



Thème	2 - PROCESSUS HYDRODYNAMIQUES		
Objectif du thème	Objectif général : mesurer l'effet des travaux sur les hauteurs d'eau pour : <ul style="list-style-type: none"> • Apprécier leur efficacité en étiage et au module • Assurer une veille en situation de crue et à l'aval de Nantes 		
Indicateur	2.1 Lignes d'eau		
Maître d'ouvrage	GIP Loire Estuaire (données VNF)		
Mise en œuvre	Voies Navigables de France (acquisition), GIP Loire Estuaire (analyse)		
Objectif de l'indicateur			Mesurer l'effet hydraulique des aménagements sur le profil local et global des lignes d'eau Cet indicateur doit permettre de déterminer des variations locales de la cote de la ligne d'eau qui ne sont pas mesurées sur les sections de Loire (situées entre les appareils limnigraphiques espacés de 10 km les uns des autres)
Indicateurs liés	2.2	2.3	2.4 2.6
Paramètre mesuré	Variables	Cotes de la ligne d'eau, pour 3 situations hydrologiques, en étiage, module et crue en basse mer	
	Produits de sortie	Graphiques	
Méthode/Protocole	Acquisition de donnée	Lignes d'eau par voie nautique au DGPS	
	Produit d'acquisition	Mesures longitudinales de hauteur d'eau ramenées à chaque point kilométriques dans le chenal du bras principal	
	Traitement de données	Comparaison des valeurs par point kilométrique.	
Périmètre concerné	Des Ponts-de-Cé à Nantes (Montsoreau à Nantes)		
Échéancier	Campagnes avant travaux puis campagnes annuelles pendant 5 ans, suite à donner après un premier bilan.		
État zéro	Lignes d'eau au DGPS en 2017 et 2020 acquises par VNF.		
Etat antérieurs		Coeff.	Débit (m3/s)
	Mercredi 21 juin 2017	74	219
	Mercredi 21 novembre 2018	78	321
	mercredi 22 janvier 2020	67	872
	jeudi 06 février 2020	56	2110
Remarque			
Descriptif de l'indicateur dans l'arrêté 2021/BPEF/104	2.1 – Lignes d'eau tous les ans pendant 5 ans		

Remarques liées à l'arrêté 2021/BPEF/104	Le descriptif général de l'indicateur est compatible avec le descriptif inscrit dans l'arrêté d'autorisation et ne nécessite pas de modification
Versions de la fiche	
Octobre 2020	Dossier d'enquête publique
Juin 2022, à valider	Des précisions ont été apportées s'agissant des contraintes d'acquisition et des états antérieurs existants.

Thème	2 - PROCESSUS HYDRODYNAMIQUES			
Objectif du thème	Objectif général : mesurer l'effet des travaux sur les hauteurs d'eau pour : <ul style="list-style-type: none"> • Apprécier leur efficacité en étiage et au module • Assurer une veille en situation de crue et à l'aval de Nantes 			
Indicateur	2.2 Hauteurs d'eau en continu			
Maître d'ouvrage	GIP Loire Estuaire (données DREAL)			
Mise en œuvre	DREAL Pays de la Loire (acquisition), GIP Loire Estuaire (analyse)			
Objectif de l'indicateur			Mesurer l'effet hydraulique des aménagements sur les stations limnimétriques en s'affranchissant des évolutions saisonnières. Cet indicateur permet de disposer d'hauteurs d'eau à n'importe quelle condition hydrologique, et de comparer les résultats sur une chronique longue (depuis la fin des années 1960).	
Indicateurs liés	2.1	2.3	2.4	2.6
Paramètre mesuré	Variables	Hauteurs d'eau à 250, 570, 850 et 2500 m3/s et plus		
	Produits de sortie	Graphiques		
Méthode/Protocole	Acquisition de donnée	Limnigraphes de la DREAL PDL		
	Produit d'acquisition	Hauteurs d'eau en continu		
	Traitement de données	Comparaison des valeurs par limnigraphe.		
Périmètre concerné	Des Ponts-de-Cé à Nantes (13 stations limnimétriques)			
Échéancier	Poursuite des enregistrements en continu, extraction et analyse annuelle			
État zéro	A définir avant travaux, année hydrologique représentative.			
Etat antérieurs	En continu depuis 20 ans			
Remarque	Incidence : la transparence de l'aménagement en crue (+ou- 5cm) est mesurée			
Descriptif de l'indicateur dans l'arrêté 2021/BPEF/104	2.2 - Hauteur d'eau en mesure en continue et extraction annuelle jusqu'en 2034			
Remarques liées à l'arrêté 2021/BPEF/104	Le descriptif général de l'indicateur est compatible avec le descriptif inscrit dans l'arrêté d'autorisation et ne nécessite pas de modification			
Versions de la fiche				
Octobre 2020	Dossier d'enquête publique			
Juin 2022, à valider	Des précisions ont été apportées s'agissant des contraintes d'acquisition et des états antérieurs existants.			

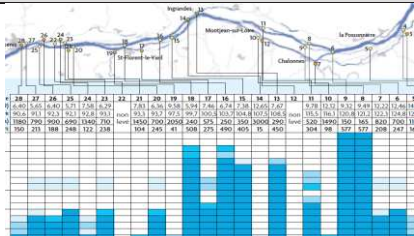
Thème		2 - PROCESSUS HYDRODYNAMIQUES			
Objectif du thème	Objectif général : mesurer l'effet des travaux sur les hauteurs d'eau pour : <ul style="list-style-type: none"> • Apprécier leur efficacité en étiage et au module • Assurer une veille en situation de crue et à l'aval de Nantes 				
Indicateur	2.3. Perte de charge occasionnée par l'ouvrage de Bellevue				
Maître d'ouvrage	GIP Loire Estuaire (données DREAL et VNF)				
Mise en œuvre	Voies Navigables de France et DREAL (acquisition), GIP Loire Estuaire (analyse)				
Objectif de l'indicateur			Apprécier l'efficacité de l'aménagement de Bellevue Cet indicateur permet de vérifier que la réhausse de la ligne d'eau observée est conforme aux objectifs attendus du projet		
Indicateurs liés	2.1	2.2	2.4	2.6	
Paramètre mesuré	Variables		Hauteurs d'eau à basse mer d'étiage de part et d'autre de l'aménagement		
	Produits de sortie		Graphiques		
Méthode/Protocole	Acquisition de donnée		Limnigraphe existant au PK62 et ajout d'un limnigraphe temporaire au PK64		
	Produit d'acquisition		Données de hauteur d'eau en continu		
	Traitement de données		Comparaison des valeurs de hauteurs d'eau pour chaque limnigraphe avec les données aux limnigraphes et les données de lignes d'eau de basse mer d'étiage et module.		
Périmètre concerné	PK 62 et PK 64				
Échéancier	PK 62 : poursuite des enregistrements en continu ; PK 64 mesures en continu jusqu'au 1er étiage après les travaux en 2025 (au minimum)				
État zéro	Ligne d'eau de basse mer d'étiage et module réalisées entre 2016 et 2020 par VNF.				
État antérieurs	En continu depuis 20 ans au PK 62 (Bellevue) et 66 (Thouaré)				
Remarque					
Descriptif de l'indicateur dans l'arrêté 2021/BPEF/104	2.3 - Perte de charge occasionnée par l'ouvrage de Bellevue, mesures en continu (limnigraphe) dès l'achèvement de l'ouvrage de Bellevue sur cycle hydrologique complet (étiage à hautes eaux jusqu'à 2500 m3/s) et campagne de relevé à nc+8 sur des échelles limnimétriques				
Remarques liées à l'arrêté 2021/BPEF/104	Le descriptif général de l'indicateur est moins précis que le descriptif inscrit dans l'arrêté d'autorisation et nécessite une modification s'agissant de l'échéancier				
Versions de la fiche					
Octobre 2020	Dossier d'enquête publique				
Juin 2022, à valider	Des précisions ont été apportées s'agissant des contraintes d'acquisition et des états antérieurs existants.				

	<p>Il est proposé de modifier l'échéancier pour à la fois mettre en conformité la fiche avec l'arrêté 2021/BPEF/104, mais aussi anticiper un état avant travaux par l'installation du limnigraphe suffisamment tôt.</p>
--	---

Thème	2 - PROCESSUS HYDRODYNAMIQUES			
Objectif du thème	Objectif général : mesurer l'effet des travaux sur les hauteurs d'eau pour : <ul style="list-style-type: none"> • Apprécier leur efficacité en étiage et au module • Assurer une veille en situation de crue et à l'aval de Nantes 			
Indicateur	2.4 Evolution du marnage			
Maître d'ouvrage	GIP Loire Estuaire (données DREAL et GPMNSN)			
Mise en œuvre	GIP Loire Estuaire (analyse)			
Objectif de l'indicateur			Mesurer l'effet hydraulique des aménagements sur l'onde de marée entre Le Pellerin et Ancenis Cet indicateur permet de mesurer l'effet de l'aménagement sur les hauteurs de basse mer et de pleine mer, à différents débits.	
Indicateurs liés	2.1	2.2	2.3	2.6
Paramètre mesuré	Variables		Différence entre le niveau de basse mer et le niveau de pleine mer en situation d'étiage de vives eaux	
	Produits de sortie		Graphiques	
Méthode/Protocole	Acquisition de donnée		Limnigraphes et marégraphes	
	Produit d'acquisition		Données de hauteur d'eau en continu	
	Traitement de données		Exploitation des marégraphes du GPMNSN et limnigraphes de la DREAL PDL, lignes d'eau au DGPS à basse mer et pleine mer le cas échéant.	
Périmètre concerné	Zone marnante entre Ancenis (PK90) et Le Pellerin (PK38)			
Échéancier	Analyse avant travaux et après travaux jusqu'en 2032			
État zéro	2022 ou 2023			
Etat antérieurs	En continu depuis 20 ans			
Remarque				
Descriptif de l'indicateur dans l'arrêté 2021/BPEF/104	2.4 – Evolution du Marnage : tous les ans jusqu'en 2026			
Remarques liées à l'arrêté 2021/BPEF/104	Le descriptif général de l'indicateur est plus complet que le descriptif inscrit dans l'arrêté d'autorisation.			
Versions de la fiche				
Octobre 2020	Dossier d'enquête publique			
Juin 2022, à valider	Les conditions de marée et de débit ne sont précisées ni dans la fiche, ni dans l'arrêté. Une marée de vives eaux (90) en conditions d'étiage (250 m3/s) ainsi qu'une marée de mortes eaux (45) et hautes eaux (1500 m3/s) sont proposées, à basse et pleine mer. Ces situations ont l'avantage de renseigner sur le marnage longitudinal et altitudinal maximum, dans des conditions opposées, et ces situations sont également suivie par le GIP LE depuis 1998. L'évolution du marnage continuera d'être suivi après 2026.			

Thème		2 - PROCESSUS HYDRODYNAMIQUES				
Objectif du thème	Objectif général : mesurer l'effet des travaux sur les hauteurs d'eau pour : <ul style="list-style-type: none"> • Apprécier leur efficacité en étiage et au module • Assurer une veille en situation de crue et à l'aval de Nantes 					
Indicateur	2.5 Mesures des débits : répartition des écoulements					
Maître d'ouvrage	GIP Loire Estuaire					
Mise en œuvre	GIP Loire Estuaire (analyse)					
Objectif de l'indicateur	<p>Comparaison des débits (m³/s) passant dans chaque bras avant et après les travaux des seuils du Fiesne-sur-Loire/Ingrandes</p> <p>Source: GIP Loire Estuaire</p>			Mesurer l'augmentation des débits dans les bras secondaires au dépend du bras principal Vérifier la traduction du remodelage des épis et de l'aménagement de Bellevue sur la remise en eau des bras et leur dynamique sédimentaire		
Indicateurs liés	1.1	2.1	2.2	2.3	2.4	
Paramètre mesuré	Variables		Profils de vitesses et sections d'écoulement à 248, 573, 845m ³ /s à Montjean (ADCP nautiques)			
	Produits de sortie		Graphiques			
Méthode/Protocole	Acquisition de donnée		Mesures par ADCP fixes ou nautiques			
	Produit d'acquisition		Profils de vitesses et sections d'écoulement à 248, 573, 845m ³ /s à Montjean			
	Traitement de données					
Périmètre concerné	Bras secondaire de Cul de Bœuf, bras de l'île Neuve-Macrière et bras de Thouaré (Confluence, défluence, bras navigable)					
Échéancier	En moyenne tous les 4 ans et après le passage d'une crue morphogène (2500m ³ /s).					
État zéro	En gras, les états zéro					
Etat antérieurs	Secteur A :					
		Date	Débit à Montjean (m³/s)			
		13/08/2021	309			
		14/06/2005	268			
		17/06/2003	289			
		17/07/2002	237			
		18/04/2017	437			
		27/05/2004	533			
		11/04/2002	525			
		23/04/2018	845			
	16/03/2005	805				

	29/01/2002	908															
	Secteur B :																
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Date</th> <th>Débit à Montjean (m3/s)</th> <th>Coefficient de marée à Saint-Nazaire</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>16/10/2018</td> <td>170</td> <td>40/34</td> </tr> <tr> <td>19/04/2017</td> <td>411</td> <td>36/34</td> </tr> <tr> <td>25/04/2018</td> <td>754</td> <td>50/59</td> </tr> <tr> <td>02/05/2018</td> <td>940</td> <td>89/86</td> </tr> </tbody> </table>		Date	Débit à Montjean (m3/s)	Coefficient de marée à Saint-Nazaire	16/10/2018	170	40/34	19/04/2017	411	36/34	25/04/2018	754	50/59	02/05/2018	940	89/86
Date	Débit à Montjean (m3/s)	Coefficient de marée à Saint-Nazaire															
16/10/2018	170	40/34															
19/04/2017	411	36/34															
25/04/2018	754	50/59															
02/05/2018	940	89/86															
	Secteur C : Pour le secteur C, le bras de Thouaré est actuellement déconnecté à basse mer de vives eaux lors de débits inférieurs à 965-985 m3/s																
Remarque																	
Descriptif de l'indicateur dans l'arrêté 2021/BPEF/104	2.5 – Mesure des débits : répartition des écoulements de 2024 à 2034, au minimum 3 acquisitions après le passage d'une crue morphogène (supérieure à 2500 m3/s)																
Remarques liées à l'arrêté 2021/BPEF/104	Le descriptif général de l'indicateur est plus complet que le descriptif inscrit dans l'arrêté d'autorisation.																
Versions de la fiche																	
Octobre 2020	Dossier d'enquête publique																
Juin 2022, à valider	Des précisions ont été apportées s'agissant des contraintes d'acquisition et des états antérieurs existants.																

Thème	2 - PROCESSUS HYDRODYNAMIQUES																																																	
Objectif du thème	Objectif général : mesurer l'effet des travaux sur les hauteurs d'eau pour : <ul style="list-style-type: none"> • Apprécier leur efficacité en étiage et au module • Assurer une veille en situation de crue et à l'aval de Nantes 																																																	
Indicateur	2.6 Connectivité des annexes hydrauliques																																																	
Maître d'ouvrage	GIP Loire Estuaire																																																	
Mise en œuvre	GIP Loire Estuaire (analyse)																																																	
Objectif de l'indicateur			Mesurer l'abaissement des débits de connexion des annexes Vérifier la traduction du remodelage des épis et de l'aménagement de Bellevue sur la connexion plus fréquente des annexes (baisse des débits de connexion)																																															
Indicateurs liés	1.1	2.1	2.2	2.3																																														
Paramètre mesuré	Variables		Débit de Loire nécessaire à la continuité hydraulique (bras secondaires), surface mouillée par débit classés (boires) ; analyse au cas par cas en fonction des facteurs de mise en eau et des « systèmes » d'annexe ;																																															
	Produits de sortie		Graphiques																																															
Méthode/Protocole	Acquisition de donnée		Ces rubriques reposent sur les produits utilisés pour les indicateurs 1.1, 2.1 et 2.2.																																															
	Produit d'acquisition																																																	
	Traitement de données		Création de 15 modèles numériques de ligne d'eau (MNLE) à partir de lignes d'eau mesurées par les limnigraphes ou par voie nautique (2.1, 2.2). Le croisement entre ces MNLE avec la géométrie 3D du lit (MNT) utilisé pour l'indicateur 1.1 permet d'obtenir un débit minimum pour assurer la connexion avec continuité hydraulique et une surface mouillée ; analyse au cas par cas en fonction des facteurs de mise en eau et des « systèmes » d'annexe ; le point de blocage est également identifié (épis, chevrette, banc de sable).																																															
		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Situation</th> <th colspan="2">débit classé</th> <th rowspan="2">% de temps à un débit inférieur à la situation</th> </tr> <tr> <th>Montjean</th> <th>Saumur</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>185</td> <td>152</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>254</td> <td>200</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>350</td> <td>258</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>441</td> <td>358</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>572</td> <td>447-475</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>660</td> <td>530</td> <td>55</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>965-985</td> <td>600-620</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>835-855</td> <td>690-710</td> <td>65</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>965-985</td> <td>795-815</td> <td>70</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>1105-1125</td> <td>900-960</td> <td>75</td> </tr> </tbody> </table>		Situation	débit classé		% de temps à un débit inférieur à la situation	Montjean	Saumur	1	185	152	10	2	254	200	20	3	350	258	30	4	441	358	40	5	572	447-475	50	6	660	530	55	7	965-985	600-620	60	8	835-855	690-710	65	9	965-985	795-815	70	10	1105-1125	900-960	75	
Situation	débit classé		% de temps à un débit inférieur à la situation																																															
	Montjean	Saumur																																																
1	185	152	10																																															
2	254	200	20																																															
3	350	258	30																																															
4	441	358	40																																															
5	572	447-475	50																																															
6	660	530	55																																															
7	965-985	600-620	60																																															
8	835-855	690-710	65																																															
9	965-985	795-815	70																																															
10	1105-1125	900-960	75																																															

		11	1260-1360	1010-1110	80
		12	1475-1575	1200-1300	85
		13	1830-1930	1440-1540	90
		14	2370-2570	1860-2060	95
		15	3140-3340	2540-2740	98
Périmètre concerné	Bras secondaires et boires (Priorité 1 : Les Ponts-de-Cé - Nantes / Priorité 2 : Montsoreau - Nantes)				
Échéancier	En moyenne tous les 4 ans et après le passage d'une crue morphogène (2500m3/s).				
État zéro	2019 ou 2020 selon la réussite de la campagne (Programme ARD)				
Etat antérieurs	Existence de référentiel en 2009, 2013 et 2017				
Remarque					
Descriptif de l'indicateur dans l'arrêté 2021/BPEF/104	2.6 – Connectivité des annexes hydrauliques : de 2024 à 2034, au minimum 3 acquisitions après le passage d'une crue morphogène (supérieure à 2500 m3/s)				
Remarques liées à l'arrêté 2021/BPEF/104	Le descriptif général de l'indicateur est plus complet que le descriptif inscrit dans l'arrêté d'autorisation.				
Versions de la fiche					
Octobre 2020	Dossier d'enquête publique				
Juin 2022, à valider	Des précisions ont été apportées s'agissant des contraintes d'acquisition et des états antérieurs existants.				