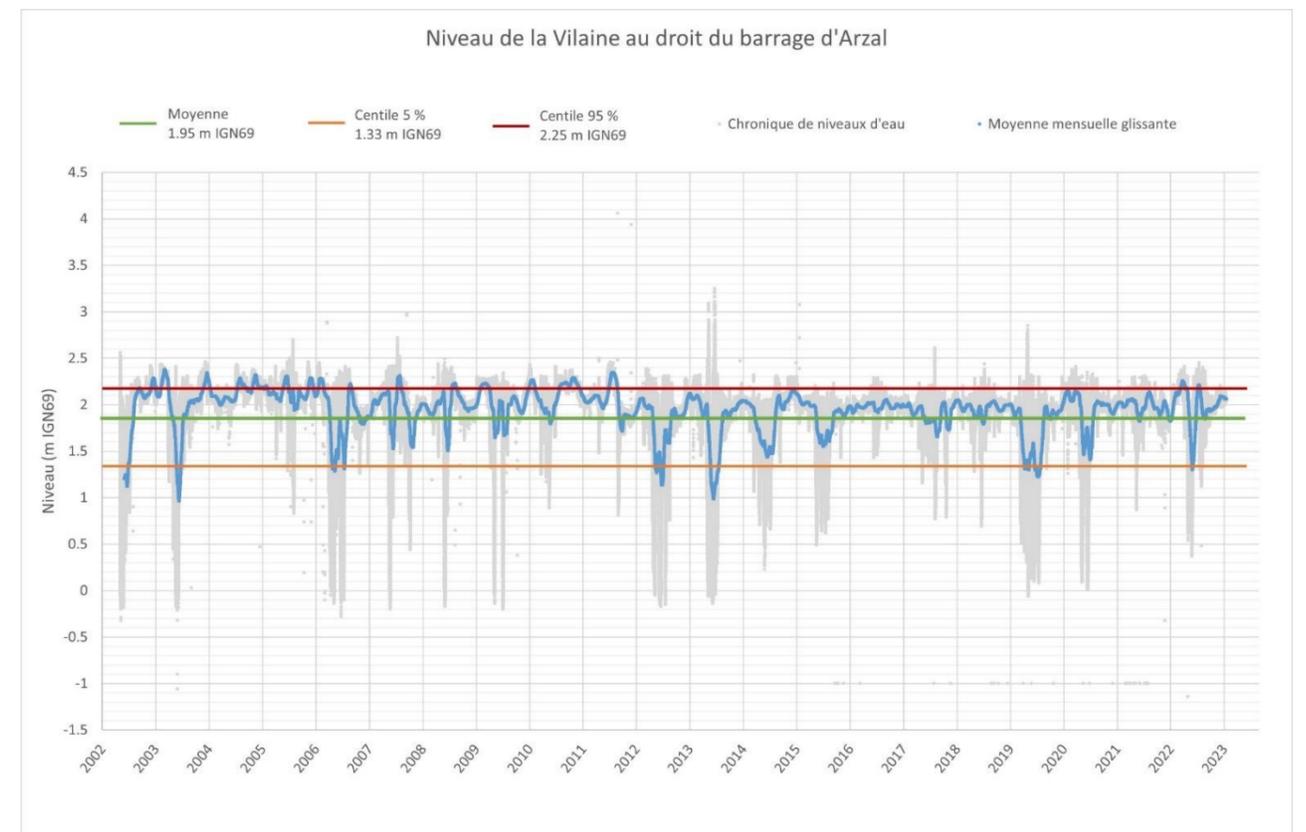


Figure 44 : Niveaux de la Vilaine au droit du barrage d'Arzal

5.1.4.2. Hydrologie de la Vilaine

Stations hydrométriques :

La Vilaine prend sa source dans le département de la Mayenne (53) sur les collines de Juvigné, au lieu-dit La Source et se jette dans l'océan Atlantique entre les communes d'Arzal et Pénestin dans le Morbihan (56), après avoir parcouru 217,9 km.

Plusieurs stations hydrométriques sont disponibles sur le bassin versant. La station, la plus en aval, au Pont de Cran a été retenue pour caractériser les débits à Arzal. Ces caractéristiques sont disponibles dans le tableau suivant.

Tableau 1 : Caractéristique de la station hydrométrique retenue

Station	Code station	Bassin versant	Producteur	Période de mesure
La Vilaine au Pont de Cran	J9300611	10 149,2 km ²	DREAL Bretagne	2002-2023

Débits moyens mensuels et module :

Les données issues de la station hydrométrique permettent l'application de la formule de Myer, correspondant à une extrapolation des valeurs à chaque site d'étude par un rapport à la surface des bassins versants.

A l'instar des cours d'eau côtiers bretons, la Vilaine est un fleuve dont le régime hydrologique peut être caractérisé de pluvial avec des fluctuations saisonnières bien marquées (hautes eaux en hiver et au printemps et dont le pic de débit se produit en janvier). Les basses eaux s'étalent d'avril à novembre avec un minimum de débit au cours du mois de septembre.

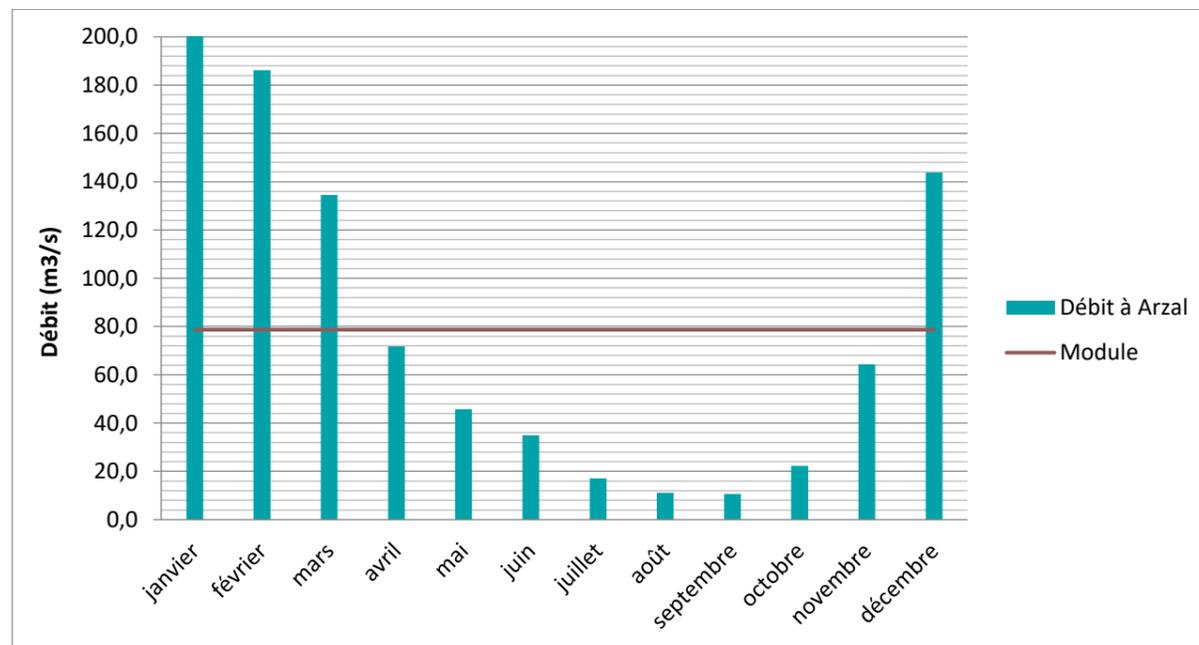


Figure 45 : Débits mensuels moyens et module au droit du barrage d'Arzal

Débits caractéristiques :

Le tableau suivant présente les débits caractéristiques à retenir dans le cadre de cette étude, également obtenus grâce à la formule de Myer.

Tableau 2 : Débits caractéristiques au droit du barrage

Conditions hydrologiques		Débits (m³/s)
Etiage	QMNA5	5,62
Normales	Module	78,69
Hautes Eaux	Q2	413
	Q5	598
	Q10	720
	Q20	838

Débits classés :

La figure suivante présente les débits classés au droit du barrage d'Arzal établis avec la formule de Myer également sur la période 2022-2023.

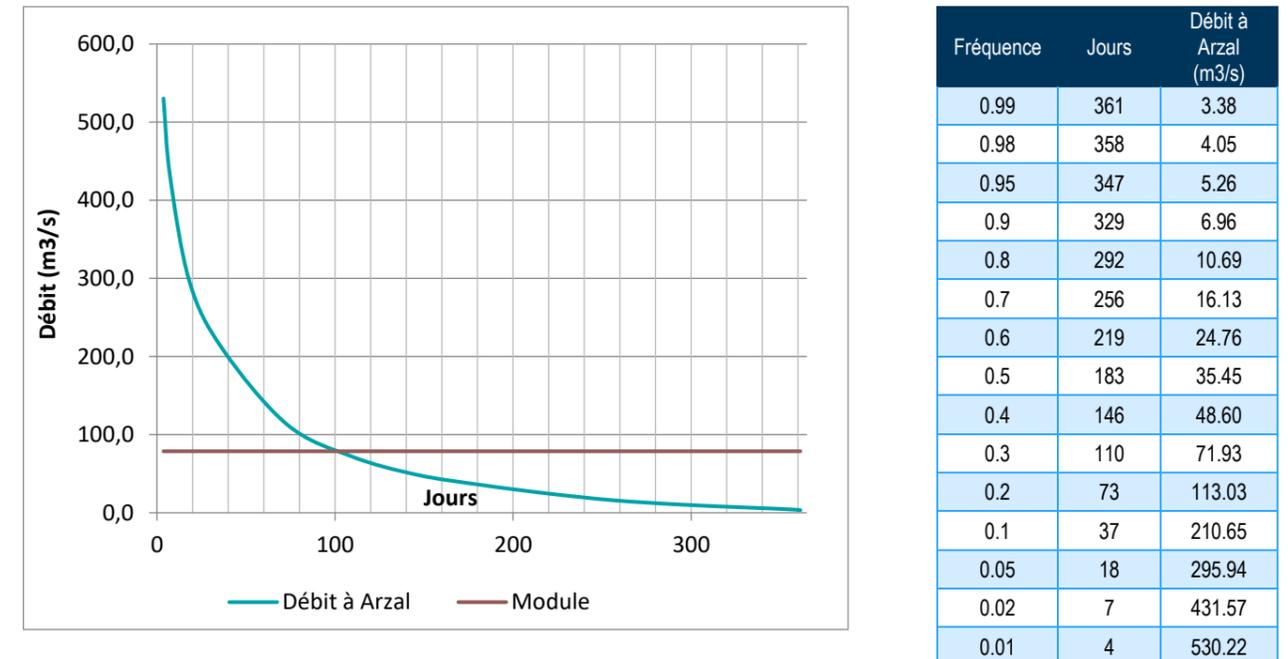


Figure 46 : Débits classés au droit du barrage d'Arzal

A titre d'exemple, les débits inférieurs à 50 m³/s sont observés 60% du temps, soit en moyenne 220 jours par an.

5.1.4.3. Répartition des eaux de la Vilaine au droit du barrage

Le flux d'eau est réparti, au point nodal d'Arzal, en sept postes : les vannes, les volets, la passe à poissons, les siphons, l'écluse, le pompage de Férel et l'évaporation sur le plan d'eau. Si, en hiver, volets et vannes représentent la quasi-totalité des volumes

évacués, il n'en est pas de même en été, où les quantités transitant à la passe à poissons, aux siphons et à l'écluse peuvent dépasser 60 % du volume évacué.

La figure suivante présente le bilan hydraulique annuel et en période estivale de la retenue avec les différents ouvrages du barrage d'Arzal.

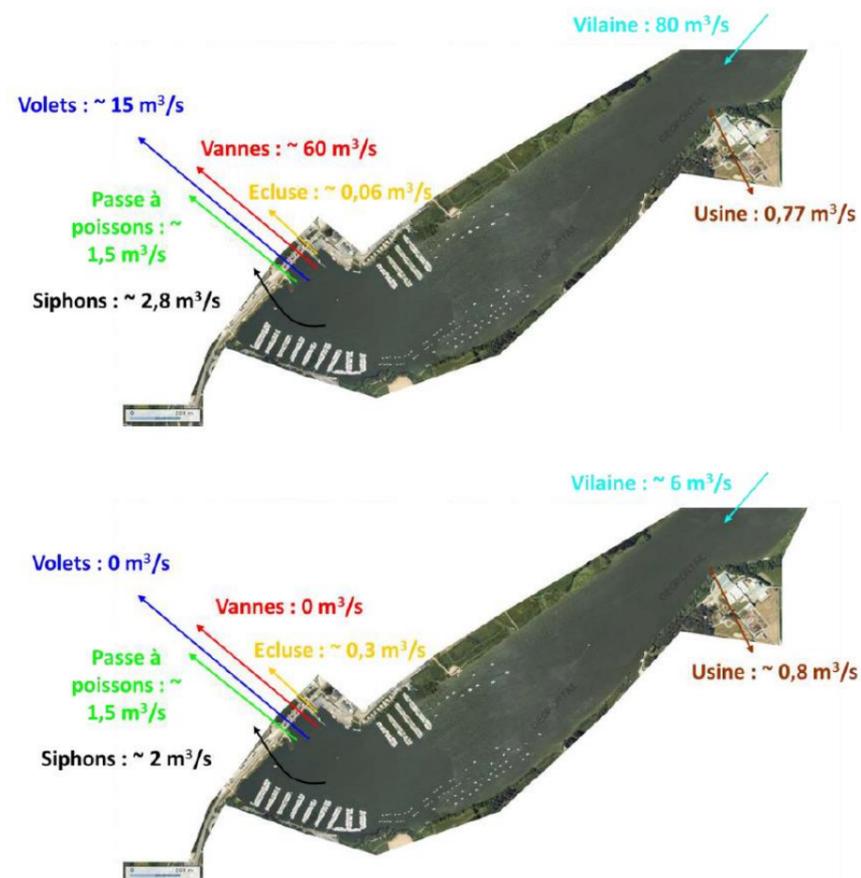


Figure 47 : Schéma hydraulique de la Vilaine au droit du complexe d'Arzal - Bilan annuel en haut - Bilan en période estival en bas

Suivant le niveau de la Vilaine sur le seuil du barrage de Malon (situé à Guipry-Messac), une cote journalière d'objectif est définie pour le plan d'eau douce à l'amont du bief. Cette cote induit le mode de fonctionnement du barrage : selon le volume d'eau à évacuer, 1 à 5 vannes ou volets sont ouverts.

5.1.5. Risque d'inondation et submersion marine

5.1.5.1. Caractérisation des événements historiques en Baie de Vilaine

Les deux événements historiques majeurs recensés en Baie de Vilaine sont les suivants :

- La tempête Johanna du 10 mars 2008, qui est l'événement de référence du PPRL Morbihan ;
- La tempête Xynthia du 28 février 2010 et qui est l'événement de référence pour le PPRL de Loire-Atlantique, qui a provoqué des débordements au niveau du Barrage d'Arzal.

Lors de ces deux événements, les niveaux d'eau au Barrage d'Arzal ont atteint 3.44 m NGF le 10 mars 2008 et 3.88 m NGF le 28 février 2010.

Les mesures du marégraphe d'Arzal montrent une surcote exceptionnelle lors de l'événement Xynthia qui a mené à des débordements au barrage. Cette surcote serait ainsi liée en partie à ce phénomène de résonance sur le plateau continental et qui se serait propagé dans l'estuaire.

5.1.5.2. Programmes de prévention des inondations

Avant la construction du barrage d'Arzal, environ 10 000 hectares de marais étaient ainsi inondés durant la moitié de l'année, sous la double influence des crues et des marées. Les inondations constituent toujours une des préoccupations majeures sur le bassin de la Vilaine. On peut notamment citer sur les 30 dernières années, les épisodes marquants de janvier 1995, janvier 2011, mars 2001 et décembre 2013 et février 2014.

Le barrage d'Arzal permet de bloquer l'onde de marée qui engendrait des inondations fréquentes sur le secteur de Redon par concordance entre une marée haute à fort coefficient et une crue de la Vilaine ou de l'Oust. Il n'est vraiment efficace que lorsque le débit de la Vilaine est inférieur à 800 m³/s, mais il permet de réduire fortement la fréquence des crues et la durée des inondations en toutes zones.



Par ailleurs, la commune d'Arzal :

- s'est vu prescrire la réalisation d'un Plan de Prévention des Risques naturels : PPRI du bassin versant de St Eloi par une crue à débordement lent de cours d'eau. Les communes d'Arzal, de Larre et de Marzan ne sont pas atteintes par la zone de l'aléa. Elles sont toutefois concernées par le règlement au regard des projets qui pourraient avoir un impact sur la modification de la dynamique des écoulements en amont du bassin versant ;
- fait l'objet d'un programme de prévention (PAPI) du fait de l'aléa inondation par submersion marine : PAPI Vilaine 2 pour la période 2012-2019 et PAPI 3 pour la période 2020-2025.

A noter par ailleurs que le PPRI Vilaine Aval ne s'applique pas sur le secteur concerné puisqu'il concerne principalement le débordement des affluents de la Vilaine, sur des zones situées bien plus en amont du projet.

De plus, aucun Atlas des Zones Inondables (AZI) n'est disponible sur le secteur concerné.

5.2. QUALITE DES EAUX

5.2.1. Objectifs de qualité des milieux récepteurs

Directive relative à la qualité des eaux de baignade

La qualité des eaux de baignade est réglementée par la Directive 2006/7/CE sur la gestion de la qualité des eaux de baignade qui a introduit l'obligation de réaliser des profils d'eau de baignade pour évaluer les risques sanitaires et chimiques et définir les actions à mettre en œuvre pour y remédier. Cette Directive précise le rôle et la responsabilité accrue des collectivités territoriales, dans la gestion des sites de baignade et leur suivi sanitaire. Les ports sont classés dans la colonne « risques » pour la qualité des eaux de baignade. Les gestionnaires de ports sont donc concernés en tant qu'usagers et doivent mettre en place une gestion et des moyens adaptés pour une qualité environnementale suffisante.

Le dispositif réglementaire en vigueur impose d'assurer une surveillance régulière des zones de baignade.

L'évaluation de la qualité des eaux de baignade s'appuie depuis 2013 sur cette même directive de 2006 et les critères qu'elle définit. Le classement des eaux de baignade est réalisé chaque année en utilisant les analyses réalisées les 4 années antérieures.

Tableau 3 : Seuils de qualité employés pour la mise en œuvre de la directive de 2006, Source : Note d'information de la Direction générale de la Santé du 23/05/2014

Note d'information DGS 2014		Limite Bon/Moyen	Limite Moyen/Mauvais
Escherichia coli	nb/100 ml	100	1 000
Entérocoques fécaux	nb/100 ml	100	370

Ces limites sont employées pour le suivi de la qualité des eaux de baignade en cours de saison balnéaire et permettent de fermer une plage en cas de pollution avérée.

Par ailleurs, une analyse statistique des résultats permet de classer une saison balnéaire selon 4 catégories de qualité :

- Excellente qualité,
- Bonne qualité,
- Qualité suffisante,
- Qualité insuffisante.

Les modalités de classement des sites de baignade selon la directive de 2006 sont présentées ci-dessous.

Tableau 4 : Modalités de classement des sites de baignade selon la directive de 2006

Paramètres	Excellente qualité	Bonne qualité	Qualité suffisante	Qualité insuffisante
Entérocoques intestinaux (UFC/100 ml)	Percentile 95 < 100 (*)	Percentile 95 < 200 (*)	Percentile 90 < 185 (**)	Percentile 90 ≥ 185 (**)
Escherichia coli (UFC/100 ml)	Percentile 95 < 250 (*)	Percentile 95 < 500 (*)	Percentile 90 < 500 (**)	Percentile 90 ≥ 500 (**)

(*) Evaluation au 95ème percentile de la fonction normale de densité de probabilité log10 des données microbiologiques

(**) Evaluation au 90ème percentile de la fonction normale de densité de probabilité log10 des données microbiologiques

Classement sanitaire des zones conchylicoles professionnelles

L'ensemble des zones de production de coquillages vivants (zones de captage, d'élevage et de pêche à pied professionnelle) fait l'objet d'un classement sanitaire, défini par arrêté préfectoral.

Celui-ci est établi sur la base d'analyses des coquillages présents : analyses microbiologiques utilisant Escherichia coli comme indicateur de contamination et dosage de la contamination en métaux lourds (plomb, cadmium et mercure).

Le classement et le suivi des zones de production de coquillages distinguent 3 groupes de coquillages au regard de leur physiologie :

- **groupe 1** : les gastéropodes (bulots etc.), les échinodermes (oursins) et les tuniciers (violets) ;
- **groupe 2** : les bivalves fouisseurs, c'est-à-dire les mollusques bivalves filtreurs dont l'habitat est constitué par les sédiments (palourdes, coques...);
- **groupe 3** : les bivalves non fouisseurs, c'est-à-dire les autres mollusques bivalves filtreurs (huîtres, moules...).

Les règles de classement prévoient trois classes de qualité :

Tableau 5 : Exigences réglementaires et classement des zones conchylicoles

Classement	Mesures de gestion avant mise sur le marché	Critères de classement (E. coli/100g de chair et liquide intervalvaire (CLI))			
		230	700	4 600	46 000
A	Consommation humaine directe	Au moins 80% des résultats	Tolérance de 20% des résultats		
B	Consommation humaine après purification	Au moins 90% des résultats			Tolérance de 10% des résultats
C	Consommation humaine après reparçage ou traitement thermique	100% des résultats			
Non classée	Interdiction de récolte	Si résultat supérieur à 46 000 E. coli/100 g de CLI ou si seuils dépassés pour les contaminants chimiques (cadmium, mercure, plomb, HAP, dioxines et PCB)			

Pour toutes les zones classées, les teneurs en contaminants de l'environnement doivent respecter les teneurs maximales définies dans le règlement (CE) n° 1881/2006 du 19 décembre 2006.

Les zones ne respectant pas l'ensemble de ces critères, ou celles ne disposant d'aucune donnée sur leur contamination, sont non classées et toute production ou récolte y sont interdites.

Le classement est donc établi selon des critères microbiologiques (Escherichia coli) et chimiques (mercure, cadmium, plomb, dioxines, PCB DL, PCB non DL, et HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques)). Les zones de production sont classées suite à une étude sanitaire, puis une surveillance régulière de leur qualité microbiologique et chimique est mise en œuvre à travers les réseaux REMI (Réseau de surveillance microbiologique des zones de production) et ROCCH (Réseau d'Observation des Contaminants Chimiques).

L'estimation de la qualité est déterminée pour chaque zone classée selon les résultats du ou des points REMI et ROCCH représentatifs. Les zones de production qui présentent un dépassement des teneurs maximales des contaminants chimiques (Règlement (CE) n° 1881/2006) ou qui présentent une qualité microbiologique plus dégradée que les critères réglementaires de la qualité C du Règlement d'exécution (UE) n°2019/627, sont estimées de « très mauvaise qualité ».

Dans le cas contraire, l'estimation de la qualité A, B ou C est déterminée d'après la distribution de fréquence (en %) des résultats du réseau REMI en fonction des seuils définis dans les articles 53, 54 et 55 du Règlement d'exécution (UE) n°2019/627.

Classement sanitaire des zones de pêche à pied de loisir

Actuellement, il n'existe pas de réglementation spécifique à la qualité sanitaire des zones de pêche à pied de loisir (contrairement à celle relative aux zones de production conchylicoles).

La seule véritable disposition réglementaire est fixée par le code rural (article R. 231-41) qui, sur les zones de production, autorise la pêche à pied non professionnelle des coquillages vivants uniquement sur les gisements classés en catégories A et B et l'interdit donc sur les gisements classés C et D.

Cette disposition est reprise dans les arrêtés préfectoraux établissant le classement de salubrité des zones de production des coquillages vivants pour la consommation humaine dans le département du Morbihan.

En l'absence de dispositions réglementaires spécifiques, la qualité sanitaire des sites de pêche à pied de loisir est évaluée à partir des exigences réglementaires microbiologiques de classement des zones de production conchylicoles - Règlement CE n°854/2004 et l'arrêté du 6 novembre 2003 qui définissent trois classes de qualité : A, B et C. Pour la pêche à pied de loisir, la catégorie B a été divisée en 2 sous catégories (classes moyenne et médiocre); ceci permet d'affiner les recommandations sanitaires apportées, les pêcheurs amateurs contrairement aux professionnels d'une zone, ne procédant pas à la purification des coquillages avant consommation.

Le classement porte désormais sur une série de 3 ans de résultats portant sur le dénombrement d'E. coli.

Tableau 6 : Classes de qualité sanitaire des sites de pêche à pied de loisir

Pêche à pied	Qualité du gisement
Autorisée	Bonne Site présentant une bonne qualité constante
Tolérée	Moyenne Site généralement de bonne qualité, ponctuellement concerné par des épisodes de contamination
Déconseillée	Médiocre Site de qualité moyenne à médiocre, les coquillages sont régulièrement contaminés nécessitant la cuisson avant consommation
Interdite	Mauvaise Site de mauvaise qualité, le ramassage et la consommation des coquillages sont interdits

Objectifs de « bon état » des eaux de la DCE – Qualité des masses d'eau concernées par le projet

➤ Application de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau

La Directive cadre sur l'eau (DCE) 2000/60/CE demande aux États membres de tendre vers un « Bon état » des eaux et d'atteindre ce « Bon état écologique » ou un « Bon potentiel écologique » dans le cadre d'un calendrier précis (2015 - avec une échéance maximale de 2027).

Elle a également introduit la notion de masses d'eau. Les masses d'eau correspondent à des unités ou portions d'unités hydrographiques ou hydrogéologiques constituées d'un même type de milieu. Il existe cinq catégories de masses d'eau, dont quatre sont des eaux de surface et une fait référence à une eau souterraine, à savoir les masses d'eau : cours d'eau, plans d'eau, de transition (ce sont les estuaires), côtières (eaux marines le long du littoral), souterraines.

Les prescriptions de la DCE sont transcrites en France dans les Schémas Directeur d'Aménagement et de Gestion des eaux (SDAGE), ainsi que dans les Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) qui définissent les actions nécessaires pour aboutir au « Bon état » des cours d'eau en 2015 ou, le cas échéant, avec un report de délai.

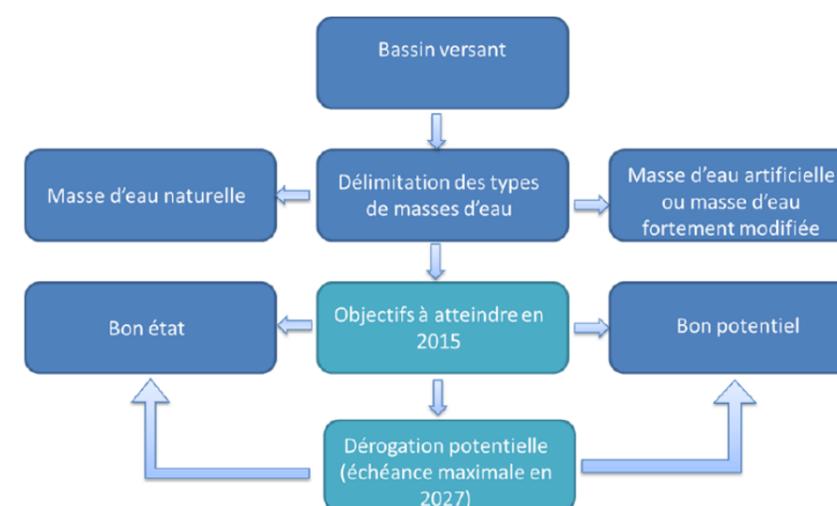


Figure 48 : Schéma de principe défini par la DCE

➤ Critères pour atteindre le « bon état » des masses d'eau

Le SDAGE Loire-Bretagne 2022-2027 établit des objectifs environnementaux affectés à chaque masse d'eau et des orientations et dispositions nécessaires pour atteindre ces objectifs. L'état d'une masse d'eau de surface s'apprécie sur deux aspects (critères cumulatifs) :

- **Etat (ou potentiel) écologique** : sur 6 classes, de « très bon » à « mauvais » ou « indéterminé »,
- **Etat chimique** : sur 3 classes, « bon », « mauvais » ou « indéterminé ».

Le *bon état écologique* est défini selon des 3 grands types de critères : biologiques (invertébrés, macroalgues, phytoplancton, plantes à fleurs), physico-chimiques (température, oxygène dissous, nutriments, ...) et morphologiques (morphologie de la côte, régime des marées).

Le *bon état chimique* correspond quant à lui au respect de valeurs-seuils (normes de qualité environnementale – NQE) fixées pour 45 substances prioritaires ou dangereuses (pesticides, métaux lourds, hydrocarbures, polychlorobiphényles-PCB...), définies par la directive 2008/105/CE et l'arrêté ministériel du 27 Juillet 2018. L'état chimique est uniquement évalué selon deux classes : **Respect** ou **Non-respect** de ces valeurs-seuils, aucune teneur/valeur intermédiaire n'est établie.

Les différents paramètres de ces 3 groupes, ainsi que les valeurs-seuils correspondantes, sont renseignés dans l'arrêté du 27 juillet 2018 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique des eaux superficielles. Cet état est évalué selon 5 classes de qualité (codifiées par couleurs) : **très bon état**, **bon état**, **état moyen**, **état médiocre**, **mauvais état**.

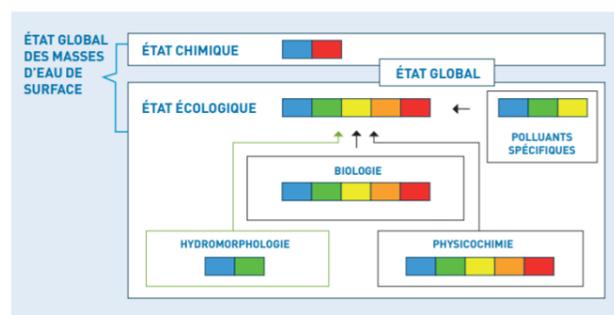


Figure 49 : Schématisation du processus d'évaluation de l'état d'une masse d'eau de surface

➤ Définitions et objectifs des masses d'eau concernées par le projet

Comme vu précédemment, l'état écologique des masses d'eau littorales est évalué à partir de deux groupes de paramètres : les paramètres biologiques et les paramètres chimiques.

L'objectif environnemental étant l'atteinte du « bon état », les seuils de qualité visés sont à minima ceux correspondant à la classe verte.

Un niveau de confiance est associé à l'évaluation de l'état écologique car les données peuvent ne pas être encore suffisantes à ce stade.

Sur la carte ci-après sont représentées les masses d'eau situées à proximité du projet.

Le barrage d'Arzal marque la limite entre la masse d'eau de transition « La Vilaine » (FRGT27) et la masse d'eau plan d'eau « Retenue d'Arzal » (FRGL058).

Les données disponibles sur l'état de ces masses d'eau sont présentées ci-dessous.

Tableau 7 : Etat des masses d'eau concernées par le projet

Masse d'eau superficielle	Type de masse d'eau	Etat écologique	Etat chimique
FRGT27 – « La Vilaine »	Masse d'eau de transition	Bon	Bon
FRGL058 – « Retenue d'Arzal »	Masse d'eau plan d'eau	Moyen	Bon

Ainsi, le barrage d'Arzal est concerné par les masses d'eau suivantes :

- « La Vilaine » (FRGT27) en bon état écologique et chimique ;
- « Retenue d'Arzal » (FRGL058) en bon état chimique et en état écologique moyen.

Les objectifs assignés pour ces masses d'eau dans le SDAGE 2022-2027 sont le maintien du bon état global pour la masse d'eau « La Vilaine » et l'atteinte du bon état écologique en 2027 pour la masse d'eau « Retenue d'Arzal ».

5.2.2. Qualité des eaux de transition

5.2.2.1. Suivi des chlorures

Le suivi de la salinité est réalisé par la société IMAGEAU en trois points localisés entre le barrage d'Arzal et l'Usine de Férel. Les principaux résultats des mesures effectuées au point VIL3 sont présentées ci-après.



Figure 51 : Points de mesure installés entre le barrage d'Arzal et l'Usine de Férel

Point de mesures situé au droit de l'Usine d'eau potable de Férel (VIL3) :

Le graphique ci-après met en évidence les résultats des mesures réalisées au point VIL3. Les chlorures présentent des teneurs très variables, en liaison avec les remontées d'eau salées.

Les teneurs moyennes s'étendent de 35 à 85 mg/l. En période d'étiage, de juillet à octobre, ces valeurs sont comprises entre 60 et 85 mg/l.

Les valeurs maximales peuvent atteindre près de 180 mg/l au mois d'août.

L'année 2023 (ligne orange) affiche des résultats légèrement inférieurs à la moyenne (ligne rouge). La valeur la plus haute a été atteinte mi-septembre, ce qui coïncide avec un épisode de fortes chaleurs.

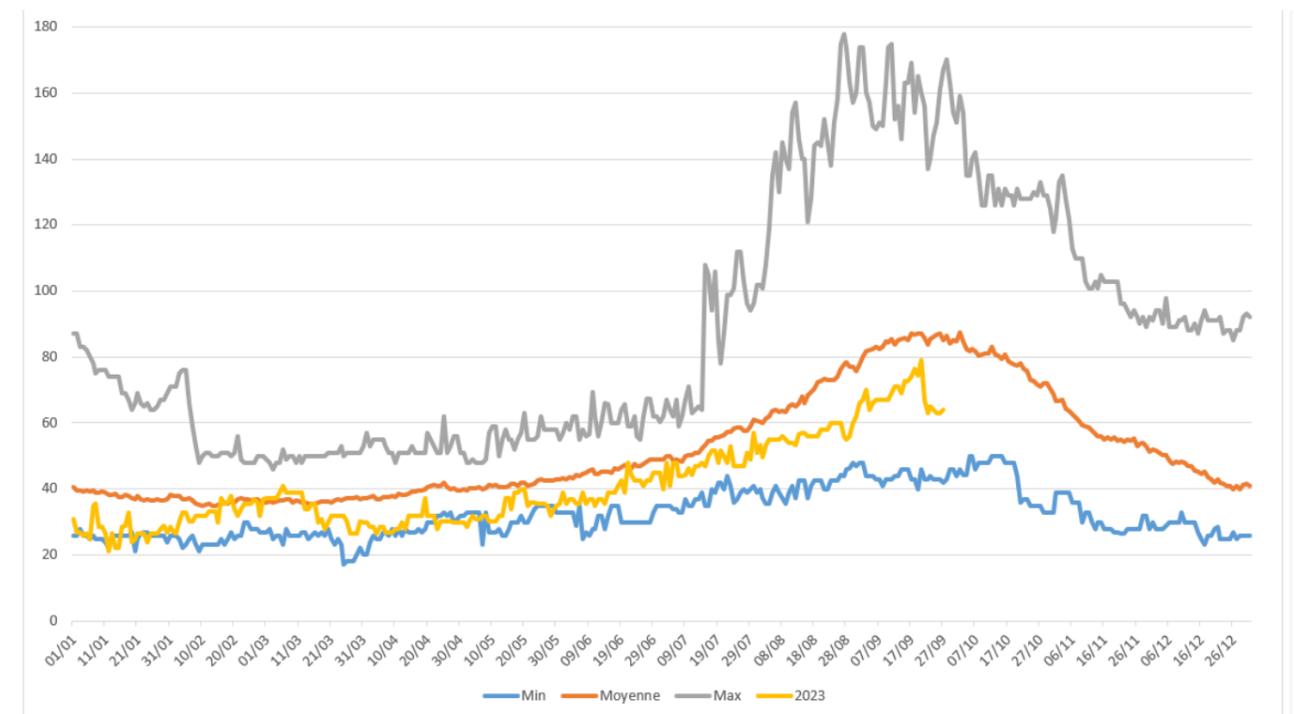


Figure 52 : Suivi des chlorures à la prise de Férel depuis 2020 (Source : Eaux et Vilaine)

5.2.2.2. Zones conchylicoles professionnelles

Points de surveillance à proximité du projet

L'ensemble des zones professionnelles de production et de reparcage de coquillages vivants (zones d'élevage et de pêche professionnelle) fait l'objet d'un classement sanitaire, défini par arrêté préfectoral. Celui-ci est établi sur la base d'analyses microbiologiques des coquillages issus de ces zones, en utilisant Escherichia coli (E. coli) comme indicateur de contamination fécale (en nombre d'E. coli pour 100 g).

La zone d'étude n'est pas située dans une zone conchylicole classée. Les limites de classement des zones s'arrêtent au niveau du barrage, comme le montre la figure ci-après.

A noter que le secteur géographique « 56.17.7 - Estuaire de la Vilaine – Rivière de Vilaine », le plus proche du barrage (en aval) est actuellement non classé.

Les zones classées les plus proches sont les suivantes :

- **56.17.10. pour le groupe 2** (bivalves fouisseurs, c'est-à-dire les mollusques bivalves filtreurs dont l'habitat est constitué par les sédiments (palourdes, coques, etc.) ;

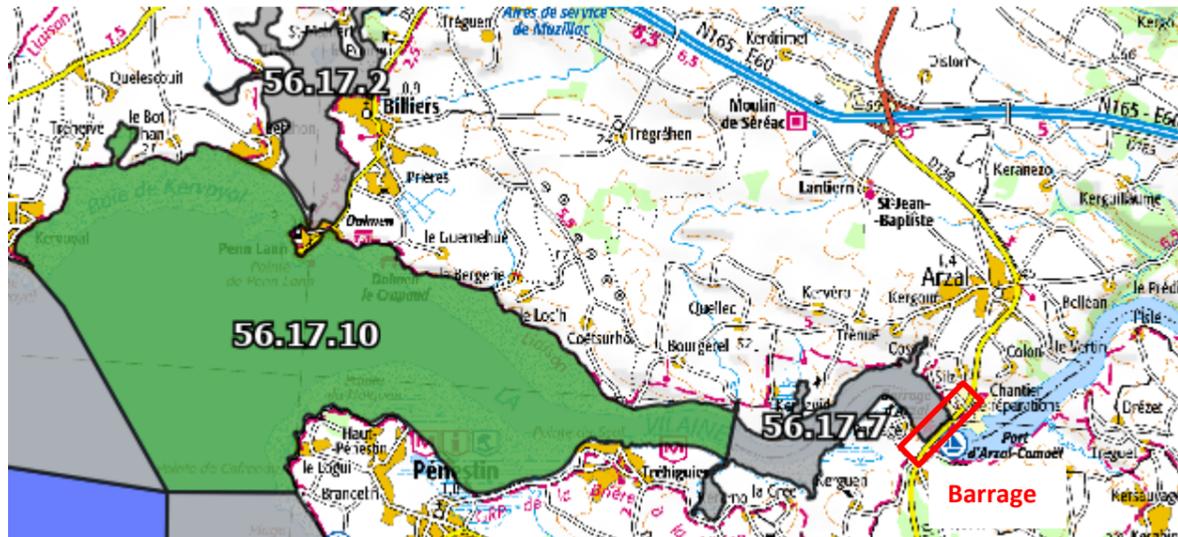


Figure 53 : Identification des zones de production conchylicole du Morbihan – classement sanitaire pour les coquillages du groupe 2

- **56.17.3 pour le groupe 3** (bivalves non fouisseurs, c'est-à-dire les mollusques bivalves filtreurs dont l'habitat est situé hors des sédiments (moules, huîtres, etc.) ;
- **56.17.4 pour le groupe 3** (bivalves non fouisseurs, c'est-à-dire les mollusques bivalves filtreurs dont l'habitat est situé hors des sédiments (moules, huîtres, etc.).

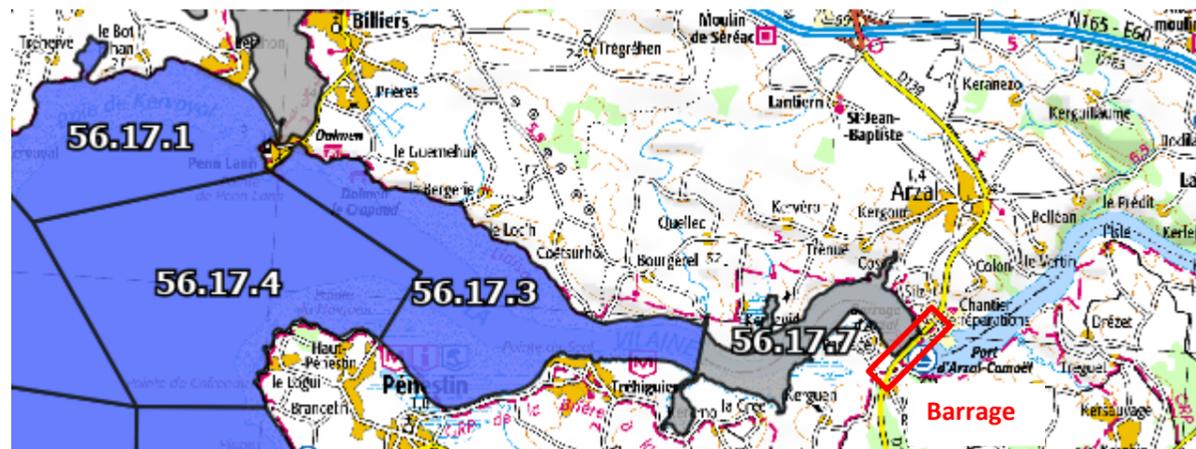


Figure 54 : Identification des zones de production conchylicole du Morbihan – classement sanitaire pour les coquillages du groupe 3

Surveillance microbiologique : suivi REMI

Le suivi REMI assure la surveillance sanitaire des zones de production conchylicole classées par l'administration. Sur la base du dénombrement dans les coquillages vivants des Escherichia coli (E. coli), bactéries communes du système digestif, recherchées comme indicateur de contamination fécale, le REMI a pour objectifs :

- d'estimer la qualité microbiologique des zones de production conchylicole,
- de détecter et de suivre les épisodes inhabituels de contamination.

Les résultats des prélèvements réalisés à la station de mesure « Le Branzais », sur la commune de Pénestin, sont présentés ci-dessous.

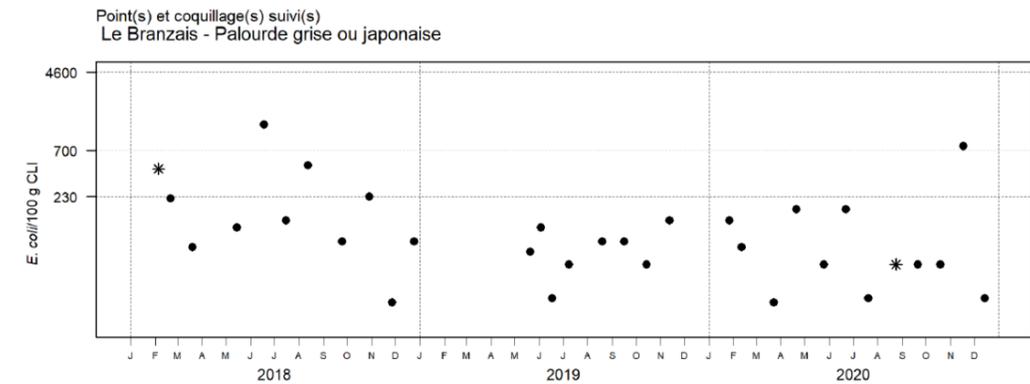


Tableau des résultats : effectif et pourcentage par classe sur 3 ans (2018-2020)

	N	<=230	]230-700]	]700-4600]	]4600-46000]	>46000	Max	Qualité estimée
n	29	26	1	2	0	0	1300	B
%		90	3	7	0	0		

Figure 55 : Suivi REMI pour la zone 56.17.10 – Groupe 2 – Estuaire de la Vilaine – Vilaine

Les résultats des prélèvements réalisés à la station de mesure « Les Granges », sur la commune de Billiers, sont présentés ci-dessous.

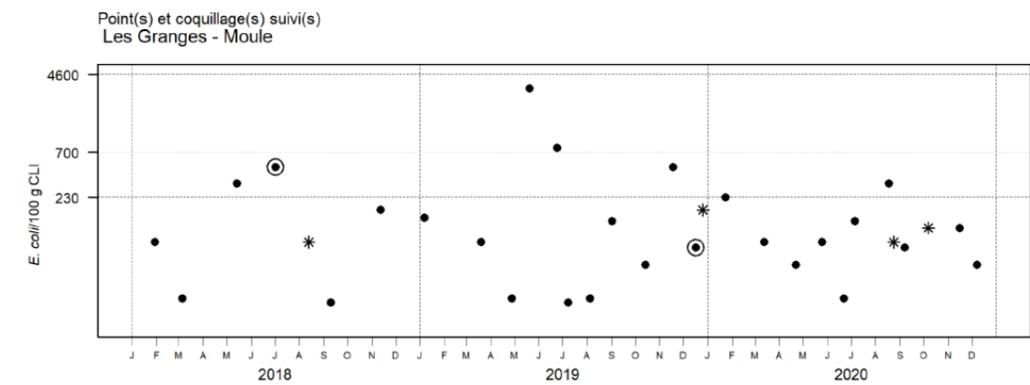


Tableau des résultats : effectif et pourcentage par classe sur 3 ans (2018-2020)

	N	<=230	]230-700]	]700-4600]	]4600-46000]	>46000	Max	Qualité estimée
n	27	21	4	2	0	0	3300	B
%		78	15	7	0	0		

Figure 56 : Suivi REMI pour la zone 56.17.3 – Groupe 3 – Estuaire de la Vilaine – Embouchure de la Vilaine

Les résultats des prélèvements réalisés à la station de mesure « Le Halguen », sur la commune de Pénestin, sont présentés ci-dessous.

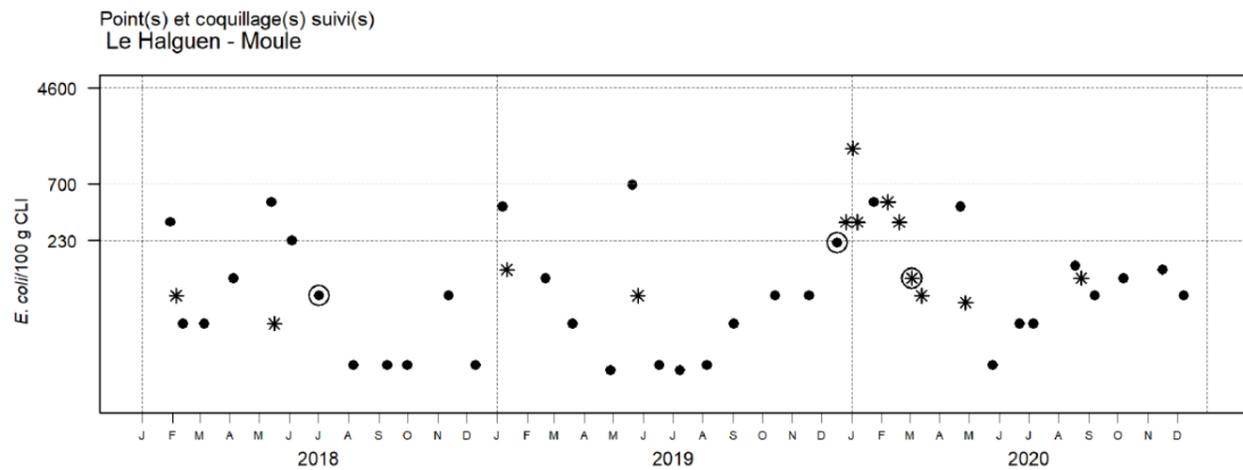


Tableau des résultats : effectif et pourcentage par classe sur 3 ans (2018-2020)

	N	<=230	]230-700]	]700-4600]	]4600-46000]	>46000	Max	Qualité estimée
n	34	28	6	0	0	0	690	A
%		82	18	0	0	0		

Figure 57 : Suivi REMI pour la zone 56.17.4 – Groupe 3 – Estuaire de la Vilaine – Baie de la Vilaine

Le classement établi sur ces dernières années est de **qualité moyenne (B)** pour les zones situées au point de prélèvement « Les Granges » et « Branzais ». Il permet la consommation humaine des coquillages après purification.

Le classement établi sur ces dernières années est de **bonne qualité (A)** pour la zone située au point de prélèvement « Le Halguen ». Il permet une consommation humaine directe.

Numéro de la zone	Nom de la zone	Point de prélèvement	Coquillage prélevé	Fréquence du suivi en 2019	Classement en vigueur
56.17.3	Estuaire de la Vilaine – Embouchure de la Vilaine	Les Granges	Moules	Mensuelle	B
56.17.4	Estuaire de la Vilaine – Baie de la Vilaine	Le Halguen	Moules	Mensuelle	A
56.17.10	Estuaire de la Vilaine - Vilaine	Le Branzais	Palourdes	Adaptée	B

Surveillance chimique : résultats ROCCH

Le suivi ROCCH permet d'évaluer les niveaux de contamination chimique (les moules et les huîtres sont utilisées comme indicateurs quantitatifs de contamination). La surveillance porte sur les trois métaux réglementaires (Cadmium, Mercure, Plomb) ainsi que sur certains contaminants organiques mesurés sur un nombre réduit de points : le fluoranthène - représentatif des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) - et le CB 153 - représentatif des Polychlorobiphényles (PCB) - et le zinc.

Le tableau ci-dessous présente les résultats des prélèvements réalisés sur les moules situées à Le Halguen, sur la commune de Pénestin.

	Cadmium (mg/kg)	Plomb (mg/kg)	Mercur (mg/kg)	TEQ (pg/g) PCDD+PCDF	TEQ (pg/g) PCDD+PCDF+PCB dl	Somme des PCB 28,52, Benzoapyrène (ng/g)	Somme BaP, BaA, BbF, Chr (µg/kg)
Le Halguen (Moule)	0.11	0.12	0.014	0.24	0.63	4.39	0.43
Année de la mesure	(2020)	(2020)	(2020)	(2020)	(2020)	(2020)	(2020)
Seuils réglementaires	1	1.5	0.5	3.5	6.5	75	5

Figure 58 : Suivi ROCCH pour la zone 56.17

Les résultats des analyses sont en dessous des seuils réglementaires pour les trois métaux réglementaires ainsi que l'ensemble des contaminants organiques.

5.2.2.3. Zones de pêche à pied

Le suivi de l'ARS est réalisé sur les gisements sauvages de coquillages et concerne les pêcheurs à pied de loisir. Cette surveillance consiste à rechercher la présence d'Escherichia coli (E.coli), qui est le signe d'une probable contamination microbiologique de l'eau.

Le projet est situé à proximité du point de prélèvement « Le Loguy », situé à environ 7 km à l'Ouest du projet, sur la commune de Pénestin (voir carte ci-dessous). Ce gisement est situé au débouché de l'estuaire de la Vilaine. Il est également sous l'influence potentielle du ruisseau côtier du Loguy qui débouche sur le site.



Figure 59 : Localisation du point de prélèvement « Le Loguy »

Le point de suivi analyse la présence d'E.coli sur les huîtres creuses.

Les figures suivantes présentent les résultats des analyses d'E.coli au point de surveillance « Le Loguy ».

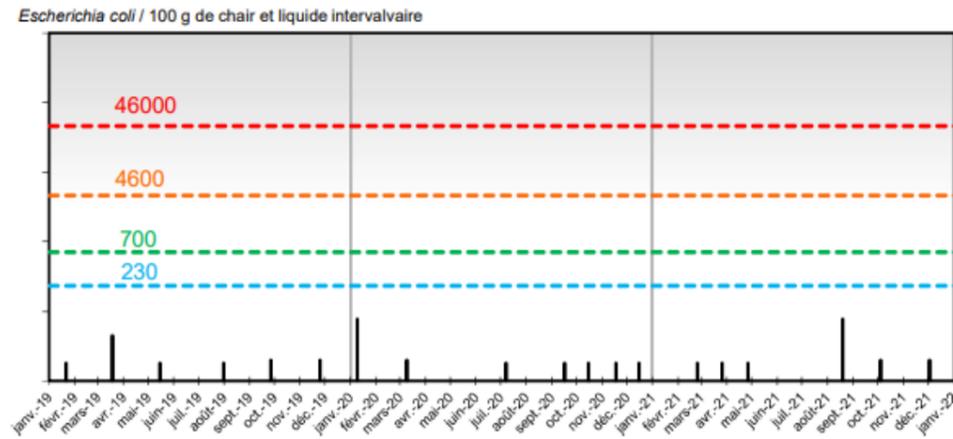


Figure 60 : Evolution des résultats d'analyses bactériologiques (ARS)

Tableau 8 : Répartition des résultats (ARS)

Paramètre	Escherichia coli / 100 g de chair et liquide intervalvaire				
Classes	≤ 230	230 et ≤ 700	700 et ≤ 4600	4600 et ≤ 46000	> 46000
Qualité	BONNE	MOYENNE	MEDIOCRE	MAUVAISE	TRES MAUVAISE
Résultats	19	0	0	0	0
Fréquences	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Ce site présente une bonne qualité bactériologique. Sur la période 2019-2021, aucun dépassement du seuil de sécurité sanitaire n'a été identifié. La consommation directe des coquillages est possible sans risque sanitaire.

5.2.2.4. Suivi de la qualité des eaux de baignade

Le suivi de la qualité des eaux de baignade a pour objectif la prévention de tout risque pour la santé des baigneurs.

Le suivi régulier de la qualité des eaux de baignade permet de connaître les impacts de divers rejets éventuels situés à l'amont du site et notamment d'apprécier les éventuels dysfonctionnements liés à l'assainissement d'eaux usées, aux rejets d'eaux pluviales souillées, etc., qui influenceraient la qualité de l'eau du site de baignade. Les connaissances ainsi acquises peuvent fournir une aide à la décision aux collectivités locales afin d'améliorer la maîtrise des causes des pollutions engendrées notamment par une mauvaise gestion des eaux usées domestiques.

Le contrôle sanitaire des eaux de baignade est mis en œuvre par les Agences régionales de santé (ARS) et demeure une préoccupation constante du ministère chargé de la santé. Ce ministère élabore la réglementation dans ce domaine sur la base de directives européennes.

L'appréciation de la qualité de l'eau est effectuée selon les dispositions du code de la santé publique reprenant les critères de directives européennes.

La qualité des eaux de baignade est évaluée au moyen d'indicateurs microbiologiques (bactéries) analysés dans le cadre du contrôle sanitaire organisé par les ARS.

Le contrôle sanitaire inclut également une surveillance visuelle destinée à détecter la présence par exemple de résidus goudronneux, de verre, de plastique ou d'autres déchets.

Les plages les plus proches du barrage d'Arzal sont situées sur les communes de Pénestin et Billiers. Il s'agit des plages suivantes :

- Les Barges – Billiers : **excellente qualité** des eaux de baignade ;
- Les Granges – Billiers : **bonne qualité** des eaux de baignade ;
- Le Halguen – Pénestin : **excellente qualité** des eaux de baignade ;
- Le Loguy – Pénestin : **excellente qualité** des eaux de baignade.



Figure 61 : Qualité des eaux de baignade à proximité du barrage d'Arzal (Ministère des Affaires Sociales et de la Santé)

5.3. PATRIMOINE CULTUREL ET PAYSAGER

5.3.1. Sites inscrits et classés

Les articles L. 341-1 à L. 341-22 du Code de l'Environnement reprennent la définition des sites inscrits et classés (ex – Loi du 2 mai 1930 sur la protection des monuments naturels et des sites à caractère artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque). Comme le précise l'article L. 341-1 : « Il est établi dans chaque département une liste des monuments naturels et des sites dont la conservation ou la préservation présente, au point de vue artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque, un intérêt général ».

L'article L. 341-10 précise que : « Les monuments naturels ou les sites classés ne peuvent ni être détruits ni être modifiés dans leur état ou leur aspect sauf autorisation spéciale ».

Le projet n'est pas situé à l'intérieur d'un site inscrit ou classé. Néanmoins, le site d'étude est répertorié aux abords des sites suivants :

- Site inscrit et classé de Broël-sur-Vilaine, à environ 600 mètres au Nord-ouest du projet.

La carte ci-après permet de localiser ces sites (zonage violet et rose).

EAUX ET VILAINE

Ecluse anti-salinité au barrage d'Arzal

CONTEXTE PATRIMONIAL ET ARCHÉOLOGIQUE

Monuments historiques

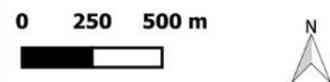
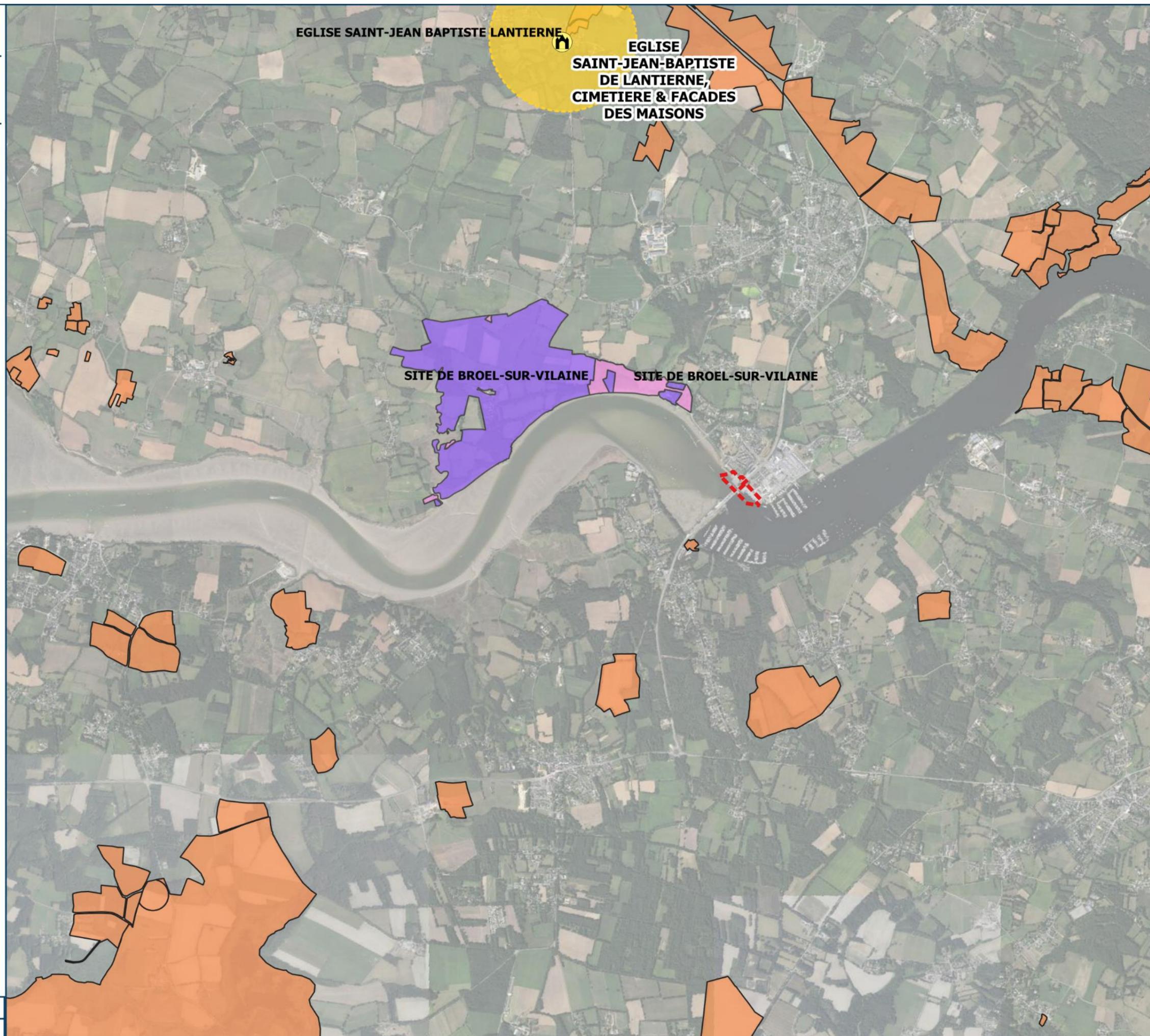
-  Inscrit
-  Protection au titre des abords de monuments historiques (AC1)

Sites archéologiques

-  Zones de présomption de prescription archéologique (ZPPA)

Sites Inscrits/Classés au code de l'environnement

-  Classé
-  Inscrit



Source(s) : Ortho 20 cm, Atlas des patrimoines

Conception et réalisation : ARTELIA 2023

Le projet d'aménagement d'une écluse anti-salinité est localisé en rive droite de la Vilaine. Sur la même rive à environ 600 m au nord-ouest, se localise le site inscrit de Broël-sur-Vilaine.



Figure 63 : Photographies prises depuis le site de Broël-sur-Vilaine

5.3.2. Patrimoine architectural

Le territoire national contient nombre de monuments historiques, recensés pour la plupart dans la base de données Mérimée (DREAL Bretagne). Riche d'environ 160 000 notices, la base Mérimée recense le patrimoine monumental français dans toute sa diversité : architecture religieuse, domestique, agricole, scolaire, militaire et industrielle. Elle est mise à jour périodiquement.

Le projet n'est pas situé au sein du périmètre d'un monument historique, comme présenté sur la carte précédente.

Le monument historique le plus proche est le suivant : » Eglise Saint-Jean Baptiste de Lantierne, cimetière et façades des maisons », situé à environ 3km au Nord de l'ouvrage.

5.3.3. Sites archéologiques

Selon l'article L.522-5 du Code du patrimoine, les zones de présomption et de prescriptions archéologiques (ZPPA) sont des secteurs dans lesquels les opérations d'aménagement affectant le sous-sol doivent faire l'objet de prescriptions archéologiques préalables suivant les seuils d'emprise du sol des travaux.

Aucun site archéologique n'est compris dans le périmètre du projet.

Une zone de présomption et de prescriptions archéologiques est située à l'extrémité Sud, à l'amont du barrage. Néanmoins, le projet n'est pas localisé à l'intérieur de cette zone.

5.4. MILIEU NATUREL

5.4.1. Patrimoine naturel

5.4.1.1. Zones Naturelles d'intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF)

L'inventaire ZNIEFF (Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Floristique et Faunistique) est issu de la volonté des pouvoirs publics de se doter d'un outil de connaissance du milieu naturel français, permettant une meilleure prévision des incidences des aménagements et des nécessités de protection de certains milieux fragiles (circulaire n° 91-71 du 14 Mai 1991 du Ministère de l'Environnement).

Deux types de ZNIEFF sont définis :

- ZNIEFF de type I : secteurs caractérisés par leur intérêt biologique remarquable dû à la présence d'espèces ou de milieux rares remarquables ou caractéristiques du patrimoine national ou régional ;
- ZNIEFF de type II : grands ensembles naturels riches et peu modifiés ou offrant des potentialités biologiques remarquables.

Les ZNIEFF n'ont aucune valeur juridique et ne sont donc pas opposables au tiers. En revanche, l'absence de prise en compte d'une ZNIEFF, lors d'une opération d'aménagement, peut relever d'une erreur d'appréciation et faire l'objet d'un recours.

Le projet n'est pas situé au sein même d'une ZNIEFF.

Cependant, une ZNIEFF est recensée en périphérie du barrage. Il s'agit de la zone suivante :

- la ZNIEFF continentale de type II « Estuaire de la Vilaine et Marais Dépendants » (n°530014740) », située à l'Ouest du projet.

Cette grande ZNIEFF de l'Estuaire de la Vilaine couvre la partie estuarienne de la Vilaine en aval du barrage d'Arzal et les secteurs plus maritimes des Baies de Kervoyal et de la Vilaine situés à l'Est d'une ligne reliant au Nord la Pointe de Kervoyal (Damgan) aux limites du département du Morbihan au Sud, au milieu de la Baie de Pont-Mahé (Pénestin).

Cette zone de protection est localisée sur la carte ci-après.

EAUX ET VILAINE

Ecluse anti-salinité au barrage d'Arzal

ZNIEFF

 Périmètre d'étude

Hydrographie

 Cours d'eau

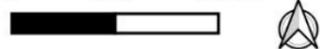
 Plan d'eau

ZNIEFF

 ZNIEFF de type 1

 ZNIEFF de type 2

0 350 700 m



Source(s) : Ortho 20 cm, BD TOPAGE®, INPN

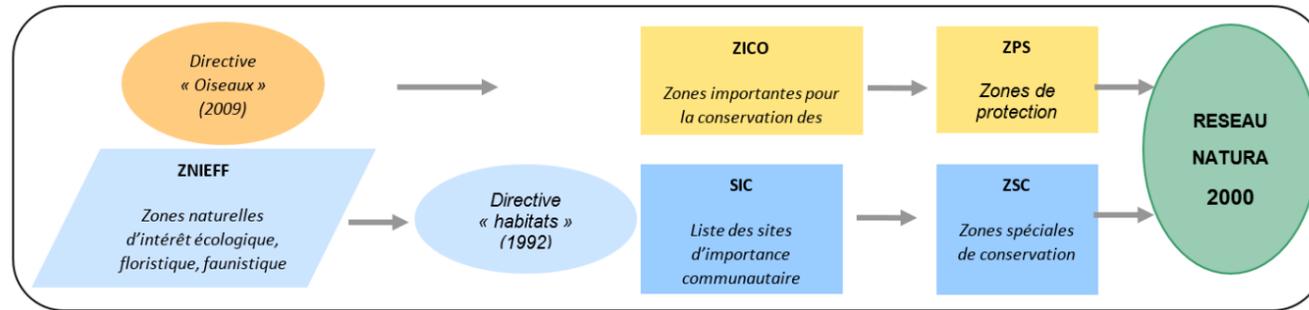
Conception et réalisation : ARTELIA 2023



5.4.1.2. Sites Natura 2000

Le réseau Natura 2000 a pour objectif de constituer un réseau européen de sites choisis pour abriter des habitats naturels (pelouses calcaires, landes, forêts alluviales, dunes, ...) ou des espèces identifiées comme particulièrement rares et menacées.

Il est composé de sites désignés spécialement par chacun des États membres en application des directives européennes directive européenne « Oiseaux » n°2009/147/CE du 30 novembre 2009 et n°92/43/CEE du 21 mai 1992 dite « Directive Habitats ».



La ZPS « Baie de Vilaine » (FR5310074) et la ZSC « Estuaire de la Vilaine » (FR5300034) sont situées en dehors du secteur d'étude. Néanmoins, l'impact du projet sur ces deux zones devra être analysé en raison de leur situation en aval du barrage d'Arzal.

En raison de la distance, de la nature des travaux et de l'absence de connexion hydraulique avec la ZPS « Marais du Mès et dunes de Pont-Mahé, étang du Pont de Fer » (FR5212007) et ZSC de même nom, aucune incidence n'est à craindre.

▪ SITES IDENTIFIES AU TITRE DE LA DIRECTIVE « OISEAUX »

La directive européenne n°2009/147/CE du 30 novembre 2009 dite « Directive Oiseaux » concerne la conservation des oiseaux sauvages et a pour principal objectif la définition de « Zones de Protection Spéciales » (ZPS) visant à la préservation de milieux essentiels à la survie des populations d'oiseaux.

▪ SITES IDENTIFIES AU TITRE DE LA DIRECTIVE « HABITATS, FAUNE, FLORE »

La directive européenne n°92/43/CEE « Habitats, Faune, Flore », plus communément appelée « Directive Habitats », s'applique aux pays de l'Union Européenne depuis le 5 juin 1994. Elle met en place une politique de conservation des habitats naturels de la faune et de la flore sauvage, afin d'assurer le maintien de la biodiversité sur le territoire européen et demande pour ce faire aux États membres de constituer des « Zones Spéciales de Conservation » (ZSC).

L'ensemble des Zones Spéciales de Conservation (ZSC) désignées au titre de la directive « Habitats » et des Zones de Protection Spéciales (ZPS) désignées au titre de la directive « Oiseaux », constituera un réseau européen cohérent, le « réseau Natura 2000 ». L'appellation commune « Site Natura 2000 » sera ainsi donnée aux ZSC et aux ZPS. Les objectifs de protection des espèces et des habitats des sites Natura 2000 à prendre en compte sont fixés dans des documents d'objectif (DOCOB). Ceux-ci planifient pour six ans, la gestion de chacun des sites Natura 2000.

Le projet n'est pas situé à l'intérieur d'un site Natura 2000. Néanmoins, plusieurs sites Natura 2000 sont localisés à proximité du site :

- Zone de Protection Spéciale (ZPS) définie au titre de la directive « Oiseaux » : « **Baie de Vilaine** » (FR5310074), située à environ 2,6 km à l'Ouest du projet ;
- Zone Spéciale de Conservation (ZSC) définie au titre de la directive « Habitats » : « **Estuaire de la Vilaine** » (FR5300034), située à environ 2,6 km à l'Ouest du projet ;
- Zone de Protection Spéciale (ZPS) définie au titre de la directive « Oiseaux » : « **Marais du Mès et dunes de Pont-Mahé, étang du Pont de Fer** » (FR5212007), située à environ 2,6 km au Sud-ouest du projet ;
- Zone Spéciale de Conservation (ZSC) définie au titre de la directive « Habitats » : « **Marais du Mès et dunes de Pont-Mahé, étang du Pont de Fer** » (FR5200626), située à environ 2,6 km au Sud-ouest du projet.

EAUX ET VILAINE

Ecluse anti-salinité au barrage d'Arzal

SITES NATURA 2000

 Périmètre d'étude

Hydrographie

 Cours d'eau

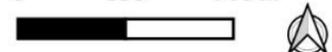
 Plan d'eau

Natura 2000

 Directive oiseaux (ZPS)

 Directive habitats (ZSC, SIC)

0 350 700 m



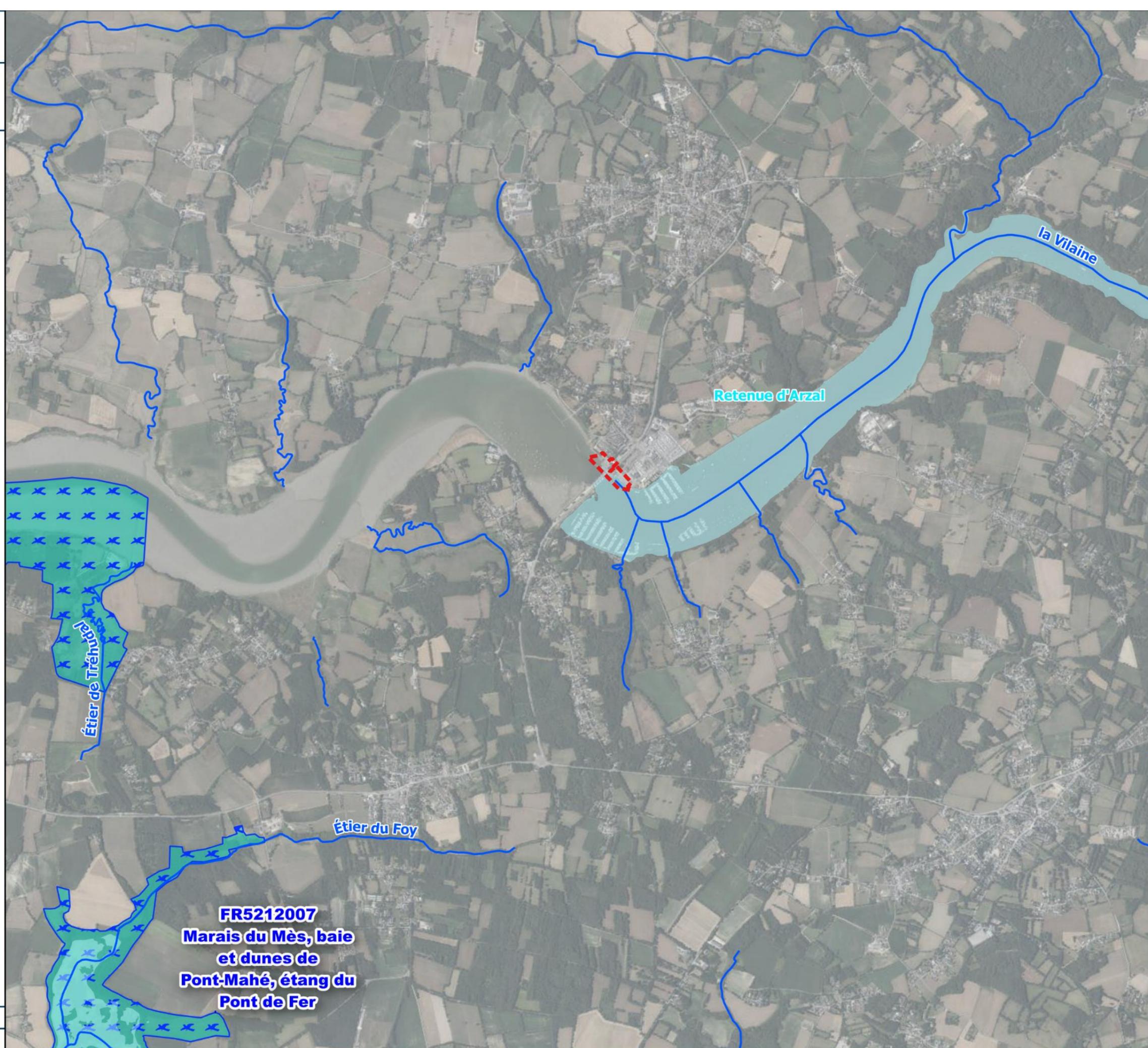
Source(s) : Ortho 20 cm, BD TOPAGE®, INPN

Conception et réalisation : ARTELIA 2024



4-53-0655

ACE PCE



■ **Zone de Protection Spéciale (ZPS) « Baie de Vilaine » (FR5310074) :**

Source : INPN

Au-delà de la stricte zone marine, les vasières constituent l'habitat principal de la ZPS. Le trait de côte présente selon les secteurs un faciès rocheux (nord estuaire Vilaine et ouest baie de Kervoyal) ou un faciès dunaire (sud estuaire Vilaine et est baie de Kervoyal). Chaque entité de la ZPS est connectée à de petits étiers. Sur Kervoyal, il s'agit de l'anse de Tréhervé (prés salés) et de l'étier de Billiers. L'étier de Billiers est une ria protégée par un cordon littoral, qui ne communique avec la mer que par un étroit goulet. L'estran est colonisé quasi-entièrement par le schorre. Quelques salines ont été aménagées par le passé et une part importante des marais fut poldérisée (PONCET 1984). Sur la rive sud de la baie de Vilaine, on trouve l'étier de Pénestin. En arrière des cordons dunaires qui le protègent, se développent des prés salés et des marais plus ou moins saumâtres. Comme sur Billiers, une partie des marais ont été aménagés par le passé en salines.

La ZPS "Baie de Vilaine" accueille près de 20 000 oiseaux en hivernage, en comptant principalement les anatidés, les limicoles et les laridés. Il s'agit donc d'un site d'importance internationale pour les oiseaux d'eau. Elle joue un rôle majeur pour l'accueil de l'avifaune hivernante (limicoles, anatidés), en particulier pour le Canard pilet (le site dépasse régulièrement le seuil d'importance internationale), le Fuligule milouinan (principal site d'hivernage français), l'Avocette élégante (il s'agit d'un des principaux sites français d'hivernage de cette espèce), le Grand gravelot et le Bécasseau variable.

Compte tenu de leur fort potentiel pour la nidification des oiseaux d'eau (anatidés et limicoles), les marais de Billiers-Bétahon ont été intégrés à la ZPS en 2008. De même, la ZPS a été étendue à la zone maritime comprise entre Damgan et la Baie de Pont Mahé, pour faire la jonction avec d'autres ZPS voisines, afin d'intégrer un secteur où sont observées de fortes concentrations d'oiseaux marins en automne et en hiver.

Cette ZPS est également complémentaire avec les marais de Vilaine et les marais de Brière (zones de gagnage nocturne des canards de surface), deux secteurs qui font partie du réseau Natura 2000. Il existe des liens forts pour les limicoles, les bernaches et les tadornes entre cette ZPS et les zones humides de Pénerf et de la presqu'île guérandaise.

Le tableau ci-contre présente les espèces d'oiseaux mentionnées dans le formulaire Standard de Données (FSD) ayant justifié la désignation de la ZPS :

Tableau 9 : Espèces inscrites à l'article 4 de la directive 2009/147/CE

Espèces inscrites à l'article 4 de la directive 2009/147/CE	
Sterna sandvicensis (Sterne Caugek)	Somateria mollissima (Eider à duvet)
Sterna hirundo (Sterne pierregarin)	Clangula hyemalis (Harelde de Miquelon)
Uria aalge (Guillemot de Troil)	Melanitta fusca (Macreuse brune)
Alca torda (Petit Pingouin)	Bucephala clangula (Garrot à œil d'or)
Luscinia svecica (Gorgebleue à miroir)	Mergus serrator (Harle huppé)
Acrocephalus paludicola (Phragmite aquatique)	Circus aeruginosus (Busard des roseaux)
Puffinus puffinus mauretanicus (Puffin des Baléares)	Circus cyaneus (Busard Saint-Martin)
Gavia stellata (Plongeon catmarin)	Haematopus ostralegus (Huîtrier pie)
Gavia artica (Plongeon arctique)	Himantopus himantopus (Echasse blanche)
Gravia immer (Plongeon huard)	Recurvirostra avosetta (Avocette élégante)
Tachybaptus ruficollis (Grèbe castagneux)	Charadrius hiaticula (Pluvier grand-gravelot)
Podiceps cristatus (Grèbe huppé)	Charadrius alexandrinus (Pluvier à collier interrompu)
Podiceps auritus (Grèbe esclavon)	Pluvialis apricaria (Pluvier doré)
Podiceps nigricollis (Grèbe à cou noir)	Vanellus vanellus (Vanneau huppé)
Puffinus puffinus (Puffin des Anglais)	Calidris alba (Bécasseau sanderling)
Hydrobates pelagicus (Océanite tempête)	Calidris alpina (Bécasseau variable)
Morus bassanus (Fou de Bassan)	Limosa lapponica (Barge rousse)
Phalacrocorax carbo (Grand Cormoran)	Numenius arquata (Courlis cendré)
Bubulcus ibis (Héron garde-bœufs)	Tringa totanus (Chevalier gambette)
Egretta garzetta (Aigrette garzette)	Aenaria interpres (Tournepierre à collier)
Ardea cinerea (Héron cendré)	Stercorarius pomarinus (Labbe pomarin)
Cygnus olor (Cygne turberculé)	Stercorarius parasiticus (Labbe parasite)
Branta bernicla (Bernache cravant)	Anas penelope (Canard siffleur)
Tadorna tadorna (Tadorne de Belon)	Anas crecca (Sarcelle d'hiver)

Espèces inscrites à l'article 4 de la directive 2009/147/CE	
Anas platyrhynchos (Colvert)	Larus minutus (Mouette pygmée)
Anas acuta (Canard pilet)	Larus sabini (Mouette de Sabine)
Anas clypeata (Canard souchet)	Larus ridibundus (Mouette rieuse)
Aythya ferina (Fuligule milouin)	Larus canus (Goéland cendré)
Aythya fuligula (Fuligule morillon)	Larus fuscus (Goéland brun)
Aythya marila (Fuligule milouinan)	Larus argentatus (Goéland argenté)
Rissa tridactyla (Mouette tridactyle)	Larus marinus (Goéland marin)
Catharacta skua (Grand Labbe)	

Si la ZPS n'abrite pas de colonie d'échassiers, 3 zones sont connues aux abords du site Natura 2000. Elles se situent sur le marais de Pont Chaland à Muzillac, à Broël à Arzal et à Pont-Mahé à Assérac.

Le site de Broël accueille également des effectifs d'Aigrette garzette, inférieurs à 10 couples. Les éléments disponibles peuvent laisser penser à un effectif nicheur d'Aigrette garzette. Bien qu'elles se situent en dehors de la ZPS, le site Natura 2000 constitue, pour ces colonies, la zone d'alimentation principale.

L'Aigrette garzette forme également des dortoirs qui peuvent accueillir plusieurs centaines d'individus. Si les boisements de Cyprès à l'Ouest du port de Tréhiguier étaient utilisés ainsi, ils ne sont plus utilisés. Les dortoirs sur l'estuaire de la Vilaine semblent très mobiles. Le dernier dortoir fréquenté à l'hiver 2020-2021 était situé à Camoël sur les falaises en aval du barrage d'Arzal.

Par ailleurs, en rive Nord de l'estuaire, les colonies de Muzillac et Arzal abritent également la nidification du Milan noir pour lequel, comme pour les échassiers, la ZPS constitue une zone d'alimentation privilégiée. La population bretonne de ce rapace semble en léger déclin sur ces dernières années ne comptant désormais plus que 10 à 15 couples.

Si ces espèces au régime alimentaire généraliste et opportuniste sont peu sensibles à la qualité de leurs zones d'alimentation dans la mesure où elles leur offrent une ressource trophique suffisante, il n'en va pas de même pour leurs sites de reproduction. En effet, les colonies d'échassiers, comme les couples de Milan noir, sont sensibles au dérangement susceptible d'être provoqué par les activités humaines. Cette sensibilité se retrouve également sur les dortoirs hivernaux d'Aigrette garzette.

■ **Zone Spéciale de Conservation (ZSC) « Estuaire de la Vilaine » (FR5300034) :**

Vaste ensemble de vasières et de prés-salés atlantiques (associés à des groupements à salicornes, des prairies pionnières à spartines et des fourrés littoraux halophiles, thermo-atlantiques) jouant un rôle majeur pour l'accueil de l'avifaune migratrice (limicoles, anatidés), notamment pour l'Avocette élégante (espèce figurant en annexe I de la directive 79/409/CEE "Oiseaux"), la Bernache cravant, le Tadorne de Belon, l'Huîtrier pie, la Macreuse noire et le Fuligule milouinan (principale zone française). Il convient d'appréhender cet espace, notamment pour les canards de surface et certains limicoles, en complémentarité avec les marais de Vilaine (secteur amont) et les marais de Brière.

A signaler par ailleurs un ensemble de dunes (dunes mobiles embryonnaires, dunes fixées : deux sous-types prioritaires - dunes de Penestin) d'un grand intérêt, avec présence de plantes à affinités thermo-atlantiques, en limite nord de répartition.

Une population sédentaire reproductrice de Loure d'Europe est présente à l'est des marais de Billiers, et assure la connexion entre deux noyaux importants de la façade atlantique (Golfe du Morbihan, Grande Brière). Le Vison d'Europe (espèce d'intérêt communautaire) a également été signalé dans ces marais jusque dans un passé assez récent.

Ainsi, 17 types d'habitats naturels et 16 espèces d'intérêt communautaire ont justifié la désignation de ce site.

Le site répertorie les classes d'habitats ci-contre.

Tableau 10 : Habitats inscrits à l'Annexe I présents sur le site

Types d'habitats inscrits à l'annexe I (code)	
Bancs de sable à faible couverture permanente d'eau marine (1110)	Prés-salés atlantiques (Glauco-Puccinellietalia maritima) (1330)
Estuaires (1130)	Fourrés halophiles méditerranéens et thermo-atlantiques (Sarcocornietea fruticosi) (1420)
Replats boueux ou sableux exondés à marées basse (1140)	Dunes mobiles embryonnaires (2110)
Lagunes côtières (1150)	Dunes mobiles du cordon littoral à Ammophila arenaria (dunes blanches) (2120)
Grandes criques et baies peu profondes (1160)	Dunes côtières fixées à végétation herbacée (dunes grises) (2130)
Récifs (1170)	Dépressions humides intradunaires (2190)
Végétation annuelle des laissés de mer (1210)	Landes sèches européennes (4030)
Falaises avec végétation des côtes atlantiques et baltiques (1230)	Roches siliceuses avec végétation pionnière du Sedo-Scleranthion ou du Sedo albi-Veronicion dillenii (8230)
Végétations pionnières à Salicornia et autres espèces annuelles des zones boueuses et sableuses (1310)	

Les espèces inscrites à l'Annexe II sont mentionnées dans le tableau suivant.

Tableau 11 : Espèces inscrites à l'Annexe II de la directive 92/43/CEE

Espèces inscrites à l'annexe II de la directive 92/43/CEE	
<i>Myotis myotis</i> (Grand Murin)	<i>Lampetra planeri</i> (Lamproie de Planer)
<i>Lutra lutra</i> (Loutre d'Europe)	<i>Alosa alosa</i> (Alose vraie)
<i>Rumex rupestris</i> (Oseille des rochers)	<i>Alosa fallax</i> (Alose feinte)
<i>Luronium natans</i> (Flûteau nageant)	<i>Salmo salar</i> (Saumon atlantique)
<i>Oxygastra curtisii</i> (Cordulie à corps fin)	<i>Rhinolophus hipposideros</i> (Petit rhinolophe)
<i>Lucanus cervus</i> (Lucane cerf-volant)	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i> (Grand rhinolophe)
<i>Cerambyx cerdo</i> (Grand Capricorne)	<i>Barbastella barbastellus</i> (Barbastelle d'Europe)
<i>Petromyzon marinus</i> (Lamproie marine)	<i>Miniopterus schreibersii</i> (Minioptère de Schreibers)

Pour ce site Natura 2000, d'autres espèces importantes de faune et flore sont mentionnées ci-dessous.

Tableau 12 : Autres espèces de faune et flore importantes

Espèces importantes de faune et flore	
<i>Streptopelia turtur</i> (Tourterelle des bois)	<i>Peucedanum officinale</i> (Peucedan officinal)
<i>Anguilla anguilla</i> (Anguille européenne)	<i>Trifolium bocconi</i> (Trèfle de Boccone)
<i>Eryngium maritimum</i> (Panicaud maritime)	<i>Dianthus hyssopifolius subsp. Gallicus</i> (Oeillet de France)
<i>Linaria arenaria</i> (Linaire des sables)	<i>Galium mollugo subsp. Neglectum</i> (Gaillet négligé)
<i>Ophrys sphegodes</i> (Ophrys araignée)	<i>Serratula tinctoria subsp. Seonei</i> (Serratule des teinturiers)
<i>Otanthus maritimus</i> (Diotis cotonneuse)	<i>Adiantum capillus-veneris</i> (Capillaire de Montpellier)

5.4.2. Diagnostic biologique

Le rapport complet du pré-diagnostic est disponible en Annexe 2.

5.4.2.1. Méthodologie mise en œuvre

Le diagnostic écologique sommaire a pour objectif d'identifier les éventuels enjeux écologiques de la zone pressentie pour l'aménagement. En aucun cas il ne s'agit d'un diagnostic écologique complet qui, pour répondre aux règles de l'art, nécessite la réalisation de plusieurs passages sur le terrain afin de couvrir un cycle biologique complet et qui peut s'avérer nécessaire à l'établissement de dossiers réglementaires tels qu'une étude d'impact, un dossier loi sur l'eau ou une dérogation espèces protégées.

Ce diagnostic écologique sommaire s'effectue en différentes étapes :

1/ la recherche et l'analyse des données existantes :

- zonages naturels d'inventaire et de protection : ZNIEFF, sites Natura 2000...
- études précédentes sur la zone ou ses abords,
- données faune, flore, zones humides... disponibles (base de données eCalluna du Conservatoire Botanique National de Brest, DREAL des Pays de la Loire, atlas de la biodiversité communale...).

2/ une visite de terrain effectuée par un écologue réalisée le 28 septembre 2023. Cette visite a pour objectif l'identification des potentialités en termes d'enjeux liés aux milieux naturels et portent sur les thématiques suivantes :

- Première estimation des enjeux floristiques potentiels, première caractérisation des habitats,
- faune : identification des potentialités et constats de terrain pour les invertébrés (Coléoptères saproxylophages protégés ou patrimoniaux, Odonates, Lépidoptères et Orthoptères), amphibiens, les reptiles, les mammifères (dont chiroptères) et les oiseaux. Toutes les observations d'individus et les indices de présence seront notés et cartographiés.

Les méthodologies suivantes ont été mises en œuvre.

Tableau 13 : Méthodologies des expertises écologiques selon les différents groupes biologiques

GROUPES BIOLOGIQUES ET MILIEUX ETUDIÉS	METHODES	GROUPES BIOLOGIQUES ET MILIEUX ETUDIÉS
Flore et habitats (ptéridophytes, spermatophytes et charophytes)	Inventaire des espèces par type de milieu. Recherche ciblée sur les espèces patrimoniales (notamment celles protégées). Cartographie des habitats d'après la nomenclature EUNIS et EUR27 (habitats d'intérêt communautaire)	Flore et habitats (ptéridophytes, spermatophytes et charophytes)
Oiseaux diurnes	Observations fortuites hors protocole	Oiseaux diurnes
Odonates, Lépidoptères et Orthoptères	Observation à vue. Capture puis relâché des imagos après identification.	Odonates, Lépidoptères et Orthoptères
Coléoptères saproxylophages	Recherche d'indices de présence (trous d'émergence dans les vieux arbres, restes imagos, crottes, ...). Recherche d'imagos (adultes).	Coléoptères saproxylophages

Reptiles	Recherche à vue dans tous les milieux favorables (friches, talus, ...).	Reptiles
Amphibiens	Recherche à vue, diurne	Amphibiens

Les espèces animales et végétales invasives sont prises en compte dans cet inventaire.

5.4.2.2. Flore

Espèce protégée :

L'inventaire a eu lieu en dehors de la période la plus favorable pour l'observation de la flore. Ainsi, l'inventaire effectué ne peut prétendre à l'exhaustivité.

Cependant, le mois de septembre est idéal pour l'observation de l'**Arroche à long pédoncule (*Atriplex longipes*)**. A noter que l'espèce a été observée en 2011 à Arzal, mais n'a pas fait l'objet de mentions récentes.

Cette espèce bénéficie d'une **protection nationale** (Arrêté du 20 janvier 1982 fixant la liste des espèces végétales protégées sur l'ensemble du territoire) et doit donc être protégée.

Sur le site d'étude, quatre individus d'*Atriplex longipes* ont été observés lors de la visite, en mélange avec une espèce voisine très commune, l'Arroche couchée (*Atriplex prostrata*). Des individus aux caractères intermédiaires suggèrent la présence de l'hybride de ces deux espèces, l'Arroche de Gustafsson (*Atriplex xgustafssoniana*).



Figure 66 : *Atriplex longipes*

Les critères d'identification sont bien marqués, avec des pédoncules fructifères dépassant nettement les 20/25mm.

Tous ces individus sont localisés au sein d'engrèvements retenant de la vase, le long d'une ligne correspondant au niveau haut de la zone de balancement des marées. Les vases en contrebas ne sont pas attractives, comme les fourrés en haut de la berge. L'espèce a besoin d'un certain niveau de salinité et n'est donc présente que du côté aval du barrage.



Figure 67 : Observations d'*Atriplex longipes* et *Atriplex xgustafssoniana* au nord du site d'étude



Figure 68 : Habitat d'*Atriplex longipes* (orange)

Les engrèvements présentant des plantes du groupe des *Atriplex* ont été minutieusement inspectés. Tous les individus ont fait l'objet d'une identification à l'aide des critères détaillés par Taschereau en 1988 (repris par V. Dalibard en 2007), ainsi que Flora Gallica (J-M Tison et B. de Foucault (coord.), 2014) et la Flore du Massif Armoricaïn (H. des Abbayes, 1971) :

Présentation d’Atriplex longipes :

L’Arroche à long pédoncule (*Atriplex longipes*) est une espèce boréale européenne nitro-halophile vivant dans les vases du haut schorre au niveau des dépôts de débris végétaux.

Trois espèces du genre *Atriplex* sont particulièrement proches morphologiquement : *Atriplex prostrata*, espèce largement répandue et très commune, *Atriplex glabriuscula*, occasionnellement observée en haut des plages et *Atriplex longipes*, qui est une espèce protégée et largement sous-observée.

L’hybridation d’*Atriplex longipes* avec *A. glabriuscula* et *A. prostrata* produit respectivement *Atriplex x taschereaui* et *Atriplex x gustafssoniana*. Un troisième hybride, impliquant *A. glabriuscula* et *A. prostrata* a rarement été observé mais ne semble pas présent en France.

Dans le département du Morbihan, l’espèce a ainsi pu être observée sur le territoire de seulement 4 communes, dont 3 au niveau de l’embouchure de la Vilaine. Cette espèce a déjà été observée à Arzal en 2011.

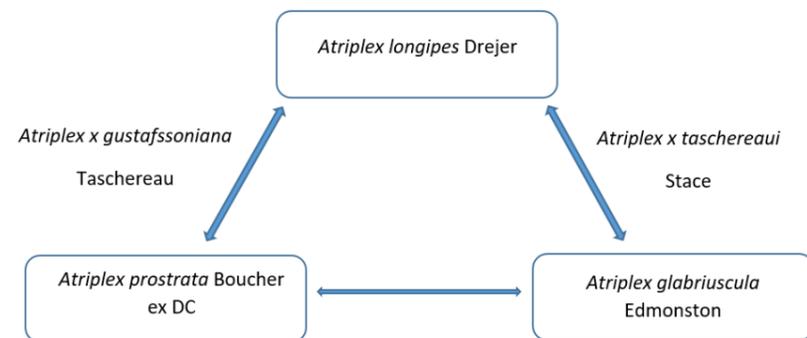


Figure 69 : Hybridations possibles impliquant *Atriplex longipes*

Espèces invasives :

Trois espèces exotiques envahissantes sont observées dans l’aire d’étude élargie, en dehors du périmètre d’inventaire :

- Le Buddleja de David (invasive potentielle), dans la marina d’Arzal ;
- La Vergerette du Canada (A surveiller), au bord de la route des éclusiers ;
- La Paspale dilatée (invasive potentielle), au bord de la route des éclusiers.

5.4.2.3. Habitats

Les tableaux qui suivent présentent sommairement les habitats identifiés lors de ce pré diagnostic. Ces rattachements sont globalement liés à l’occupation du sol, et non aux communautés végétales présentes, peu caractérisables lors de la visite (saison peu favorable).

Le barrage et les espaces artificialisés :

Code Eunis	J2.2 – Bâtiments ruraux publics
Description	Bâtiments liés au fonctionnement du barrage.
Espèces caractéristiques	Pas de végétation
Habitat humide	Non
Habitat patrimonial	Non
Espèces patrimoniales / protégées	Bâti pouvant être favorables aux oiseaux commensaux. Nidification possible de Moineau domestique.



Code Eunis	J4.2 – Réseaux routiers
Description	RD139, traversant le barrage d’Arzal.
Espèces caractéristiques	Pas de végétation
Habitat humide	Non
Habitat patrimonial	Non
Espèces patrimoniales / protégées	Non



Code Eunis	J4.6 - Surfaces dures des ports
Description	Habitat correspondant aux quais de l'écluse, bétonnés et globalement dépourvus de végétation.
Espèces caractéristiques	Pas de végétation
Habitat humide	Non
Habitat patrimonial	Non
Espèces patrimoniales / protégées	Non



Code Eunis	FB.32 – Plantations d'arbustes ornementaux
Description	Fourrés horticoles sur accotements routiers ou remblais, adjacents à la route et à la marina du port fluvial d'Arzal
Espèces caractéristiques	Buis et diverses essences horticoles
Habitat humide	Non (remblais)
Habitat patrimonial	Non
Espèces patrimoniales / protégées	Potentialités d'accueil faibles pour l'avifaune protégée, ou des espèces protégées communes comme le Léopard des murailles.



Code Eunis	E5.1 - Végétations herbacées anthropiques
Description	Pelouses piétinées, nitrophiles, sur sol artificiel, le long de la rive gauche de l'écluse.
Espèces caractéristiques	Géranium à feuilles molles, Pissenlit, Herbe de saint Jacques, Luzerne tachetée, Mouron des oiseaux, Morgeline, Achillée millefeuille, Herbe au charpentier, Sourcils-de-Vénus, Pâturin annuel, Millepertuis perfolié, Mauve musquée
Habitat humide	Non
Habitat patrimonial	Non
Espèces patrimoniales / protégées	Non



Code Eunis	G5.2 – Petits bois anthropiques de feuillus caducifoliés
Description	Aménagements paysagers adjacents aux bâtiments techniques du barrage, à la strate boisée dominante. La strate arbustive est également dominée par des fourrés ornementaux.
Espèces caractéristiques	Feuillus horticoles : Chêne rouge, Acacia, Mimosa, Buis...
Habitat humide	Non (remblais)
Habitat patrimonial	Non
Espèces patrimoniales / protégées	Habitat favorable aux passereaux.



Les milieux naturels :

Code Eunis	A2 – Sédiment intertidal
Description	Habitat rocheux, dans la zone de balancement des marées en aval de l'écluse, constitué d'enrochements grossiers, devenant de plus en plus fins et vaseux vers la Vilaine. La végétation y est clairsemée en haut de berge, et inexistante en contrebas.
Espèces caractéristiques	Arroche à long pédoncule, Arroche hastée, Arroche de Gustafsson, Plantain maritime, Betterave commune, Spargulaire, Chiendent du littoral, Aster maritime.
Habitat humide	Milieu marin
Habitat patrimonial	Une analyse estivale permettrait peut-être de rapprocher cet habitat de l'habitat d'intérêt communautaire 1330.
Espèces patrimoniales / protégées	Présence d'au moins une espèce végétale protégée : l'Arroche à long pédoncule.



Code Eunis	X01 - Estuaires
Description	Habitat correspondant à la Vilaine en aval du barrage, l'eau y est saumâtre et sous influence des marées.
Espèces caractéristiques	Flore aquatique non évaluée
Habitat humide	Sans objet
Habitat patrimonial	Non évalué
Espèces patrimoniales / protégées	Faune et flore aquatique non évalués



Code Eunis	C2.3 – Cours d'eau permanents non soumis aux marées, à débit régulier
Description	Lande ouverte occupée par une prairie herbacée accompagnée de patch d'Ajonc d'Europe, localisée au sud-ouest du site d'étude.
Espèces caractéristiques	Nénuphar jaune, Iris des marais, Ronce, Roseau, Saule roux, Canne d'eau, Pulcaire dysentérique, Morelle douce-amère, Lycopode d'Europe, Rubanier.
Habitat humide	Flore aquatique non évaluée
Habitat patrimonial	Sans objet
Espèces patrimoniales / protégées	Non évalué



Code Eunis	F3.1 – Fourrés tempérés
Description	Fourrés denses d'épineux et de Saules, en bordure du site d'étude, à l'entrée du centre technique du barrage. Cet habitat surplombe la berge de la Vilaine côté marin.
Espèces caractéristiques	Saule roux, Ronces Paspale dilaté, Plantain corne de cerf, Plantain lancéolé, Pâturin annuel, Trèfle douteux, Vergerette du Canada
Habitat humide	Habitat probablement sur remblais
Habitat patrimonial	Non
Espèces patrimoniales / protégées	Habitat favorable aux passereaux protégés et aux reptiles.



La carte en page suivante localise ces différents habitats d'après la nomenclature EUNIS.

EAUX ET VILAINE

Ecluse anti-salinité au barrage d'Arzal

HABITATS EUNIS

 Périmètre d'étude

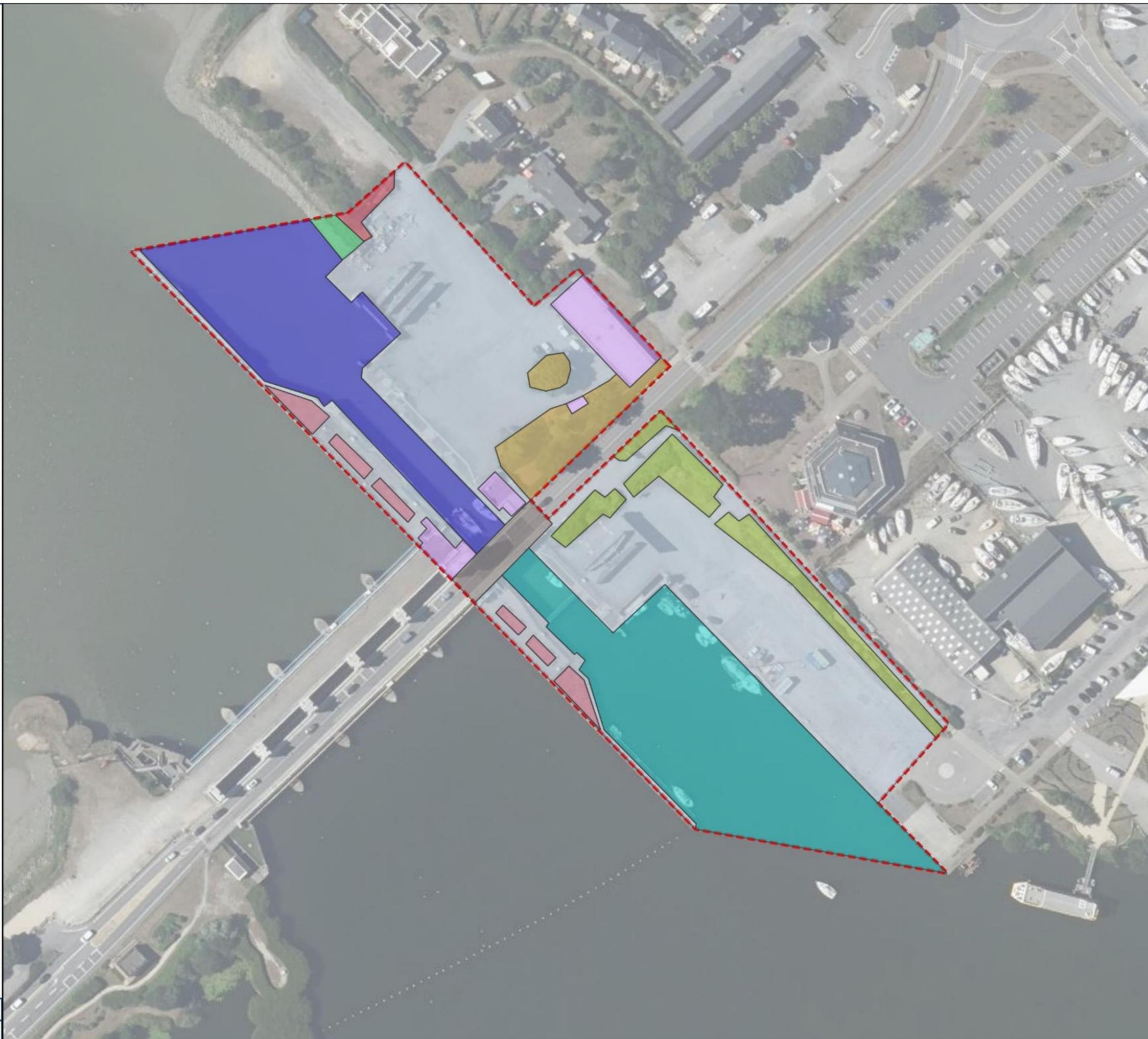
Habitats EUNIS

-  A2 - Sédiment intertidal
-  C2.3 - Cours d'eau permanents non soumis aux marées, à débit régulier
-  E5.1 - Végétations herbacées anthropiques
-  F3.1 - Fourrés tempérés
-  FB.32 - Plantations d'arbustes ornementaux
-  G5.2 - Petits bois anthropiques de feuillus caducifoliés
-  J2.2 - Bâtiments ruraux publics
-  J4.2 - Réseaux routiers
-  J4.5 - Surfaces dures des ports
-  X01 - Estuaires



Source(s) : Ortho 20 cm, BD TOPAGE®, INPN

Conception et réalisation : ARTELIA 2023



5.4.2.4. Faune

Avifaune :

Enjeux avérés

Un oiseau protégé et patrimonial est très présent autour du barrage, le Moineau domestique. Un groupe d'une vingtaine d'individus est observé en nourrissage dans les pelouses, et perché sur les structures métalliques du barrage.

Cette espèce protégée est patrimoniale depuis la réévaluation de son statut dans la liste rouge 2023 de l'avifaune bretonne (classé Vulnérable).

Potentialités

Le périmètre d'étude présente plusieurs secteurs favorables à l'avifaune protégée et patrimoniale :

- Les bâtiments, dont le barrage qui peuvent être utilisés pour la nidification par des espèces anthropophiles ;
- Les fourrés, naturels et horticoles, qui peuvent être utilisés pour la nidification de passereaux comme le Chardonneret élégant ou la Bouscarle de Cetti.

Chiroptères :

Enjeux avérés

Les bâtiments n'ont pas été inspectés. Les arbres n'ont pas montré de cavités attractives.

L'infrastructure du barrage au niveau de l'écluse est globalement défavorable aux chiroptères ; les poutres sont soudées, sans anfractuosités.



Potentialités

La présence de gîtes de chiroptères est très peu probable dans le barrage ou dans les éléments arborés du site d'étude. Le gîte reste possible dans les bâtiments (non prospectés).

Mammifères terrestres et semi-aquatiques :

Enjeux avérés

Les berges de la Vilaine sont, au droit du site d'étude, très artificialisées, et défavorables aux mammifères semi-aquatiques.

Les boisements sont petits et non favorables à des espèces comme l'écureuil roux.

Le centre technique du barrage est clôturé et peu perméable à la faune.

Potentialités

L'intérêt mammalogique du site d'étude est principalement lié à son rôle de corridor entre les berges de la Vilaine. La partie rive gauche du barrage est bien plus attractive, avec une forte végétalisation de l'infrastructure.

Actuellement, le secteur de l'écluse constitue une barrière écologique pour la mammalofaune souhaitant passer de l'amont à l'aval de la Vilaine, en rive droite.

Reptiles :

Enjeux avérés

Aucune espèce de reptile n'a été inventoriée sur le périmètre d'étude. La période d'inventaire et la météo lors du passage n'était pas favorable à ce taxon (froid + pluie + nuages).

Potentialités

Bien que le site soit enclavé par des routes passantes, il est possible que plusieurs espèces de reptiles soient présentes en périphérie du périmètre d'étude, notamment dans les espaces paysagers. Les espèces potentielles sont notamment le Lézard des murailles et le Lézard à deux raies.

Amphibiens :

Enjeux avérés

Aucun amphibien n'a été observé sur le site d'étude.

Potentialités

Le site est globalement très défavorable aux amphibiens (quasi-absence de berges, grand cours d'eau, absence de mares).

Invertébrés :

Enjeux avérés

Coléoptères saproxylophages protégés et/ou patrimoniaux :

Aucun arbre ancien favorable aux coléoptères saproxylophages protégés (Rosalie des Alpes, Grand Capricorne, Pique Prune) n'a été observé.

Lépidoptères, odonates et orthoptères :

Aucun lépidoptère, odonate ou orthoptère n'a été inventorié au sein du périmètre d'étude. La période d'inventaire et la météo lors du passage n'était pas favorable à ce taxon (froid + nuage + pluie).

Potentialités

Coléoptères saproxylophages protégés et/ou patrimoniaux :

Le site ne présente pas de potentialités d'accueil des Coléoptères saproxylophages protégés.

Lépidoptères et orthoptères :

Du fait de la « banalité » des habitats présents sur site (pas d'affleurements calcaires, de prairies ou boisements humides), le site d'étude ne présente que très peu de potentialités pour les lépidoptères et orthoptères protégés et/ou patrimoniaux.

Odonates :

Les enjeux et potentialités liés aux odonates sont essentiellement liés à la partie amont de la Vilaine, mais en amont du site d'étude, où la présence de berges naturelles peut autoriser la présence d'espèces rares liées aux grandes rivières.

La carte en page suivante synthétise les enjeux faune de l'écluse du barrage d'Arzal.

Ecluse anti-salinité au barrage d'Arzal

ESPÈCES PROTÉGÉES ET INVASIVES

 Périmètre d'étude

Espèces protégées

Plantes

 Arroche à long pédoncule

Oiseaux

 Nidification possible de Moineau domestique

Plantes invasives

-  Buddleja de David
-  Paspale dilatée
-  Vergerette du Canada



Source(s) : Ortho 20 cm, BD TOPAGE®, INPN

Conception et réalisation : ARTELIA 2023

5.4.2.5. Synthèse des enjeux écologiques sur le périmètre d'étude

D'après ce pré-diagnostic s'appuyant sur un unique passage sur le terrain le 28 septembre 2023 par un écologue, les enjeux biologiques suivants ont été identifiés :

■ **Un enjeu très fort :**

- La présence d'une espèce végétale bénéficiant d'une protection nationale en rive droite de la Vilaine, à l'aval du barrage : l'Arroche à long pédoncule (*Atriplex longipes*) ;

■ **Deux enjeux forts possibles :**

- Présence possible de Moineaux domestiques en période de nidification sur le barrage ou les bâtiments adjacents (espèce protégée et vulnérable dans la liste rouge Bretagne) ;
- Présence de secteurs de fourrés favorables aux passereaux et aux reptiles.

Le tableau qui suit synthétise les enjeux identifiés sur le site d'après l'analyse de la bibliographie et de l'inventaire effectué sur le terrain.

Tableau 14 : Biodiversité et enjeux biologiques potentiels du site - synthèse

Enjeux		Enjeux avérés	Enjeux potentiels
Périmètres d'inventaire et de protection de la nature		Aucune ZNIEFF I à proximité du projet. ZNIEFF II « Estuaire de la Vilaine » en aval immédiat du projet.	Un épisode de pollution peut entraîner des dégâts sur cette ZNIEFF
Natura 2000		Le site Natura 2000 « Baie de Vilaine » est à moins de 3 km en aval du site	Un épisode de pollution peut entraîner des dégâts sur ce site Natura 2000.
Zones humides		Site d'étude totalement artificialisé, ou aquatique	Pas de zones humides potentielles
Trame verte et bleue		Ecluse entourée d'éléments fragmentant (routes, berges naturelles discontinues)	Peu de connectivité.
Botanique	Habitats fonctionnels	Habitats artificiels dominants. Reliquats d'habitats naturels, liés à la Vilaine, en marge du site d'étude.	Présence potentielle d'un habitat d'intérêt communautaire (rive droite en aval de l'écluse).
	Flore patrimoniale	Présence d'une espèce protégée rare, l'Arroche à long pédoncule (<i>Atriplex longipes</i>) sur une berge en bordure du site d'étude.	Présence potentielle d'autres espèces protégées et patrimoniales dans la berge accueillant déjà l'Arroche. La présence de plantes protégées en d'autres endroits du site d'étude est peu probable.
	Flore invasive	Présence de trois espèces exotiques envahissantes autour du site d'étude.	Risque de dispersion de ces espèces en cas de remaniement des terres.

Enjeux		Enjeux avérés	Enjeux potentiels
Faune	Oiseaux	Présence en période postnuptiale d'un groupe de Moineau domestique (Espèce protégée patrimoniale).	Le Moineau domestique niche possiblement sur le barrage ou sur les bâtiments adjacents. Les fourrés horticoles et naturels peuvent être favorables à des passereaux protégés en période de reproduction.
	Mammifères	Aucune espèce inventoriée	Peu de potentialité.
	Chiroptères	Aucun arbre favorable aux chiroptères inventoriés. Barrage au droit de l'écluse peu favorable.	Peu de potentialité.
	Reptiles	Aucune espèce inventoriée	Présence probable d'espèces protégées à proximité des fourrés et des espaces verts (Lézard des murailles notamment).
	Amphibiens	Aucune espèce inventoriée	Peu de potentialité.
	Insectes	Aucune espèce inventoriée	Peu de potentialité.

5.4.3. Données bibliographiques sur les espèces benthiques

Concernant les espèces benthiques, un diagnostic a été réalisé en mars 2019 par le bureau d'étude IDRA Bio et Littoral, à proximité de l'aire de carénage du port d'Arzal. La station de prélèvements se situe à une distance d'environ 400 mètres en amont du barrage, dans la Vilaine. L'influence marine y est donc mineure, il s'agit d'eau de transition et non de masse d'eau dite côtière.

Les résultats des analyses réalisées sur le benthos de la station sont synthétisés ci-après.

La figure ci-dessous présente la richesse spécifique et la densité (pour 1m²). Seules 9 espèces ont été recensées au sein de cette station pour une densité de 930 ind./m². La richesse spécifique apparaît donc faible, associée à un système d'eau saumâtre typique des eaux de transition.

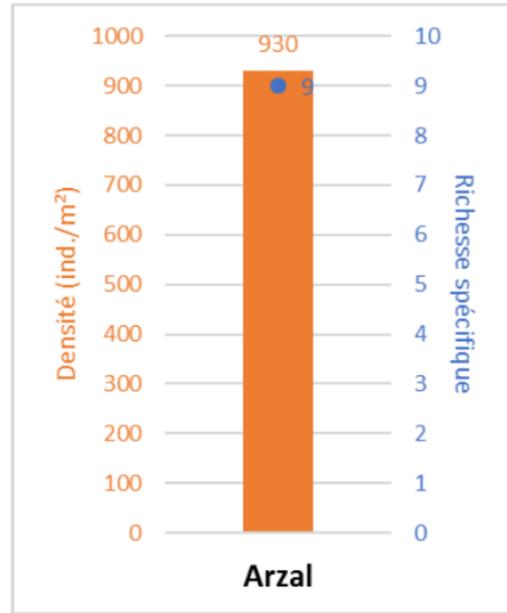


Figure 72 : Richesse spécifique et densité

Les annélides oligochètes dominent le peuplement (53%). Les arthropodes, représentés principalement par les larves de diptères et l'amphipode *Gammarus salinus*, arrivent en seconde position (25%). Les mollusques arrivent quant à eux en troisième position avec principalement *Corbicula fluminea*.

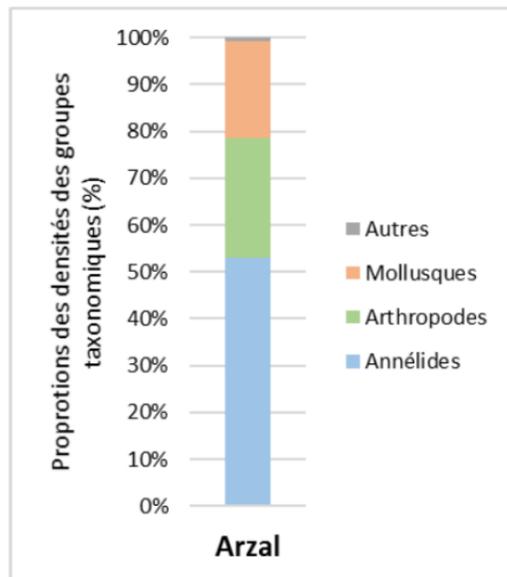


Figure 73 : Répartition des groupes taxonomiques selon l'abondance par station

Une planche photographique des principales espèces rencontrées est présentée ci-après.



Figure 74 : Planche photographique des espèces dominantes (© IDRA Bio & Littoral)

L'analyse benthique a permis de mettre en évidence le caractère très spécifique du peuplement (seulement 9 espèces) et une densité peu élevée (<1 000 ind./m²) pour des milieux subtidiaux, caractéristiques des peuplements des eaux de transition. La diversité est de ce fait peu élevée et le peuplement apparaît peu équilibré avec une domination des annélides oligochètes (groupe écologique V, caractéristique des sédiments réduits riches en matière organique) sur le peuplement. L'indice biotique AMBI, basé sur la proportion des 5 groupes écologiques témoigne d'un état écologique médiocre.

Dans l'ensemble, le milieu étudié est donc fortement impacté par les activités humaines.

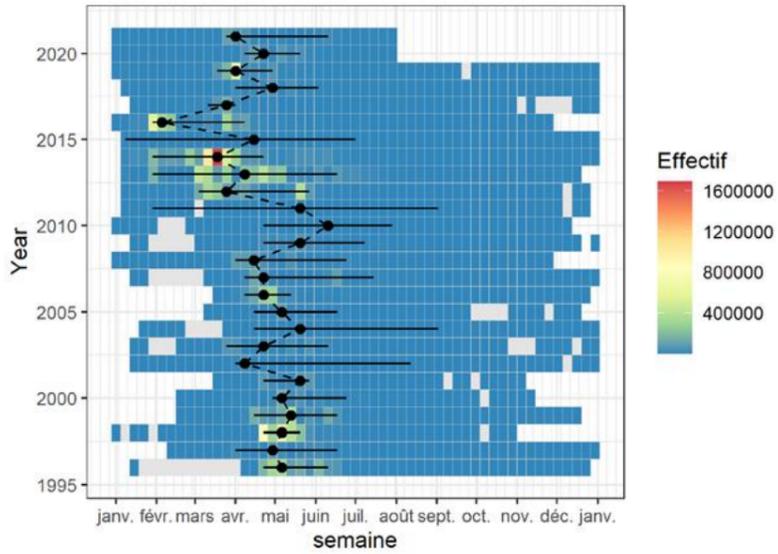
5.4.4. Suivi scientifique des espèces piscicoles

Remarque liminaire : les données suivantes sont issues du rapport de suivi scientifique des migrations de poissons de la passe à bassins du barrage d'Arzal (Eaux&Vilaine, rapport 2020 de janvier 2022)

L'estuaire de la Vilaine est peuplé par un très grand nombre de poissons d'espèces variées, notamment des mullets, des anguilles, des saumons, des truites de mer, des aloses, des lamproies, des bars, ainsi que des poissons d'eau douce. Parmi ces espèces, certaines migrent et constituent des éléments du patrimoine naturel du bassin versant de la Vilaine : saumon atlantique, truite de mer, alose, lamproie marine et anguille européenne.

Les espèces piscicoles en montaison peuvent emprunter la passe à bassins et/ou les passes à anguilles les passes à poissons du barrage d'Arzal sur lesquelles Eaux&Vilaine réalise un suivi scientifique permanent des migrations de poissons. Ces données permettent d'identifier les espèces transitant par l'ouvrage, de connaître leur taille, leur âge, leur période de migration et d'observer l'évolution des effectifs et tendances annuels.

Le tableau suivant présente une description succincte des espèces observées à Arzal.

Espèces cibles	Cycle biologique	Statut de protection	Effectif à Arzal	Périodes de montaison/dévalaison en Vilaine																
Saumon atlantique	Le Saumon atlantique naît en rivière. Durant 1 à 3 ans, les juvéniles se développent et se métamorphosent en rivière avant de rejoindre l'océan atlantique où ils grossissent. Après 1 à 3 ans en mer, mâturs, ils rejoignent les frayères.	Catégorie liste rouge UICN France : - Catégorie liste rouge UICN monde : VU Autres : Annexes II et V de la Directive 92/43/CC Annexe V, Convention OSPAR Annexe III, Convention de Berne Arrêté du 08/12/1988	<table border="1"> <tr><td>2013</td><td>5</td><td>2017</td><td>46</td></tr> <tr><td>2014</td><td>58</td><td>2018</td><td>9</td></tr> <tr><td>2015</td><td>31</td><td>2019</td><td>39</td></tr> <tr><td>2016</td><td>4</td><td>2020</td><td>21</td></tr> </table>	2013	5	2017	46	2014	58	2018	9	2015	31	2019	39	2016	4	2020	21	Montaison toute l'année mais avec un pic de juin à août Dévalaison au printemps Homing fort Peu de saumons en Vilaine par rapport aux autres bassins versants bretons
2013	5	2017	46																	
2014	58	2018	9																	
2015	31	2019	39																	
2016	4	2020	21																	
Truite de mer	Les Truites de mer remontent les cours d'eau pour se reproduire. Les juvéniles se développent de 1 à 3 ans en rivière avant de devenir des smolts et de migrer vers la mer. Après leur reproduction, les adultes retournent également en mer et certains (30 à 40%) reviendront une deuxième fois se reproduire avant de mourir.	Catégorie liste rouge UICN France : LC Catégorie liste rouge UICN monde : LC Autres : Annexe II de la Directive 92/43/CC Arrêté du 08/12/1988	<table border="1"> <tr><td>2013</td><td>11</td><td>2017</td><td>-1</td></tr> <tr><td>2014</td><td>22</td><td>2019</td><td>7</td></tr> <tr><td>2015</td><td>25</td><td>2020</td><td>8</td></tr> <tr><td>2016</td><td>2</td><td></td><td></td></tr> </table>	2013	11	2017	-1	2014	22	2019	7	2015	25	2020	8	2016	2			Montaison toute l'année mais avec un pic de mai à août Peu de truites en Vilaine par rapport aux autres bassins versants bretons
2013	11	2017	-1																	
2014	22	2019	7																	
2015	25	2020	8																	
2016	2																			
Mulet porc	Le Mulet porc se reproduit fin d'automne/début d'hiver en mer sur la zone littorale à proximité des estuaires. Au printemps, il effectue des migrations vers les rivières pour trouver des habitats favorables à sa croissance.	Catégorie liste rouge UICN France : LC Catégorie liste rouge UICN monde : LC	<table border="1"> <tr><td>2 013</td><td>401 920</td><td>2 017</td><td>467 884</td></tr> <tr><td>2 014</td><td>329 475</td><td>2 018</td><td>289 022</td></tr> <tr><td>2 015</td><td>576 518</td><td>2 019</td><td>304 871</td></tr> <tr><td>2 016</td><td>327 000</td><td>2 020</td><td>310 990</td></tr> </table>	2 013	401 920	2 017	467 884	2 014	329 475	2 018	289 022	2 015	576 518	2 019	304 871	2 016	327 000	2 020	310 990	Montaison au printemps de mars à juillet en moyenne Dévalaison en automne Les migrations sont plutôt diurnes et matinales quand le niveau de la mer est supérieur à 0 m NGF.
2 013	401 920	2 017	467 884																	
2 014	329 475	2 018	289 022																	
2 015	576 518	2 019	304 871																	
2 016	327 000	2 020	310 990																	
Grande Alose	Les grandes Aloses vivent 3 à 7 ans en mer avant de remonter les rivières pour se reproduire et mourir.	Catégorie liste rouge UICN France : CR Catégorie liste rouge UICN monde : LC Autres : Annexes II et V de la Directive 92/43/CC Annexe V, Convention OSPAR Annexe III, Convention de Berne Arrêté du 08/12/1988	<table border="1"> <tr><td>2013</td><td>327</td><td>2017</td><td>1 273</td></tr> <tr><td>2014</td><td>293</td><td>2018</td><td>2 182</td></tr> <tr><td>2015</td><td>416</td><td>2019</td><td>2 048</td></tr> <tr><td>2016</td><td>950</td><td>2020</td><td>1 029</td></tr> </table>	2013	327	2017	1 273	2014	293	2018	2 182	2015	416	2019	2 048	2016	950	2020	1 029	Montaison au printemps avec un pic sur les mois d'avril et mai Dévalaison à l'automne
2013	327	2017	1 273																	
2014	293	2018	2 182																	
2015	416	2019	2 048																	
2016	950	2020	1 029																	
Lamproie marine	Les larves et juvéniles colonisent des zones sablo-limoneuses des cours d'eau où ils se terrent 5 à 7 ans. Puis les individus regagnent le milieu marin. Après 2 ans passés en mer les lamproies remontent se reproduire en eau douce et meurent.	Catégorie liste rouge UICN France : LC Catégorie liste rouge UICN monde : EN Autres : Annexe II de la Directive 92/43/CC Annexe V, Convention OSPAR Annexe III, Convention de Berne Arrêté du 08/12/1988	<table border="1"> <tr><td>2013</td><td>663</td><td>2017</td><td>348</td></tr> <tr><td>2014</td><td>3 383</td><td>2018</td><td>681</td></tr> <tr><td>2015</td><td>4 275</td><td>2019</td><td>456</td></tr> <tr><td>2016</td><td>1 088</td><td>2020</td><td>3 111</td></tr> </table>	2013	663	2017	348	2014	3 383	2018	681	2015	4 275	2019	456	2016	1 088	2020	3 111	Montaison au printemps avec un pic sur les mois d'avril et mai
2013	663	2017	348																	
2014	3 383	2018	681																	
2015	4 275	2019	456																	
2016	1 088	2020	3 111																	
Anguille européenne	Les géniteurs d'anguilles se reproduisent en mer des Sargasses. Au bout de 1 à 2 ans, la larve (leptocéphale) aborde les côtes européennes et se transforme en civelle avant de pénétrer dans les eaux douces.	Catégorie liste rouge UICN France : CR Catégorie liste rouge UICN monde : CR Autres : Annexe V, Convention OSPAR Annexe II, CMS - Convention de Bonne	<p><i>En bleu : Migration observée des civelles. Les points représentent la date médiane de migration Les barres horizontales indiquent les quantile 5% et 95% de la migration.</i></p> 	Montaison s'étend de janvier à mai, mais reste très fluctuante tout au long de l'année. Toutefois, l'activité reste particulièrement forte sur les mois d'avril et mai. Dévalaison : automne																

La migration des anguilles au barrage d'Arzal est assurée par :

- Une rampe adossée au mur guide eau en rive droite, qui ne collecte que 10% de la migration annuelle ;
- Deux rampes sur la passe principale en rive gauche ;
- Les pertuis du barrage en dévalaison.

D'après les observations d'Eaux et Vilaine et de l'OFB, **la rampe secondaire, adossée au mur guide eau et située à proximité de l'écluse** est la moins efficace.

La saisonnalité des migrations de civelles sur l'ensemble des passes présentes sur le barrage dépend de deux facteurs : la température de l'eau et la pêche. Les seules fenêtres de migration observées sur 22 ans de données indiquent que les montées pendant la période hivernale n'interviennent que lorsque la pêche s'arrête pendant une à deux semaines et que les températures sont suffisantes (> 8 °C de température d'eau). Sur les 5 tonnes d'anguilles pêchées annuellement en Vilaine, 60% partent pour le repeuplement de toute l'Europe.

Les montées observées en 2023 (données non traduites graphiquement) et 2014 montrent des montées très significatives en période hivernale. Cette situation peut se renouveler, notamment en raison des nouvelles régulations en cours de négociation pour la pêche de civelles, et qui légalement prévoit un mois d'arrêt entre janvier et mars pour la pêche de civelles. Un constat identique est effectué pour les anguilles jaunes, avec une dépendance à la température encore plus marquée.

Afin de fixer un ordre de grandeur de ces migrations, sur les deux passes du barrage, ont été quantifiés en 2020 un poids de 84 kg pour un total de l'ordre de 318 000 civelles, ce qui place cette année au 12ème rang sur 25 années de suivi. La migration au niveau de la passe principale au centre du barrage a représenté 90% des effectifs.

La migration près des gabions, passe principale au centre du barrage, est estimée à environ 278 000 civelles, représentant 74 kg. Sur le mur guide eau, passe secondaire située à proximité de l'écluse, la migration de l'ordre de 40 000 civelles, soit un poids de 10 kg.

Par ailleurs, 26 088 anguilles jaunes ont migré sur les passes, ce qui classe l'année 2020 comme la 10ème sur 25 années de suivi.

De par sa situation particulière entre eau salée et eau douce, la passe ne rencontre que des effectifs très faibles d'autres espèces. En 2020, les espèces recensées sont peu nombreuses : silure, sandre, black bass, cyprinidés et brème.

La prise en compte de la montaison/dévalaison des espèces migratrices est un enjeu majeur qui a été spécifiquement étudié dans le cadre du projet, en phase d'exploitation future comme en phase travaux. Les différents cycles biologiques des espèces rencontrées mettent en évidence une activité particulièrement importante sur la période printanière.

5.5. SYNTHÈSE DE LA DESCRIPTION DES FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX

La synthèse des facteurs environnementaux est présentée en page suivante.

Thématiques	Constats
Fonctionnement du barrage et usages	<ul style="list-style-type: none"> - 1^{ère} fonctionnalité du barrage : protection contre les crues et gestion des niveaux d'eaux - Développement de multiples usages autour de l'ouvrage : retenue d'eau pour la fourniture d'eau potable, navigation et développement touristique, circulation routière en crête d'ouvrage, passes à poissons et anguilles pour la migration piscicole - 15 000 à 16 000 passages de bateaux de plaisance par an (avalant + montant), environ 400 pour l'activité de pêche - Usine de Vilaine Atlantique située sur le plan d'eau en amont du barrage : exigence « eau potable » impliquant pour les chlorures une valeur normative de concentration inférieure à 100 mg/l.
Milieu physique	<ul style="list-style-type: none"> - Climat de type tempéré océanique, avec des hivers doux et pluvieux et des étés frais et relativement humides - Ecluse reposant sur des gneiss migmatiques silico-alumineux - Variations importantes des quantités d'eau transitant au niveau du barrage - Zone soumise à des marnages de plus de 6 mètres - Evolution de la dynamique sédimentaire suite à la construction du barrage : phénomène d'envasement très important, impliquant des dragages réguliers - Vitesses maximales de courants faibles, inférieures à 0,5 nœuds
Qualité des eaux	<ul style="list-style-type: none"> - Masse d'eau de transition « La Vilaine » (FRGT27) en bon état écologique et chimique - Masse d'eau plan d'eau « Retenue d'Arzal » (FRGL058) en bon état chimique et état écologique moyen - Suivi REMI : prélèvements réalisés à la station de mesure « Le Branzais - Pénestin » (groupe 2 – bivalves fouisseurs) et « Les Granges – Billiers » (groupe 3 – bivalves non fouisseurs) : classement de qualité moyenne (B) pour ces 2 zones - Suivi ROCCH : prélèvements réalisés dans la zone du Halguen (moules), en dessous des seuils pour les trois métaux réglementaires ainsi que l'ensemble des contaminants organiques - Zones de pêche à pied : point de suivi le plus proche « Le Loguy », à environ 7 km. Ce site présente une bonne qualité bactériologique, aucun dépassement du seuil de sécurité sanitaire sur la période 2019/2021 - Eaux de baignade des plages les plus proches en bonne à excellente qualité

Thématiques	Constats
Milieu naturel et patrimoine	<ul style="list-style-type: none"> - Projet situé en face du site inscrit et classé de Broël-sur-Vilaine, situé à environ 600m du projet - Le projet n'est pas situé à l'intérieur du périmètre de protection des 500 mètres autour d'un monument historique. - Le projet n'est pas situé au sein d'une ZNIEFF. Cependant, une ZNIEFF est recensée en périphérie du barrage : « Estuaire de la Vilaine et Marais Dépendants (n°530014740) - Les <u>sites Natura 2000 les plus proches</u> correspondent aux sites suivants : <ul style="list-style-type: none"> • Zone de Protection Spéciale (ZPS) définie au titre de la directive « Oiseaux » : « Baie de la Vilaine » (FR5310074), située à environ 2,8 km à l'Ouest du projet ; • Zone Spéciale de Conservation (ZSC) définie au titre de la directive « Habitats » : « Estuaire de la Vilaine » (FR5300034), située à environ 2,8 km à l'Ouest du projet ; • Zone de Protection Spéciale (ZPS) définie au titre de la directive « Oiseaux » : « Marais du Mès et dunes de Pont-Mahé, étang du Pont de Fer » (FR5212007), située à environ 3 km au Sud-ouest du projet ; • Zone Spéciale de Conservation (ZSC) définie au titre de la directive « Habitats » : « Marais du Mès et dunes de Pont-Mahé, étang du Pont de Fer » (FR5300034), située à environ 3 km au Sud-ouest du projet. - Faible richesse et densité des espèces benthiques dans le port d'Arzal - Présence d'espèces piscicoles (dont migratrices : saumon atlantique, truite de mer, alose, lamproie marine et anguille européenne) à proximité de l'ouvrage, utilisant la passe à poissons et les rampes à anguilles - Activité particulièrement importante des espèces piscicoles sur la période printanière. Enjeu majeur concernant la montaison/dévalaison des espèces migratrices - Enjeu très fort lié à la présence d'une espèce végétale bénéficiant d'une protection nationale en rive droite de la Vilaine, à l'aval du barrage : l'Arroche à long pédoncule (Atriplex longipes) - Enjeu fort possible lié à la présence potentielle de Moineaux domestiques en période de nidification sur le barrage ou les bâtiments adjacents - Enjeu fort possible lié à la présence de secteurs de fourrés favorables aux passereaux et aux reptiles

6. RAISONS POUR LESQUELLES LE PROJET A ETE RETENU / ETUDES PREALABLES A LA DEFINITION DU PROJET

6.1. CREATION D'UNE NOUVELLE ECLUSE

Pour trouver une réponse à toutes ces insuffisances, Eaux&Vilaine a envisagé, dès 2008, la construction d'une deuxième écluse au barrage d'Arzal.

Un des objectifs de la nouvelle écluse était de limiter les intrusions d'eau saline afin de respecter les normes de potabilisation imposées (soit une concentration maximale admissible au droit de la prise d'eau de 100 mg/l en NaCl), tout en limitant, voire en supprimant, les volumes d'eau évacués par les siphons.

Une solution d'écluse complémentaire répondant à l'ensemble des objectifs fixés par Eaux&Vilaine a été définie à l'issue d'un concours conduit en 2009 et remporté par le groupement de Maitrise d'œuvre ARTELIA, ARCADIS et SPIELMANN.

Cette solution a été ensuite développée et a donné lieu à l'établissement d'un Avant-Projet remis en mars 2014.

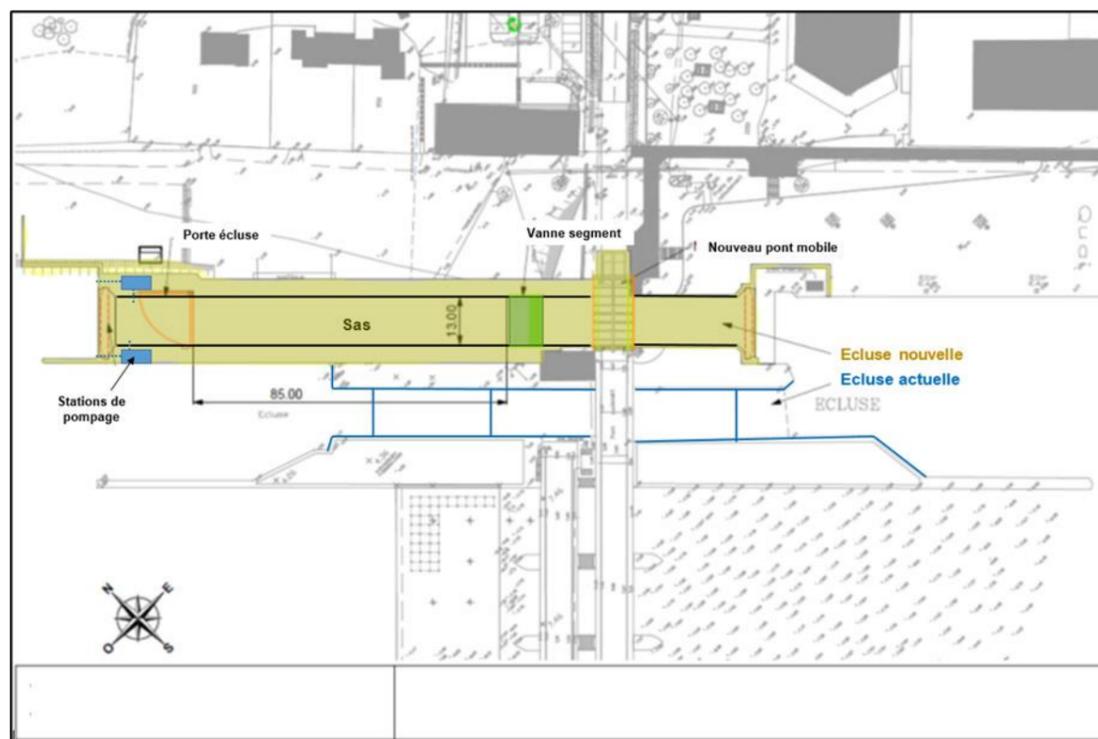


Figure 75 : Plan masse simplifié de la solution de référence (concours et AVP)

En 2020, Eaux&Vilaine a souhaité cependant étudier des solutions optimisées, alternatives ou d'attente, permettant de réduire les coûts d'investissements du projet, tout en obtenant des résultats acceptables au regard des enjeux identifiés.

6.2. SOLUTIONS ALTERNATIVES ETUDIÉES EN 2020-2022

Fin 2020, Eaux&Vilaine resollicite le groupement pour étudier des solutions alternatives visant à réduire les coûts d'investissements. Les solutions suivantes ont été étudiées au stade faisabilité :

- Solutions alternatives par la création d'une nouvelle écluse mais dont les dimensions seraient réduites de façon à espérer réduire les coûts de construction mais également les coûts de fonctionnement car les volumes de pompage de substitution seraient moins importants :
 - Une écluse à sas raccourci, qui sera moins coûteuse à construire et à exploiter (volume de substitution plus faible) – solution 1a ;
 - Une écluse de largeur réduite – solution 1b ;
 - Une écluse à sas moins long et plus étroit (combinaison des solutions 1a et 1b) – solution 1c.
- Solutions alternatives par l'amélioration de l'écluse existante :
 - Partition du sas actuel en deux sections – solution 2a ;
 - Allongement de l'écluse actuelle vers l'aval – solution 2b ;
 - Remplacement du batardeau fixe amont par une vanne segment – solution 2c ;
 - Remplacement du batardeau fixe amont par une vanne segment et mise en place d'un système de substitution des eaux salées par de l'eau douce – solution 2d ;
 - Déplacement de la prise d'eau de Férel – solution 2e.

Les solutions 1a, 1b et 1c ont rapidement été écartées. En effet, bien qu'elles permettent chacune de réduire les coûts d'investissement par la diminution de la taille du batardeau, la réduction des terrassements et du curage, la réduction du coût du génie civil en section courante et la diminution du nombre de vannettes de substitution (solutions 1a et 1c seulement), les économies calculées restent modestes car une part importante des coûts de construction se loge dans les deux extrémités de la nouvelle écluse.

On note également que ces alternatives nécessitent toujours la construction d'un second pont mobile sous la route départementale (avec son cortège de nuisances et de charges d'exploitation-maintenance) et un allongement du chenal d'accès.

Enfin, les économies d'exploitation sont certaines (de l'ordre d'environ 50% du pompage) mais non significatives pour retenir ces solutions.

La solution 2e consistant à déplacer la prise d'eau de Férel afin de l'éloigner à l'exposition du risque de sur-salure, a également fait partie des scénarios étudiés. Néanmoins, même au prix d'un déplacement de plusieurs kilomètres vers l'amont, la prise d'eau peut demeurer exposée à une sur-salure lors des étiages sévères de la Vilaine. Le manque de renouvellement des eaux est susceptible de conduire à une augmentation des concentrations en NaCl (chlorure de sodium) et une extension vers l'amont de la zone de sur-salure.

De plus, d'un point de vue réglementaire, le déplacement de la prise d'eau impliquerait une révision du Périmètre de Protection de Captage, assorti d'une nouvelle procédure et très probablement d'une extension du nombre de parcelles concernées par le périmètre sensible.

Le tableau en page suivante met en évidence les avantages et les inconvénients de chacune des autres variantes alternatives étudiées (2a, 2b, 2c et 2d).

	Solution 2a Partition du sas actuel en 2 sections	Solution 2b Allongement de l'écluse actuelle vers l'aval	Solution 2c Remplacement du batardeau fixe amont par une vanne segment	Solution 2d Remplacement du batardeau fixe amont par une vanne segment et mise en place d'un système de substitution des eaux salées par de l'eau douce
Impact sur la géométrie de l'ouvrage	Valorisation de l'ouvrage existant, aucune modification de l'emprise de l'écluse existante	Travaux d'aménagement dépassant l'emprise actuelle des ouvrages, pour permettre l'extension de 40m de l'écluse vers l'aval	Travaux d'aménagement dépassant l'emprise actuelle de l'écluse pour permettre l'extension de l'écluse vers l'amont	Travaux d'aménagement dépassant l'emprise actuelle de l'écluse pour permettre l'extension de l'écluse vers l'amont. Réduction de la largeur utile du sas pour intégrer les aqueducs complémentaires
Gestion de la salinité	Double barrière anti-salinité en la couplant avec le batardeau amont anti-salinité Pilotage extrêmement fin des intrusions de salinité dans la retenue voire exclusion totale	Double barrière anti-salinité en la couplant avec le batardeau amont anti-salinité Résultats très satisfaisants du fonctionnement hydraulique et anti-salinité, sans recours à des durées de pompage de substitution trop élevées Pilotage extrêmement fin des intrusions de salinité dans la retenue voire exclusion totale	Réduction significative de la salinité entrant dans la retenue grâce à une gestion adaptée de la vanne-segment	Réduction significative de la salinité entrant dans la retenue grâce à une gestion adaptée de la vanne-segment
Capacité de transit pour la navigation de plaisance / Gestion du trafic ordinaire et de pointe / Durée des éclusées	Réduction légère de la capacité de transit des bateaux avec l'installation du sas anti-salinité (sas de 80m). Toutefois, enchaînement plus rapide des éclusées en l'absence de contraintes liées à l'intrusion des eaux salées et grâce à une interruption de trafic beaucoup plus limitée qu'actuellement. Utilisation possible ponctuellement du sas de 89 m (pleine charge) pour faire face aux besoins en pointe de trafic ou en période de débits importants. Temps de passage à l'écluse (sassée complète) peu impacté	Conservation d'un sas de grande capacité de 80 m permettant d'accueillir 25 à 35 bateaux en toutes circonstances. Temps de passage à l'écluse pour les bateaux sensiblement impacté (+ 10 à 15 min)	Maintien de la capacité totale du sas, tout en lui conférant une fonction anti-sel Augmentation significative de la durée des éclusées (augmentation de la durée de la substitution des eaux salées) + 10 à 15 min	Maintien de la capacité totale du sas, tout en lui conférant une fonction anti-sel Augmentation légère de la durée des éclusées (moins de 10 minutes)
Trafic routier et temps de fermeture du pont routier	Interruption de trafic bien plus courte (10 min environ)	Interruption de trafic bien plus courte (10 min environ)	Augmentation de la durée de fermeture de la voirie routière (10 min environ), pouvant entraîner la congestion de l'ouvrage	Réduction non significative de la durée de fermeture de la voirie routière (10 min de moins environ), pouvant entraîner la congestion de l'ouvrage
Travaux : facilité de mise en œuvre / risque d'aléas	Travaux d'une durée continue de 18 mois avec 2 fermetures hivernales de l'écluse : suppression temporaire du service offert aux plaisanciers Phasage opportun permettant de minimiser les contraintes de fermeture et les aléas qui les accompagnent	Délais de travaux allongés : environ 41 mois (soit 3 ans ½ pour une finalisation de l'ouvrage) Contraintes de réalisation et aléas techniques notables et plus importants du fait du caractère fluvio-maritime du chantier	2 à 3 fermetures hivernales de l'écluse : dégradation temporaire du service offert aux plaisanciers Phasage opportun permettant de minimiser les contraintes de fermeture et les aléas qui les accompagnent	Réalisation de deux aqueducs latéraux permettant de distribuer l'eau douce en surface. Ces travaux pourront être entrepris parallèlement aux autres travaux sans modifier significativement la durée des travaux, et les plages de fermeture de l'écluse à prévoir à cette fin.

		3 à 4 fermetures hivernales de l'écluse : dégradation temporaire du service offert aux plaisanciers Recours à des techniques particulières (préfabrication d'un caisson amené en flottaison) pour respecter la contrainte de maintien en service de l'écluse sur une période allant de mi-mars à mi-novembre		2 à 3 fermeture hivernale de l'écluse : dégradation temporaire du service offert aux plaisanciers
Impact environnemental en phase chantier / exploitation	Emprise de l'écluse actuelle restant inchangée. Seuls les travaux d'installation de la station de pompage (vanne d'isolement, bêche, émissaire et bassin) seront réalisés hors emprise actuelle de l'écluse stricto sensu mais sur des zones de stationnement déjà imperméabilisées. Travaux réalisés dans l'enceinte même de l'écluse existante et au niveau du terre-plein attenant, en milieu fermé, sur des zones déjà anthropisées Travaux réalisés hors d'eau grâce à la mise à sec totale de l'écluse via les batardeaux existants	Augmentation de l'emprise actuelle de l'écluse Travaux réalisés en dehors de l'emprise de l'écluse, prise en compte des contraintes fluvio-maritimes Chantier plus long, réalisé sur 3 ou 4 phases hivernales Construction d'un batardeau provisoire à l'intérieur duquel seront réalisés les travaux Nécessité de réaliser des travaux de terrassements : curage, déblais meubles et déblais rocheux, préparation de l'assise des ouvrages	Augmentation de l'emprise actuelle de l'écluse Travaux réalisés en dehors de l'emprise de l'écluse, prise en compte des contraintes fluvio-maritimes Chantier réalisé sur 2 à 3 phases hivernales Construction d'un batardeau provisoire à l'intérieur duquel seront réalisés les travaux Nécessité de réaliser des travaux de terrassements : curage, déblais meubles et déblais rocheux, préparation de l'assise des ouvrages	Augmentation de l'emprise actuelle de l'écluse Travaux réalisés en dehors de l'emprise de l'écluse, prise en compte des contraintes fluvio-maritimes Chantier réalisé sur 2 à 3 phases hivernales Construction d'un batardeau provisoire à l'intérieur duquel seront réalisés les travaux Nécessité de réaliser des travaux de terrassements : curage, déblais meubles et déblais rocheux, préparation de l'assise des ouvrages
Souplesse d'exploitation / entretien / adaptabilité	Gestion de l'écluse précise et adaptable Adaptation en fonction des besoins et des circonstances du moment : alternances de sassées anti-sel et sassées normales, permettant d'ajuster le fonctionnement pour minimiser les files d'attentes sur la route et la voie d'eau	Gestion de l'écluse précise et adaptable Adaptation en fonction des besoins et des circonstances du moment : alternances de sassées anti-sel et sassées normales, permettant d'ajuster le fonctionnement pour minimiser les files d'attentes sur la route et la voie d'eau	Gestion de l'écluse précise et adaptable Adaptation en fonction des besoins et des circonstances du moment : alternances de sassées anti-sel et sassées normales, permettant d'ajuster le fonctionnement pour minimiser les files d'attentes sur la route et la voie d'eau	Gestion de l'écluse précise et adaptable Adaptation en fonction des besoins et des circonstances du moment : alternances de sassées anti-sel et sassées normales, permettant d'ajuster le fonctionnement pour minimiser les files d'attentes sur la route et la voie d'eau

Le dégradé de couleurs permet de donner une indication sur les aspects les plus positifs (vert foncé) aux plus contraignants (rouge).

7. PRESENTATION DE LA SOLUTION RETENUE ET DES MODALITES DE SA MISE EN ŒUVRE

La solution 2a, décrite ci-après, a été retenue à l'issue des études préalables.

Cette solution consiste à modifier l'écluse existante en la partitionnant, évitant ainsi la création d'une seconde écluse en valorisant l'ouvrage déjà existant. Ainsi, le projet s'intègre entièrement dans le corps même de l'ouvrage.

Seuls les travaux d'installation de la station de pompage seront réalisés hors emprise actuelle de l'écluse stricto sensu mais sur des zones de stationnement déjà imperméabilisées.

La capacité de transit des bateaux sera plus réduite avec la solution de sas anti-salinité (sas de 80m) qu'avec la solution de construction d'une nouvelle écluse (sas de 89m). Néanmoins, il sera possible d'enchaîner les éclusées plus rapidement, en l'absence de contraintes liées à l'intrusion des eaux salées et grâce à une interruption de trafic beaucoup plus limitée qu'actuellement. L'écluse pourra continuer d'être utilisée à pleine charge (sas de 89m également) pour faire face aux besoins en pointe de trafic ou en période de débits importants.

En comparaison de la solution initiale de doublement de l'écluse actuelle, cette alternative permet de limiter les impacts sur les milieux environnants. En effet, les travaux seront plus courts et réalisés sur deux années consécutives en période hivernale. Il y a aura moins de terrassement et moins de nouvelles structures à construire donc moins de trafic, moins de bruit, moins de poussières. Les interventions ne se feront que sur des ouvrages et des zones de stationnement imperméabilisées existants.

Le concept repose sur la création d'une vanne secteur en remplacement de la porte intermédiaire mais en amont du pont routier à moins de 10 m en aval de la porte écluse amont. Le fonctionnement de cette vanne secteur permettra le remplissage du sas par des eaux douces en surverse, tandis que les eaux saumâtres seront aspirées en fond d'écluses par l'intermédiaire de la station de pompage à créer. De cette façon, les eaux salées seront substituées du sas évitant ainsi toute incursion de sel lors de l'ouverture de celui-ci.

Le plan-masse du projet est présenté en page suivante.

7.1. PLAN MASSE

Par rapport à l'écluse existante, il y a peu de modifications. L'écluse conserve l'essentiel de son génie civil et ses dimensions extérieures. On notera toutefois qu'une station de pompage de substitution viendra s'intégrer dans le terre-plein du quai en rive droite. L'essentiel de l'ouvrage sera enterré à l'exception d'un petit local d'exploitation en émergence.

Le plan-masse du projet est présenté en page suivante.

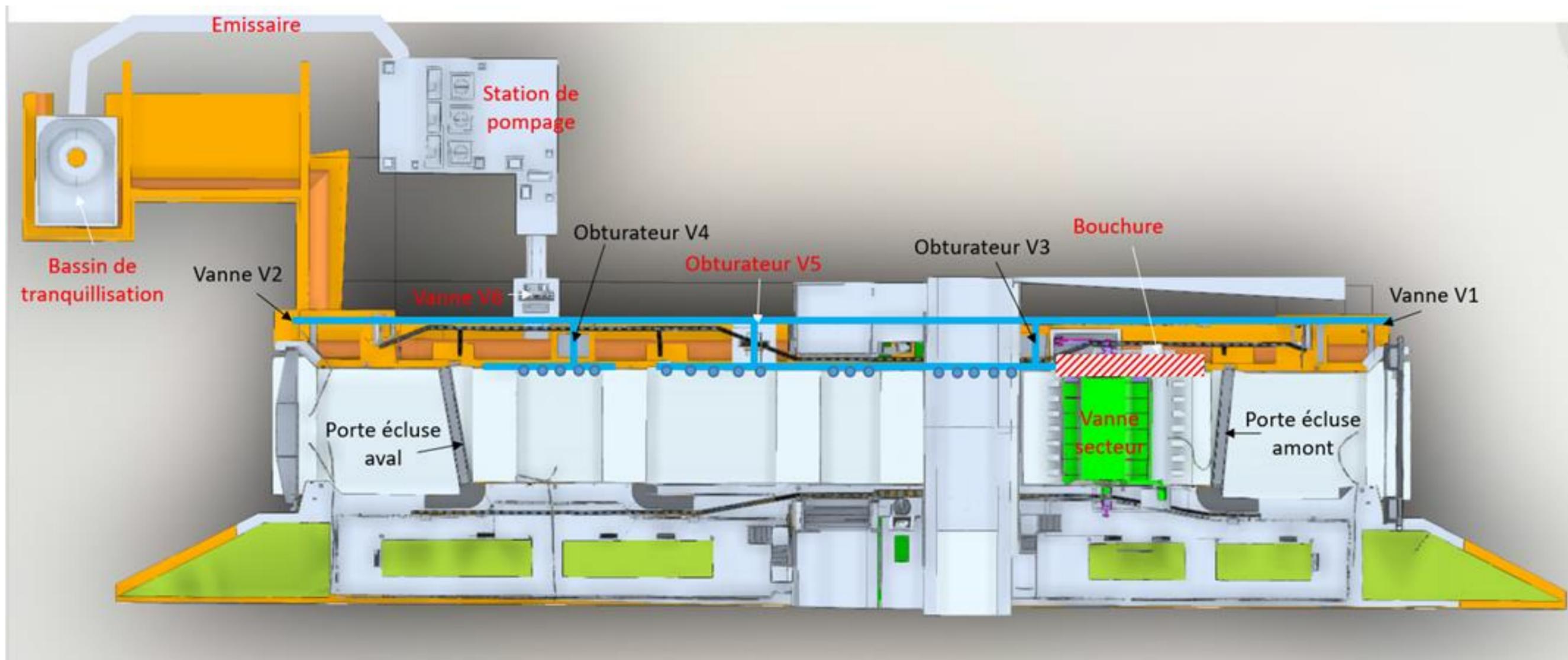


Figure 76 : Plan de projet de la solution 2a

7.2. PRINCIPES RETENUS POUR LA PARTITION DU SAS EN DEUX ELEMENTS

Le sas de 89 m est coupé en deux parties par l'adjonction à l'ouvrage d'une nouvelle vanne secteur qui devra être implantée en amont du pont routier levant.

La longueur utile du sas, en aval de la vanne, sera d'environ 80 m.

En mode anti-sel, cette nouvelle vanne constitue la limite amont du sas et est utilisée pour procéder aux opérations de substitutions.

En mode normal, la vanne peut rester effacée dans le radier et libère ainsi la totalité du sas pour accueillir les bateaux comme dans la configuration actuelle. A noter que le tirant d'eau au droit du sas est légèrement réduit (de 1.20 m) du fait de l'insertion de la vanne secteur dans l'existant sans reprise du radier existant pour des questions de stabilité générale de l'ouvrage.

La porte qui assurera cette partition serait constituée d'une vanne segment pouvant prendre plusieurs positions en fonction de son usage :

- Effacement vers le bas pour laisser passer les bateaux ;
- Position de surverse lors de la substitution ;
- Position de souverse pour l'évacuation des chasses ;
- Position de fermeture lors des phases d'équilibrage du sas ou en position d'attente entre chaque éclusée ;
- Position haute pour la maintenance et les inspections d'ouvrage.

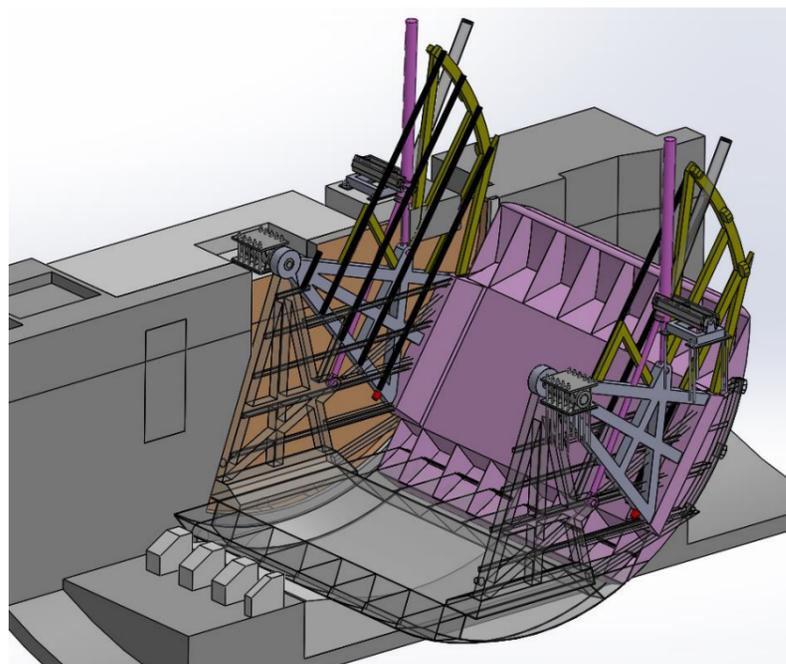


Figure 77 : Vanne secteur dans son environnement

Le principe consiste bien, lorsque l'équilibre est atteint entre le niveau de la retenue (eau douce) et le niveau dans le sas (eau salée), à engager le pompage de substitution en abaissant sensiblement la vanne secteur pour admettre un débit équivalent en eau douce, de la manière la plus laminaire qui soit, pour introduire une nappe d'eau douce en surface venant se substituer à l'eau salée aspirée par le fond.

L'évacuation des eaux salées vers l'aval sera assurée par les larrons et galeries de distribution et aqueduc existants auxquels on aura connecté une station de pompage.

La conception du génie civil de l'écluse existante ne permet pas, sans prendre des risques excessifs lors de la construction, d'envisager la réalisation d'une chambre encastrée totalement dans le radier de l'ouvrage. Pour cette raison, il est prévu de réaliser un seuil de vanne qui sera implanté en élévation par rapport au fond actuel du sas soit -3.50 IGN69 au lieu de -4.70 IGN69.

En fonctionnement normal ou anti-sel: ce seuil ne générera pas de contraintes de tirant d'eau (pas plus que n'en génère aujourd'hui le batardeau mobile disposé dans les engravures amont qui limite le tirant d'eau à son niveau à 3.87 m). En effet, lors du passage au-dessus du seuil des navires montant ou avalant, le tirant d'eau sur **le seuil sera d'environ 5.70 m** (niveau de la retenue normale à +2.20 IGN69 – Cote du seuil à -3.50 IGN 69). Ce tirant d'eau disponible pour les bateaux de plaisance est largement suffisant.

De toute évidence, il faudra prévoir un marquage de tirant d'eau très visible sur les bajoyers du sas pour avertir les plaisanciers du tirant d'eau disponible au-dessus de la porte en toutes circonstances.

7.3. FONCTIONNEMENT PROJETE

Les paragraphes suivants décrivent pour chaque configuration bateaux montants ou descendants et les conditions de marées, les séquences à mettre en œuvre. Ces séquences sont illustrées graphiquement.

Cette solution technique apporte une grande souplesse d'utilisation car ses modes de fonctionnement (anti-salinité ou fonctionnement actuel "grande écluse" lors des pics de forts trafics de bateaux) sont facilement adaptables en fonction des circonstances du moment (trafic bateaux, trafic routier, état de salinité de la retenue, débits naturels en Vilaine, etc.).

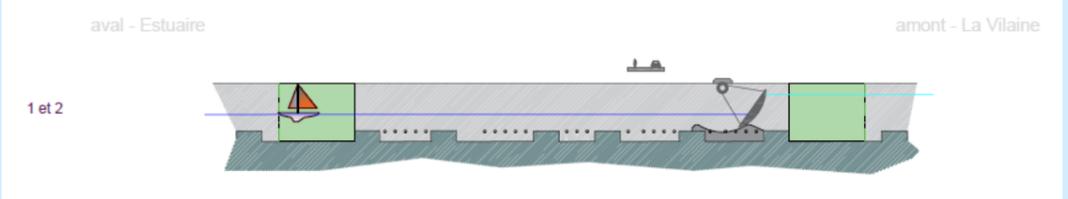
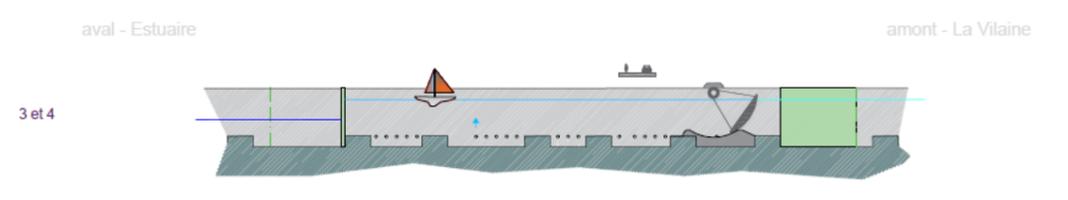
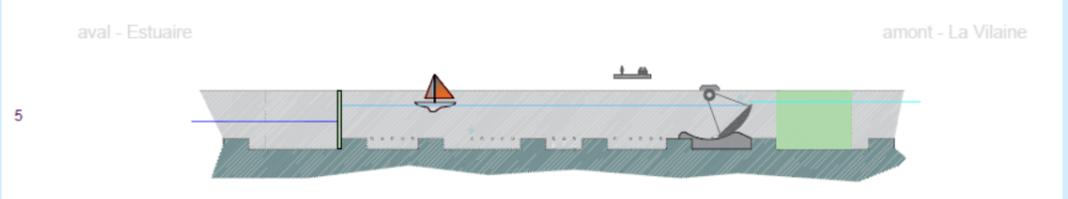
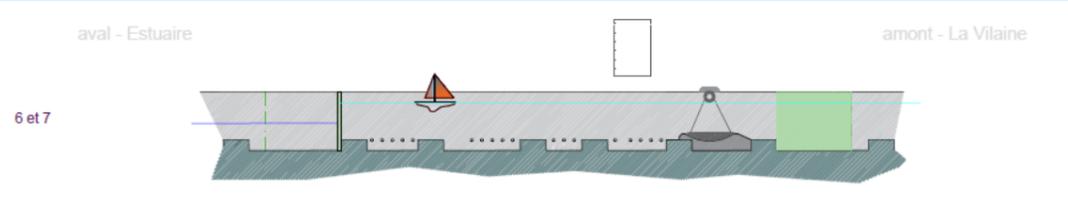
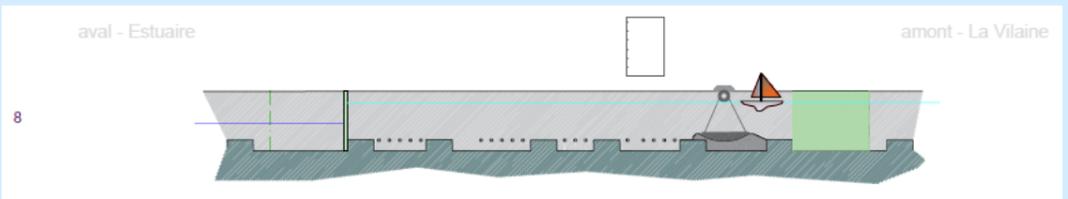
L'écluse ne fonctionne qu'en éclusées continues en commençant par la remontée des bateaux. Sur certaines éclusées, il peut ne pas y avoir de bateau, néanmoins, le cycle se fait de la même façon qu'en présence d'embarcation.

7.3.1. Lorsque le niveau de mer est supérieur au niveau de la Vilaine

Séquence de fonctionnement	Illustration
Porte écluse amont ouverte Vanne secteur fermée Pont mobile abaissé – continuation de la circulation routière 1. Ouverture de la porte aval 2. Entrée des bateaux dans le sas de l'écluse	
3. Fermeture de la porte aval 4. Equilibrage du sas avec le niveau d'eau de la retenue amont par pompage. Renvoi de l'eau salée en estuaire	
5. Substitution des eaux salées par les eaux douces Abaissement progressif de la vanne secteur avec adjonction laminaire d'eau douce. Pompage des eaux saumâtres en fond puis rejet en estuaire	
6. Vanne secteur en position baissée pour permettre le passage des bateaux 7. Ouverture du pont mobile – circulation routière stoppée	

Séquence de fonctionnement	Illustration
8. Sortie des bateaux montants	
9. Entrée dans le sas des bateaux en descente	
10. Fermeture de la vanne secteur et abaissement du pont mobile – reprise de circulation routière	
11. Equilibrage du sas avec le niveau aval par gravité – ouverture de la vanne sur aqueduc en aval (V2). A la fin de l'équilibrage, fermeture de V2	
12. Ouverture de la porte écluse aval	
13. Sortie du sas des bateaux descendants la Vilaine	

7.3.2. Lorsque le niveau de mer est inférieur au niveau de la Vilaine

Séquence de fonctionnement	Illustration
<p>Porte écluse amont ouverte Vanne secteur fermée Pont mobile abaissé – continuation de la circulation routière 1. Ouverture de la porte aval 2. Entrée des bateaux dans le sas de l'écluse</p>	<p>1 et 2</p> 
<p>3. Fermeture de la porte aval 4. Equilibrage du sas avec le niveau d'eau de la retenue amont par gravité – ouverture de la vanne sur aqueduc en amont (V1). A la fin de l'équilibrage, fermeture de V1</p>	<p>3 et 4</p> 
<p>5. Substitution des eaux salées par les eaux douces Abaissement progressif de la vanne secteur avec adjonction laminaire d'eau douce. Pompage des eaux saumâtres en fond puis rejet en estuaire</p>	<p>5</p> 
<p>6. Vanne secteur en position baissée pour permettre le passage des bateaux 7. Ouverture du pont mobile – circulation routière stoppée</p>	<p>6 et 7</p> 
<p>8. Sortie des bateaux montants</p>	<p>8</p> 
<p>9. Entrée dans le sas des bateaux en descente</p>	<p>9</p> 

Séquence de fonctionnement	Illustration
10. Fermeture de la vanne secteur et abaissement du pont mobile – reprise de circulation routière	
11. Equilibrage du sas avec le niveau aval par gravité – ouverture de la vanne sur aqueduc en aval (V2). A la fin de l'équilibrage, fermeture de V2	
12. Ouverture de la porte écluse aval	
13. Sortie du sas des bateaux descendants la Vilaine	

7.4. DESCRIPTION DES TRAVAUX

7.4.1. Déroulement des travaux

Remarque liminaire : Pour plus de précisions sur le projet et les travaux prévus, le rapport d'étude du projet au stade AVP est fourni en annexe.

Les travaux se dérouleront sur une période continue de 18 mois entre novembre 2025 et avril 2027. L'écluse ne fonctionnera pas durant les deux périodes hivernales sur une durée de cinq mois maximum (de novembre à fin mars). Néanmoins, la continuité de service relative à la circulation routière, au fonctionnement des vannes du barrage et des dispositifs de montaison (passe et rampe) sera assurée pendant toute la durée du chantier.

La première saison hivernale sera consacrée aux travaux suivants :

- Batardage et mise à sec de l'écluse par pompage ;
- Réalisation de la vanne d'isolement de la station de pompage en plusieurs étapes :
 - Terrassement de la zone (remblai et rocher) ;
 - Hydrodémolition du génie civil de l'aqueduc principal existant ;
 - Réalisation des nouvelles structures de raccordement à l'existant en béton armé ;
 - Mise en place des équipements (vanne, grilles fines et rainurages à batardeaux. La vanne d'isolement sera maintenue fermée lors de la remise en eau de l'écluse ;
- Rénovation de la porte écluse aval en place (nettoyage, retouches de peinture, démontage vérins et contrôle, remplacement des pièces d'usure, essais de fonctionnement et étanchéité) ;
- Réalisation du génie civil de la vanne secteur :
 - Terrassement de la rive gauche et de la rive droite. Les déblais seront entreposés sur les zones de stockage identifiées sur les vues aériennes ci-dessous avant évacuation en décharge agréée de la partie qui ne sera pas remise en place ;
 - Hydrodémolition des structures de génie civil en place (bajoyers rives gauche et droite) ;
 - Réalisation en béton armé des massifs d'ancrages pour le scellement des pièces fixes de la vanne secteur, du radier concave et de ses plots de protection ;
- Arrêt des travaux au sein de l'écluse, débatardage et remise en eau de l'écluse pour la belle saison.

Durant le printemps/été 2026, l'écluse sera fonctionnelle mais les travaux (décrits ci-dessous) de la construction de la station de pompage qui peuvent être réalisés indépendamment de la mise à sec de l'écluse auront lieu. Des emprises terrestres seront occupées en particulier au niveau du parking de la zone d'exploitation du barrage d'Arzal en rive droite mais ne gêneront pas la navigation et le passage de l'écluse par les bateaux.

- Réalisation de la station de pompage :
 - Terrassement sur le terre-plein en rive droite de la zone de la future station sur une profondeur maximum de 12 m par rapport au terre-plein (remblai et rocher) ;

- Réalisation en béton armé du radier, des voiles périphériques et intérieurs, de la dalle de couverture, des murs du bâtiment en extérieur ;
- Réalisation de la toiture végétalisée et pose des menuiseries du bâtiment en extérieur ;
- Réalisation en béton armé du bassin de tranquillisation ;
- Pose de l'émissaire ;
- Mise en place de tous les équipements de la station de pompage (pompes, démarreurs, clapets anti-retour, échelles, trappes, grilles, etc.) ;

- Fabrication en atelier de la vanne secteur.

A la fin de la saison estivale, la station de pompage sera finalisée et raccordée à la vanne d'isolement. La seconde saison hivernale permettra de poursuivre le projet en réalisant les travaux suivants :

- Batardage et mise à sec de l'écluse par pompage ;
- Dépose de la porte intermédiaire, démantèlement avant évacuation pour retraitement en filières spécialisées agréées ;
- Rebouchage en béton armé de l'emplacement laissé vide de la porte intermédiaire ;
- Réalisation du nouvel obturateur sur la galerie de distribution amont en plusieurs étapes :
 - Terrassement de la zone (remblai et rocher) ;
 - Hydrodémolition du génie civil de l'aqueduc principal existant ;
 - Réalisation des nouvelles structures de raccordement à l'existant en béton armé ;
 - Mise en place du nouvel obturateur et de ces équipements de manœuvre ;
- Rénovation de la porte écluse amont en place (nettoyage, retouches de peinture, démontage vérins et contrôle, remplacement des pièces d'usure, essais de fonctionnement et étanchéité) ;
- Dépose de la centrale hydraulique existante et remplacement en lieu et place par une nouvelle centrale plus puissante ;
- Pose de la nouvelle vanne secteur ;
- Rénovation des vannes d'aqueduc et des obturateurs existants (dépose, envoi en atelier pour nettoyage, retouches de peinture, remplacement des pièces d'usure, repose et tests de fonctionnement et d'étanchéité) ;
- Remplacement de toute la partie électrique basse tension et haute tension de l'écluse ;
- Modification de l'automatisme et de la supervision pour intégrer les nouvelles structures et le nouveau fonctionnement en mode antisel ;
- Tests et mise au point ;
- Travaux de finitions ;

- Fin des travaux, débatardage et remise en eau de l'écluse pour la belle saison.

Remarque générale relative aux terrassements : A ce stade (phase AVP), il a été privilégié le terrassement par talutage des terrains afin de s'affranchir, autant que faire se peut, de soutènements provisoires onéreux. Compte tenu de la perméabilité des remblais, de la présence de la nappe à faible profondeur (2 m) et d'un substratum fracturé, un pompage en fond de fouille est prévu. Ce dispositif pourrait être complété par des injections dans le substratum rocheux, si la perméabilité de fractures est localement trop importante.

Au sein des terrains rocheux, la mise en place d'un grillage pour se prémunir de la chute de pierre, voire d'un gunitage (béton projeté + cloutage) n'est pas exclu compte tenu de la hauteur du talus (8 m environ).

Les deux saisons nécessiteront la mise à sec totale de l'écluse grâce aux batardeaux existants. L'ensemble des travaux se fera hors d'eau. Les installations de travaux (base-vie, zone de stockage, etc.) seront positionnées exclusivement sur les zones de stationnement imperméabilisées attenantes à l'écluse en rive droite et en amont et en aval du pont routier.

Le fonctionnement de l'écluse sera interrompu durant les phases de travaux. Pour les bateaux qui devront transiter depuis l'aval vers l'amont pour rejoindre les chantiers navals, des alternatives seront mises en place ponctuellement (levage des bateaux, chargement sur des camions jusqu'aux chantiers ou remise à l'eau en amont).

La vue aérienne en page suivante présente la zone de travaux ainsi que les accès prévus.

7.4.2. Accès et aires de stockage

Les installations de travaux (base-vie, zone de stockage, etc.) seront positionnées exclusivement sur les zones de stationnement imperméabilisées attenantes à l'écluse en rive droite et en amont et en aval du pont routier.

Les accès chantier sont facilement accessibles à partir de la RD 139. La circulation routière ne devrait pas être perturbée de façon notable.

À ce stade du projet et au-delà des considérations présentées ci avant, les plans d'implantation :

- de la base vie
- des schémas de circulation
- d'emprise des aires de stockage complémentaires ;

pourront prendre les formes suivantes.



- Zone de travaux
- Accès
- Portail d'entrée
- Prise de vue

7.5. PLANNING PREVISIONNEL DE REALISATION DES TRAVAUX

Le planning envisagé est présenté en page suivante. Ce planning ne tient pas compte des éventuelles intempéries et aléas de chantier.

Suivent des vues aériennes permettant de visualiser les emprises de chantier durant les différentes phases de travaux.

N°	Nom de la tâche	Durée	Début	Fin	Prédi	Tri 4, 2025		Tri 1, 2026			Tri 2, 2026			Tri 3, 2026			Tri 4, 2026			Tri 1, 2027			Tri 2, 20		
						Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	
1	Travaux saison hivernale 1 - écluse à sec	24 semaines	Lun 27/10/25	Ven 10/04/26																					
2	Batardage et mise à sec de l'écluse	1 semaine	Lun 27/10/25	Ven 31/10/25																					
3	Démarrage des travaux saison 1	0 semaine	Lun 03/11/25	Lun 03/11/25	2																				
4	Génie civil V8	12 semaines	Lun 03/11/25	Ven 23/01/26	3																				
5	Pose V8	3 semaines	Lun 26/01/26	Ven 13/02/26	4																				
6	Rénovation porte écluse aval	16 semaines	Lun 03/11/25	Ven 20/02/26	3																				
7	Génie civil vanne secteur	22 semaines	Lun 03/11/25	Ven 03/04/26	3																				
8	Arrêt des travaux dans l'écluse	0 semaine	Lun 06/04/26	Lun 06/04/26	7																				
9	Débatardage et remise en eau de l'écluse	1 semaine	Lun 06/04/26	Ven 10/04/26	8																				
10	Travaux saison estivale - écluse en fonctionnement	38 semaines	Lun 13/04/26	Ven 01/01/27																					
11	Génie civil station de pompage	20 semaines	Lun 13/04/26	Ven 28/08/26	9																				
12	Construction bâtiment station de pompage	10 semaines	Lun 31/08/26	Ven 06/11/26	11																				
13	Pose émissaire	12 semaines	Lun 13/04/26	Ven 03/07/26	9																				
14	Génie civil bassin émissaire	6 semaines	Lun 06/07/26	Ven 14/08/26	13																				
15	Mise en place équipements pompage	8 semaines	Lun 09/11/26	Ven 01/01/27	12																				
16	Travaux saison hivernale 2 - écluse à sec	25 semaines	Lun 26/10/26	Ven 16/04/27																					
17	Batardage et mise à sec de l'écluse	1 semaine	Lun 26/10/26	Ven 30/10/26																					
18	Démarrage des travaux saison 2	0 semaine	Lun 02/11/26	Lun 02/11/26	17																				
19	Dépose porte écluse intermédiaire	0.5 semaine	Lun 02/11/26	Mer 04/11/26	18																				
20	Rebouchage porte intermédiaire	1 semaine	Mer 04/11/26	Mer 11/11/26	19																				
21	Génie civil V5	14 semaines	Mer 04/11/26	Mer 10/02/27	18																				
22	Rénovation porte écluse amont	16 semaines	Lun 02/11/26	Ven 19/02/27	18																				
23	Aléa fin du génie civil vanne secteur	4 semaines	Lun 02/11/26	Ven 27/11/26	18																				
24	Pose vanne secteur	6 semaines	Lun 30/11/26	Ven 08/01/27	23																				
25	Remplacement centrale hydraulique C1	2 semaines	Lun 11/01/27	Ven 22/01/27	24																				
26	Rénovation V1 à V4	4 semaines	Lun 01/02/27	Ven 26/02/27	25																				
27	Pose V5	3 semaines	Mer 10/02/27	Mer 03/03/27	21																				
28	Rénovation HT/BT (solution 2)	14 semaines	Lun 02/11/26	Ven 05/02/27	17																				
29	Raccordement	4 semaines	Lun 08/02/27	Ven 05/03/27	28																				
30	Automatisation - Tests et mise au point	4 semaines	Lun 22/03/27	Ven 16/04/27	29FD																				
31	Travaux de finitions	3 semaines	Mer 03/03/27	Mer 24/03/27	27																				
32	Arrêt des travaux dans l'écluse	0 semaine	Mer 24/03/27	Mer 24/03/27	31																				
33	Débatardage et remise en eau de l'écluse	1 semaine	Mer 24/03/27	Mer 31/03/27	32																				

Légende du planning :

- Travaux de génie civil
- Travaux de vannellerie
- Travaux de pompage
- Travaux d'électricité/automatisme
- Batardage/débatardage de l'écluse
- Autres travaux

Ce planning prévisionnel a été établi sur la base des travaux décrits au rapport d'avant-projet associé. Toute modification de ce rapport peut impliquer des incidences sur le planning présenté.

Ce planning ne tient pas compte des intempéries et aléas.

TRAVAUX DE PARTITION DE L'ÉCLUSE D'ARZAL - AVPM

Zone d'emprise des travaux saison hivernale 1 27/10/2025 – 10/04/2026

-  Batardeaux en place - écluse à sec
27/10/25 – 10/04/26
-  Zone d'emprise de la rénovation de la porte écluse aval
03/11/25 au 20/02/26
-  1 Zone d'emprise des travaux de génie civil de la vanne d'isolement V6 + pose
03/11/25 au 13/02/26
-  2 Zone d'emprise des travaux de génie civil de la vanne secteur
27/10/25 – 03/04/26
-  Base vie – Zones de stockage



TRAVAUX DE PARTITION DE L'ÉCLUSE D'ARZAL - AVPM

Zone d'emprise des travaux saison estivale
13/04/2026 – 28/08/2026

 Zone d'emprise des travaux de génie civil de la station de pompage (bâche, émissaire et bassin)
13/04/26 – 28/08/26

 Base vie – Zones de stockage et stockage des batardeaux



TRAVAUX DE PARTITION DE L'ÉCLUSE D'ARZAL - AVPM

Zone d'emprise des travaux saison estivale 31/08/2026 – 23/10/2026

 Zone d'emprise des travaux de construction du bâtiment de pompage
31/08/26 – 06/11/26

 Base vie – Zones de stockage et stockage des batardeaux



Google

TRAVAUX DE PARTITION DE L'ÉCLUSE D'ARZAL - AVPM

Zone d'emprise des travaux saison hivernale 2 26/10/2026 – 08/01/2027

-  Batardeaux en place - écluse à sec
26/10/2026 – 31/03/2027
-  Zone d'emprise des travaux d'installation des équipements de pompage
09/11/27 – 01/01/27
-  Zone d'emprise de la rénovation de la porte écluse aval
02/11/26 au 19/02/27
-  1 Zone d'emprise des travaux de génie civil de l'obturateur V5 + pose
04/11/26 au 03/03/27
-  2 Zone d'emprise des travaux sur la vanne secteur (fin génie civil + pose)
02/11/26 – 08/01/27
-  Zone d'intervention pour travaux électriques
02/11/26 – 05/02/27
-  Base vie – Zones de stockage



TRAVAUX DE PARTITION DE L'ÉCLUSE D'ARZAL - AVPM

Zone d'emprise des travaux saison hivernale 2 11/01/2027 – 31/03/2027

- Batardeaux en place - écluse à sec
26/10/2026 – 31/03/2027
- 1 Zone d'emprise des travaux de génie civil de l'obturateur V5 + pose
04/11/26 au 03/03/27
- Zone d'intervention pour travaux électriques
02/11/26 – 05/02/27
- 2 Zone d'emprise de la rénovation de la porte écluse aval
02/11/26 au 19/02/27
- 3 Zone d'emprise de la rénovation de V1 à V4
01/02/27 au 26/02/27
- 4 Zone d'intervention pour travaux sur centrale hydraulique et GE
11/01/27 au 29/01/27
- Base vie – Zones de stockage

Groupement de Maîtrise d'Œuvre



5



Google

8. COUT PREVISIONNEL DU PROJET

8.1. COUT GLOBAL DES TRAVAUX

Le coût estimatif du projet s'élevé à 12 531 000 € HT.

Ce coût s'entend hors frais de Maîtrise d'Œuvre et aléas durant la phase chantier (intempéries, etc.)

N°	Libellé des postes	Montant € HT
1000	Travaux et Prestations Générales, études EXE	1 645 000 €
2000	Génie civil commun	2 633 575 €
2100	Terrassement du terre-plein aval en rive droite	746 000 €
2200	Station de pompage et bassin de tranquillisation	1 064 420 €
2300	Création d'un obturateur V5	358 160 €
2400	Comblement de l'emplacement de la porte écluse intermédiaire	147 700 €
2500	Vanne V6 et connexion aqueduc/pompage	144 975 €
2600	Radier et blocs béton de la vanne secteur	154 820 €
2700	Divers - Equipements	17 500 €
3000	Génie civil vanne secteur - Solution 2 (bras incrustés)	807 570 €
3100	Terrassement à l'intérieur de l'alvéole 3	104 110 €
3200	Réservations de la vanne secteur - sur les 2 rives	442 200 €
3300	Renforcement de la structure existante en rive gauche	117 290 €
3400	Réalisation des massifs d'ancrage de la porte secteur - rive gauche	41 040 €
3500	Réalisation des massifs d'ancrage de la porte secteur - rive droite	48 510 €
3600	Ancrages, tirants et micropieux	54 420 €
4000	Vantellerie et équipements	2 252 920 €
4100	Rénovation 2x portes écluse et valet SANS DEPOSE NI CARENAGE	220 500 €
4200	Rénovation vannes V1 V2	100 160 €
4250	Rénovation grilles GV1 GV2	30 200 €
4300	Rénovation obturateurs V3 V4	100 160 €
4400	Dépose porte écluse intermédiaire SANS AMIANTE	162 000 €
4450	Equipements protection accès	38 000 €
4500	Remplacement centrale oléo-hydraulique	201 500 €
4600	Vanne secteur HORS CENTRALE HYDRAULIQUE	1 110 000 €
4650	Vanne secteur - OPTION bras incrustés	52 000 €
4700	Vanne d'isolement station de pompage V6 - 1,82 x1,82	147 300 €
4800	Vanne de sasement V5 aqueduc de fond partie centrale	91 100 €
5000	Equipements de la station de pompage	1 948 345 €
6000	Equipements de l'ouvrage de dissipation	76 500 €
7000	Bâtiment station de pompage	322 680 €
8000	Electricité et automatisme	756 250 €
	Total	10 442 840 €
	Divers et aléas techniques 20%	2 088 568 €
	Total ARRONDI €HT nov. 2023 YC aléas et divers	12 531 000 €

8.2. COUT DE FONCTIONNEMENT DE LA STATION DE POMPAGE

La station de pompage projetée met en œuvre des puissances électriques importantes. Par conséquent, la consommation électrique du barrage va fortement augmenter.

Calcul du coût additionnel :

Les hypothèses de calculs pour estimer le surcoût lié à l'installation de la station de pompage sont les suivantes :

- Les 3 pompes fonctionnent simultanément :
 - Les 5 premières minutes : 1 pompe ;

- Les 15 minutes suivantes : 3 pompes ;
- Fonctionnement des pompes à plein régime (ON/OFF) ;
- Fonctionnement en mode anti-salinité : 12 à 14 utilisations de la station de pompage par jour, lors de débits inférieurs à 10 m³/s soit 20% de l'année ou 73 jours par an en moyenne ;
- Puissance de la pompe : 143 kW ;
- Coût de l'énergie : 16 c€ HT/ kWh (valeur moyenne sur l'année 2022).

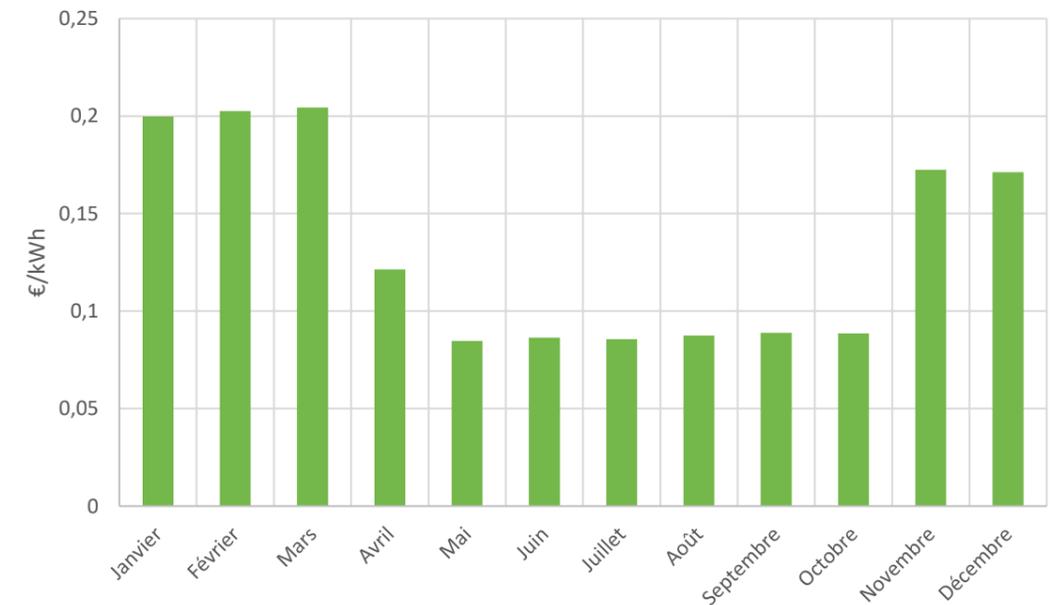


Figure 79 : Prix moyen du kWh sur 2022 (€/kWh)

Les résultats sont les suivants :

- Consommation annuelle de la station de pompage :
 - Par cycle : 143 kW * 5 min + 143 kW * 3 * 15 min = 120 kWh/cycle ;
 - Par jour : 120 * 13 = 1 560 kWh/j ;
 - Par an : 1 560 * 73 = 113 880 kWh/an ;
 - Coût : 0 * 0,16 = 18 000 €/an.

Le coût annuel de la station de pompage est donc estimé à **18 000 € HT/an**. Ce montant viendra s'ajouter à la consommation actuelle de l'écluse qui atteint un coût annuel d'environ **37 000 € HT/an** (Montant 2022 pour une consommation de 250 000 kWh/an).

9. INCIDENCES DU PROJET SUR LES SITES NATURA 2000 LES PLUS PROCHES

9.1. RAPPEL

Le périmètre d'étude n'interfère avec aucun site Natura 2000.

Les travaux de réaménagement de l'écluse anti-salinité sont néanmoins susceptibles d'impacter les sites Natura 2000 suivants :

- « Baie de Vilaine » (FR5310074), situé à environ 2,6 km à l'Ouest du projet ;
- « Estuaire de la Vilaine » (FR5300034), situé à environ 2,6 km à l'Ouest du projet.

9.2. DESCRIPTION DES SITES NATURA 2000

La description des sites Natura 2000 « Baie de Vilaine » (FR5310074) et « Estuaire de la Vilaine » (FR5300034) figure au chapitre 4.10.1.2.

9.3. ANALYSE DES INCIDENCES NATURA 2000

L'évaluation des incidences des travaux d'écluse anti-salinité au barrage d'Arzal consiste à déterminer la nature, l'intensité, l'étendue et la durée de tous les impacts que le projet risque d'engendrer sur les zones Natura 2000.

L'impact environnemental désigne l'ensemble des modifications qualitatives et fonctionnelles de l'environnement (négatives ou positives) engendrées par un projet, un procédé, un ou des organismes et un ou des produits, de sa conception à sa « fin de vie ». Une incidence peut être directe, indirecte, permanente ou temporaire.

9.3.1. Effets et mesures en phase chantier

Le projet se situe à environ 2,6 km des sites Natura 2000 "Baie de Vilaine" et "Estuaire de la Vilaine". Aucun site de nidification n'est présent aux abords de l'ouvrage. Néanmoins, le site de Broël, situé à environ 600 m du barrage, abrite des colonies d'échassiers. Ces espèces, sensibles au dérangement susceptible d'être provoqué par les activités humaines, pourront s'éloigner voire fuir le secteur lors de ces travaux. Cette incidence sera temporaire et réduite à la période de travaux (deux hivers et deux printemps consécutifs).

La plupart des espèces qui ont permis la désignation des sites Natura 2000 et utilisant potentiellement l'estuaire de la Vilaine sont des espèces à grande mobilité qui peuvent fuir rapidement en cas de danger.

A noter également que les interventions en phase travaux n'engendreront pas d'ondes acoustiques aquatiques.

Concernant plus particulièrement les espèces amphihalines, les dispositifs de franchissement piscicole resteront fonctionnels pour permettre leur migration pendant toute la durée des travaux. Une incidence potentielle concerne le piégeage des poissons dans le sas de l'écluse lors des deux épisodes de batardage et mise à sec. Des pêches de

sauvegarde seront réalisées afin de capturer les espèces piégées et les relâcher en estuaire ou en rivière le cas échéant.

De plus, le site fait déjà l'objet d'une fréquentation relativement importante tout au long de l'année. La présence humaine lors du chantier n'engendrera pas d'incidence particulière par rapport à la fréquentation habituelle sur ce secteur.

Les travaux seront réalisés dans l'enceinte même de l'écluse et au niveau du terre-plein attenant, en milieu fermé sur des zones déjà fortement anthropisées où la biodiversité existante est limitée. A noter toutefois la présence de l'Arroche à long pédoncule (*Atriplex longipes*), espèce végétale bénéficiant d'une protection nationale et présente en rive droite de la Vilaine, à l'aval du barrage.

Durant la période des travaux, les événements suivants seront toutefois susceptibles d'impacter les espèces présentes aux alentours du site :

- Hausse de la fréquentation de l'écluse et du barrage en général ;
- Mise en suspension de particules fines ;
- Production de poussières au passage des engins ;
- Pollution accidentelle aux hydrocarbures liée à la présence des engins ;
- Nuisances sonores.

A noter toutefois que le chantier ne fera pas l'objet de travaux très bruyants (battage, forage...) de manière générale. Seule l'excavation dans le rocher pour l'installation de la station de pompage pourra être source de bruit. Or, cette intervention sera réalisée principalement en période hivernale ou sur des horaires de semaine en saison estivale. Par ailleurs, il faut s'attendre à ce que la mise en œuvre de la nouvelle écluse, générant des flux de transport plus important soit vécue comme une nuisance pour ces riverains (trafic de camions, poussières, bruits...).

Néanmoins, ces effets seront réduits par la mise en place d'un phasage et d'un travail journalier permettant d'éviter les périodes nocturnes où les oiseaux migrateurs sont les plus actifs.

Enfin, pour limiter les nuisances sonores et les risques de pollution, les travaux seront effectués avec des engins qui devront respecter la réglementation en vigueur en termes d'émission de bruit et être à jour des contrôles techniques nécessaires.

De plus, la solution technique retenue dans l'enceinte de l'écluse existante permettra d'isoler la zone d'intervention en travaux. Cette configuration limitera fortement les risques de turbidité de l'eau et de mise en suspension des particules fines.

Par ailleurs, des dispositions seront prises afin d'éviter l'augmentation temporaire des matières en suspension (MES) à proximité des eaux pompées en fond de fouille. Ces pollutions peuvent en effet constituer des facteurs de perturbation de la faune aquatique. Aussi, un bac de décantation sera installé avant rejet dans le milieu naturel des eaux pompées en fond de fouille.

Ainsi, les opérations envisagées dans le cadre de l'aménagement de l'écluse anti-salinité ne sont donc pas de nature à amplifier les vulnérabilités recensées.

9.3.2. Effets et mesures en phase d'exploitation

Le projet n'entraînera pas d'impact lors de la phase d'exploitation. L'écluse est déjà existante et les travaux n'ont pas pour objectif de modifier significativement l'usage de cet ouvrage.

Grâce au pompage de l'eau salée, les éclusées en mode anti-sel supprimeront ainsi les intrusions d'eau saline en amont du barrage d'Arzal, où se situe également l'usine de Férel qui doit respecter les normes de potabilisation en vigueur (< 100 mg/l en de NA Cl en toutes circonstances, au droit de la prise d'eau). Un pilotage extrêmement fin des intrusions de salinité dans la retenue sera rendu possible, jusqu'à exclure pratiquement toute entrée de sel, en cas de besoin. Ce nouveau système vient ainsi pallier l'utilisation des siphons, aujourd'hui insuffisante pour empêcher totalement les remontées de chlorures. Le système de batardeau amont permettra d'assurer une double protection anti-sel en plus de la vanne secteur qui ne sera presque jamais abaissée à une cote inférieure à celle du batardeau amont. En plus de ces dispositifs, l'utilisation des siphons sera maintenue afin de gérer au mieux les possibles entrées salines.

Les impacts du projet sur les habitats et espèces d'intérêt communautaire concernent donc uniquement l'organisation du chantier. Aucun impact n'est à craindre en phase d'exploitation.

En effet, la circulation des engins cessera une fois les travaux réalisés. Le site sera donc remis en état. Le bruit, les vibrations et les poussières susceptibles d'impacter les espèces présentes à proximité du site seront stoppés.

Concernant les espèces amphihalines, le projet ne prévoit pas de modification des dispositifs de franchissement existants qui resteront fonctionnels et performants. Des mesures d'évitement permettront d'éviter l'intrusion des espèces piscicoles dans le sas et donc dans la station de pompage lorsque l'écluse sera en fonctionnement anti-sel : pas d'éclusées de nuit, fermeture systématique des portes écluse amont et aval en fonctionnement anti-sel, fonctionnement anti-sel hors période de migration piscicole. Également, le rejet en estuaire des 8 m³/s en rive droite pourrait constituer un attrait pour les espèces piscicoles en recherche des dispositifs de franchissement existant. Le bassin projeté restituera les eaux sur une largeur importante par un jet plongeant peu dispersif de façon à éviter sa visibilité par les poissons et la création de courants qui seraient dommageables à la stabilité des bateaux amarrés ou en attente à proximité. Toutefois, ces impacts sont à relativiser du fait du fonctionnement intermittent des pompes (cf. § 10.2.3. pour plus de détails).

Ainsi, au regard de l'ensemble de ces éléments (incidences temporaires, permanentes et mesures du projet), l'aménagement d'une écluse anti-salinité n'aura pas d'incidence significative sur les sites Natura 2000 les plus proches.

10. INDICENCES DU PROJET ET MESURES POUR EVITER, REDUIRE ET COMPENSER LES EFFETS CONSTATES

10.1. EFFETS TEMPORAIRES ET MESURES DURANT LES TRAVAUX

Une attention particulière sera portée sur la phase chantier afin d'en minimiser les incidences.

De manière générale, les incidences de la phase travaux seront temporaires et limitées à la durée de réalisation et à la zone de travaux.

10.1.1. Mesures générales et organisation du chantier

10.1.1.1. Préconisations concernant la période de travaux

Différentes contraintes sont à prendre en compte pour définir la période favorable pour la réalisation des travaux, à savoir notamment :

- La période à laquelle les éclusées sont fréquentes, afin d'éviter une coupure de service notable ;
- La période de migration des espèces piscicoles et la période de reproduction de l'avifaune.

Au regard de ces différentes contraintes, la période d'intervention la plus favorable se situe en hiver. Ainsi, les principales phases de travaux se dérouleront préférentiellement sur cette période. Néanmoins, certaines étapes (les moins bruyantes) devront également se dérouler sur la période printanière

Par ailleurs, le calendrier des travaux prendra également en compte les conditions météorologiques en consultant régulièrement et avant chaque intervention, les outils de prévision et de vigilance officiels de Météo- France (Vigicrues, vigilance MF, stations locales).

10.1.1.2. Gestion du risque de pollution

L'enjeu essentiel du chantier vis-à-vis du milieu est de limiter les dépôts des particules fines et de produits polluants (hydrocarbures notamment).

Les aires de stockage et de chantier seront suffisamment éloignées des eaux superficielles. En effet, tout déversement entraînera immédiatement un risque important de pollution des eaux superficielles.

De plus, les prescriptions écologiques relatives à la prévention des pollutions concernent principalement les aires de réparation, d'entretien et de parking des engins de chantier. Il s'agit en particulier des prescriptions suivantes :

- Les aires de réparation, d'entretien du matériel et de dépôtage du carburant devront avoir un sol étanche, propre et équipé d'un dispositif de récupération des eaux équipé d'un déboureur/déshuileur. Des produits absorbants seront épanchés aussi souvent que nécessaire afin de récupérer les polluants répandus accidentellement (hydrocarbures, métaux, acide...) et de traiter ces déchets selon la réglementation en vigueur ;
- Les eaux de lavage seront traitées (décantées et déshuilées) avant d'être rejetées ;
- Les aires de parking des engins seront également imperméables et les eaux de ruissellement seront traitées (décantées, déshuilées) avant rejet.

De plus, une consigne relative à la conduite à tenir en cas d'écoulement accidentel d'hydrocarbures provenant des engins est donnée préalablement au personnel intervenant sur le chantier. La consigne fournie s'attache à définir la manière dont doit être utilisé le kit anti-pollution.

Les entreprises, du fait de la proximité avec l'estuaire de la Vilaine, devront vérifier quotidiennement l'état des engins de chantier (réservoirs, flexibles hydrauliques, ...).

Enfin, des dispositions seront prises afin d'éviter l'augmentation temporaire des matières en suspension (MES) à proximité des eaux pompées en fond de fouille. Ces pollutions peuvent en effet constituer des facteurs de perturbation de la faune aquatique. Aussi, un bac de décantation sera installé avant rejet dans le milieu naturel des eaux pompées en fond de fouille.

10.1.1.3. Accès et emprise des travaux

Les modalités d'organisation du chantier s'appuieront sur un plan établi par l'entreprise et validé par le maître d'œuvre délimitant les différentes zones, ainsi que leurs usages respectifs :

- Les cantonnements ;
- Les aires de livraison, d'approvisionnement et de stockage ;
- Les aires de tri et de stockage des déchets ;
- Le plan de circulation détaillant les accès et sorties aménagées (pour le personnel, les engins et les véhicules de livraison), le sens de circulation.

Sur la zone, une signalétique adaptée sera mise en place par l'entreprise. Celle-ci devra être respectée par toutes les entreprises intervenantes, y compris celles chargées de l'approvisionnement du chantier.

Ces propositions seront soumises aux entreprises de travaux. Les entreprises retenues pourront proposer un positionnement différent en fonction de ses contraintes spécifiques, sous réserve que l'implantation proposée soit conforme avec les emprises prédéfinies dans le cadre de la présente étude.

10.1.1.4. Gestion des eaux usées

Pendant la période de travaux, la présence de personnel engendrera des eaux sanitaires. Les installations sanitaires mobiles de chantier devront donc ne pas avoir d'effluents (WC chimiques par exemple), afin d'éviter tout risque d'atteinte des sols et des eaux

10.1.1.5. Gestion et tri des déchets

Le chantier et ses abords seront maintenus propres. Le stockage des déchets sera effectué dans des conteneurs appropriés et leur évacuation sera régulière.

De la même manière les stockages de réserve d'huile et de gasoil servant aux engins de chantier feront l'objet de mesures particulières : rétention appropriée, surveillance, conditionnement adapté.

10.1.1.6. Nuisances sonores, trafic et vibrations

La période de travaux sera une source de nuisances sonores. Les nuisances générées par le projet, pendant la période de travaux, peuvent être de différentes natures :

- bruit généré par les engins utilisés pour le transport des matériaux sur le site ;
- bruit généré par les travaux.

Les nuisances les plus importantes seront principalement liées au battage des micropieux et , si nécessaire, à la mise en œuvre de palplanches métalliques pour réaliser un écran d'étanchéité afin de minimiser les entrées d'eau.

En effet, en termes de modifications du génie-civil existant, hormis les aménagements du radier, la solution retenue nécessite uniquement l'implantation de différents massifs d'ancrage à construire. Cependant, dans cette configuration, les efforts horizontaux apportés par la vanne sont importants et délicats à reprendre dans un béton qui

est peu ou pas assez ferrailé. Cela nécessite le recours à des travaux complexes pour ancrer les efforts dans des parties d'ouvrages en béton armé (rive gauche) et/ou à la mise en œuvre de micropieux scellés dans le rocher.

Toutefois, la solution retenue ne vient pas modifier la géométrie d'ensemble de l'écluse et aura donc un impact plus limité en termes d'émissions de bruit. La solution de construction d'une nouvelle écluse aurait nécessité de travaux bien plus lourds et bruyants. Le trafic de camions aurait également été beaucoup plus important, générant d'avance de bruit et de nuisances.

Les principaux effets liés au bruit de chantier sont le dérangement des riverains situés à proximité ainsi que de la faune.

Afin de limiter au maximum ces nuisances, des mesures seront prises lors des travaux :

- les travaux seront effectués de jour et une réglementation horaire permettra d'assurer la tranquillité des riverains se situant en rive droite de l'écluse, à proximité du barrage ;
- les matériels utilisés par les entreprises de travaux respecteront les normes actuelles en matière de bruit.

Ainsi, la phase de chantier s'accompagnera d'une hausse significative mais temporaire et locale du niveau sonore au niveau des zones de travaux, due à l'utilisation d'engins de chantier. Toutefois, l'utilisation de matériels satisfaisants aux normes en vigueur et la mise en place d'horaires de chantier (8h-12h30 / 14h-18h) devraient réduire de manière sensible les incidences prévisibles.

Une estimation des incidences sonores des travaux peut être réalisée à partir des niveaux de bruits à la source et de l'éloignement des habitations.

Les nuisances sonores générées impacteront les premières habitations situées en rive droite de l'écluse ; les plus proches étant localisées à environ 80m du site des travaux.

À partir d'une source sonore initiale, le son se propage de façon uniforme dans un champ libre.

La propagation peut être illustrée par une sphère virtuelle ayant pour centre la source sonore et pour rayon la distance r entre la source et la cible.

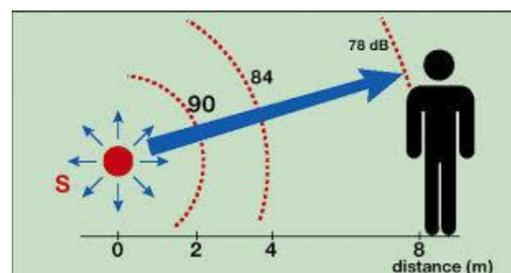
$$L_p = L_w + 10 \log \left(\frac{1}{4\pi r^2} \right)$$

Le niveau de pression est lié à l'inverse du carré de la distance, plus la source sonore est éloignée et plus la pression acoustique est faible.

Ainsi le niveau sonore diminue de l'ordre de 6 dB(A) à chaque fois que la distance à la source sonore est doublée.

Dans le cas présent est en considérant un niveau initial de bruit de 100 dB(A), le niveau sonore résultant sera de l'ordre de 50 dB(A) au droit des premières habitations situées à 80 m en rive droite (Cf. tableau ci-après).

Distance en m	Niveau sonore résultant en dB(A)
Source	100
2	90
4	84
8	78
16	72
32	66
64	60
128	54
256	48



En amont de la réalisation des travaux, une information sur la nature et la durée des opérations les plus bruyantes sera diffusée par voie d'affichage et de presse auprès de la population riveraine.

10.1.1.7. Information des usagers et sécurité du chantier

Une information préventive des usagers du barrage avant la mise en chantier sera réalisée, sous forme de panneau informatif.

Le titulaire du marché de travaux mettra tout en œuvre pour assurer la sécurité sur et à proximité de la zone de travaux. En effet, la zone de chantier devra disposer des barrières réglementaires, des arrêtés de circulation en entrée et sortie de la zone de chantier, qui soient toujours d'actualité, du maintien des accès pour les riverains (à minima pour les piétons) et du panneau de chantier.

Le balisage sera conforme à la réglementation en vigueur et l'entreprise devra en assurer son entretien.

Les zones d'emprise seront matérialisées pour éviter tout débordement en dehors de ces zones et afin qu'aucun matériel ni matériaux ne soient déposés dans des zones non appropriées.

10.1.2. Milieu physique

10.1.2.1. Climatologie

Lors des travaux, les circulations des engins de chantier seront à l'origine d'émissions de gaz polluants et de poussières, comme lors de tout chantier classique.

Afin de limiter ces effets, les véhicules de chantier respecteront les normes en vigueur en matière d'émissions de gaz.

Ces émissions restant limitées et ponctuelles, la phase travaux n'aura aucun effet significatif sur l'ambiance climatique locale.

Aucune incidence significative n'est à craindre en phase travaux.

10.1.2.2. Géologie/topographie

La solution retenue vient s'intégrer directement dans le corps même de l'ouvrage actuel, limitant ainsi les impacts sur le sol. Des travaux de curage et d'extraction de sédiments risquant d'impacter le milieu marin auraient été nécessaires dans le cadre de la solution de construction d'une seconde écluse.

Seuls des mouvements de terre seront nécessaires pour la réalisation de la station de pompage, de l'obturateur et des massifs d'ancrage de la vanne secteur dans le terre-plein en rive droite et en rive gauche de l'écluse, entraînant un excédent de déblais. Ceux-ci seront par la suite évacués en centre adapté.

Aucune ouverture de piste d'accès à l'ouvrage n'est nécessaire dans le cadre du projet, les zones proches sont déjà artificialisées. Aussi, la structure du sol et son degré de compaction ne seront pas modifiés.

Afin de limiter le risque de pollution accidentelle liée à la rupture de flexible d'engins de chantier ou le renversement de produits polluants, des mesures seront prises : plan de chantier, zones adaptées pour le confinement des produits, mise en œuvre d'ouvrages temporaires (collecte des eaux de ruissellement, bassins de décantation, kit anti-pollution...), stockage sur des surfaces étanches, etc.

10.1.3. Qualité des eaux

La solution technique retenue, dans l'enceinte même de l'écluse actuelle, permettra d'isoler la zone d'intervention durant toute la durée des travaux. La majeure partie des travaux nécessitera la mise à sec totale de l'écluse grâce aux batardeaux existants pendant les deux périodes hivernales (novembre à mars inclus).

Ainsi, la solution retenue permet d'isoler la zone d'intervention. Ainsi, ce confinement réduira significativement le risque de turbidité de l'eau et de la mise en suspension de particules fines, à la différence de la solution de reconstruction d'une seconde écluse (battage de palplanches, dragage, etc.).

On notera toutefois que plusieurs nouvelles structures viendront s'intégrer dans les terre-pleins en rive gauche et droite de l'écluse (vanne d'isolement, station de pompage, émissaire, bassin de dissipation, obturateur et massifs d'ancrage de la vanne secteur). Des précautions seront prises lors des travaux, au regard de leur proximité avec le milieu marin. L'ensemble sera installée sur des zones déjà imperméabilisées.

L'impact éventuel du projet sur la qualité des eaux peut être lié :

- au risque d'une pollution accidentelle par des hydrocarbures due à la présence des engins ;
- au risque d'une pollution accidentelle par les laitances de béton ;
- par le rejet des eaux pompées en fond des fouilles de terrassement dans le milieu marin

L'impact des travaux sur la qualité de l'eau proviendra principalement des rejets d'eau de pompage lors des terrassements. Dans la zone de travaux, les eaux pompées seront principalement issues de la nappe ou du ruissellement. Ces dernières seront traitées par l'intermédiaire d'un bac de décantation avant leur rejet en aval. Ainsi, le seul risque de pollution minime est lié à l'augmentation des matières en suspension due aux fines particules, qui sera géré en grande majorité par des bacs de décantation.

Afin d'éviter toute pollution d'hydrocarbures, des prescriptions seront imposées aux entreprises intervenant sur le chantier : décantation des eaux pompées avant rejet, interdiction d'entretien des engins (vidanges...) sur le site, vérification des engins avant le début du chantier afin d'éviter les fuites, stockages d'hydrocarbures réalisés sous rétention et protégés des actes de vandalisme, etc.

Les produits polluants feront l'objet d'une rétention dans des cuves adaptées au niveau de zones dédiées identifiées. Des kits anti-pollution seront également prévus avec les consignes associées en cas d'écoulement accidentels d'hydrocarbures ou de laitances de béton. De plus, pendant la période des travaux, la présence de personnel engendre des eaux sanitaires. La base de vie sera raccordée aux réseaux existants.

Les incidences sur la qualité de l'eau sont donc considérées comme très faibles, ponctuelles et limitées dans le temps. Toutes les précautions seront prises en phase travaux afin de limiter au maximum une éventuelle pollution de l'eau.

Par ailleurs, en lien avec les préconisations formulées par la DDTM, les mesures suivantes seront mises en place :

- **La mise en place d'un suivi chimique et microbiologique sur coquillages**

Une ou deux poches de coquillages provenant du milieu seront installées en aval du barrage, à proximité du projet. L'emplacement envisagé est indiqué en bleu sur la carte, au lieu-dit « Vieille Roche », à environ 600 m du projet. Les points de mesures actuellement gérés par l'IFREMER apparaissent en orange sur la carte ci-dessous : 065-P-006 - Le Branzais, 065-P-002 - Le Halgen, 065-P-005 - Les Granges.



Figure 80 : Proposition de point de suivi microbiologique et chimique au lieu-dit « Vieille Roche »

Le protocole mis en place s'appuie sur les suivis scientifiques REMI et ROCCH effectués par l'IFREMER. Le suivi microbiologique se basera sur Escherichia coli (E. coli) comme indicateur de contamination fécale, mesuré en nombre d'E. coli pour 100 g de chair et de liquide intervalvaire (CLI). Le suivi chimique concernera les trois métaux réglementés (cadmium, plomb et mercure) et les HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) représentés par le benzo(a)pyrène.

Les analyses chimiques et microbiologiques seront effectuées par un laboratoire accrédité pour les substances concernées. Les méthodes d'analyse respecteront les normes réglementaires afin d'assurer la fiabilité des résultats.

Les résultats obtenus seront ensuite comparés aux seuils réglementaires applicables pour les coquillages. Pour Escherichia coli, le seuil réglementaire défini par le Règlement (CE) n°2073/2005 relatif aux critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires est fixé à 230 E. coli/100 grammes de chair et liquide intervalvaire (CLI) pour les mollusques bivalves vivants.

Pour les contaminants surveillés (cadmium, plomb, mercure, HAP), les seuils réglementaires sont fixés par le Règlement (CE) n°1881/2006 et précisés ci-dessous.

Tableau 15 : Seuils définis par le Règlement (CE) n°1881/2006 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires

	Seuils réglementaires applicables
Cadmium (Cd)	1,0 mg/kg de poids humide
Plomb (Pb)	1,5 mg/kg de poids humide
Mercure (Hg)	0,5 mg/kg de poids humide
Benzo(a)pyrène	5,0 µg/kg de poids humide

Avant le démarrage des travaux, des mesures de référence seront réalisées afin de constituer une base de comparaison. Par la suite, des prélèvements seront effectués durant la phase de terrassement, étape pouvant entraîner des rejets dans le milieu naturel. La fréquence de ces mesures sera déterminée dès réception du planning des entreprises intervenant sur le chantier.

Si les niveaux de contaminants dépassent les seuils établis, des mesures correctives seront mises en œuvre, en concertation avec la DDTM.

Un rapport avec les résultats des mesures sera transmis à la DDTM et en phase travaux.

- **La mise en place d'un suivi de la turbidité afin de suivre l'impact des travaux sur les concessions en aval**

Un suivi turbidimétrique (mesures néphélométriques en continu) sera mis en place à proximité du projet, permettant de moduler le chantier (réduction des cadences, voire interruption temporaire de chantier) en cas de dépassements de seuils prédéfinis et tenant compte de la turbidité ambiante. La sonde sera active durant toutes les phases critiques du chantier.

Avant le début des travaux, une série de mesures de référence sera réalisée pour établir une base de comparaison avant l'intervention. Le projet vise à respecter le seuil R1, qui fixe à 9 kg par jour la limite maximale des quantités de matières en suspension (MES) pouvant être rejetées. Afin d'assurer le respect de ce seuil, une méthodologie pour le suivi de la turbidité sera mis en place.

L'implantation suivante (point en jaune) est proposée pour permettre le suivi des matières en suspension en phase travaux. Cette localisation, envisagée à environ 5 km à vol d'oiseau du projet et à proximité de la concession du port de plaisance de Tréhiguier, a pour but d'évaluer l'impact potentiel des travaux sur ce secteur.

Un rapport avec les résultats des mesures sera transmis à la DDTM et en phase travaux, les résultats de suivis et l'évolution du planning seront communiqués au CRC BS et au syndicat conchylicole local.



Figure 81 : Proposition de localisation de la sonde pour le suivi de la turbidité

10.1.4. Milieu biologique

Comme présenté dans l'état initial (chapitre 5.3.2.3), un enjeu très fort se situe au niveau de la rive droite de la Vilaine, à l'aval du barrage. En effet, la présence d'une espèce végétale bénéficiant d'une protection nationale, l'Arroche à long pédoncule (*Atriplex longipes*), a été observée. Toutefois, cette espèce n'est pas présente dans la zone de travaux mais seulement à proximité (bassin de dissipation en particulier). Cette espèce et son habitat ne seront pas impactés dans le cadre des travaux.

Par mesure de précaution, un panneau informatif sera installé à proximité de l'*Atriplex longipes* pour que les entreprises soient averties de sa présence et évitent toute dégradation de la zone. De plus, le personnel de chantier sera sensibilisé à la présence de cette espèce dès le démarrage du chantier.

L'inventaire a par ailleurs montré la présence d'habitats pouvant être favorables à des espèces faunistiques protégées. Il s'agit essentiellement de fourrés arbustifs ou arborés horticoles, en bordure du centre technique du barrage.

En raison de la période d'inventaire, il n'est pas possible de déterminer s'il s'agit d'habitats avérés d'espèces protégées. Ainsi, l'ensemble de ces habitats seront strictement évités. Les travaux restant cantonnés aux espaces artificialisés bétonnés des quais, ces enjeux potentiels ne seront pas mis en péril.

En phase de travaux, les impacts sur le milieu naturel seront principalement liés à la circulation des engins et aux travaux de construction. En effet, le bruit émis lors du chantier pourra engendrer un dérangement temporaire des espèces présentes aux alentours (notamment l'avifaune). Cependant, cette incidence sera limitée à la durée de l'intervention et les travaux n'engendreront pas d'ondes acoustiques aquatiques.

De plus, les espèces concernées sont mobiles et auront la possibilité de s'éloigner voire fuir le secteur en cas de dérangement lié au chantier.

Dans le cas présent, les risques de nuisances liées au chantier sur les espèces terrestres sont très modérés dans la mesure où :

- Le site concerné directement par les travaux n'a pas été reconnu comme un site de repos ou de nidification ;
- Les espèces disposent d'une grande capacité de mobilité en cas de dérangement excessif et l'estuaire offre de multiples aires de repli à proximité immédiate du site lors des travaux les plus générateurs de bruit et de vibrations.

A noter toutefois que la phase de travaux ne pourra éviter la période printanière, sur deux années consécutives (2026/2027). Le printemps 2027 sera toutefois consacré à des interventions plus légères : tests, travaux de finitions et débardage/remise en eau de l'écluse. Durant cette période sensible, les espèces auront la possibilité de fuir le secteur le temps du dérangement.

Concernant les espèces piscicoles, durant toute la durée des travaux, les dispositifs de franchissement piscicole resteront fonctionnels pour permettre leurs migrations. Les autres incidences potentielles sur ce compartiment concernent :

- Le piégeage des poissons dans le sas de l'écluse lors des deux épisodes de batardage et mise à sec. Des pêches de sauvegarde seront réalisées afin de capturer les espèces piégées et les relâcher en estuaire ou en rivière ;
- L'augmentation provisoire des MES à proximité du rejet des eaux pompées en fond de fouille qui constitue un facteur de perturbation de la faune aquatique. Toutefois, l'impact sera limité dans l'espace et dans le temps du fait des dispositions constructives mises en œuvre (décantation des eaux avant rejet).

10.1.5. Activités humaines et usages

Les effets des aménagements sur les activités humaines et les usages sont souvent les plus visibles durant la phase chantier. Ils restent cependant limités dans le temps et l'adoption de mesures appropriées permet en général de les diminuer fortement.

Le barrage d'Arzal et ses alentours est un site très fréquenté, en particulier durant la période estivale. Cette période se traduit par une affluente régulière au niveau de l'écluse pour la navigation et la traversée constante du barrage par les piétons et automobilistes via la route et les trottoirs.

La majeure partie des travaux nécessiteront la mise à sec totale de l'écluse grâce aux batardeaux existants, engendrant ainsi une fermeture temporaire de l'écluse. Toutefois, cette interruption sera réalisée à la période où l'écluse est la moins sollicitée. Les interventions seront ainsi programmées en dehors des pics de fréquentation des plaisanciers (avril à novembre). Les travaux se dérouleront sur une période continue de 18 mois entre novembre 2025 et avril 2027.

Par ailleurs, l'écluse étant hors d'eau et totalement isolée par un batardeau, la sécurité de l'écluse ne sera pas affectée en phase travaux, car elle est conçue pour être batardée. De plus, ces travaux n'auront aucun impact sur la structure du barrage. L'écluse n'intervient ni dans le maintien des niveaux d'eau ni dans l'évacuation des crues.

La continuité de service relative au fonctionnement de l'écluse ne pourra être assurée durant les deux périodes hivernales consécutives. Néanmoins, le fonctionnement des vannes et des passes à poissons et la circulation routière seront assurés pendant ces périodes. Pour les bateaux qui devront transiter depuis l'aval vers l'amont pour rejoindre les chantiers navals, des alternatives seront mises en place ponctuellement (levage des bateaux, chargement sur des camions jusqu'aux chantiers ou remise à l'eau en amont).

Durant l'été 2026, l'écluse sera fonctionnelle mais les travaux de la construction de la station de pompage qui peuvent être réalisés indépendamment de la mise à sec de l'écluse auront lieu. Des emprises terrestres seront occupées en particulier au niveau du parking de la zone d'exploitation du barrage d'Arzal en rive droite.

Une signalétique autour de la zone concernée par les travaux sera mise en place afin de sécuriser et fermer temporairement l'accès à l'écluse pour les piétons.

Aucun dérangement ponctuel n'est à envisager au niveau de l'accès à la zone de chantier, positionnée sur les zones de stationnement privées et imperméabilisées attenantes à l'écluse en rive droite, en amont et aval du pont routier. La présence d'engins de chantier n'est pas susceptible de venir constituer temporairement un obstacle aux flux et activités dans le secteur.

Par ailleurs, la présente opération se déroulera principalement dans l'enceinte de l'écluse existante. Aucun impact n'est donc à prévoir sur la réserve d'eau douce en amont, qui permet d'alimenter l'usine de production d'eau potable de Férel. C'est également le cas pour les activités conchylicoles présentes plus en aval du barrage.

Concernant l'activité de pêche, le bruit généré par les travaux est susceptible d'impacter les campagnes de pêche des professionnels, en particulier pour la civelle dont la période s'étend de novembre à mars devant le barrage d'Arzal. Toutefois, les travaux seront réalisés en journée et produiront un bruit limité grâce aux mesures prises pour réduire les nuisances. Ainsi, l'impact sur la montaison des civelles sera restreint, permettant de préserver la campagne de pêche pour les professionnels.

Pour rappel, les sources de bruit pendant la phase de travaux seront liées aux interventions spécifiques suivantes :

Phase de Terrassement :

- Pendant la phase de terrassement, le bruit sera principalement généré par l'utilisation de tractopelles. Les bruits de ces appareils seront significatifs, mais ils seront relativement ponctuels.
- L'utilisation de brise-roche hydraulique (BRH) sera limitée car le rocher est très fracturé. Le BRH sera employé de manière ponctuelle uniquement en fond de fouille à une profondeur de -12 mètres.
- Plus localement, des forages pour clouter les parois pourraient être nécessaires. Ces opérations généreront également du bruit, mais de manière moins intense comparée aux autres interventions.

Installation de la Vanne Secteur :

- Pour l'installation de la vanne secteur, dont les bras sont intégrés aux bajoyers, une hydrodémolition sera réalisée. Bien que des housses anti-bruit puissent être installées sur la partie compresseur pour atténuer le bruit, il sera impossible de réduire le bruit généré par l'eau à haute pression utilisée pour éclater le béton. Ces travaux sont planifiés pour une période de 12 semaines, de novembre à fin janvier, en plein hiver.

Mise en Place du Nouvel Obturateur (V5) :

- Pour la mise en place du nouvel obturateur (V5) dans le bajoyer rive droite existant, le sciage du bajoyer en petits morceaux de béton sera nécessaire. Ce processus est relativement long mais génère peu de bruit.

Mesures d'Évitement et de Réduction des Nuisances Sonores :

Les mesures suivantes seront prises pour réduire les nuisances sonores :

- Il n'y aura pas de battage de palplanches, évitant d'avoir recours à une opération très bruyante ;
- Les travaux seront effectués uniquement hors d'eau et dans l'emprise de l'écluse existante, évitant ainsi les travaux subaquatiques et les vibrations dans l'eau. Un schéma de localisation des travaux est présenté ci-dessous ;
- Les terrassements les plus profonds, susceptibles de nécessiter l'utilisation de BRH, seront réalisés en dehors de la période de pêche, c'est-à-dire de décembre à mars, et de préférence pendant la période estivale ;
- Les terrassements pour la vanne d'isolement (V6) et la vanne secteur seront limités et effectués pendant l'hiver 1, tandis que le terrassement de l'obturateur (V5) sera réalisé durant l'hiver 2.



10.1.6. Paysage

Durant la phase de travaux, un indéniable impact sera généré sur le secteur. Cet impact sera dû essentiellement à la présence :

- Des engins de chantier ;
- Des stocks de matériaux ;
- Des baraquements de chantier ;
- Des travaux sur l'écluse.

Les vues ainsi que les perceptions paysagères seront temporairement modifiées et perturbées par les engins de chantier. Néanmoins, bien que les nuisances visuelles soient réelles pendant les travaux, celles-ci resteront ponctuelles et limitées dans le temps.

De plus, le site et ses abords seront maintenus propres durant tout le chantier.

Une remise en état est prévue à la fin des travaux, avec notamment une reprise du terre-plein situé devant l'écluse.

10.2. INCIDENCES ET MESURES PENDANT LA PERIODE D'EXPLOITATION

10.2.1. Milieu physique

10.2.1.1. Climatologie

Le projet n'est pas de nature à modifier l'ambiance climatique locale. Aucun impact significatif ne peut être identifié.

10.2.1.2. Géologie / Topographie

A la différence de la solution de construction d'une nouvelle écluse, la modification de la structure de l'écluse actuelle permet la réalisation du chantier dans l'enceinte même de l'ouvrage (mise en place des batardeaux métalliques existants, limitation des impacts sur le milieu aquatique, travaux possibles en période de crues). Seuls les travaux d'installation de la station de pompage seront réalisés hors emprise actuelle de l'écluse stricto sensu mais sur des zones déjà imperméabilisées.

A l'inverse, la solution préalablement étudiée constituant à créer une seconde écluse aurait nécessité des opérations de déblaiement beaucoup plus conséquentes et de dragage afin de permettre son implantation. Or, les dragages sont susceptibles de modifier la structure des fonds marins par prélèvement des matériaux superficiels.

Les interventions envisagées ne nécessitent donc pas de travaux venant modifier le sol ; le projet étant situé dans l'enceinte de l'écluse actuelle. A noter toutefois que la création de la station de pompage (vanne d'isolement, bêche, émissaire et bassin), de l'obturateur et des massifs d'ancrage de l'écluse nécessiteront des terrassements, entraînant l'évacuation de matériaux excédentaires.

Ainsi, les interventions prévues ne sont pas de nature à modifier de manière significative les caractéristiques géologiques et pédologiques du secteur.

10.2.1.3. Niveaux d'eau et hydrodynamisme

Les principaux aménagements sont prévus dans l'enceinte même de l'écluse existante, sans modification des conditions marines existantes. A l'inverse, la solution préalablement envisagée consistant à créer une seconde écluse qui aurait nécessité des études approfondies sur l'aspect lié à l'hydrodynamisme. Le projet ne vient donc pas modifier le fonctionnement du barrage et les niveaux d'eaux amont qui y sont liés.

A noter également que la réalisation possible de chasses permettrait également la reprise des sédiments et leur transport vers l'aval. La vanne secteur serait dans ce cas positionnée en sousverse. Néanmoins, la faisabilité des chasses sur un ouvrage de plus de 50 ans, non conçu pour cela, est discutable. De même, leur impact sur le risque d'érosion en aval (berges et lit) et la stabilité du pont n'est pas connue.

Par ailleurs, la configuration actuelle de l'écluse est compatible avec les niveaux de marée haute actuellement observés. Pour rappel, le terreplein s'établit à +4.30 m IGN69 et le haut des portes écluse à +4.05 m IGN69. Les évolutions à la hausse du niveau marin estimées indiquent que l'écluse ne sera plus fonctionnelle car inondée dans des conditions de marée haute particulières qui deviendront de plus en plus fréquentes au fil des ans.

Dans le cadre du projet et des lourds investissements qui vont être consentis, la question de dimensionner les nouveaux aménagements pour être fonctionnels dans 50 ans encore se pose. Néanmoins, pour prendre l'exemple de la vanne secteur, il est compliqué de la dimensionner pour une cote supérieure au terreplein sans reprendre totalement le génie civil du terreplein. Aussi, en accord avec Eaux & Vilaine, il a été décidé de prendre en compte une hausse partielle du niveau aval découlant sur un dimensionnement des nouveaux aménagements cohérents avec l'existant c'est-à-dire sans y apporter de modification.

10.2.1.4. Risque d'inondation et submersion marine

A noter en premier lieu que l'ouvrage a été construit dans l'objectif de limiter les crues et permettre la gestion des niveaux d'eau en amont du barrage (secteur de Redon).

Le secteur du barrage d'Arzal n'est pas concerné par la zone d'aléa du PPRI du bassin versant de St Eloi ainsi que le PPRI Vilaine Aval. De plus, aucun Atlas des Zones Inondables (AZI) n'a été identifié dans ce secteur.

L'écluse ne joue aucun rôle de protection vis-à-vis des dangers liés au risque d'inondation ou de submersion marine. En effet, cette fonction de protection est uniquement assurée par la digue du barrage dont la hauteur est supérieure. Cinq pertuis d'évacuation, équipés chacun d'une vanne levante sur laquelle repose un volant basculant, sont mobilisés pour évacuer les débits de la Vilaine et limiter les submersions sur Redon.

L'étude de dangers inclura une analyse de risque pour le scénario « écluse bloquée ouverte ». Il est important de noter que la probabilité de ce scénario est nulle pour les raisons suivantes :

- Dans le fonctionnement normal de l'écluse, les deux portes et la vanne secteur ne sont jamais ouvertes simultanément. Seuls deux de ces éléments peuvent être ouverts à la fois. Si les deux ouverts se bloquaient, le troisième ne serait en aucun cas ouvert.
- De plus, la nouvelle vanne secteur peut être manœuvrée sous charge, quel que soit le niveau d'eau de chaque côté, contrairement aux portes d'écluse. Ainsi, le projet améliore la sécurité de l'ouvrage.

10.2.2. Qualité des eaux

L'eau salée entrant dans le sas lors des éclusées sera prélevée par une pompe, avant d'être rejetée vers son milieu d'origine (estuaire), via la station de pompage. Ce pompage permet uniquement une substitution des eaux saumâtres par de l'eau douce venant de la retenue amont.

Grâce au pompage de l'eau salée, les éclusées en mode anti-sel supprimeront ainsi les intrusions d'eau saline en amont du barrage d'Arzal, où se situe également l'usine de Férel qui doit respecter les normes de potabilisation en vigueur (< 100 mg/l en de NA Cl en toutes circonstances, au droit de la prise d'eau). Un pilotage extrêmement fin des intrusions de salinité dans la retenue sera rendu possible, jusqu'à exclure pratiquement toute entrée de sel, en cas de besoin.

Ce nouveau système vient pallier l'utilisation des siphons, aujourd'hui insuffisante pour empêcher totalement les remontées de chlorures. L'absence de maîtrise de la qualité des eaux brutes dans la retenue constituait une menace à court ou moyen terme sur l'approvisionnement de l'usine de Férel, dans un contexte de durcissement des étiages sur la Vilaine.

Le système de batardeau amont permettra d'assurer une double protection anti-sel en plus de la vanne secteur qui ne sera presque jamais abaissée à une cote inférieure à celle du batardeau amont. En plus de ces dispositifs, l'utilisation des siphons sera maintenue afin de gérer au mieux les possibles entrées salines.

Ainsi, l'écluse anti-salinité, combinée aux autres dispositifs existants, empêchera l'intrusion d'eau salée en amont du barrage où l'eau douce est prélevée pour satisfaire les besoins en eau potable. La qualité de l'eau en amont du barrage sera donc nettement améliorée du fait de la baisse des chlorures.

10.2.3. Milieu biologique

L'aménagement d'un dispositif anti-salinité au sein même de l'écluse existante et au niveau du terre-plein attendant ne générera pas d'impacts négatifs permanents sur les espèces présentes aux alentours. Les aménagements se limitent aux espaces déjà fortement artificialisés.

Par ailleurs, la construction du barrage en lui-même a profondément modifié les habitats naturels présents à l'origine dans l'estuaire, bien plus que le projet actuel d'aménagement de l'écluse existante. Les aménagements portent par ailleurs sur des milieux déjà fortement anthropisés où la biodiversité existante est très limitée (faune uniquement).

Une station d'Arroche à long pédoncule (*Atriplex longipes*), espèce bénéficiant d'une protection nationale, est identifiée à proximité de la zone de travaux. L'espèce est inféodée à des milieux connaissant des submersions régulières d'eau de mer. Cependant, le rejet à haut débit des eaux de pompage pourrait avoir un effet sur la stabilité du sol, et/ou l'enracinement des espèces végétales.

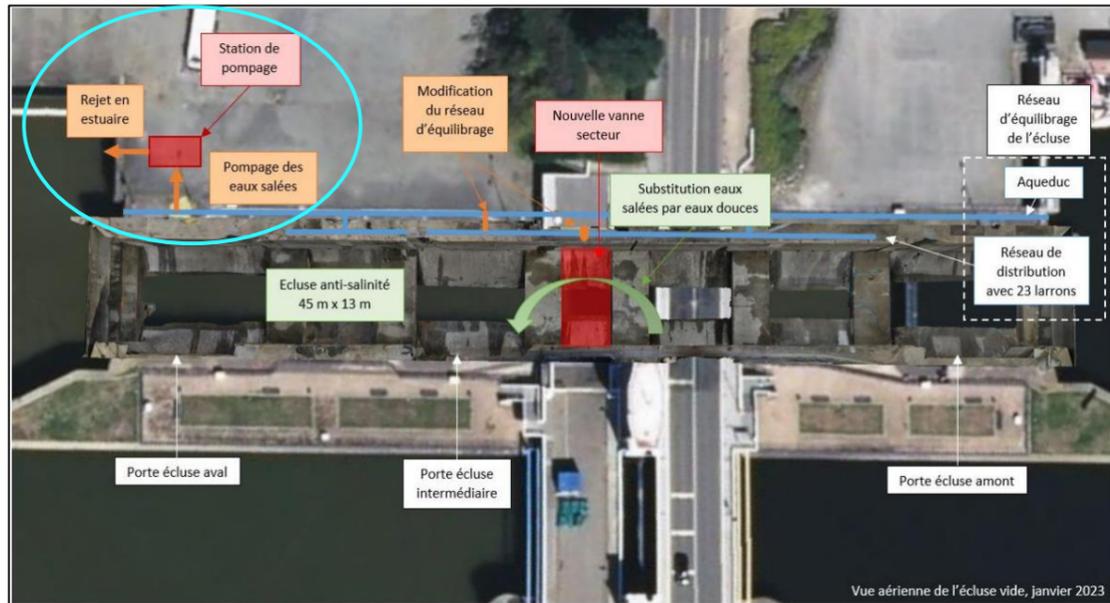


Figure 82 : Plan d'intention initial du projet et emplacement de la station de rejet des eaux de pompage

La station de pompage aspirera les eaux saumâtres au fond de l'écluse. Un bassin de dissipation et de décantation récupérera ces eaux avant leur rejet final dans le milieu marin. Le plan d'implantation des ouvrages, présenté ci-dessous, indique le point de rejet par une flèche bleue à une altitude de 4,01 m NGF, soit 29 cm sous le terre-plein.

Selon la coupe longitudinale suivante, la cote de rejet surlignée en jaune à 4,01 m NGF se situe au-dessus de la plus haute marée astronomique (PHMA).

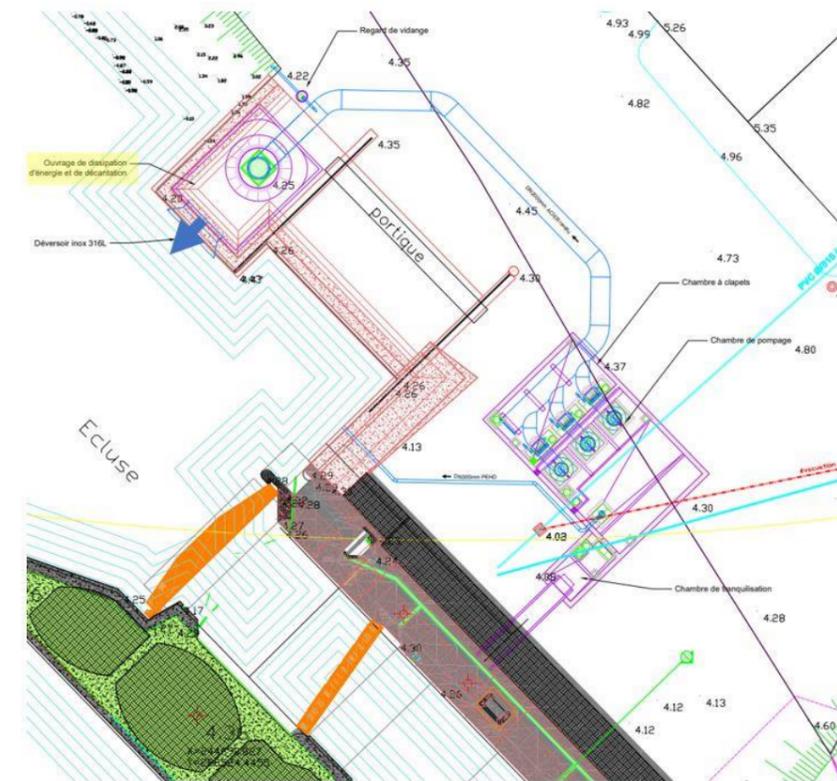


Figure 83 : Plan d'implantation des ouvrages

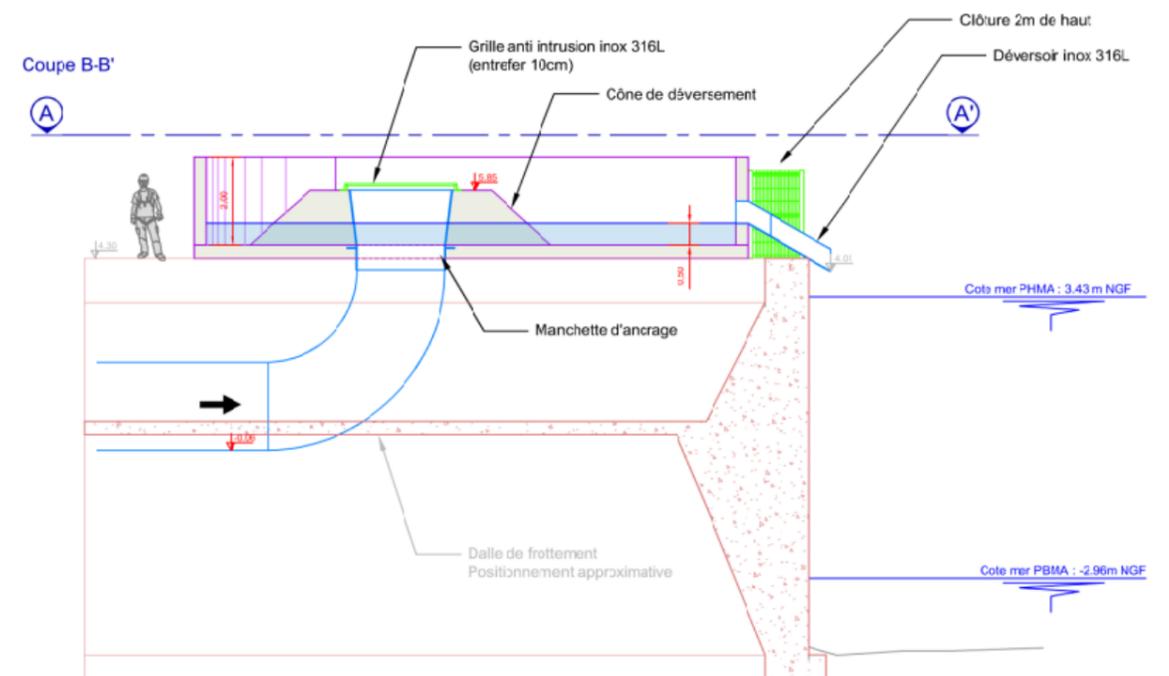
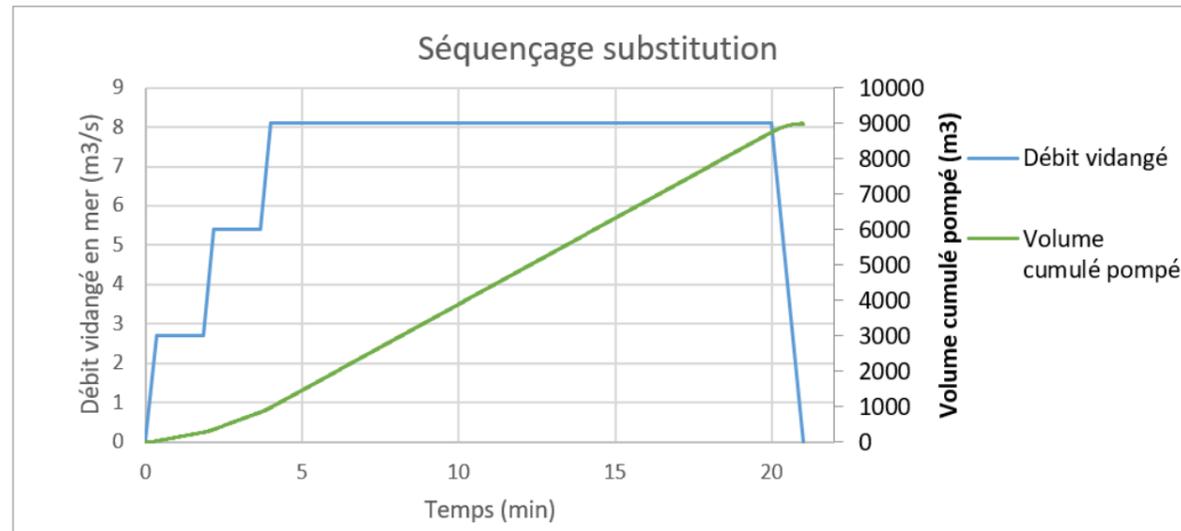


Figure 84 : Coupe longitudinale du bassin de dissipation/décantation et son rejet

Le volume moyen rejeté en estuaire par cycle de sasses montante et descendante est de 8 991 m³.

Le débit maximum prélevé, précédemment mentionné, est de 8 m³/s. Comme le montre le graphique ci-après, la montée en puissance jusqu'à ce débit maximum se fait progressivement en 4 minutes. L'arrêt de la station de pompage à la fin de la substitution s'effectue en 1 minute.



Le bac de dissipation servira également de bac de décantation. L'eau de mer pompée aura la même qualité que celle rejetée. Des matières en suspension (MES) pourraient se déposer dans le bac. Un entretien régulier par hydrocurage est prévu. Les MES ainsi retirées, d'un volume faible, seront renvoyées en mer dans les mêmes conditions que les opérations de dragage, conformément à l'arrêté d'autorisation en vigueur. Ces interventions seront donc effectuées pendant les périodes autorisées (en hiver), lors des marées > 70 et au jusant.

Le bassin de dissipation et de décantation permettra d'atténuer l'énergie du débit prélevé, rendant le rejet en estuaire moins impactant. Ainsi, il n'y aura pas d'aspersion sur l'Atriplex en aval, aucune agitation pour les bateaux stationnés à proximité, et pas d'affouillement au pied du rejet.

Des échanges en phase de conception AVP ont également permis d'adapter l'emplacement du rejet des eaux de pompage de l'écluse afin que les eaux ne soient pas dirigées vers la zone accueillant l'espèce protégée, l'Arroche à long pédoncule. Le rejet se fera directement vers le pied du bajoyer, qui n'est pas un habitat favorable à cette espèce. Ainsi, le projet n'impactera donc pas cette espèce protégée, ni son habitat. La présence de plantes protégées en d'autres secteurs du périmètre d'étude est par ailleurs peu probable.



Figure 85 : Habitat d'Atriplex longipes (orange) et emplacement du point de rejet des eaux de pompage

De plus, les espaces semi-naturels favorables à des espèces protégées (Passereaux et Lézard des murailles) ne seront pas impactés par le projet. Les bâtiments, dans lesquels l'absence de Chiroptères n'a pas pu être vérifiée, ne seront également pas impactés.

Le barrage, sur lequel la présence d'une colonie de Moineaux domestiques est suspectée, ne sera pas impacté.

Une fois les travaux achevés, le site sera rapidement recolonisé par les espèces vivant aux alentours.

Concernant les espèces piscicoles, les incidences potentielles concernent le fonctionnement de la station de pompage. Lors de la mise en route de la station, un débit maximum de 8 m³/s pourrait entraîner les espèces piscicoles piégées dans le sas dans le réseau hydraulique existant. Cela est déjà le cas actuellement pour des débits similaires. Cependant, à la différence d'actuellement, le débit circulant ne sera pas rejeté en estuaire ou en Vilaine mais transitera par les trois pompes de la station.

Pour éviter l'entraînement des espèces piscicoles dans la station de pompage, le sas doit être au maximum exempt de la présence d'espèces piscicoles. En effet, on rappelle que seul le volume d'eau présent dans le sas est pompé et non la totalité (en moyenne 55% du volume total).

Aussi, dans la logique de déclinaison de la séquence ERC, plusieurs mesures d'évitement seront mises en place :

- **La saisonnalité du fonctionnement de l'écluse en mode anti-sel** : Ce mode ne sera actif que lorsque le débit de la Vilaine sera inférieur ou égal à 10 m³/s, soit en moyenne 70 jours par an dont seulement une vingtaine de jours sur les périodes de migration les plus fortes (avril et août). Le graphique suivant indique les débits classés au droit du barrage d'Arzal sur ces mois où les migrations piscicoles sont les plus fortes.

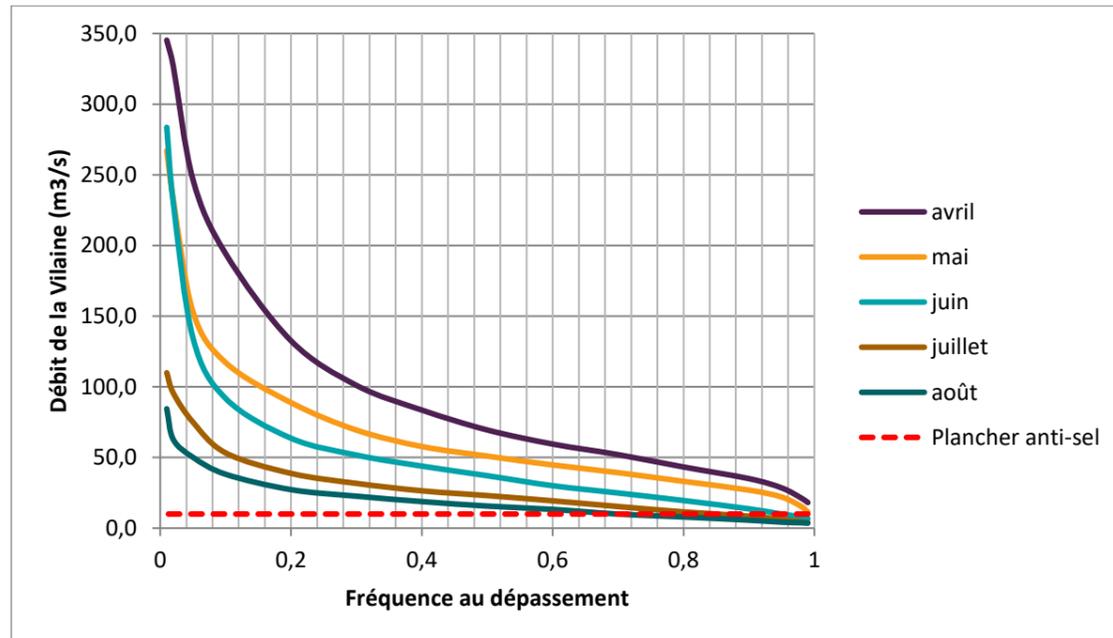


Figure 86 : Débits classés à Arzal pour les mois d'avril à août - Source : Hydroportail 2002 -2023

Les migrations des espèces piscicoles présentes sur Arzal sur les périodes de fonctionnement anti-sel sont quasi nulles pour la plupart des grands migrateurs sauf pour l'anguille où les migrations sont possibles toute l'année mais faibles en période d'étiage (cf. § 5.4.4) ;

- L'absence d'éclusées de nuit : en fonctionnement, les éclusées n'ont jamais lieu de nuit ce qui limite les incidences sur les espèces lucifuges comme l'Anguille ;
- La fermeture constante des portes éclusé amont et aval lorsque le mode anti-sel sera actif afin d'éviter l'intrusion de toute espèce piscicole dans le sas. L'ouverture sera limitée aux périodes d'entrée ou de sortie du sas des bateaux. L'agitation produite par les bateaux lors de ces manœuvres seront de nature à faire fuir les espèces piscicoles loin du sas. Par ailleurs, en étant fermée, l'écluse ne constituera pas une zone d'attrait à la différence de la zone de restitution des siphons située à 140 m de distance au Sud-Ouest.

Lors du fonctionnement de l'écluse en mode anti-sel, la passe et les rampes à anguilles constitue des voix de passages importantes pour les anguilles en particulier. En effet, en période d'étiage, en raisonnant en bilan hydraulique et en le reliant aux voies de migration possible pour les espèces, seul 5% du débit de la Vilaine transite par l'écluse contre 25% par les passes à poissons. En outre, l'essentiel du débit transite par les siphons en période estivale (33%). Ceux-ci sont situés à l'opposé de l'écluse en rive gauche du barrage et limitent l'attrait en rive droite (cf. § 5.1.4.3.).

Outre ces mesures d'évitement, lorsque l'écluse fonctionnera normalement plus de 9 mois par an, il est prévu de favoriser la migration de montaison par l'écluse. Pour cela, les portes éclusées amont et aval seront ouvertes, la vanne-secteur sera positionnée en souverse pour permettre la délivrance d'un débit d'attrait qui attirera les poissons. Puis, la vanne-secteur sera abaissée pour laisser passer les espèces en montée.

Le rejet des eaux de pompage en estuaire pourrait aussi être de nature à impacter la migration des espèces piscicoles en les attirant vers une zone sans voie de passage vers l'amont. Le bassin projeté restituera les eaux pompées, de façon intermittente, sur une largeur importante par un jet plongeant peu dispersif de façon à éviter sa visibilité par les poissons et la création de courants qui seraient dommageables à la stabilité des bateaux amarrés ou en attente à proximité. En outre, cet exutoire du bassin de dissipation ne se situe pas à l'entrée immédiate de l'écluse, mais 40 m en amont pour éviter d'attirer les poissons.

Cas particuliers des flets :

Les flets (*Plactichtys flesus*) sont des poissons migrateurs pouvant effectuer de longues migrations en eau douce. Sur le littoral français, ils sont utilisés comme des bioindicateurs. Ils migrent depuis la mer en suivant le fond du lit des cours d'eau. La passe à bassins du barrage d'Arzal ne permet pas pour l'instant le franchissement de cette espèce autrefois très abondante sur la Vilaine aval, car ces derniers n'ont pas la capacité de quitter le fond et de monter en pleine eau (la vanne aval de la passe est située plusieurs mètres au-dessus du fond du lit de l'estuaire.)

L'ajout de la vanne-secteur ne va pas créer d'obstacle supplémentaire en fond de sas. En effet, en position abaissée, la vanne sera au même niveau que les radiers en place. Les formes concaves entre chaque radier se combleront naturellement de vases qui créent des rampes douces d'accès à chaque radier. Les chasses prévues pour dégager le chenal aval ne seront pas de nature à retirer ces vases piégées en fond. Également, des petites ouvertures (10 cm de hauteur sur 50 cm de longueur) seront réalisées en pied de la structure du batardeau amont pour permettre le franchissement des flets aujourd'hui impossible. **La migration au droit de l'écluse par les flets sera donc rendue possible grâce au projet.**

10.2.4. Activités humaines et usages

Les enjeux relatifs au projet concernent principalement :

- La production d'eau potable, en amont du barrage ;
- Le fonctionnement des éclusées ;
- La circulation routière en crête de l'ouvrage.

Le nouveau mode de fonctionnement de l'écluse permettra de supprimer les incursions d'eaux saumâtres dans le plan d'eau amont. Les restrictions d'éclusées liées à la dégradation de la ressource aquatique en période estivale n'auront plus lieu d'être. L'objectif d'aménagement d'une écluse anti-salinité vise donc à limiter les intrusions d'eau saline afin de respecter les normes de potabilisation imposées tout en garantissant une continuité de l'activité de plaisance, et à limiter les interruptions du trafic routier.

Certes, le sas présentera une capacité moindre en termes de logement de bateaux (de l'ordre de 30% en moins), pour une durée de sassées qui restera globalement équivalente. Néanmoins, les éclusées pourront s'enchaîner avec en période de pointe jusqu'à 15 sassées assurées par jour. Le point limitant sur le nombre d'éclusées ne sera plus la préservation de la ressource en eau douce et la régulation du trafic routier mais la plage horaire d'intervention des équipes d'Eaux&Vilaine. En effet, la mise en place d'un planning plus dense proviendra essentiellement de la faculté qu'aura l'exploitant, grâce au système anti-sel, d'enchaîner les éclusages sans temps morts (suppression des « pauses » entre 12h et 14h et entre 16h et 18h puisqu'il n'aura plus la contrainte de continger le nombre de sassées.

Ainsi, bien que la capacité de transit des bateaux s'en trouve légèrement réduite avec la solution de sas anti-salinité (sas de 80m) qu'avec la solution de construction d'une nouvelle écluse (sas de 89m), il sera néanmoins possible d'enchaîner les éclusées plus rapidement, en l'absence de contraintes liées à l'intrusion des eaux salées et grâce à une interruption de trafic beaucoup plus limitée qu'actuellement. Le transit des bateaux sera ainsi amélioré par rapport à la situation actuelle.

Le trafic routier sera quant à lui interrompu pour une durée infiniment plus courte. Durant la réalisation d'un cycle d'éclusées en fonctionnement anti-sel, l'interruption du trafic ne durera plus le temps d'un cycle complet comme c'est le cas actuellement. En effet, ces interruptions seront réduites à une durée continue mais seulement de l'ordre de 10 minutes à chaque cycle d'environ une heure (temps d'attente divisé par 3). Elles correspondront à la levée du pont au moment de la sortie du sas des bateaux en montaison et à l'entrée dans le sas des bateaux en dévalaison (temps

variable en fonction du nombre de bateaux à transiter). Ainsi, le projet permet de répondre à l'objectif de réduction de la durée des coupures de trafic et l'évitement des cumuls de files d'attente sur des éclusées successives.

Un des objectifs du système anti-salinité sera ainsi de pouvoir opérer les éclusées « en continu », avec une souplesse plus grande car sans enjeu de limitation des remontrées de sel en amont. Ce fonctionnement plus fluide permettra d'éviter les attentes trop longues et d'écluser aux moments les plus favorables pour les plaisanciers.

Son mode de fonctionnement sera en effet très facilement adaptable en fonction des circonstances du moment (trafic bateaux, trafic routier, état de salinité de la retenue, débits naturels en Vilaine...). Différentes combinaisons alternant sassées anti-sel et sassées normales permettront ainsi d'ajuster le fonctionnement pour minimiser les files d'attentes sur la route et sur la voie d'eau.

Concernant les nuisances sonores, l'activation des 3 pompes de la nouvelle station de pompage est susceptible de générer des nuisances sonores. Toutefois, la durée de pompage est réduite (entre 10 et 20 minutes lors des éclusées journalières). Par ailleurs, les pompes seront immergées et un bâtiment technique isolé sera construit au-dessus du système de pompage, limitant ainsi les potentielles gênes sonores. Ce bâti sera suffisamment insonorisé pour respecter la réglementation en vigueur et minimiser les nuisances sonores. A noter également que les premières habitations se situent à environ 50 m du bâtiment mais sont déjà impactées par le rythme des éclusées.

Le projet d'aménagement d'une écluse anti-salinité générera donc des incidences positives sur les activités humaines énumérées précédemment.

10.2.5. Paysage

La proximité du projet avec le site inscrit et classé de Broël-sur-Vilaine ne nécessite aucune demande d'autorisation particulière.

Le futur bâtiment technique (station de pompage) s'implantera sur le terre-plein rive droite de l'écluse d'Arzal. L'écluse va quant à elle subir des modifications uniquement internes ; son emprise restant inchangée.

L'écluse est un passage obligé pour atteindre la mer ou la Vilaine, notamment depuis le port d'Arzal. Il s'agit d'un ouvrage singulier, rassemblant de nombreux usagers pour admirer les vues offertes depuis les quais et le belvédère existants.

Une intégration discrète, composant avec le site, a donc été recherchée pour l'implantation du futur bâtiment, qui héritera de l'emprise de la station de pompage. Le positionnement du bâtiment technique n'obstrue pas les vues depuis les belvédères présents autour de l'écluse. Toutefois, dans un souci de prise en compte des covisibilités (site de Broël-sur-Vilaine plus particulièrement), une finition externe soignée par une mise en peinture en ivoire clair – RAL 1015 – est envisagée. Ce ton proche du jaune ocre rappelle en effet la mise en couleur des piles de la retenue et des bâtiments techniques de l'écluse. A noter toutefois une légère différence de ton par rapport aux bâtiments existants, dans une optique de durabilité et pour faciliter la maintenance ultérieure.

Une toiture terrasse végétalisée est envisagée pour le futur bâtiment technique. La protection des acrotères sera réalisée par une tôle de zinc prépatinée, ton gris anthracite. Le ton se retrouvera dans l'ensemble des menuiseries et équipements afin d'assurer une cohérence d'ensemble au projet tout en donnant au bâtiment une apparence plus contemporaine.

Le photomontage présenté ci-dessous permet de visualiser l'insertion du bâtiment technique au sein de son environnement littoral.



Figure 87 : Intégration paysagère du bâtiment technique

Les modifications apportées à l'écluse actuelle seront peu visibles depuis l'extérieur.

10.2.6. Stabilité du barrage

Les nouvelles structures qui seront mises en place et en particulier la vanne-secteur nécessitent des modifications importantes du génie civil de l'écluse. En effet, les bajoyers en place en rives gauche et droite seront partiellement hydrodémolis puis reconstruits en béton armé en intégrant les structures existantes. Des tirants et des pieux seront également mis en place afin de reprendre les efforts et de garantir l'ancrage des nouvelles structures.

Le dimensionnement au stade AVP de ces ouvrages a été mené de façon à garantir la stabilité de l'écluse et de fait la stabilité du barrage dans son intégralité. Dans le cadre des études en phase PRO qui sont actuellement en cours (rendu du PRO à l'été 2024), ces éléments seront réexaminés et validés et feront l'objet d'échanges avec l'équipe d'ARTELIA en charge de la rédaction de l'EDD. Les modifications de l'écluse seront intégrées à l'EDD qui sera remise au cours du second semestre 2024.

Les dimensionnements au stade AVP sont présentés en ANNEXE.

11. SYNTHÈSE DES MESURES POUR EVITER-REDUIRE-COMPENSER (ERC)

Le tableau ci-après présente une synthèse des mesures mises en place dans le cadre du projet.

Compartiment	Nature de l'incidence potentielle / Enjeux	Mesures d'évitement	Mesures de réduction et de suivi
Milieu physique	<ul style="list-style-type: none"> - Risque d'augmentation temporaire de la turbidité de l'eau et mise en suspension des particules fines - Risque de pollution accidentelle - Risque d'émissions de gaz polluants et de poussières 	<ul style="list-style-type: none"> - Solution d'aménagement de l'écluse existante dans l'enceinte même de l'ouvrage existant (solution préalablement étudiée nécessitant des opérations de déblaiement beaucoup plus conséquentes et de dragage) - Plan de chantier, stockage des déchets dans des conteneurs appropriés, kit anti-pollution pour limiter le risque de pollution accidentelle 	<ul style="list-style-type: none"> - Isolement de la zone d'intervention en travaux derrière les batardeaux métalliques et mise à sec de l'écluse - Evacuation des déblais (pour la station de pompage) en centre adapté - Respect des normes en vigueur en matière d'émission de GES pour les véhicules de chantier
Qualité des eaux	<ul style="list-style-type: none"> - Risque d'augmentation temporaire de la turbidité de l'eau et mise en suspension des particules fines - Risque de pollution accidentelle - Respect des normes de potabilisation en vigueur (< 100 mg/l en de NA Cl en toutes circonstances, au droit de la prise d'eau) 	<ul style="list-style-type: none"> - Solution d'aménagement de l'écluse existante dans l'enceinte même de l'ouvrage existant - Travaux réalisés hors d'eau de manière à éviter les risques engendrés par une intervention depuis le milieu marin - Prescriptions imposées aux entreprises pour éviter le risque d'une pollution accidentelle par les hydrocarbures due à la présence des engins 	<ul style="list-style-type: none"> - Isolement de la zone d'intervention en travaux derrière les batardeaux métalliques et mise à sec de l'écluse - Limitation des intrusions d'eau saline en amont du barrage d'Arzal (utilisation de la vanne secteur + double protection avec le système de batardeaux/siphons existant) - Mise en place d'un suivi chimique et microbiologique sur les coquillages, à proximité du site - Mise en place d'un suivi de la turbidité des eaux littorales (pose d'une sonde) afin de suivre l'impact des travaux sur les concessions situées en aval du projet
Milieu biologique	<ul style="list-style-type: none"> - Dérangement temporaire des espèces lors de la phase de travaux (nuisances sonores, vibrations, poussières...) - Espèce végétale protégée (Atriplex longipes) située sur les blocs rocheux en rive droite à l'aval de l'écluse, à proximité du rejet des eaux salines - Espaces semi-naturels favorables à certaines espèces protégées (Lézard des murailles et passereaux) - Espèces piscicoles migratrices fréquentant la passe à anguilles, fort attrait entre mars et juin 	<ul style="list-style-type: none"> - Solution d'aménagement de l'écluse existante dans l'enceinte même de l'ouvrage existant (travaux réalisés à sec) - Travaux relatifs à la station de pompage réalisés sur des surfaces déjà imperméabilisées - Maintien de la fonctionnalité des dispositifs de franchissement piscicole durant les travaux - Mesures d'évitement pour les espèces piscicoles : Pas d'éclusées la nuit, pas de fonctionnement anti-sel en période de migration forte et fermeture systématique des portes écluses - Mesure de compensation pour les espèces piscicoles : en fonction normal de l'écluse, mise en place d'un débit d'attrait par souverse puis ouverture vanne secteur - Adaptation de l'emplacement de rejet des eaux de pompage de l'écluse afin que les eaux ne soient pas dirigées vers la zone accueillant l'Arroche à long pédoncule - Evitement des espaces semi-naturels favorables à certaines espèces protégées - Installation d'un panneau informatif à proximité de l'Atriplex longipes pour sensibilisation des entreprises de chantier 	<ul style="list-style-type: none"> - Isolement de la zone d'intervention en travaux derrière les batardeaux métalliques et mise à sec de l'écluse - Aménagements se limitant aux espaces déjà fortement artificialisés - Limitation du risque de turbidité et de la mise en suspension des particules fines : mise en œuvre de dispositions constructives (décantation des eaux avant rejet) - Réalisation de pêches de sauvegarde afin de capturer les espèces piégées dans le sas de l'écluse lors des deux épisodes de batardage et mise à sec, afin de les relâcher ensuite en estuaire ou en rivière

Compartiment	Nature de l'incidence potentielle / Enjeux	Mesures d'évitement	Mesures de réduction et de suivi
		<ul style="list-style-type: none"> - Sensibilisation des entreprises à la présence de l'Atriplex longipes dès le démarrage du chantier 	
Activités humaines et usages	<ul style="list-style-type: none"> - Suppression des incursions d'eaux saumâtres dans le plan d'eau amont - Amélioration de la circulation routière en crête d'ouvrage grâce à un temps d'attente réduit pour les véhicules - Transit des bateaux amélioré, possibilité d'enchaînement des éclusées, souplesse dans les modes de fonctionnement - Travaux réalisés en période hivernale, où l'écluse est la moins sollicitée, sur une durée continue de 18 mois - Nuisances sonores temporaires aux abords du barrage et en phase d'exploitation (station de pompage) 	<ul style="list-style-type: none"> - Conception des aménagements dans le corps même de l'ouvrage existant, sans modification de l'emprise de l'écluse - Installations de travaux (base-vie, zone de stockage des matériaux...) positionnées sur les zones de stationnement imperméabilisées attenantes à l'écluse - Absence de battage de palplanches 	<ul style="list-style-type: none"> - Mise en place des batardeaux métalliques existants en phase de travaux, limitant les impacts sur le milieu aquatique - Information préventive des usagers du site avant la mise en chantier - Sécurisation de la zone de chantier - Mesures prises pour réduire les nuisances sonores : choix des périodes d'intervention, travaux effectués de jour, avec une réglementation horaire, techniques utilisées et matériels respectant les normes actuelles en matière de bruit, terrassements les plus profonds réalisés en dehors des périodes de pêche, travaux effectués hors d'eau et dans l'emprise de l'écluse existante, affichage ou publication informant la population sur la nature et la durée des opérations les plus bruyantes - Mesures prises pour limiter le risque de pollution des eaux : aires de stockage suffisamment éloignées, décantation des eaux pompées avant rejet, kit anti-pollution, stockage des produits polluants dans des cuves adaptées - Mise en place ponctuelle d'alternatives pour faciliter le transit de bateaux devant rejoindre les chantiers navals (levage, chargement sur des camions...) pour pallier à la fermeture temporaire de l'écluse en phase de travaux
Paysage	<ul style="list-style-type: none"> - Phase travaux va temporairement modifier le paysage - Site inscrit et classé de Broël-sur-Vilaine à environ 600 mètres du projet 	<ul style="list-style-type: none"> - Solution d'aménagement de l'écluse existante dans l'enceinte même de l'ouvrage existant 	<ul style="list-style-type: none"> - Remise en état à la fin des travaux des espaces ayant été occupés - Intégration paysagère du bâtiment technique (station de pompage) au sein de l'environnement littoral, positionnement visant à ne pas impacter les vues

12. MOYENS DE SURVEILLANCE ET SUIVI

12.1. EN PHASE DE TRAVAUX

En phase travaux, le maître d'ouvrage et le conducteur de travaux s'assureront que les mesures chantier définies dans le DCE soient appliquées par l'application d'un système de management de l'environnement du chantier et d'une charte de chantier propre.

Du fait de la proximité avec le milieu marin et fluvial, la mise en œuvre des mesures sera suivie strictement dans le cadre des travaux de réalisation du projet.

Pour cela, plusieurs outils seront mis en place :

- Une Notice de Respect de l'Environnement (NRE), établie par le maître d'ouvrage ou maître d'œuvre, précisant le contexte environnemental, les secteurs à risques ou enjeux particuliers... ;
- Un Plan de Respect de l'Environnement (PRE), établi par l'entrepreneur, véritable engagement vis-à-vis du pétitionnaire, détaillant toutes les précautions relatives à la préservation de l'environnement pendant les travaux ;
- Un suivi environnemental en phase chantier sera réalisé par un expert indépendant ;
- Des contrôles environnementaux réguliers permettront d'assurer le respect de ces consignes relatives à l'entretien des véhicules de chantier.

Au-delà de cette information a posteriori, tout incident survenant en cours de chantier fera l'objet d'une information immédiate auprès du service Ressources, Milieux et Territoires de la DDTM 56.

12.1.1. Mesures relatives aux engins de chantier

L'emploi d'engins de chantier représente un risque de pollution accidentelle par les hydrocarbures. Afin d'éviter toute pollution accidentelle :

- Les réservoirs seront remplis avec des pompes à arrêt automatique dans des zones dédiées, aménagées à cet effet ;
- Les itinéraires et les stationnements seront organisés de façon à limiter les risques d'accident en zone sensible ; les zones de stockage de matériaux seront également suffisamment éloignées du milieu marin et fluvial ;
- Les huiles usagées des vidanges seront récupérées, stockées dans des réservoirs étanches et évacuées pour être, le cas échéant recyclées ;
- L'entretien, la réparation, le ravitaillement et le lavage des engins de chantier ainsi que le stockage des carburants et lubrifiants seront de ce fait, interdits à proximité du barrage ;
- Les engins intervenant sur le chantier seront maintenus en parfait état.

Des contrôles environnementaux réguliers permettront d'assurer le respect de ces consignes.

12.1.2. Gestion des déchets de chantier

Les déchets de chantier générés seront récupérés, triés, stockés temporairement dans des conteneurs dédiés. Une fois les conteneurs remplis, les déchets seront évacués vers les filières d'élimination spécifiques à chaque type de déchets.

L'évacuation sera réalisée par les transporteurs agréés. Les transporteurs seront alors tenus de compléter et de faire suivre le bordereau de suivi des déchets.

12.1.3. Mesures relatives au milieu naturel

Les zones de travaux seront strictement identifiées et délimitées afin qu'elles ne soient pas accessibles à toute personne étrangère au chantier. Des balisages pourront être installés afin de délimiter la zone de travaux. Les travaux se cantonneront uniquement aux zones dédiées.

Les bases de vie et de chantier soient éloignées des milieux naturels préservés et sur des aires étanches ou avec un système de récupération des eaux de ruissellement.

12.1.4. Mesures relatives à la qualité des coquillages

Une ou deux poches de coquillages provenant du milieu seront installées en aval du barrage, à proximité du projet. L'emplacement envisagé est indiqué en bleu sur la carte, au lieu-dit « Vieille Roche », à environ 600 m du projet. Les points de mesures actuellement gérés par l'IFREMER apparaissent en orange sur la carte ci-dessous : 065-P-006 - Le Branzais, 065-P-002 - Le Halgen, 065-P-005 - Les Granges.



Figure 88 : Proposition de point de suivi microbiologique et chimique au lieu-dit « Vieille Roche »

Le protocole mis en place s'appuie sur les suivis scientifiques REMI et ROCCH effectués par l'IFREMER. Le suivi microbiologique se basera sur Escherichia coli (E. coli) comme indicateur de contamination fécale, mesuré en nombre d'E. coli pour 100 g de chair et de liquide intervalvaire (CLI). Le suivi chimique concernera les trois métaux réglementés (cadmium, plomb et mercure) et les HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) représentés par le benzo(a)pyrène.

Les analyses chimiques et microbiologiques seront effectuées par un laboratoire accrédité pour les substances concernées. Les méthodes d'analyse respecteront les normes réglementaires afin d'assurer la fiabilité des résultats.

Les résultats obtenus seront ensuite comparés aux seuils réglementaires applicables pour les coquillages. Pour *Escherichia coli*, le seuil réglementaire défini par le Règlement (CE) n°2073/2005 relatif aux critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires est fixé à 230 E. coli/100 grammes de chair et liquide intervalvaire (CLI) pour les mollusques bivalves vivants.

Pour les contaminants surveillés (cadmium, plomb, mercure, HAP), les seuils réglementaires sont fixés par le Règlement (CE) n°1881/2006 et précisés ci-dessous.

Tableau 16 : Seuils définis par le Règlement (CE) n°1881/2006 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires

	Seuils réglementaires applicables
Cadmium (Cd)	1,0 mg/kg de poids humide
Plomb (Pb)	1,5 mg/kg de poids humide
Mercure (Hg)	0,5 mg/kg de poids humide
Benzo(a)pyrène	5,0 µg/kg de poids humide

Avant le démarrage des travaux, des mesures de référence seront réalisées afin de constituer une base de comparaison. Par la suite, des prélèvements seront effectués durant la phase de terrassement, étape pouvant entraîner des rejets dans le milieu naturel. La fréquence de ces mesures sera déterminée dès réception du planning des entreprises intervenant sur le chantier.

Si les niveaux de contaminants dépassent les seuils établis, des mesures correctives seront mises en œuvre, en concertation avec la DDTM.

Un rapport avec les résultats des mesures sera transmis à la DDTM et en phase travaux.

12.1.5. Mesures relatives à la qualité de l'eau

Un suivi turbidimétrique (mesures néphélométriques en continu) sera mis en place à proximité du projet, permettant de moduler le chantier (réduction des cadences, voire interruption temporaire de chantier) en cas de dépassements de seuils prédéfinis et tenant compte de la turbidité ambiante. La sonde sera active durant toutes les phases critiques du chantier.

Avant le début des travaux, une série de mesures de référence sera réalisée pour établir une base de comparaison avant l'intervention. Le projet vise à respecter le seuil R1, qui fixe à 9 kg par jour la limite maximale des quantités de matières en suspension (MES) pouvant être rejetées. Afin d'assurer le respect de ce seuil, une méthodologie pour le suivi de la turbidité sera mis en place.

L'implantation suivante (point en jaune) est proposée pour permettre le suivi des matières en suspension en phase travaux. Cette localisation, envisagée à environ 5 km à vol d'oiseau du projet et à proximité de la concession du port de plaisance de Tréhigui, a pour but d'évaluer l'impact potentiel des travaux sur ce secteur.

Un rapport avec les résultats des mesures sera transmis à la DDTM et en phase travaux, les résultats de suivis et l'évolution du planning seront communiqués au CRC BS et au syndicat conchylicole local.



12.2. EN PHASE D'EXPLOITATION

12.2.1. Opération de maintenance

Des opérations de maintenance préventive et curative actuellement réalisées au niveau de l'écluse perdureront en intégrant les nouveaux ouvrages (vanne secteur, nouvel obturateur et station de pompage).

En termes de maintenance, on distingue :

- Des interventions régulières : contrôle de l'instrumentation, renouvellement de petits équipements, etc. ;
- Des interventions plus ponctuelles mais plus lourdes : maintenance décennale et vingtennale des portes écluse, entretien des vannages de l'écluse, remplacement d'une centrale hydraulique, etc. Ces interventions peuvent nécessiter le batardage complet de l'écluse mobilisant des moyens de levage et pompage important.



Figure 89 : Mise en œuvre du portique pour la mise en place du batardeau aval

12.2.2. Suivi chimique et microbiologique sur les coquillages

Une ou deux poches de coquillages provenant du milieu seront installées en aval du barrage, à proximité du projet. L'emplacement envisagé est indiqué en bleu sur la carte, au lieu-dit « Vieille Roche », à environ 600 m du projet. Les points de mesures actuellement gérés par l'IFREMER apparaissent en orange sur la carte ci-dessous : 065-P-006 - Le Branzais, 065-P-002 - Le Halgen, 065-P-005 - Les Granges.

13. COMPATIBILITE DU PROJET AVEC LE SDAGE ET LE SAGE APPLICABLES

13.1. LE SDAGE LOIRE-BRETAGNE 2022-2027

13.1.1. Présentation

Les SDAGE sont élaborés au niveau de chaque grand bassin hydrographique. La zone d'étude appartient au périmètre du SDAGE « Loire-Bretagne ».

Le SDAGE est l'instrument français de la mise en œuvre de la politique communautaire dans le domaine de l'eau (directive 2000/60/CE dite directive Cadre sur l'Eau).

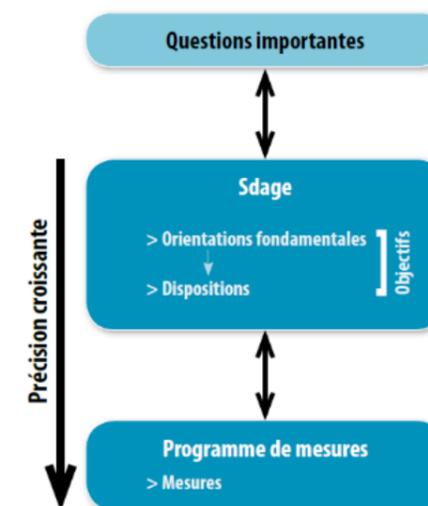
La DCE fixe un principe de non-détérioration de l'état des eaux et des objectifs ambitieux pour leur restauration, en définissant un cadre, une méthode de travail et des échéances précises.

Défini à l'échelle du bassin hydrographique, le SDAGE intègre les objectifs environnementaux de la DCE et les enjeux propres au territoire qui le concerne. Il est adopté par le comité de bassin et arrêté par le préfet coordonnateur de bassin. Il décrit les priorités de la politique de l'eau dans le bassin concerné et les objectifs à atteindre. Il définit les enjeux et la stratégie de reconquête de la qualité de l'eau pour les années à venir. ».

Le comité de bassin a adopté le SDAGE Loire Bretagne 2022-2027 en mars 2022.

Le SDAGE 2022-2027, s'inscrit dans la continuité des SDAGE précédents afin de permettre aux acteurs du bassin de poursuivre les efforts et les actions entreprises pour l'atteinte du bon état des eaux et des milieux.

Il définit ainsi 14 orientations fondamentales pour une gestion équilibrée de la ressource à l'échelle du district hydrologique, en réponse aux questions importantes définies pour le bassin. Les orientations fondamentales sont déclinées en dispositions nécessaires à l'atteinte des objectifs :



Les questions importantes relèvent de quatre grands items retenus après une consultation du public en 2018 - 2019. (Qualité ; quantité, milieux aquatiques et gouvernance)

En réponse aux questions importantes définies pour le bassin, le SDAGE a ainsi défini 14 orientations fondamentales pour une gestion équilibrée de la ressource à l'échelle du district hydrologique.

Les orientations fondamentales sont déclinées en dispositions nécessaires à l'atteinte des objectifs.

Les dispositions indiquent les actions à mener, peuvent fixer des règles et des objectifs quantitatifs et ont ainsi une portée juridique.

Le programme de mesures identifie les actions nécessaires à mettre en œuvre sur six ans pour atteindre les objectifs environnementaux définis par le SDAGE.

Le document du SDAGE 2022-2027 est structuré en 14 chapitres correspondant aux orientations fondamentales retenues pour répondre aux quatre grands items des questions importantes.

Tableau 17 : Orientations du SDAGE Loire-Bretagne 2022-2027

Questions importantes	Chapitres du Sdage
Qualité des eaux	2 – réduire la pollution par les nitrates 3 – réduire la pollution organique et bactériologique 4 – maîtriser et réduire la pollution par les pesticides 5 – maîtriser et réduire les pollutions dues aux substances dangereuses 6 – protéger la santé en protégeant la ressource en eau 10 – préserver le littoral
Milieux aquatiques	1 – repenser les aménagements de cours d'eau 8 – préserver les zones humides 9 – préserver la biodiversité aquatique 10 – préserver le littoral 11 – préserver les têtes de bassin versant
Quantité	7 – maîtriser les prélèvements d'eau
Gouvernance	12 – faciliter la gouvernance locale et renforcer la cohérence des territoires et des politiques publiques 13 – mettre en place des outils réglementaires et financiers 14 – informer, sensibiliser, favoriser les échanges

13.1.2. Projet au regard du SDAGE

Le présent projet est susceptible de relever du chapitre 6 « Protéger la santé en protégeant la ressource en eau ». Le projet est également en lien avec les orientations prévues sur les milieux aquatiques.

En phase travaux, le projet n'est pas de nature à induire une quelconque dégradation de la qualité des eaux. Les incidences qualitatives potentielles en phase travaux seront maîtrisées par la gestion même du chantier. De plus, les travaux se dérouleront principalement dans l'emprise de l'écluse actuelle, limitant ainsi les potentiels impacts.

Le projet n'est pas de nature à induire une modification des prélèvements sur la Vilaine. En revanche, celui-ci contribuera indirectement à la protection de la retenue d'eau douce contre les intrusions salées.

Au regard de ces éléments, le projet présenté est compatible avec le SDAGE Loire Bretagne 2022-2027.

13.2. SAGE VILAINE

13.2.1. Présentation

La commune d'Arzal s'inscrit dans le périmètre du SAGE Vilaine, qui couvre 515 communes. Ce SAGE a été approuvé par arrêté préfectoral du 2 juillet 2015.

Les documents constitutifs du SAGE sont les suivants :

- **Le Plan d'Aménagement et de Gestion Durable (PAGD)** de la ressource en eau et des milieux aquatiques, qui définit notamment les principaux enjeux de la gestion de l'eau dans le bassin de la Vilaine, les objectifs généraux du SAGE, l'identification ainsi que les moyens matériels et financiers nécessaires à la mise en œuvre du schéma et au suivi de celui-ci.

Les 210 dispositions et 45 orientations de gestion du SAGE Vilaine révisé sont regroupées au sein de 14 chapitres se répartissant sur quatre grandes thématiques :

CHAPITRES	ORIENTATIONS DE GESTION
Les zones humides	- Marquer un coup d'arrêt à la destruction des zones humides - Protéger les zones humides dans les documents d'urbanisme - Mieux gérer et restaurer les zones humides
Les cours d'eau	- Connaître et préserver les cours d'eau - Reconquérir les fonctionnalités des cours d'eau en agissant sur les principales causes d'altération - Mieux gérer les grands ouvrages - Accompagner les acteurs du bassin
Les peuplements piscicoles	- Préserver et favoriser le développement des populations de poissons grands migrateurs - Préserver et restaurer les populations piscicoles holobiotiques
La baie de Vilaine	- Assurer le développement durable de la baie - Reconquérir la qualité de l'eau - Réduire les impacts liés à l'envasement - Préserver, restaurer et valoriser les marais rétro-littoraux
L'altération de la qualité par les nitrates	- L'estuaire et la qualité de l'eau brute potabilisable comme fils conducteurs - Mieux connaître pour mieux agir - Renforcer et cibler les actions
L'altération de la qualité par le phosphore	- Cibler les actions - Mieux connaître pour agir - Limiter les transferts de phosphore vers le réseau hydrographique - Lutter contre la sur-fertilisation - Gérer les boues des stations d'épuration
L'altération de la qualité par les pesticides	- Diminuer l'usage des pesticides - Améliorer les connaissances - Promouvoir des changements de pratiques - Aménager l'espace pour limiter le transfert de pesticides vers le cours d'eau
L'altération de la qualité par les rejets de l'assainissement	- Prendre en compte le milieu et le territoire - Limiter les rejets d'assainissement et les réduire dans les secteurs prioritaires
L'altération par les espèces invasives	- Maintenir et développer les connaissances - Lutter contre les espèces invasives
Prévenir le risque d'inondation	- Améliorer la connaissance et la prévision des inondations - Renforcer la prévention des inondations - Protéger et agir contre les inondations - Planifier et programmer les actions
Gérer les étiages	- Fixer des objectifs de gestion des étiages - Améliorer la connaissance - Assurer la satisfaction des usages - Mieux gérer la crise
L'alimentation en eau potable	- Sécuriser la production et la distribution - Informer les consommateurs
La formation et la sensibilisation	- Organiser la sensibilisation - Sensibiliser les décideurs et les maîtres d'ouvrages - Sensibiliser les professionnels - Sensibiliser les jeunes et le grand public - Sensibiliser les jeunes et le grand public
Organisation des maîtrises d'ouvrages et territoires	- Faciliter l'exercice de la maîtrise d'ouvrage - Renforcer le lien entre le SAGE et la planification territoriale

Le règlement : il définit des règles précises édictées par la Commission Locale de l'Eau, permettant d'assurer l'atteinte des objectifs identifiés comme prioritaires dans le PAGD et nécessitant l'instauration de règles supplémentaires pour atteindre le bon état des masses d'eau. Il renforce certaines des dispositions.

Le règlement du SAGE Vilaine édicte ainsi 6 règles :

- article 1 : Protéger les zones humides de la destruction,
- article 2 : Interdire l'accès direct du bétail au cours d'eau,
- article 3 : Interdire le carénage sur la grève et les cales de mise à l'eau non équipées,
- article 4 : Interdire les rejets dans les milieux aquatiques des effluents souillés des chantiers navals et des ports,
- article 5 : Interdire le remplissage des plans d'eau en période d'étiage,
- article 6 : Mettre en conformité les prélèvements.

13.2.2. Projet au regard du SAGE

Le projet d'aménagement d'une écluse anti-salinité au barrage d'Arzal respecte les objectifs et recommandations du SAGE Vilaine.

Le présent projet est susceptible de relever plus particulièrement des chapitres « Baie de Vilaine » et « L'alimentation en eau potable ».

En phase travaux, le projet n'est pas de nature à induire une quelconque dégradation de la qualité des eaux. Les incidences qualitatives potentielles en phase travaux seront maîtrisées par la gestion même du chantier. De plus, les travaux se dérouleront principalement dans l'emprise de l'écluse actuelle, limitant ainsi les potentiels impacts.

En phase d'exploitation, le projet n'est pas de nature à induire une quelconque dégradation de la qualité des eaux. Au contraire, le projet contribuera à améliorer la retenue d'eau douce située en amont du barrage, contre les intrusions salées.