



# PROGRAMME EXPERIMENTAL DE GESTION SEDIMENTAIRE DE L'ESTUAIRE DE LA RANCE

ACCOMPAGNEMENT A LA DEFINITION DU PLAN DE  
GESTION EXPERIMENTAL QUINQUENNAL

16 octobre 2019



## Informations relatives au document

### INFORMATIONS GÉNÉRALES

<b>Auteur(s)</b>	A. HOURQUET, J-V DELEMASURE, A. DREAU
<b>Volume du document</b>	Programme expérimental de gestion sédimentaire
<b>Version</b>	V3
<b>Référence</b>	WAOJ03802_22

### HISTORIQUE DES MODIFICATIONS

Version	Date	Rédigé par	Visé par	Modifications
V0	11 Juin 2019	A. HOURQUET, J-V. DELEMASURE	J-V. DELEMASURE	
V1	15 Juillet 2019	A. DREAU	A DREAU / N. PROULHAC	
V2	23 Juillet 2019	A. DREAU, J-V DELEMASURE	J-V DELEMASURE	
V3	15 Octobre 2019	A. HOURQUET, J-V. DELEMASURE, A. DREAU	J-V. DELEMASURE	
V4	16 Octobre 2019	J-V. DELEMASURE	J-V. DELEMASURE	

### DESTINATAIRES

Nom	Entité
V. FOUSSARD	EPTB Rance Frémur Baie de Beaussais
A. LEGEAY	EPTB Rance Frémur Baie de Beaussais

## Avertissement

L'assistance à maîtrise d'ouvrage (AMO) réalisé par les bureaux d'études EGIS et IDRA en 2019 avait pour objectif d'accompagner l'EPTB Rance Frémur baie de Beausais dans la définition d'un plan de gestion expérimental sur 5 ans des sédiments de l'estuaire de la Rance.

Cette AMO a permis de centraliser diverses connaissances sur le phénomène d'envasement constaté dans l'estuaire de la Rance, les méthodes de dragage existantes (principe, coûts de mise en œuvre, applicabilité en Rance) et les retours d'expérience en valorisation (bases pour les réflexions sur les nouvelles filières de valorisation des sédiments de la Rance). Elle a également permis de définir la faisabilité d'aménager d'anciennes lagunes de STEP en site de dépôt temporaire des sédiments, expérimentation qui a pu être lancée à l'automne 2019 sur les lagunes de Saint-Jouan des Guérets.

Sur la base de ces éléments de connaissance et des échanges réalisés dans le cadre du comité de suivi de l'AMO, des propositions de scénarios de plan de gestion ont été faites par les bureaux d'études EGIS et IDRA. Parmi ces propositions figure l'identification de divers sites potentiels de dragage associés à des estimations de volumes de sédiments à extraire. Ces propositions d'action ont permis de définir une première opération expérimentale « sans regret » en 2019-2020 ; pour les années suivantes, le programme d'action est à co-construire en s'appuyant en particulier sur :

- une analyse plus développée du fonctionnement hydro-sédimentaire de l'estuaire de la Rance, une quantification fiabilisée du stock de sédiments accumulés dans l'estuaire ainsi que des apports annuels en sédiments ;
- la prise en compte de l'ensemble des enjeux économiques (navigation, pêche, aquaculture, tourisme, production d'électricité), environnementaux (préservation de sites remarquables et d'espèces faunistiques et floristiques associées) et patrimoniaux du territoire.

Conformément aux préconisations du rapport d'expertise du CGEDD/CGE de 2017, le plan de gestion expérimental des sédiments de la Rance sera défini par les instances mises en place que sont le comité de pilotage du plan de gestion, le conseil scientifique, le comité des financeurs et la sous-commission Sédiments, cette dernière ayant pour objectif de co-construire le plan de gestion avec les acteurs locaux.

M. Chesnais,

Président de l'EPTB Rance Frémur  
baie de Beausais



## SOMMAIRE

---

<b>1 - INTRODUCTION .....</b>	<b>9</b>
<b>2 - HISTORIQUE DES OPERATIONS .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1 - Opérations.....</b>	<b>10</b>
<b>2.2 - Chasses.....</b>	<b>11</b>
<b>2.3 - Efficacité des opérations.....</b>	<b>13</b>
<b>3 - ANALYSE DES PROCESSUS HYDRO-SEDIMENTAIRES .....</b>	<b>14</b>
<b>3.1 - Analyse bibliographique .....</b>	<b>14</b>
<b>3.2 - Etude des levés bathymétriques .....</b>	<b>18</b>
<b>3.2.1 - Données disponibles .....</b>	<b>18</b>
<b>3.2.2 - Comparaison des levés de 2011 et 2018 .....</b>	<b>21</b>
3.2.2.1 - Incertitudes de mesures .....	21
3.2.2.2 - Identification des zones de dépôts.....	24
<b>4 - USAGES ET ENJEUX DU BASSIN DE LA RANCE .....</b>	<b>27</b>
<b>4.1 - Définition des usages et enjeux .....</b>	<b>27</b>
<b>4.2 - Priorisation des zones .....</b>	<b>33</b>
<b>5 - METHODES DE DRAGAGE.....</b>	<b>36</b>
<b>5.1 - Généralités.....</b>	<b>36</b>
5.1.1 - Dragage mécanique .....	36
5.1.2 - Dragage hydraulique .....	36
5.1.3 - Dragage doux ou environnemental.....	37
5.1.4 - Piège à sédiments.....	40
5.1.5 - Chasses hydrauliques .....	40
<b>5.2 - Procédures réglementaires .....</b>	<b>41</b>
5.2.1 - Nomenclature Loi sur l'Eau.....	41
5.2.2 - Evaluation environnementale.....	42
5.2.3 - Incidences Natura 2000 .....	42
<b>5.3 - Applicabilité à l'estuaire de la Rance.....</b>	<b>43</b>
<b>6 - PRIORISATION DES SITES DE DRAGAGE.....</b>	<b>48</b>
<b>6.1 - Méthodologie de calcul des volumes .....</b>	<b>48</b>
<b>6.2 - Méthodologie d'évaluation des coûts.....</b>	<b>53</b>
6.2.1 - Estimation des coûts unitaires.....	53
6.2.2 - Exemples .....	53
<b>6.3 - Priorisation de sites .....</b>	<b>57</b>

<b>7 - FILIERES DE GESTION DES SEDIMENTS.....</b>	<b>60</b>
<b>7.1 - Filières de gestion envisageables.....</b>	<b>60</b>
<b>7.1.1 - Epandage / reconstitution de sol (fiche filière n°1) .....</b>	<b>60</b>
7.1.1.1 - Historique des pratiques et retours d'expériences .....	60
7.1.1.2 - Potentialités du territoire.....	63
<b>7.1.2 - Autres filières.....</b>	<b>63</b>
<b>7.2 - Autres expérimentations mises en œuvre .....</b>	<b>69</b>
<b>7.3 - Recherche &amp; Développement.....</b>	<b>71</b>
<b>7.3.1 - Agronomie .....</b>	<b>72</b>
<b>7.3.2 - Valorisation en technique routière et aménagement périphériques de type merlon.....</b>	<b>72</b>
<b>7.3.3 - Valorisation des sédiments dans le domaine des matériaux de constructions.....</b>	<b>73</b>
<b>7.3.4 - Hydrosédimentaire.....</b>	<b>73</b>
<b>7.4 - Les sites de transit : un outil de gestion.....</b>	<b>74</b>
<b>7.4.1 - Objectifs et principes de fonctionnement.....</b>	<b>74</b>
<b>7.4.2 - Enjeux et contraintes pour la création de site de transit .....</b>	<b>76</b>
<b>7.4.3 - Elargissement du spectre d'action des sites de transit .....</b>	<b>80</b>
<b>7.4.4 - Cadre réglementaire pour la création d'un nouveau site .....</b>	<b>81</b>
7.4.4.1 - Statut réglementaire des sédiments .....	81
7.4.4.2 - Vers une sortie du statut de déchet.....	81
7.4.4.3 - Installations de stockage des Déchets (ISD) .....	82
7.4.4.4 - Procédures réglementaires pour créer un nouveau site.....	82
7.4.4.5 - Sites classés .....	83
<b>7.4.5 - Identification d'un premier site .....</b>	<b>83</b>
<b>7.4.6 - Perspectives / autres sites à identifier.....</b>	<b>88</b>
<b>8 - PROPOSITION DE PLAN EXPERIMENTAL.....</b>	<b>90</b>
<b>8.1 - Préambule .....</b>	<b>90</b>
<b>8.2 - Première proposition de plan de gestion .....</b>	<b>90</b>
<b>8.2.1 - Année 1 - 2018/2019.....</b>	<b>90</b>
<b>8.2.2 - Année 2 - 2019/2020.....</b>	<b>91</b>
8.2.2.1 - Opérations de dragage.....	91
8.2.2.2 - Autres opérations.....	91
8.2.2.3 - Evaluation des coûts .....	91
<b>8.2.3 - Année 3 - 2020/2021.....</b>	<b>92</b>
8.2.3.1 - Opération de dragage.....	92
8.2.3.2 - Valorisation des sédiments et autres opérations.....	92
8.2.3.3 - Evaluation des coûts .....	92
<b>8.2.4 - Année 4 - 2021/2022.....</b>	<b>94</b>
8.2.4.1 - Opérations préalables .....	94
8.2.4.2 - Opérations de dragage.....	94
8.2.4.3 - Evaluation des coûts .....	94
<b>8.2.5 - Année 5 - 2022/2023.....</b>	<b>95</b>
8.2.5.1 - Opérations préalables .....	95

8.2.5.2 - Opérations de dragage.....	95
8.2.5.3 - Evaluation des coûts .....	95
<b>8.2.6 - Bilan.....</b>	<b>96</b>
<b>8.3 - Alternative avec un deuxième piège à sédiments.....</b>	<b>97</b>
8.3.1 - Chêne Vert.....	97
8.3.2 - Plaine de Mordreuc .....	99
8.3.3 - Aménagement d'un site de transit .....	101
8.3.4 - Planning .....	101
8.3.5 - Evaluation des coûts.....	102
<b>8.4 - Solution hybride .....</b>	<b>103</b>
8.4.1 - Plan de gestion .....	103
8.4.2 - Planning .....	104
8.4.3 - Chiffrage .....	104
<b>9 - CONCLUSION .....</b>	<b>106</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>108</b>
<b>ANNEXE 1 – Visuel de la 1<sup>ère</sup> proposition du plan de gestion.....</b>	<b>109</b>
<b>ANNEXE 2 – Fiches filières .....</b>	<b>110</b>
<b>ANNEXE 3 – Programme de mesures sédimentaires dans le cadre de la construction d'un modèle hydro-sédimentaire en Rance (EDF R&amp;D / Université de Bordeaux – Version avant amendements demandés par le conseil scientifique).....</b>	<b>111</b>

# LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte du Bassin Versant de la Rance et cours d'eau voisin (source : sagerancefremur.com).....	12
Figure 2 - répartition des sédiments superficiels en 1994 dans le bassin maritime de la Rance (d'après Bonnot-Courtois, 1995).....	14
Figure 3 – Dépôts simulés au bout de 10 cycles lunaires avec un zoom sur la partie amont et comparaison de deux représentations du comportement des vases (THIEBOT, 2008).....	15
Figure 4 - Différentiel entre les levés bathymétriques de 1957 et 2011 de l'estuaire de la Rance (Donnée EDF, Réalisée par Mesuris, 2016).....	17
Figure 5 – Comparaison des emprises des levés topo-bathymétriques de 2008 et 2019.....	19
Figure 6 – Cartographie topo-bathymétrie 2018 et localisation des principales vasières.....	20
Figure 7 – Artefacts observés sur le différentiel topo-bathymétrie 2018 - 2011.....	22
Figure 8 – Différentiel Topo-bathymétrie 2018 – 2011, données topo-bathymétriques 2018, données bathymétriques 2011 et LIDAR 2009.....	23
Figure 9 – Différentiel Topo-bathymétrie 2018 – 2011, données topo-bathymétriques 2018 et données bathymétriques 2011.....	24
Figure 10 – Principales zones d'accumulation entre 2011 et 2018 sur le bassin amont.....	25
Figure 11 – Vue aérienne de la plaine de Mordreuc, de l'anse du Chêne vert et du bassin amont.....	26
Figure 12 – Enjeu de navigation et conservation des tirants d'eau sur le bassin maritime de la Rance.....	28
Figure 13 – Dimension patrimoniale et touristique : Enjeu de limitation de l'envasement.....	29
Figure 14 – Activités de pêche et conchyliculture : Enjeux de limitation de l'envasement et de conservation des habitats.....	30
Figure 15 – Enjeu de conservation des sites et habitats remarquables pour les habitats protégés (herbiers de Zostères) et vasières classées en ZNIEFF 1.....	32
Figure 16 – Enjeu de conservation des sites et habitats remarquables pour les zones Natura 2000.....	32
Figure 17 – Proposition de découpage du bassin en zone de dragage.....	33
Figure 18 – Outil de hiérarchisation - Grille de notation.....	34
Figure 19 – Pelle sur ponton avec chargement d'une barge (photo : CDES), pelle amphibie (photo : Ouest-France).....	36
Figure 20 – DAM Samuel de Champlain et DAS sur la Rance (photos dredgingpoint et cœur Emeraude).....	37
Figure 21 – Rechargement de plage par Rainbowing (DAM Mellina, photo DEME Group).....	37
Figure 22 – A droite drague munie d'une charrue de nivellement (source CEREMA), à gauche, pelle amphibie munie d'un agitateur à hélice (photo EGIS).....	38
Figure 23 – Drague Le Milouin (Photo : GPMNSN - André Bocquel, meretmarine.com).....	38
Figure 24 – Principe du dragage à injection d'eau (Meyer 2000).....	38
Figure 25 – Rotodévaseur (Source: CETMEF).....	39
Figure 26 – DAS André Gendre (Source : dredgepoint.org) et pompe Toyo (source : hydroplusrental.be).....	39
Figure 27 – Localisation du piège à sédiments du Lyvet (IDRA, 2015) et dragage du piège par une DAS (photo : EDF/actu.fr).....	40
Figure 28 – Méthode de chasse hydraulique.....	40
Figure 29 – Polygones délimitant les Accès aux cales de mise à l'eau / bathy 2018 et zones de mouillage / bathy différentielle 2011-2018.....	49
Figure 30 – Volumes de dépôts récents (2011-2018) calculés sur les zones d'accès du chenal aux cales de mise à l'eau.....	50
Figure 31 – Volumes de dépôts récents (2011-2018) calculés sur les zones de mouillage.....	52
Figure 32 – Volume de dépôts récents (2011-2018) calculés sur la zone d'atterrissement de Mordreuc.....	53
Figure 33 – Localisation de Langrolay et distance avec le site de La Hisse.....	54
Figure 34 – Localisation de la zone de mouillage de Moulin Neuf.....	55
Figure 35 – Localisation de la zone d'atterrissement de Mordreuc.....	56
Figure 36 – Cales de Plouër et de Saint-Suliac.....	57
Figure 37 – Cales de Langrolay et Montmarin.....	58
Figure 38 – Cales de Saint-Jouan et Moulin Neuf.....	58
Figure 39 – Cales du Minihic et de l'Anse des Rivières.....	59
Figure 40 – Epannage de sédiment (cOEur E. / IDRA, 2018 ; CA 17).....	61
Figure 41 – Cinétique d'abattement du sel dans les sédiments sur le site de la hisse (cOEur E., 2016).....	62
Figure 42 – Merlons phonique et paysager (A : IDRA, La Trinité-surzur, 2018 / B : GPM de Dunkerque).....	64
Figure 43 – Digue secondaire de protection contre les submersions (IDRA, commune de Séné, 2018).....	64
Figure 44 – Création d'une plate-forme maraichère, à l'aide de sédiment, destinée à accueillir des serres (Paimpol, 2015).....	65
Figure 45 – Création d'un terre-plein portuaire (A : Bassin bouvet - Saint-Malo, 2016 / B : stockage en géocontainers sous terre-plein - La Turballe, 2016 / C : Casier avant remplissage – Port Haliguen, 2019 / D : Remplissage terre-plein en géocontainer – Pouldavid Douarnenez, 2018).....	66
Figure 46 – Rehabilitation de site (CET) à partir de sédiment (La Lande du Matz - Sarzeau, IDRA 2015).....	67
Figure 47 – Immersion de sédiment à l'aide d'un chaland fendable.....	67
Figure 48 – Ilots repaires en sédiment (A : estuaire de Seine, GPM du Havre, 2012 / B : Pays-Bas : Zuiderzee).....	68
Figure 49 – Structure d'une chaussée routière et différents types d'usages (Guides opérationnels valorisation des sédiments de dragage, Ecole des mines Douais / SETRA, 2011).....	69
Figure 50 – Remploi en filière routière (A : route du Freycinet à dunkerque - Colas, 2012 / B : Site du Teich à Arcachon – SOLVALOR 2018).....	70

Figure 51 – Carte de localisation des exploitation de granulats ( <a href="http://www.mineralinfo.fr">http://www.mineralinfo.fr</a> ).....	70
Figure 52 – Remploi en filière béton : acropode au GPM De dunkerque ( <a href="http://sedilab.sediments.fr">sedilab.sediments.fr</a> ).....	71
Figure 53 – Schémas des principales étapes du lagunage et vue de profil d'un site théorique (IDRA / GPMD / ENVISAN).....	75
Figure 54 – Exemple de retournement dynamique dans un site de transit (SOLVALOR, 2019).....	75
Figure 55 – Mise en œuvre d'une barrière passive (La Hisse / IDRA, 2018).....	76
Figure 56 – Elements d'enjeux à prendre en compte pour l'identification de site de transit.....	76
Figure 57 – Exemples de poste de déchargement à quai et de chargement de camion benne étanche à l'aide de trémie (IDRA/CDES, 2019).....	77
Figure 58 – Illustrations de Quelques Sites de transit en fonctionnement ( a : La Hisse – 22 ; B : Le TelCh - Arcachon – 33 ; C : Tohannic - vannes – 56 ).....	78
Figure 59 – Illustration d'un site de ressuyage simple en casier.....	79
Figure 60 – Illustrations d'enjeux d'usage (A : gîte rural / B : merlon anti-bruit, LA HISSE, IDRA).....	80
Figure 61 – Emprise disponible du MNT (LIDAR) sur la partie terrestre.....	84
Figure 62 – Extrait du fichier de pente établi et sites classés - achures jaunes - (secteur de la Ville-ger).....	85
Figure 63 : Localisation du site de saint-Jouan des Guerets.....	86
Figure 64 : Dessertes routière du site (Saint-Jouan des Guerets).....	87
Figure 65 - Localisations possibles d'un deuxième piège à sédiments.....	97
Figure 66 - Sédimentation sur le site du Chêne Vert, localisation des dépôts principaux (différentiel 2011 – 2018 en haut, bathymétrie 2018 en bas).....	98
Figure 67 - Sédimentation sur le site de Mordreuc, localisation des dépôts principaux (différentiel 2011 – 2018 en haut, bathymétrie 2018 en bas).....	100
Figure 68 : Localisation des sites classés (zones hachurées, source : Geobretagne) à proximité du Chêne Vert et de la Plaine de Mordreuc.....	101

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 – Synthèse des opérations entre 1990 et 2018.....	10
Tableau 2 – Synthèse de l'historique des chasses réalisées par EDF.....	12
Tableau 3 - Rubrique 4.1.3.0 de la Nomenclature Loi sur l'Eau.....	41
Tableau 4 – Volumes à extraire en fonction des objectifs de dragage sur les accès aux cales de mise à l'eau.....	50

# 1 - INTRODUCTION

L'envasement de l'estuaire de la Rance est un phénomène historique qui concerne de nombreux usages, tels que la navigation, la biodiversité, l'attractivité paysagère, la pêche et l'aquaculture... Ce phénomène s'est poursuivi depuis l'aménagement de l'usine marémotrice en 1966. Suite à une forte demande des acteurs locaux et sur directive ministérielle, une mission d'expertise et d'évaluation de la situation sédimentaire de l'estuaire a été menée par le CGEDD (Conseil Général de l'Environnement du Développement Durable) et par le CGE (Conseil Général de l'Economie).

Les acteurs du CGEDD/CGE ont reconnu le rôle de l'association Cœur Emeraude en tant qu'acteur historique des programmes de gestion sédimentaire sur l'estuaire. Ils ont néanmoins considéré que les projets à venir devaient être portés par une structure publique, permettant de supporter leurs aspects financiers et politiques. Ainsi, l'EPTB Rance Frémur Baie de Beausse est aujourd'hui porteur de la compétence gestion des sédiments sur le bassin maritime de la Rance.

Le rapport de la mission menée par le CGEDD/CGE émet des recommandations sur les volets technique et financier ainsi que sur le volet gouvernance et s'articule en deux temps : à court et moyen terme en développant un plan expérimental sur 5 ans, puis à long terme en développant un plan pérenne de gestion.

Le **plan d'action expérimental** sur 5 ans a été préconisé, en prévoyant d'extraire et valoriser 250 000 m<sup>3</sup> de sédiments, soit 50 000 m<sup>3</sup> par an. Ce plan quinquennal vise, à court terme, à préciser les zones d'extraction, les techniques à employer et les filières de gestion possibles, ainsi qu'à tester l'efficacité des mesures. A plus long terme, le plan expérimental donne la base d'un plan de gestion pérenne. A l'issue de ce plan quinquennal, un plan pérenne de gestion sédimentaire devra ainsi être proposé. Un conseil scientifique composé d'experts a été recommandé afin d'accompagner la définition de ces plans de gestion. Un volet de recherche et développement a également été préconisé afin de mieux appréhender le fonctionnement sédimentaire de l'estuaire, et de disposer de retours sur les expériences déjà engagées.

Ce marché porte sur la définition du plan d'action expérimental sur 5 ans. L'objectif de ce plan est d'aboutir à un plan de gestion pérenne permettant le maintien des usages et l'atteinte d'un bon potentiel écologique sur l'estuaire, ainsi que de mettre en place une ou plusieurs filières de valorisation des sédiments extraits.

L'étude menée dans le cadre de ce marché s'articule en deux lots :

- Elaboration d'un programme test sur 5 ans de mesures de gestion sédimentaire avec une priorisation des zones en fonction des divers usages de l'estuaire ;
- Réalisation d'un état des lieux des connaissances actuelles sur la valorisation des sédiments sur le bassin de la Rance et ailleurs.

## 2 - HISTORIQUE DES OPERATIONS

Autrefois, les sédiments marins étaient prélevés tout au long de l'estuaire et dans les retenues des moulins à marées, et exploités dans l'agriculture. Depuis la construction du barrage-écluse du Châtelier, les méthodes utilisées pour désenvaser l'estuaire de la Rance sont essentiellement des chasses, des opérations de piégeage des sédiments et des dragages hydrauliques. Elles concernent les secteurs amont du bassin (vasière du Lyvet et aval de l'écluse du Chatelier principalement) ainsi que la plaine de Mordreuc. Au total, depuis 1993 et sans prendre en compte l'opération du Lyvet III (2018/2019), un volume de 270 000 m<sup>3</sup> a été dragué sur la Rance.

### 2.1 - Opérations

Du fait de l'envasement croissant du chenal de navigation dans la partie amont de l'estuaire, des dragages d'entretien menés par EDF ont été nécessaires au début des années 90 à proximité de l'écluse du Châtelier pendant 3 années consécutives (1990, 1991 et 1992). Les quantités draguées ont été de 6 000 m<sup>3</sup> en 1990 et de 20 000 m<sup>3</sup> les années suivantes. D'autres opérations de gestion des sédiments ont été menées par EDF dans le cadre de son obligation d'entretien de la navigabilité du chenal liée à la concession du barrage. Cinq opérations majeures ont été réalisées en 1996, 2001, 2003/2004, 2014/2015 et 2018/2019, notamment dans le cadre du Contrat de Baie.

**TABEAU 1 – SYNTHÈSE DES OPERATIONS ENTRE 1990 ET 2018**

Année	Volume (m <sup>3</sup> )	Nature	Technique	Coût (€)	Localisation	Maître d'Ouvrage	Filière de valorisation
1990	6 000	Dragage d'entretien chenal	Remise en suspension au jusant	50 k€	Aval de l'écluse du Chatelier	EDF	Redistribution
1991	10 000	Dragage d'entretien chenal	Remise en suspension au jusant	84 k€		EDF	Redistribution
1992	10 000	Dragage d'entretien chenal	Remise en suspension au jusant	84 k€		EDF	Redistribution
1993	3 000	Expérimentation privée	Dragage mécanique	38 k€	Lyvet	Privé (+CG22)	Valorisation directe par épandage agricole
1996	10 000	<b>Contrat de baie Chantier expérimental</b>	<b>Piège Dragage mécanique</b>		Lyvet	<b>Etat, Région, CG 22, CG 35</b>	<b>Multiples essais de valorisation</b>
2000-2001	92 000	<b>Contrat de baie - Lyvet I</b>	<b>Piège Dragage hydraulique</b>	1 500 k€	Lyvet	EDF	<b>Valorisation directe par épandage agricole</b>
2003-2004	91 000	<b>Contrat de baie</b>	<b>Dragage hydraulique Hydro-cyclonage</b>	3 700 k€	<b>Zone de Mordreuc</b>	EDF	<b>Epandage agricole (31 000 m<sup>3</sup>) et reconstitution plages et dunes (60 000 m<sup>3</sup>)</b>
2014-2015	65 000	Lyvet II	<b>Piège (63000 m<sup>3</sup>) + chenal aval écluse (2000 m<sup>3</sup>) Dragage hydraulique</b>	<b>1 500 k€ dont 760 k€ pour le curage</b>	Piège du Lyvet	Cœur Emeraude	<b>Site ICPE La Hisse puis valorisation agricole (~35 000 m<sup>3</sup>)</b>

2017	500	Dragage d'entretien chenal	Remise en suspension au jusant	50 k€	Aval écluse du Châtelier	EDF	Rejet en aval à marée descendante
2018	7 100	Dragage d'entretien chenal	Dragage hydraulique	180 k€	Aval écluse du Châtelier	EDF	Site ICPE La Hisse
<b>2018-2019</b>	<b>80 000</b>	<b>Lylvet III</b>	<b>Piège Dragage hydraulique</b>	<b>1 100 k€</b>	<b>Piège du Lylvet</b>	<b>Cœur Emeraude</b>	<b>Site ICPE La Hisse</b>

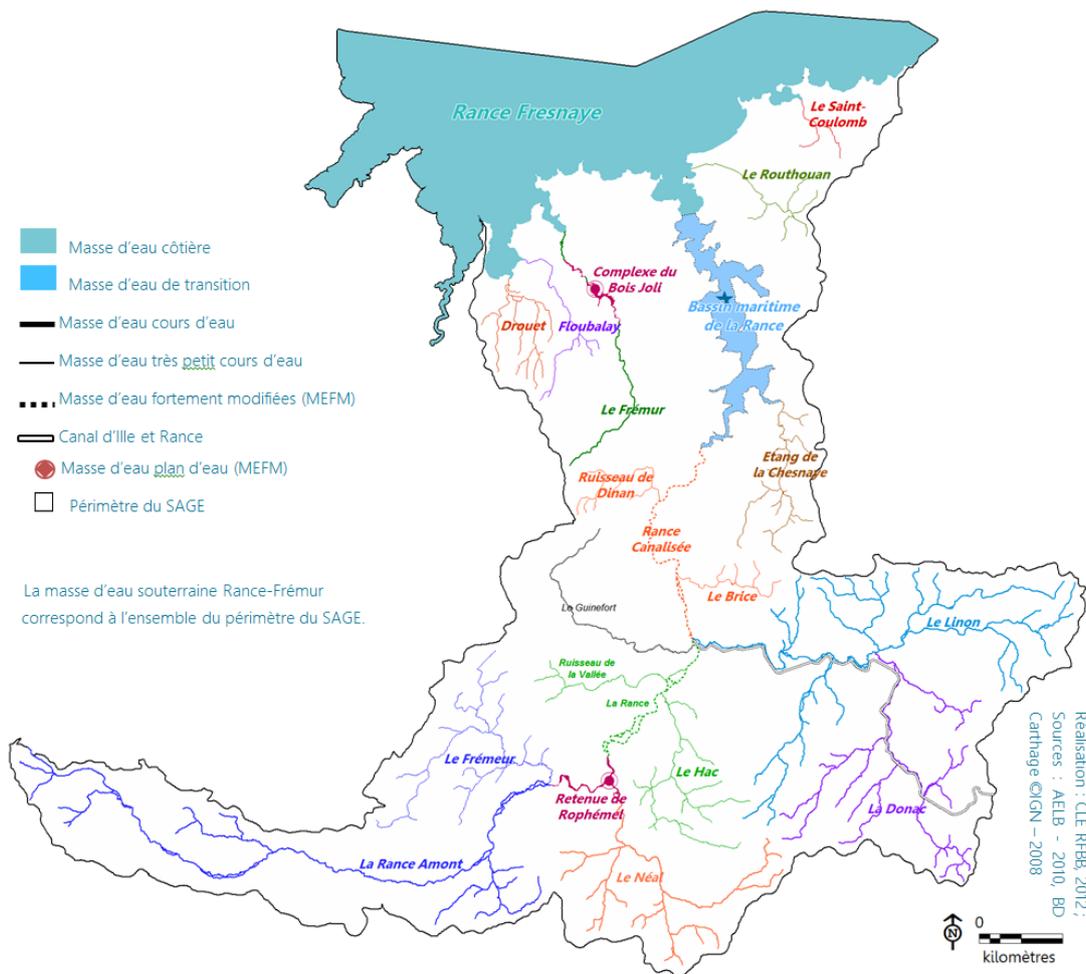
A ces volumes doivent être ajoutés les **dragages du Port de Plouer**, situé sur le bassin maritime. Les dernières opérations, sous maîtrise d'ouvrage de la mairie de Plouer-sur-Rance, ont consisté en un dragage hydraulique de **9 300 m<sup>3</sup> en 2015** et **10 000 m<sup>3</sup> en 2008**. Les sédiments extraits ont été refoulés dans la lagune de décantation située à côté du port. Si les matériaux extraits en 2015 sont toujours présents au sein de la lagune et sont destinés à une valorisation agricole, les matériaux de 2008 ont permis de tapisser le fond des lagunes du site ICPE de La Hisse en 2014.

## 2.2 - Chasses

Les chasses hydrauliques réalisées par EDF ont lieu à partir de 1996. Elles consistent à ouvrir les vannes du barrage du Châtelier pendant une à trois heures, à des périodes où le débit de la Rance est renforcé. Elles permettent de déplacer les matériaux accumulés dans le chenal de navigation (à l'aval de l'écluse du Châtelier).

La Rance présente un module de 2,6 m<sup>3</sup>/s (mesuré à Guenroc, Rophemel, *donnée Banque Hydro*) et un débit d'étiage à 0,055 m<sup>3</sup>/s (QMNA5 mesuré à Guenroc, Rophemel, *donnée Banque Hydro*). En crue, le débit moyen journalier décennal de la Rance atteint quant à lui 51 m<sup>3</sup>/s (mesuré à Guenroc, Rophemel, *donnée Banque Hydro*).

Nota : Ces données sont mesurées à Rophemel, dernier point disponible sur le bassin de la Rance mais ne couvrant qu'un tiers du bassin versant.



**FIGURE 1 : CARTE DU BASSIN VERSANT DE LA RANCE ET COURS D'EAU VOISIN (SOURCE : SAGERANCEFREMUR.COM)**

**TABLEAU 2 – SYNTHÈSE DE L'HISTORIQUE DES CHASSES RÉALISÉES PAR EDF**

Date	Nombre de chasses	Durée de la chasse
26/08/1996 au 30/08/1996	4	2h maxi/chasse
1997 - année complète	38	2 à 3h maxi/chasse
jan-98 à mars-98 02/08/1998 à déc-98	20	2 à 3h maxi/chasse
fév-99 à mai-99 oct-99 à déc-99	9	2h maxi/chasse
mars-02	1	1h
mars-03	2	1,5h
mai-04	2	1h
févr-05	3	2h maxi/chasse
jan-06 à avr-06	9	1,5h maxi/chasse
fév-08 à mai-08 déc-08	13	1 à 2h maxi/chasse
déc-09	5	1h
jan-10 à mars-10	5	1,5 à 2h maxi/chasse
hivers 2011-2015	5	1h

## 2.3 - Efficacité des opérations

De nombreux rapports ont permis d'analyser les effets des opérations réalisées sur l'envasement, et notamment (liste non exhaustive) :

- BONNOT-COURTOIS C. et LAFOND L.R. (1991). – Caractérisation et comportement des vases dans l'estuaire de la Rance. *Rapport E.D.F./RIVAGES/Lab. Géomorphologie Dinard*, 114 p.
- BONNOT-COURTOIS C., LAFOND L.R. et LE VOT M. (1993). Suivi d'une chasse hydraulique expérimentale dans la partie amont du bassin maritime de la Rance. *Rapport E.D.F./RIVAGES/Lab. Géomorphologie Dinard*, 23 p.
- BONNOT-COURTOIS C. (1993). – Analyse comparée des effets de dragage et de chasse hydraulique sur l'envasement à l'amont du bassin maritime de la Rance. *La Houille Blanche*, N°8, pp. 539-550
- BROSSAULT J-Y. et al (2013). – Suivi de la sédimentation dans les vasières de la Rance. *Rapport Laboratoire GCGM – Géologie & Environnement INSA Rennes*, 18 p.
- BROSSAULT J-Y., et al (2014). – Suivi de la sédimentation dans les vasières de la Rance. *Rapport Laboratoire GCGM – Géologie & Environnement INSA Rennes*, 17 p.
- JIGOREL A. et al (2012). – Synthèse du suivi de la sédimentation dans les vasières de la Rance. *Rapport Laboratoire GCGM – Géologie & Environnement INSA Rennes*, 35 p.

### 3 - ANALYSE DES PROCESSUS HYDRO-SEDIMENTAIRES

Le phénomène de sédimentation dans l'estuaire de la Rance a été impacté par la construction du barrage et de l'usine marémotrice. On observe notamment une modification de l'onde de marée, ayant pour conséquences la réduction des vitesses de courant liée à l'élévation moyenne des niveaux, et une augmentation de la durée des étales. En revanche, la limitation du volume d'eau rentrant dans le bassin à chaque marée, limite la quantité de sédiments entrant dans l'estuaire et donc susceptibles de s'y déposer.

A noter qu'une thèse CIFRE menée par EDF et récemment commencée vise à l'élaboration d'un modèle hydro-sédimentaire du bassin de la Rance. Ce modèle permettra de préciser l'évolution hydro-sédimentaire du bassin.

#### 3.1 - Analyse bibliographique

Plusieurs travaux ont mis en évidence les processus hydro-sédimentaires dans l'estuaire et les limites de l'analyse. Quelques études importantes sont reprises ici.

##### ■ Thiébot, *Modélisation numérique des processus gouvernant la formation et la dégradation des massifs vaseux*, 2008

Les courants de marée sont violents à l'embouchure. Le chenal est recouvert de sables grossiers et de cailloutis (témoins de courants importants), alors que les anses sont constituées de sables vaseux (courants plus faibles). Les courants sont atténués et la sédimentation est plus fine dans la partie amont. Dans la partie aval de l'estuaire, les chenaux sont relativement stables avec parfois de l'érosion localisée dans les zones de forts courants et un léger rehaussement des fonds dans les anses. La zone intermédiaire entre Port Saint Jean et Mordreuc, présente un engraissement des anses, et la partie amont entre Mordreuc et Le Chatelier, est en phase de comblement.

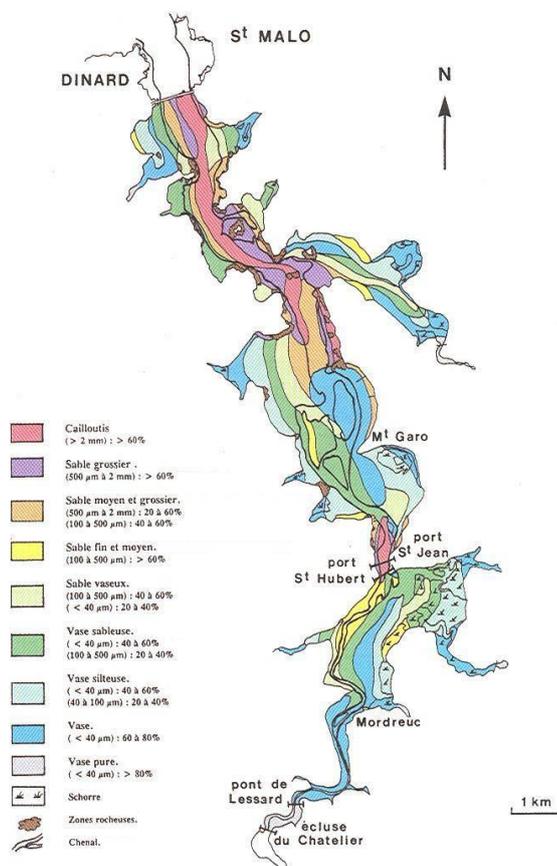


FIGURE 2 - REPARTITION DES SEDIMENTS SUPERFICIELS EN 1994 DANS LE BASSIN MARITIME DE LA RANCE (D'APRES BONNOT-COURTOIS, 1995)

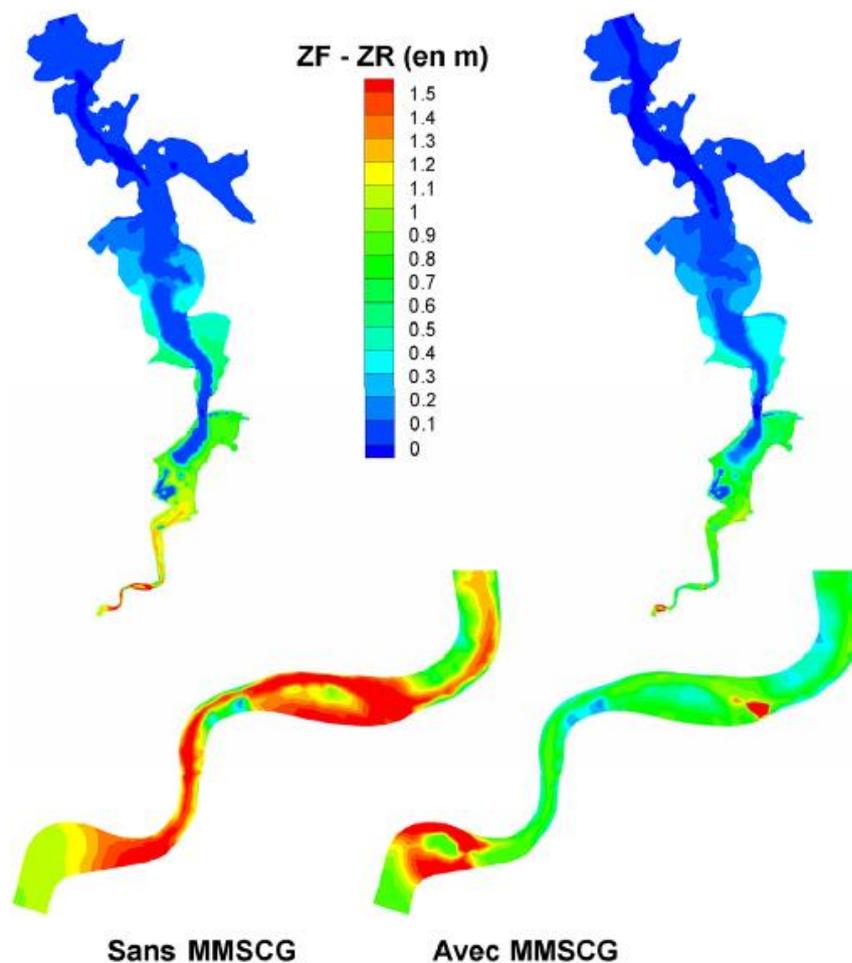


Figure III-18 : Carte des dépôts (ZF-ZR) au bout de 10 cycles lunaires avec un zoom sur la partie amont

**FIGURE 3 – DEPOTS SIMULES<sup>1</sup> AU BOUT DE 10 CYCLES LUNAIRES AVEC UN ZOOM SUR LA PARTIE AMONT ET COMPARAISON DE DEUX REPRESENTATIONS DU COMPORTEMENT DES VASES (THIEBOT, 2008)**

**Les zones de dépôts préférentiels sont situées au niveau des anses dans la moitié amont de l'estuaire, et sur l'ensemble du bassin amont.**

■ **Thébault, *Gestion des sédiments – Propositions 2015, 2015***

Les différentes études réalisées ont montré des résultats dispersés en termes de mesures de la sédimentation dans le bassin, dépendant de la localisation, des méthodes utilisées, des périodes de mesure. Chaque vase peut présenter des spécificités en terme d'accrétion et/ou d'érosion en fonction des conditions générales ou locales. L'estuaire est divisé en quatre zones caractérisées par des processus de sédimentation différents.

La zone 1 du barrage à Port Saint-Jean, possède une salinité identique à l'eau du golfe de Saint-Malo et est séparée en deux zones : zone 1A du barrage à la ligne pointe du Ton caractérisée par des courants plus importants et un volume d'eau résiduel très élevé lors des niveaux bas (mis à part le bras de Chateauneuf) et zone 1B de la ligne pointe du Ton à Port Saint-Jean de plus faible courant et caractérisée par un fort volume résiduel d'eau lors des niveaux bas.

La zone 2 s'étend de Port Saint-Jean à Mordreuc sur une zone large, possède une salinité plus faible avec des courants faibles et un volume résiduel d'eau lors des niveaux bas.

<sup>1</sup> MMSCG : « Modèle Multicouches de Sédimentation et de Consolidation » basé sur la théorie de Gibson, basé sur la représentation des dépôts vaseux comme des empilements de couches de vase. Il permet la prise en compte de forts gradients de concentration par comparaison avec une méthode par maillage vertical, de précision plus limitée dans certaines zones du dépôt.

La zone 3 de Mordreuc au Châtelier est fortement envasée avec un chenal de navigation étroit sans niveau résiduel d'eau lors des niveaux bas.

Les vasières sont les secteurs de dépôt de sédiments fins tels que les anses, certains secteurs du chenal, les étendues plus larges où les courants sont faibles (zones 1B et zone 2) et également la zone 3.

Les vasières présentent des enjeux environnementaux et humains diversifiés. Certaines accueillent d'importantes populations d'oiseaux, nicheurs ou hivernants, des herbiers de zostères, d'autres sont soumises à une eutrophisation importante, d'autres sont caractérisées par des activités nautiques (écoles de voile, chantiers navals, cales de mise à l'eau, échouages...) ou conchylicoles (palourdes)...



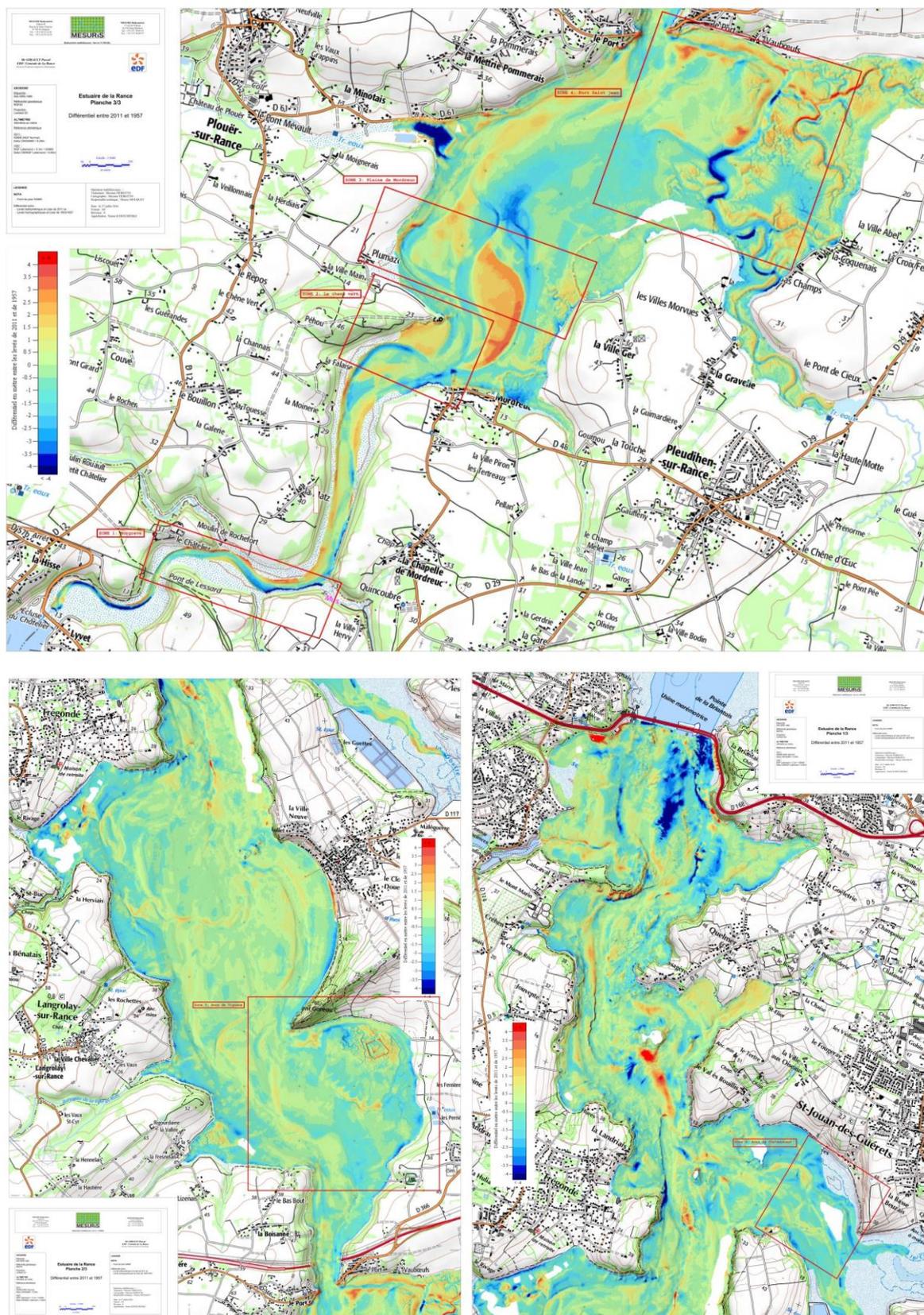
**L'estuaire est divisé en quatre zones caractérisées par des processus de sédimentation différents. L'approche hydro-sédimentaire est locale par vasières et grèves, qui sont des zones préférentielles de dépôts.**

#### ■ CEREMA, *Gestion des sédiments de la Rance – Expertise et recommandations*, 2016

Le manque de précision des méthodes et outils utilisés pour estimer l'évolution des fonds induit des marges d'erreurs significatives sur les levés bathymétriques, et les résultats des études sont à relativiser. L'usine marémotrice a un impact indiscutable sur la sédimentologie de la Rance, mais il est délicat d'en déterminer l'importance. Les études de suivi sédimentaire depuis 1953 confirment la réalité d'un envasement, mais les volumes indiqués sont à utiliser avec précaution en l'absence de suivi scientifique rigoureux des opérations. Il est donc nécessaire de réaliser de nouvelles campagnes bathymétriques et sédimentologiques. Une analyse des bathymétries 1953/57 et 2011 permettrait de se rendre compte de l'évolution des fonds, en prenant les précautions nécessaires dans l'interprétation des résultats.

*A noter que la comparaison entre les bathymétries de 1957 et 2011 a été effectuée par MESURIS pour EDF (2016), sous forme de carte des différentiels bathymétriques. La précision de la cartographie de 1957, où certaines zones sont peu décrites, induit une limite à cette comparaison.*<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Analyse du différentiel entre les levés bathymétriques de 2011 et 1957 sur l'estuaire de la Rance et calcul de cubature sur 6 zones, 2016, EDF



**FIGURE 4 - DIFFERENTIEL ENTRE LES LEVES BATHYMETRIQUES DE 1957 ET 2011 DE L'ESTUAIRE DE LA RANCE (DONNEE EDF, REALISEE PAR MESURIS, 2016)**

L'évolution des stocks sédimentaires est à apprécier localement, les données disponibles ne permettant que d'apprécier difficilement les volumes déposés à l'échelle globale du bassin.

## ■ CGEDD/CGE, *Gestion sédimentaire de l'estuaire de la Rance, 2017*

Le barrage a provoqué une aggravation sensible du phénomène naturel de la sédimentation qui affecte partiellement la navigation et l'accès aux mouillages, la baignade dans des zones envasées et pourrait affecter les herbues. Un bilan sédimentaire global de l'estuaire depuis la création du barrage est impossible pour des raisons d'hétérogénéité et de niveau d'incertitude des mesures résultant des levés bathymétriques. Le bilan des dépôts pourra être réalisé grâce à un suivi bathymétrique fréquent mais également par d'autres méthodes (courbes granulométriques, mesures de masses et caractéristiques granulométriques des flux de matières en suspension entrant et sortant du barrage). L'extension de l'envasement a atteint un niveau tel qu'il convient de réduire le plus possible les dépôts supplémentaires, voire de stabiliser le volume global afin de préserver les usages.

**La mission CGEDD recommande de privilégier une extraction des dépôts récents (*réduire le plus possible les dépôts supplémentaires*) et de réaliser une nouvelle campagne de mesures.**

## 3.2 - Etude des levés bathymétriques

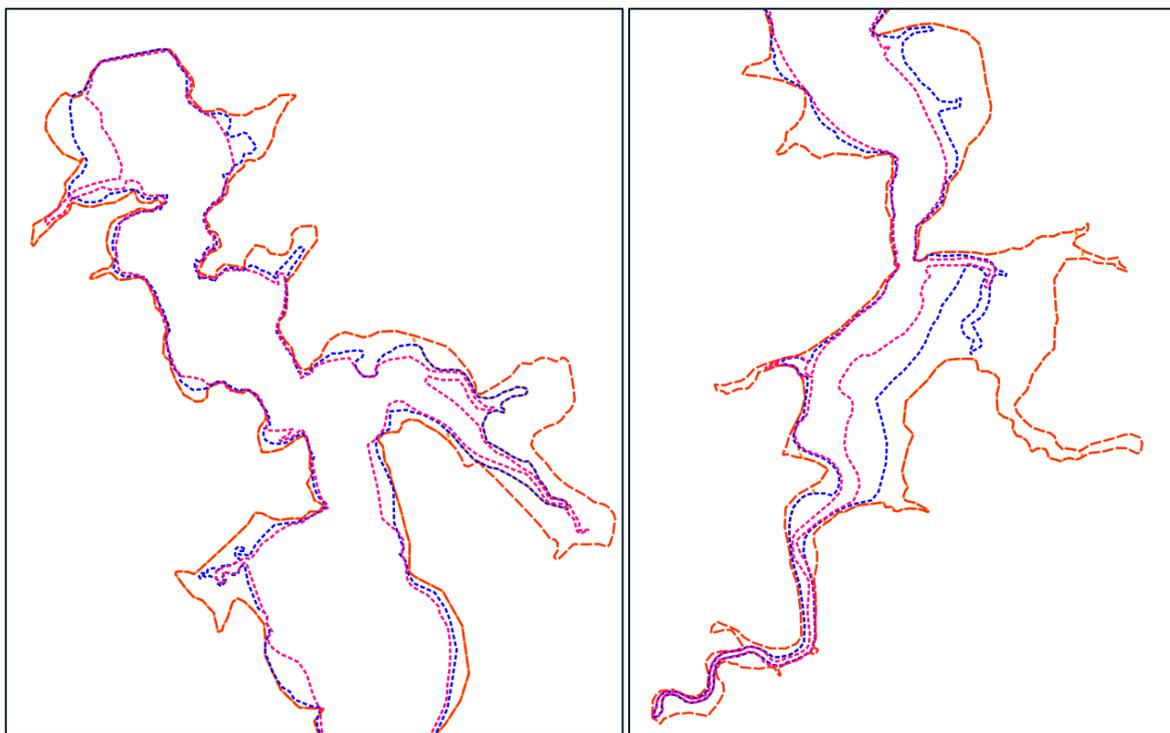
### 3.2.1 - Données disponibles

L'analyse des processus hydro-sédimentaires pour le plan de gestion quinquennal se base sur les levés bathymétriques disponibles :

- Juin 2018 (EDF) : levés multifaisceaux de la globalité de l'estuaire + complément par levé LIDAR ;
- Avril 2015 (COEUR Emeraude/EDF) : secteur du Chatelier ;
- Mars 2014 (EDF / MESURIS) : levés multifaisceaux, secteur estuaire amont (de l'écluse du Chatelier à Plumazon) ;
- Mai 2013 (EDF) : levés multifaisceaux de la globalité de l'estuaire, maillage de 1m mais récupéré uniquement le secteur estuaire amont (de l'écluse du Chatelier à Plumazon) ;
- Juin 2011 (EDF/MESURIS) : levés multifaisceaux de la globalité de l'estuaire + complément par levé LIDAR (2009).
- 1957 (MESURIS) : Carte des fonds EDF-SFS 1958 donnant lieu à la bathymétrie 1957 numérisée par MESURIS

Les données bathymétriques disponibles ne couvrent pas toutes la même zone et ont été complétées par des données LIDAR.

Les données de 2018 et de 2011 étant les seules couvrant la (presque) totalité du bassin, elles serviront de base à l'étude de l'évolution des fonds du bassin.



- - - Contour lever bathymétrique 2018
- - - Contour lever bathymétrique 2011
- - - Contour lever bathymétrique complété par données LIDAR 2018
- - - Intersection données topo-bathymétriques 2009/11 et données topo-bathymétriques 2018

**FIGURE 5 – COMPARAISON DES EMPRISES DES LEVERS TOPO-BATHYMETRIQUES DE 2008 ET 2019**

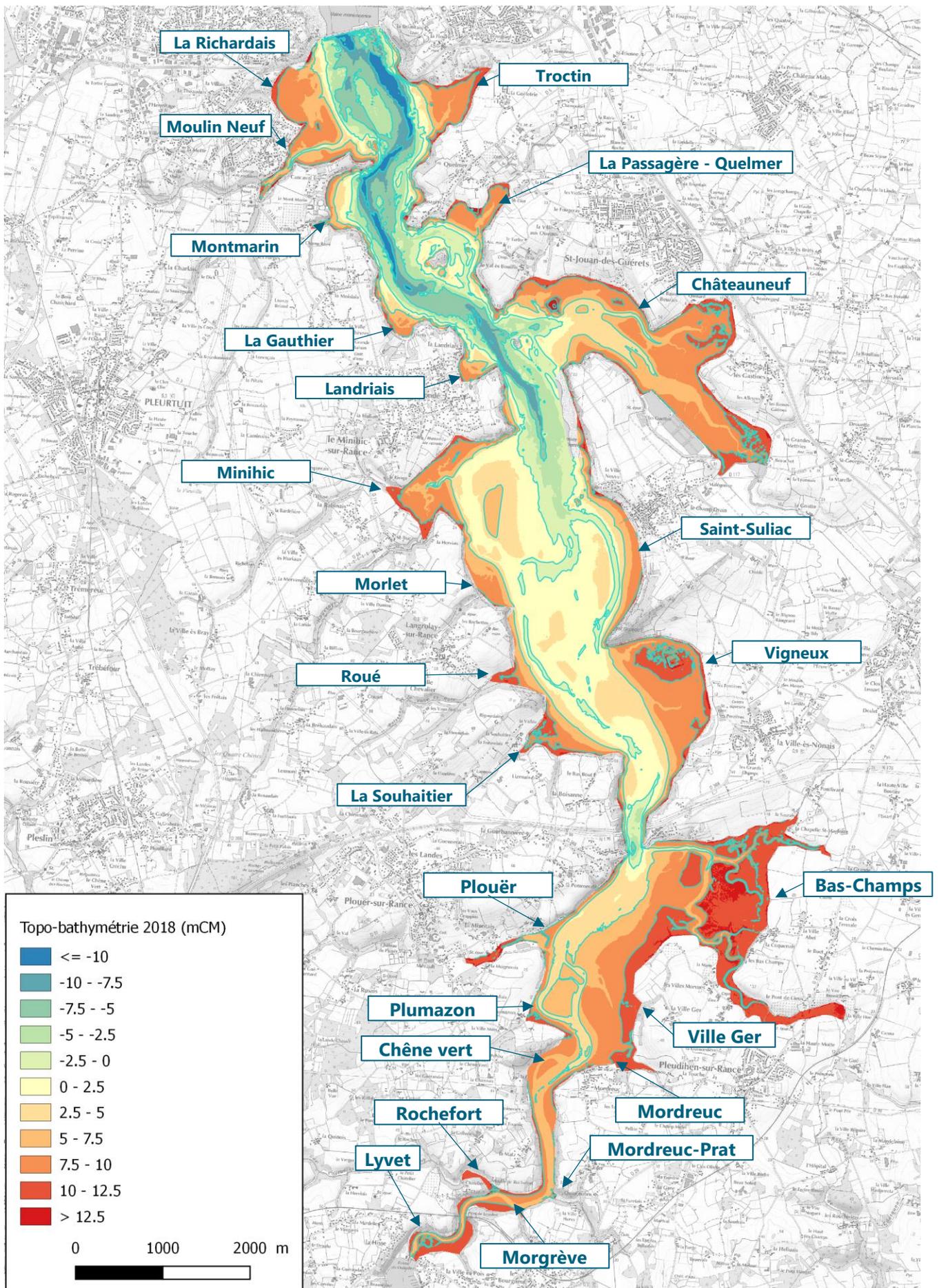


FIGURE 6 – CARTOGRAPHIE TOPO-BATHYMETRIE 2018 ET LOCALISATION DES PRINCIPALES VASIERES

## 3.2.2 - Comparaison des levés de 2011 et 2018

### 3.2.2.1 - Incertitudes de mesures

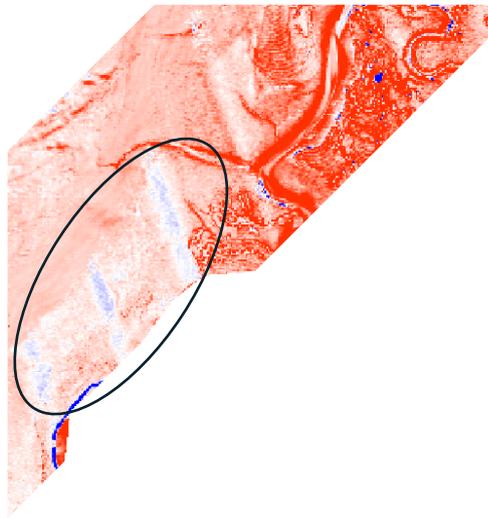
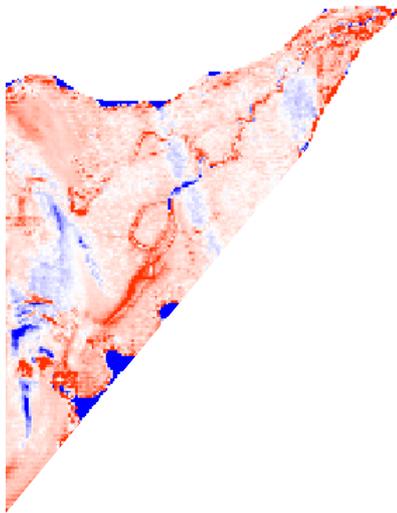
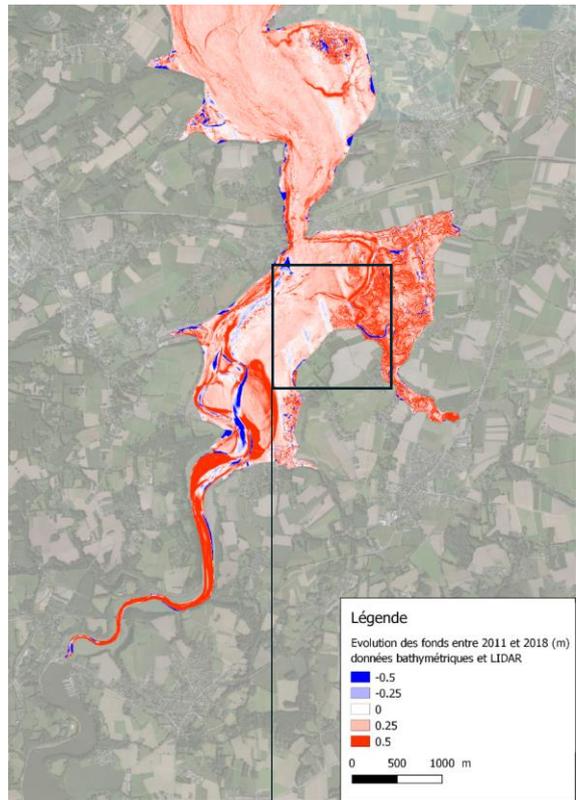
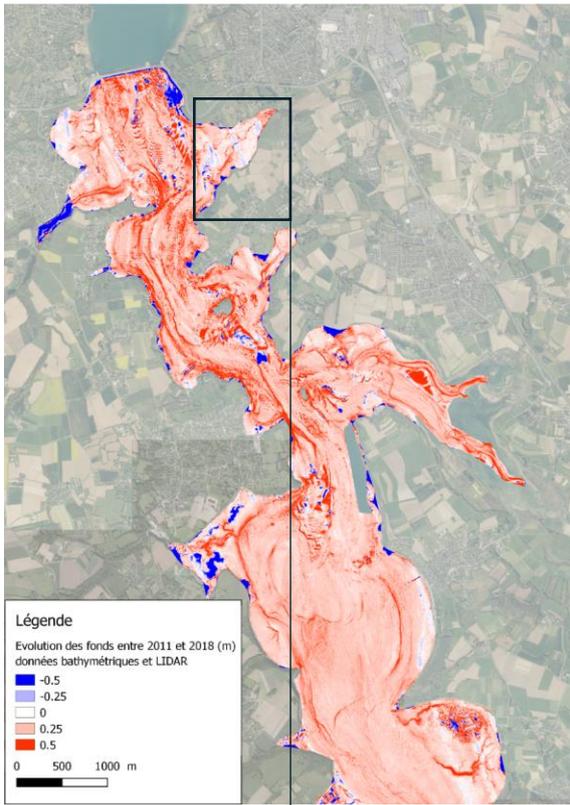
Une cartographie des différentiels entre les levés bathymétriques de 2011 et ceux de 2018 a permis de mettre en lumière des artefacts et des incertitudes dans les mesures réalisées, rendant l'interprétation des résultats difficile.

Les données LIDAR présentent en effet une **incertitude verticale de l'ordre de 10 à 20 cm**, voire localement plus.

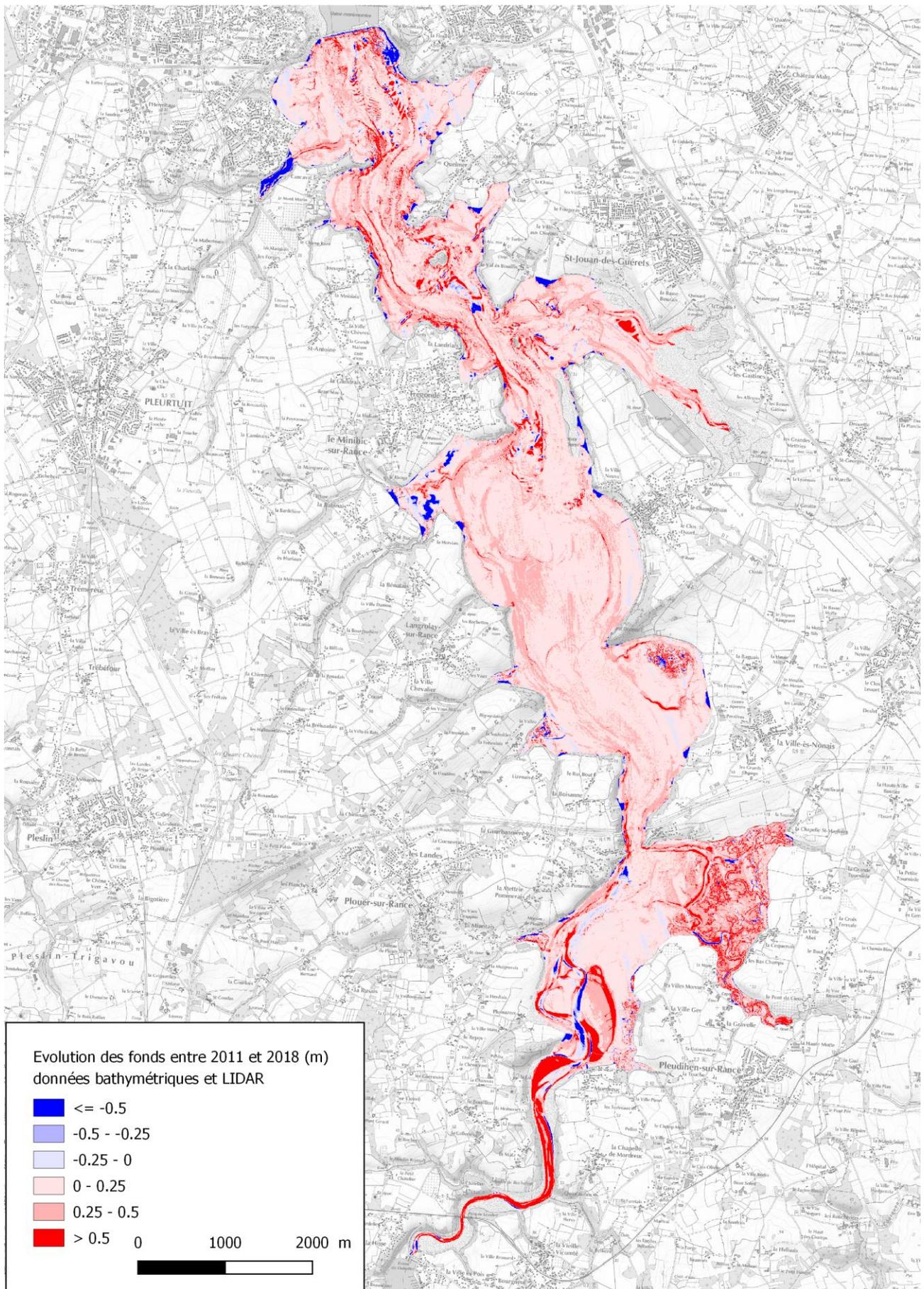
Aussi, les données sont issues de sources différentes (LIDAR, bathymétrie, avec des emprises différentes), et deux années séparent le lever LIDAR de 2009 du lever bathymétrique de 2011, données concaténées (« jointure spatiale ») pour créer le fichier « 2011 ».

Enfin, on remarque également des artefacts (trainées de direction Sud-Est / Nord – Ouest) au niveau de l'emprise levée par LIDAR en 2009 et qui pourraient correspondre aux recouvrements deux passages d'avion. Des effets de « marches » topographiques sont d'ailleurs observées localement au niveau des limites lever LIDAR / lever bathymétrique pour le fichier « 2011 ».

Les trainées observées (Figure 7) correspondent à des zones « d'érosion » de l'ordre de 15 à 20 cm.



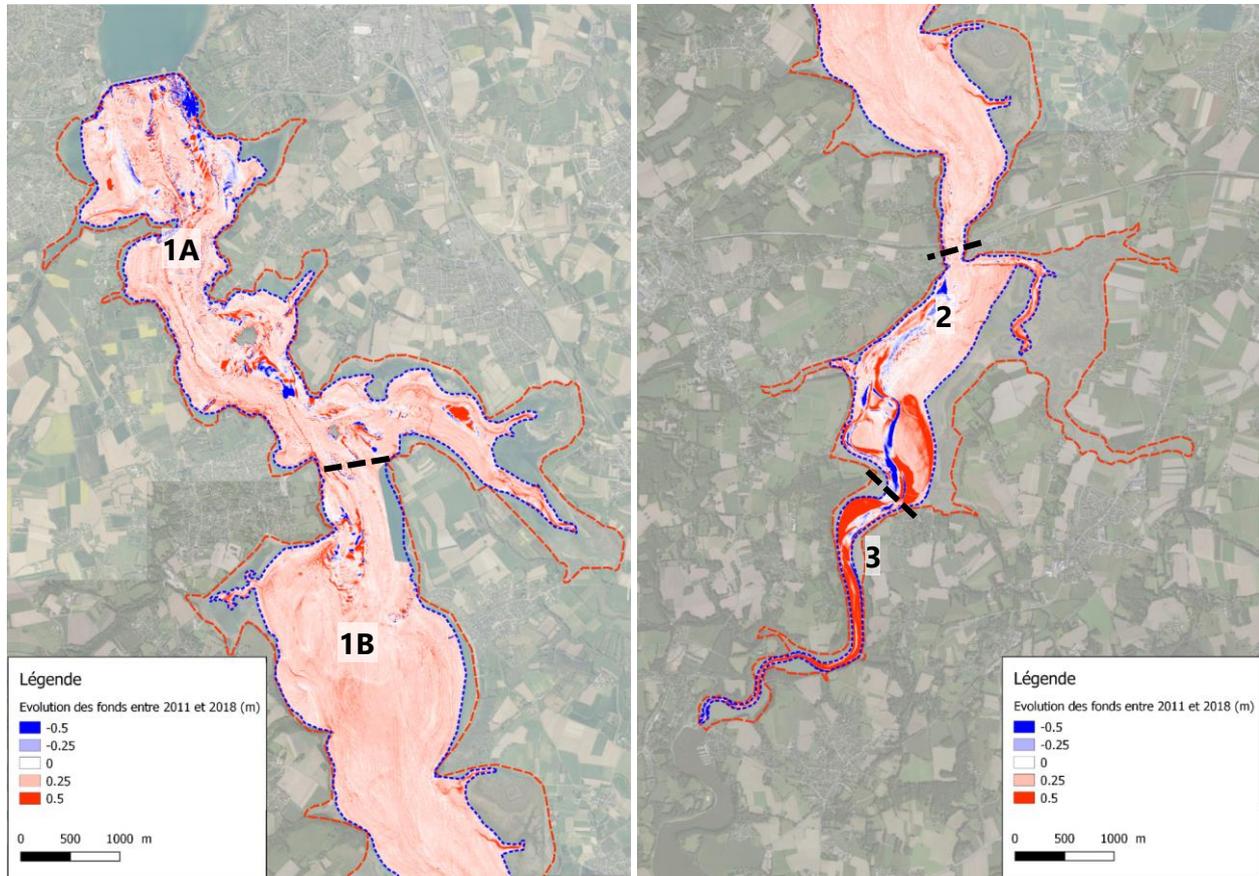
**FIGURE 7 – ARTEFACTS OBSERVES SUR LE DIFFERENTIEL TOPO-BATHYMETRIQUE 2018 - 2011**



**FIGURE 8 – DIFFERENTIAL TOPO-BATHYMETRIQUE 2018 – 2011, DONNEES TOPO-BATHYMETRIQUES 2018, DONNEES BATHYMETRIQUES 2011 ET LIDAR 2009**

### 3.2.2.2 - Identification des zones de dépôts

La comparaison des données topo-bathymétriques de 2009/11 et de 2018 permet d'identifier les zones de dépôts récents. La délimitation proposée par THEBAULT (2015) est confirmée avec une sédimentation forte sur l'amont du bassin.



**FIGURE 9 – DIFFERENTIEL TOPO-BATHYMETRIQUE 2018 – 2011, DONNEES TOPO-BATHYMETRIQUES 2018 ET DONNEES BATHYMETRIQUES 2011**

Parmi les grands secteurs caractérisés par une sédimentation importante entre 2011 et 2018, on retrouve l'amont du bassin avec en particulier la plaine de Mordreuc, l'anse de Plumazon et l'anse du Chêne Vert (Figure 10). A noter que la vasière du Lyvet et les autres vasières à l'extrême amont du bassin n'ont pas été couvertes par le fichier de données de 2011, ne permettant pas d'apprécier l'évolution des fonds entre les deux dates. Ces zones de forte sédimentation sont bien visibles sur photographiques aériennes (Figure 11).

Plus en aval, on observe une sédimentation importante sur la vasière des Bas Champs, une sédimentation limitée et généralisée à l'ensemble de la zone « 1B ». Sur l'ensemble de la zone 1A on retrouve des zones d'accrétion et d'érosion plus marquée, correspondant notamment aux divagations des chenaux principaux.

La comparaison des topo-bathymétries de 2018 et de 2011 (avec complément par les données LIDAR de 2009) donne une différence de 3,65 Mm<sup>3</sup>.

Pour autant, cette valeur reste à prendre avec beaucoup de précaution eu égard aux incertitudes et biais méthodologiques encore importants sur le traitement du jeu de données de 2009/2011. L'incertitude altimétrique moyenne de 15 cm, rapportée à l'emprise du levé LIDAR 2018 (soit 8 km<sup>2</sup>), représente environ 1,2 Mm<sup>3</sup>, ce qui reste encore majeur pour conclure à un bilan sédimentaire<sup>3</sup>.

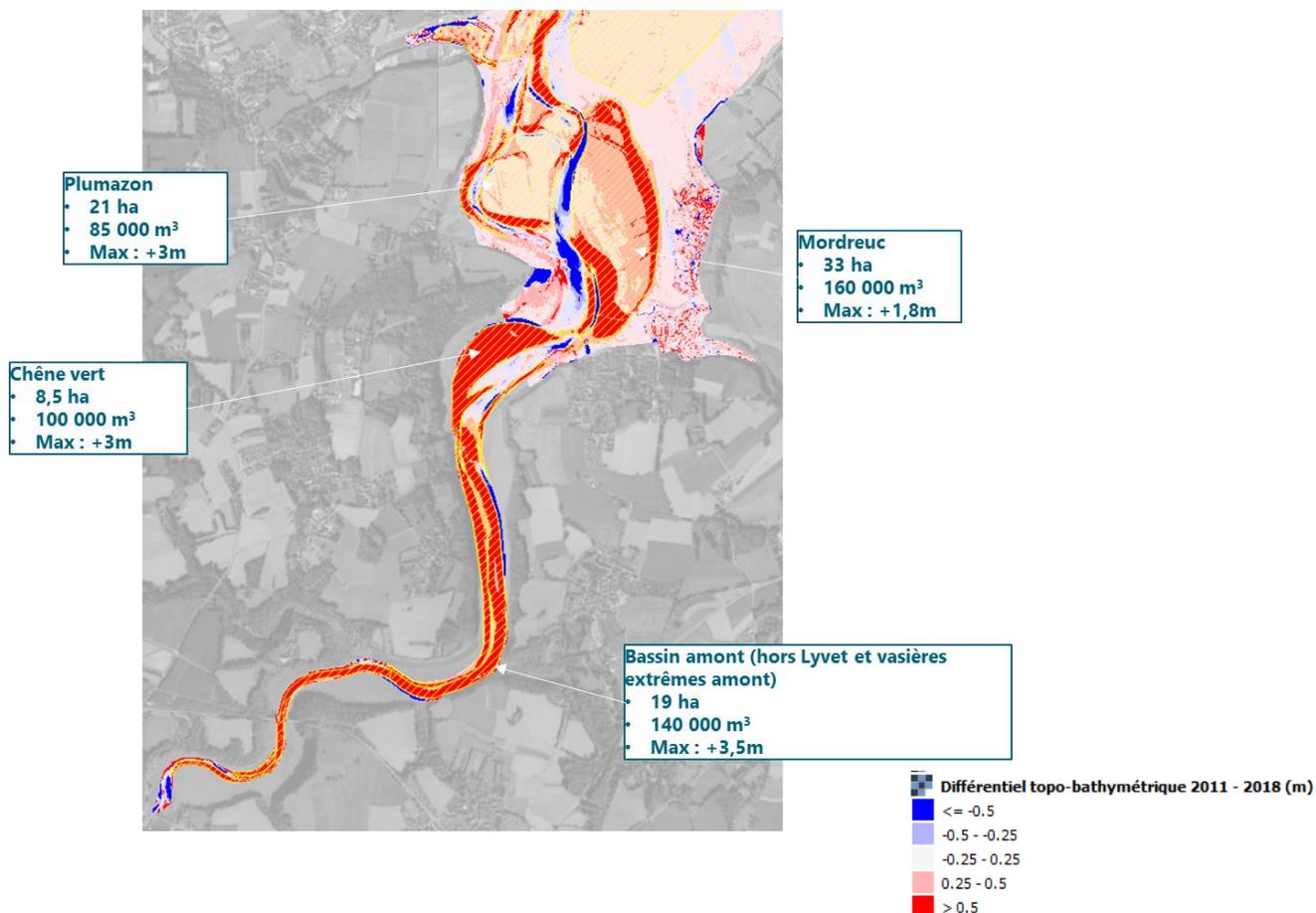
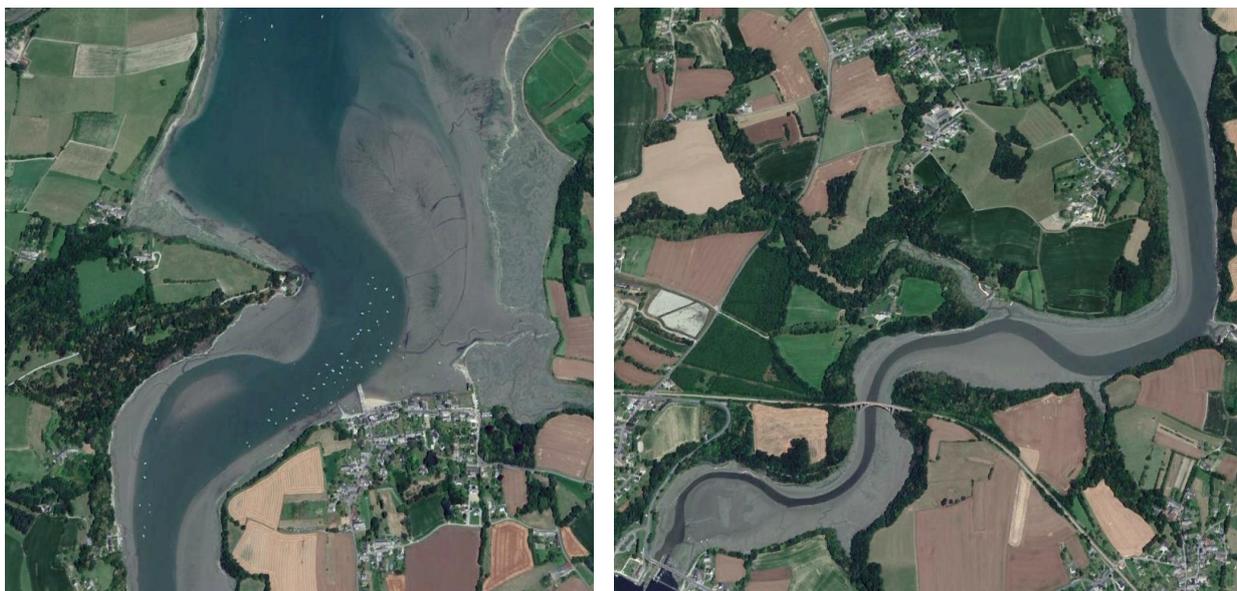


FIGURE 10 – PRINCIPALES ZONES D'ACCUMULATION ENTRE 2011 ET 2018 SUR LE BASSIN AMONT

<sup>3</sup> Un travail de vérification est engagé dans le cadre d'un partenariat EPTB/Conseil Scientifique et université de Bordeaux.



**FIGURE 11 – VUE AERIENNE DE LA PLAINE DE MORDREUC, DE L'ANSE DU CHENE VERT ET DU BASSIN AMONT**

## 4 - USAGES ET ENJEUX DU BASSIN DE LA RANCE

Le plan de gestion des sédiments de la Rance doit prendre en compte les différents usages et enjeux sur le bassin. Cette considération permet d'élaborer un plan répondant aux besoins potentiels tout en respectant les autres enjeux.

### 4.1 - Définition des usages et enjeux

L'estuaire de la Rance fait l'objet d'usages et enjeux variés tels que :

#### ■ La navigation

Le bassin maritime de la Rance est marqué par des activités nautiques importantes.

L'écluse du barrage de la Rance, située près de la Richardais, permet le passage de plus de 20 000 bateaux par an (navigation de plaisance et vedettes de tourisme). Cette écluse permet l'accès au bassin maritime depuis la mer. Celle du Châtelier, pour l'accès au bassin depuis la Rance fluviale, a été empruntée par près de 4 400 bateaux en 2016 (chiffre Région Bretagne).

Le plan d'eau de l'estuaire abrite par ailleurs environ 2 000 mouillages répartis sur une dizaine de sites, un port de plaisance en eau, des centres nautiques, ports à sec et chantiers navals, ainsi que de multiples cales de mise à l'eau.

Les enjeux liés à la navigation sont ainsi :

- Le chenal de navigation
- Les ports de plaisance
- Les zones de mouillages
- Les cales de mise à l'eau
- Les centres nautiques et ports à sec

La navigation est l'enjeu le plus évident en terme d'impact de la sédimentation de l'estuaire, notamment à cause du tirant d'eau disponible diminué avec l'envasement. Le chenal est entretenu par EDF afin de permettre aux bateaux de remonter jusqu'à Dinan, mais l'accès aux petits ports, aux cales de mise à l'eau, aux mouillages et aux anses est réduit. L'enjeu de **conservation d'un tirant d'eau suffisant** pour permettre le passage des bateaux est important.

A noter que l'entretien du chenal de navigation, qui est une obligation dans le cadre de la concession EDF, fait l'objet d'un plan de gestion porté par EDF. Le plan de gestion pérenne des sédiments de la Rance devra nécessairement s'articuler ou idéalement inclure les opérations menées sur le chenal.

Ces enjeux sont représentés sur la cartographie Figure 12. Le chenal représenté correspond à la lecture de la bathymétrie de 2018. On note également la présence d'une canalisation du Syndicat Mixte de Production d'Eau Potable de la Côte d'Emeraude traversant le bassin entre Pleurtuit / Le Minihic sur Rance et St Jouan des Guérets.



## ■ Le tourisme et patrimoine :

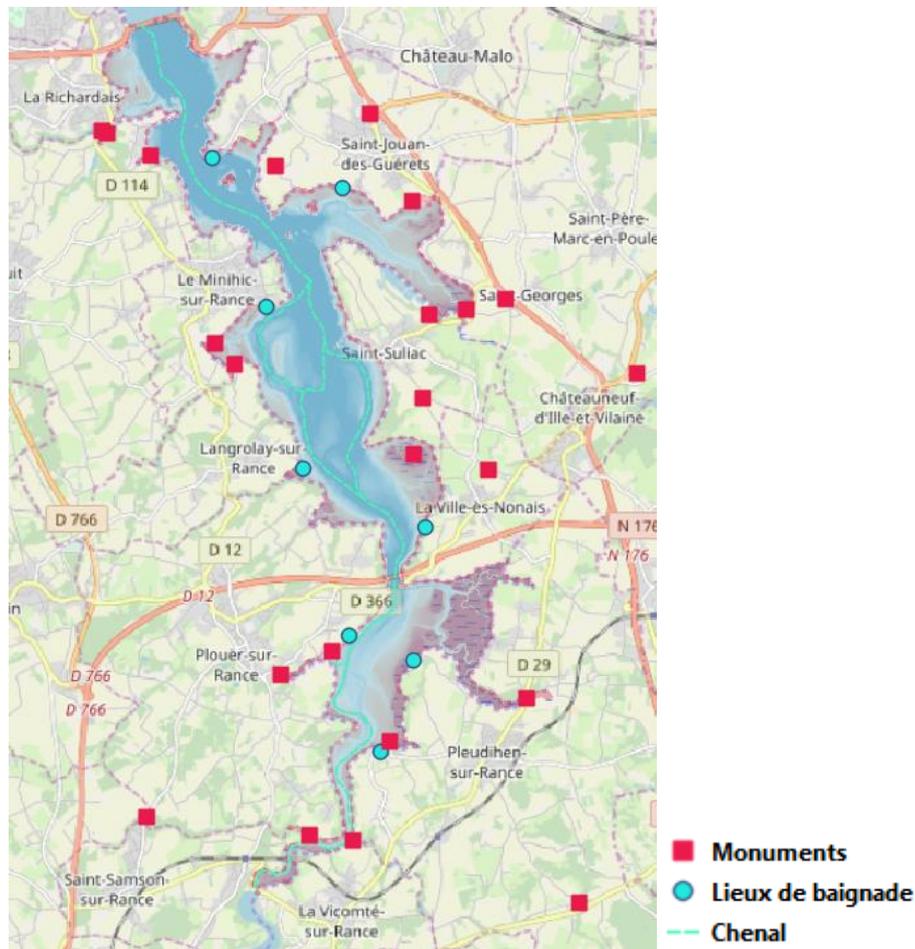
L'espace géographique allant de Saint-Malo à Dinan attire un à deux millions de visiteurs par an, avec un pic de fréquentation en été. Outre les sites liés à la navigation de plaisance et présentés précédemment, les sites touristiques en contact direct avec le bassin sont :

- Des monuments historiques et sites patrimoniaux remarquables (moulins à marée, « campement viking »)
- Des sites de baignade

Les moulins à marée et leur bassin de retenue sont soumis à un envasement important. Leur restauration voire leur remise en service, impliquerait un traitement du bassin de retenue et même pour certains des vasières qui se sont formées en aval.

Les sites de baignade sont également impactés par la présence de bancs de vase à la place des plages de sable visibles autrefois. Les accès à la baignade sont limités et l'attractivité de ces sites en pâtit. Il existe également un enjeu de sécurité pour les promeneurs, avec un risque d'ensevelissement dans les vasières.

Il existe ainsi un enjeu important de limitation de l'envasement pour les usages touristiques et patrimoniaux de l'estuaire.



**FIGURE 13 – DIMENSION PATRIMONIALE ET TOURISTIQUE : ENJEU DE LIMITATION DE L'ENVASMENT**

L'attractivité paysagère est également un enjeu touristique indéniable de l'estuaire de la Rance. Les vasières peuvent s'avérer être un atout sur le plan touristique, attirant une biodiversité ornithologique et un tourisme « vert » s'intéressant à cette faune/flore. L'évolution du paysage, avec l'envasement et la fermeture de certaines vasières peut être également considéré comme un enjeu touristique important.

## ■ Les activités conchyloles et pêche

L'estuaire de la Rance accueille des activités d'élevage conchylicole et de pêche à pied ou en plongée (de loisir ou professionnelle).

Les principaux enjeux liés à ce domaine sont ainsi :

- Pêche professionnelle à pied
- Pêche professionnelle en plongée
- Production et élevage conchylicole

La **conservation des habitats** est un enjeu majeur pour les pêcheurs à pied amateurs et les professionnels de la pêche mais aussi les conchyliculteurs. Localement (à Saint-Jouan-des-Guéréts par exemple), l'envasement a créé de nouvelles zones de pêche à pied, mais la vase pourrait à terme recouvrir les zones de pêche et d'élevage, diminuant les habitats favorables aux coquillages. L'enjeu économiques est important, notamment pour la cinquantaine de pêcheurs professionnels des Cotes d'Armor pour qui le bassin de la Rance est un site privilégié, en particulier pour la palourde.

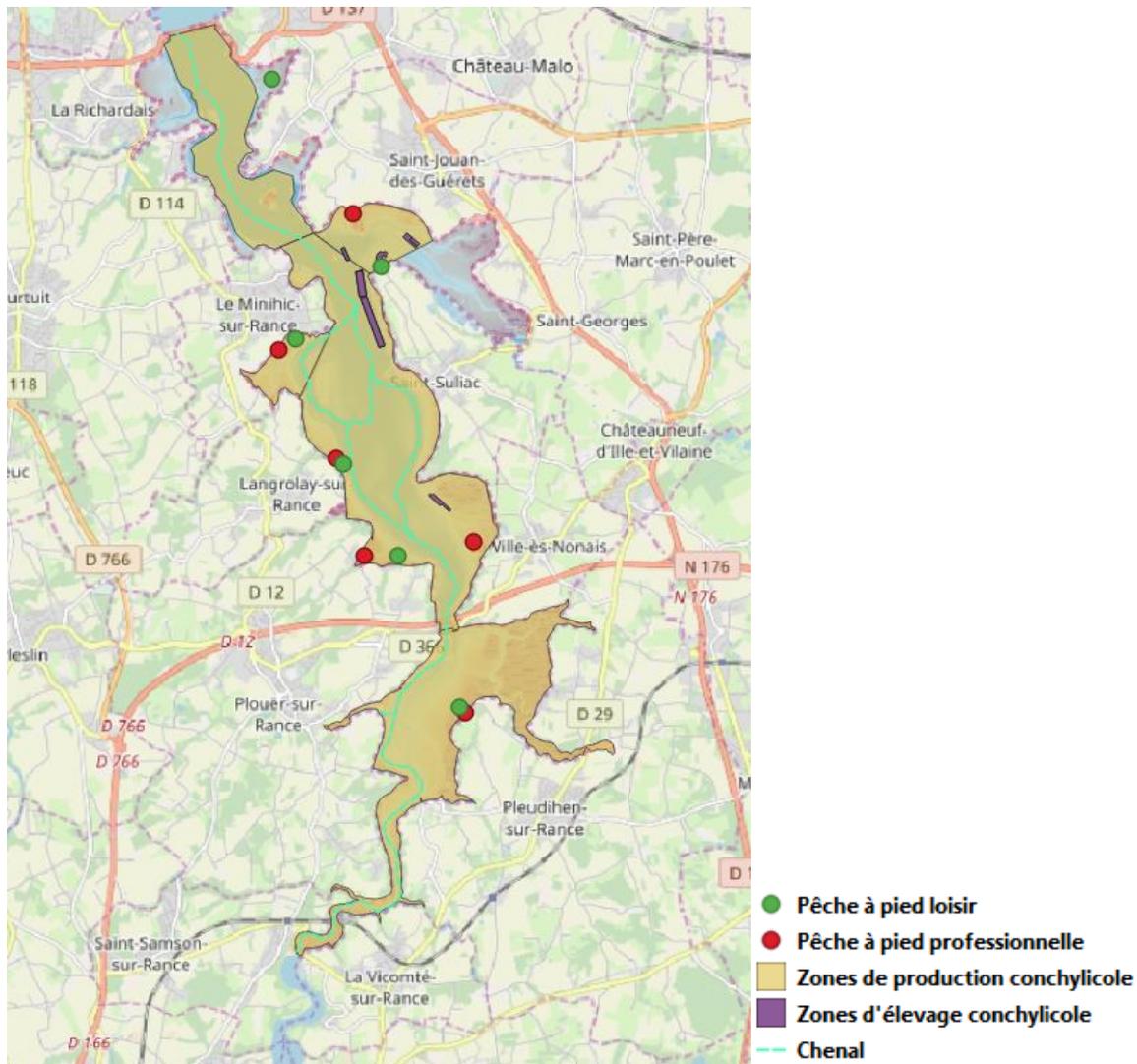


FIGURE 14 – ACTIVITES DE PECHE ET CONCHYLICULTURE : ENJEUX DE LIMITATION DE L'ENVAISEMENT ET DE CONSERVATION DES HABITATS

Dans le cadre des opérations de dragage, les activités de pêche et de conchyliculture sont à prendre en compte en termes de limitation de l'impact environnemental. Les travaux de dragage devront éviter la dispersion des matières en suspension vers les sites les plus sensibles, et en particulier en prenant en compte les risques de libération des kystes d'*Alexandrium minutum*<sup>4</sup>, référencés dans l'estuaire.

## ■ L'environnement

L'estuaire de la Rance présente une richesse exceptionnelle en termes d'habitats, de faune et de flore. Le projet de parc naturel régional (PNR) en cours de constitution a justement pour but de promouvoir et de protéger le patrimoine naturel autour de l'estuaire de la Rance où se trouvent de nombreux sites classés.

Les enjeux environnementaux se traduisent par :

- Des espaces protégés
- Des sites Natura 2000
- Des habitats protégés et remarquables (herbiers de zostères, ZNIEFF...)

Les Figure 15 et Figure 16 suivantes indiquent la localisation de ces espaces remarquables. A noter que la localisation des herbiers de zostères correspond aux données publiques SIG (Inventaire Région Bretagne 2007). Aucune cartographie plus récente n'est disponible.

Les vasières sont particulièrement remarquables, tant en termes d'habitats que de capacité d'accueil de la faune (oiseaux notamment). Cette richesse est décrite vasière par vasière par THEBAULT (2015).

Les habitats sont néanmoins impactés par l'envasement de l'estuaire, avec une progression marquée du schorre, au détriment de la slikke.

Se pose aujourd'hui la question de l'évolution de ces habitats et l'objectif visé par les gestionnaires. Il est possible d'envisager :

- Une évolution « naturelle » des vasières et habitats, sans intervention de l'homme hormis la présence du barrage,
- Un arrêt de cette évolution, passant par une intervention humaine en stoppant les dépôts sédimentaires complémentaire
- Ou encore une évolution vers un habitat « avant comblement » ou un habitat nouveau, par intervention humaine (dragage, reprofilage des canaux et ravines...)

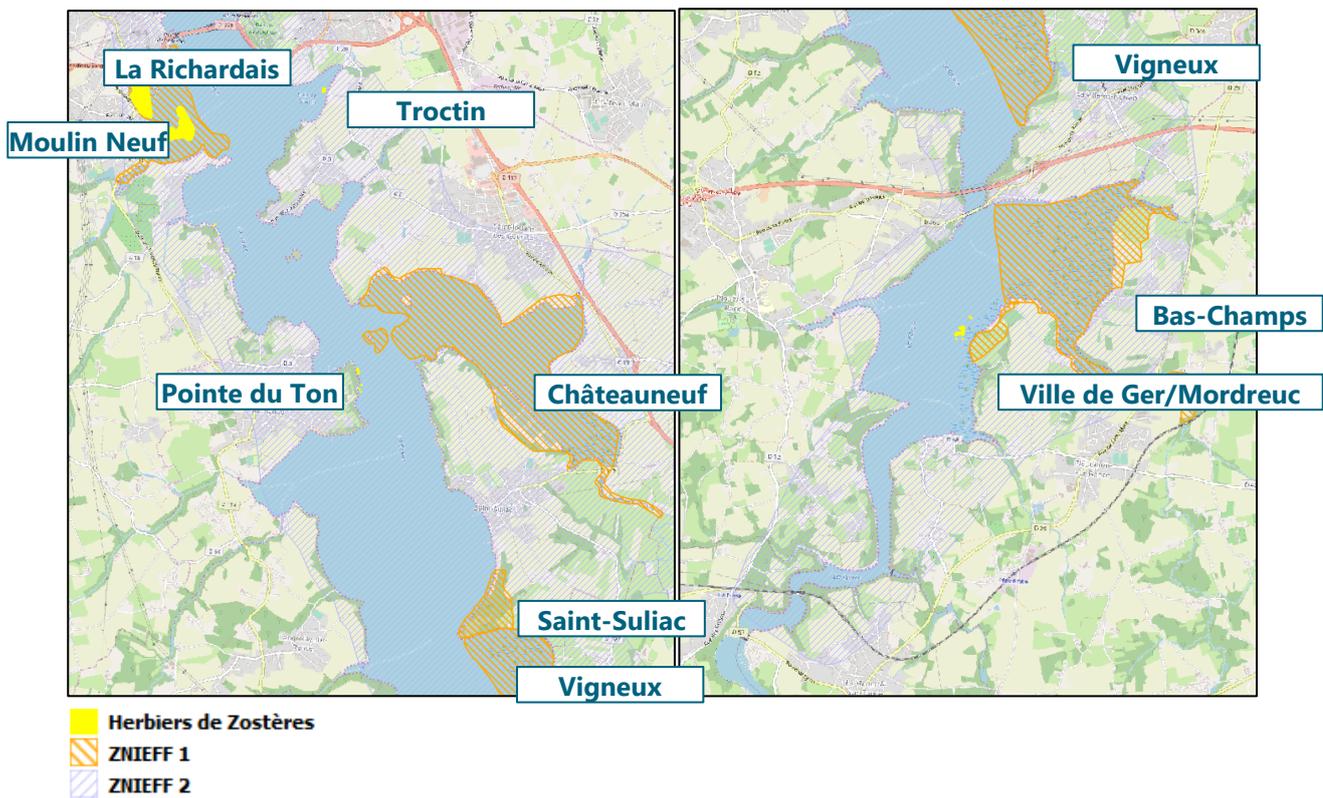
Il existe néanmoins des objectifs, en termes de conservation des sites et habitats remarquables, notamment au travers des documents d'objectif des sites Natura 2000, ou encore en termes de bon potentiel de la masse d'eau estuarienne.

L'impact des opérations de dragage devra ainsi être minimisé sur certains secteurs. Les herbiers de zostères représentent typiquement des habitats à conserver sur lesquels les dépôts de sédiments remis en suspension devront être évités.

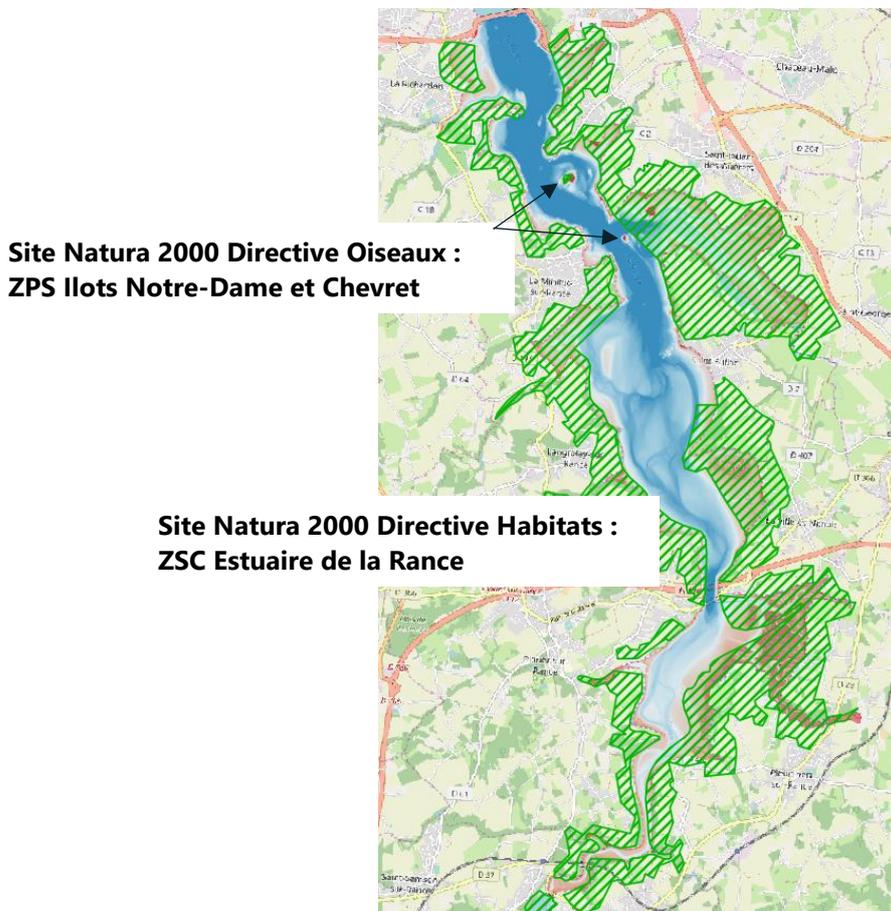
Les enjeux environnementaux peuvent ainsi représenter à la fois un besoin en désenvasement et un enjeu en termes de préservation et de limitation des impacts des opérations. Ces questions devront être débattues après un approfondissement des connaissances sur le fonctionnement écologique du bassin maritime de la Rance.

---

<sup>4</sup> Microalgue de la classe des dinoflagellés pouvant produire des toxines paralytiques (Paralytic Shellfish Poisoning, ou PSP). Ces toxines s'accumulent dans les coquillages et provoquent chez le consommateur de coquillages contaminés, une intoxication dont les effets peuvent être mortels. Les principaux facteurs responsables de l'apparition de blooms toxiques sont ceux qui influencent la croissance (température de l'eau et lumière), et ceux qui contrôlent le temps de résidence (marée et débit). (Source : IFREMER – DYNECO)



**FIGURE 15 – ENJEU DE CONSERVATION DES SITES ET HABITATS REMARQUABLES POUR LES HABITATS PROTEGES (HERBIERS DE ZOSTERES) ET VASIERES CLASSEES EN ZNIEFF 1**



**FIGURE 16 – ENJEU DE CONSERVATION DES SITES ET HABITATS REMARQUABLES POUR LES ZONES NATURA 2000**

## 4.2 - Priorisation des zones

Les opérations de dragage à considérer dans le plan de gestion peuvent porter sur plusieurs secteurs du bassin, chacun caractérisé par des usages et enjeux, des besoins et des contraintes.

Un découpage proposé du bassin, en intégrant les vasières et le grand découpage proposé par THEBAULT (2015) est présenté sur la figure suivante :



**FIGURE 17 – PROPOSITION DE DECOUPAGE DU BASSIN EN ZONE DE DRAGAGE**

Afin de comparer ces différentes zones hydro-sédimentaires en termes d'enjeux, un outil de hiérarchisation a été créé (outil Excel, voir illustration Figure 18).

La notation s'effectue en fonction du type d'enjeux présents. La pondération est arbitraire en fonction des quatre grands ensembles d'enjeux identifiés : navigation, tourisme/patrimoine, pêche/conchyliculture, environnement. Une évaluation est réalisée quant au niveau d'activité actuel de la zone, au niveau d'attente de l'activité ainsi qu'au niveau d'attente du dragage. La note d'usage de chaque usage est à comparer avec une note dragage témoignant de la faisabilité technico-économique de l'opération.

La grille de lecture est la suivante :

- 0: pas ou peu d'activité/usage/intérêt
- 1: activité/usage/intérêt moyen
- 2: activité/usage/intérêt développé

*Pour les enjeux environnementaux, il est possible de mettre des notes « éliminatoires » pour « déclasser » la zone.*

L'utilisation de cet outil sera en particulier pertinent pour le plan de gestion pérenne afin d'identifier les zones sur lesquelles travailler ou comparer deux zones présentant des besoins.

PRIORISATION DES USAGES							
Navigation							
Usages	Enjeux dragage	Pondération des types d'usage	Niveau d'activité I2	Niveau d'attente d'activité I2	Niveau d'attente dragage I2	Note d'usage	Note max
Ports de plaisance	Maintien du tirant d'eau	2				0	12
Cale	Maintien des fonds en pied de cale Accès au chenal	1	+	+		0	6
Mouillage	Maintien du tirant d'eau	2				0	12
Chantier naval	Accès au chenal	1				0	6
Zone de carénage	Maintien du tirant d'eau	1				0	6
Accès au chenal principal	Maintien du tirant d'eau	2				0	12
Centre nautique	Maintien des fonds Accès au chenal	1				0	6
<b>Total navigation</b>						0	60
<b>Total ramené à la pondération</b>						<b>0,00</b>	<b>10</b>
Tourisme/Patrimoine							
Usages	Enjeux dragage	Pondération des types d'usage	Niveau de pratique I2	Niveau d'attente pratique I2	Niveau d'attente dragage I2	Note d'usage	Note max
Sites de baignade	Pas d'envasement Sécurité	1				0	6
Monuments historiques	Pas d'envasement : conservation d'aspect, conservation du fonctionnement	2				0	12
<b>Total tourisme/patrimoine</b>						0	18
<b>Total ramené à la pondération</b>						<b>0,00</b>	<b>10</b>
Environnement							
Usages	Enjeux dragage	Pondération des types d'usage	Niveau intérêt écologique I2	Niveau d'attente intérêt écologique I2	Niveau d'attente dragage I2	Note d'usage	Note max
Herbus	Maintien de l'état actuel / Lutte contre la fermeture / Privilégier l'atterrissement Régulation des niveaux	2				0	12
Vasières	Echouage des bateaux (hivernage) Reposoirs pour l'avifaune Limitation de la prolifération de plantes invasives	2				0	12
<b>Total environnement</b>						0	24
<b>Total ramené à la pondération</b>						<b>0,00</b>	<b>10</b>
Conchyliculture/pêche							
Usages	Enjeux dragage	Pondération des types d'usage	Niveau de pratique I2	Niveau d'attente pratique I2	Niveau d'attente dragage I2	Note d'usage	Note max
Concessions conchylicoles	Eviter l'envasement	2				0	12
Pêche à pied - amateurs	Eviter l'envasement	1				0	6
Pêche à pied - professionnelle	Eviter l'envasement	2				0	12
<b>Total conchyliculture / pêche</b>						0	30
<b>Total ramené à la pondération</b>						<b>0,00</b>	<b>10</b>
<b>TOTAL USAGES /2</b>						<b>0,00</b>	

**PONDÉRATION A ETABLIR DE  
MANIÈRE CONCERTÉE**

FIGURE 18 – OUTIL DE HIERARCHISATION - GRILLE DE NOTATION

Au cours des réunions de comité de suivi, il est néanmoins apparu qu'il était trop tôt pour figer les zones de dragage pour la première opération 2019/2020.

Il a été ainsi demandé par le comité de suivi, de se concentrer sur les cales de mise à l'eau dans un premier temps pour les opérations 2019/2020. Les autres besoins seront identifiés au fur et à mesure de l'avancement du plan de gestion, en particulier du plan pérenne élaboré par le Conseil Scientifique en collaboration avec les différents usagers du bassin.

Le plan de gestion proposé ci-après sera ainsi construit sur les dragages au niveau des cales de mise à l'eau. Les cales et volumes cibles sont précisés au chapitre 6.

Comme les réflexions du comité de suivi n'ont pas permis de cerner les sites à prioriser, nous avons privilégié ici les accès aux cales mais il est tout à fait possible de remplacer ces accès par d'autres sites de dragage comme des retenues de moulin ou des sites récemment envasés.

## 5 - METHODES DE DRAGAGE

### 5.1 - Généralités

Le choix d'une technique de dragage repose sur de nombreux critères et notamment les contraintes propres au site : configuration, tirant d'eau, nature des matériaux à draguer, etc.

#### 5.1.1 - Dragage mécanique

Une intervention par **dragage mécanique** (intervention à sec ou en eau avec une pelle amphibie, une pelle sur ponton, un ponton dipper...) est adaptée à de nombreuses structures de matériaux, et permet une extraction sans dilution. L'outil d'extraction est généralement accompagné d'une barge pour transférer les matériaux vers un site de reprise ou d'immersion. Cette technique permet donc d'extraire tout type de matériau avec l'avantage d'avoir un volume d'eau réduit, ce qui est intéressant dans le cas d'une évacuation des sédiments par camion ou par barge.

Les dragages mécaniques à l'aide d'une pelle amphibie ou d'une pelle sur ponton sont par ailleurs adaptables à des sites contraints par de faibles tirants d'eau.



FIGURE 19 – PELLE SUR PONTON AVEC CHARGEMENT D'UNE BARGE (PHOTO : CDES), PELLE AMPHIBIE (PHOTO : OUEST-FRANCE)

Outre les volumes d'eau réduits, le dragage mécanique est d'autant plus intéressant sur les zones de mouillage avec la présence nombreux corps morts qui pourraient venir bloquer le cutter d'une drague.

Néanmoins, le transport par barge est limité par les contraintes de marée, un tirant d'eau minimum étant nécessaire pour la navigation. Aussi, en cas de sortie du bassin par voie maritime ou fluviale, notamment en cas d'immersion en mer des matériaux, les dimensions des écluses représentent également des contraintes pour les barges.

En cas de gestion à terre, les matériaux sont repris depuis les barges pour un transport par voie terrestre. Les outils utilisés (camions, tracto-bennes...) doivent s'assurer de limiter les nuisances pour les riverains en termes de bruit, vibration et salissures de route, en utilisant des bennes étanches ou en empruntant au maximum des routes peu fréquentées par exemple.

#### 5.1.2 - Dragage hydraulique

Une intervention par **dragage hydraulique** est possible grâce à des outils spécifiques (DAS *Drague Aspiratrice Stationnaire*, DAM *Drague Aspiratrice en Marche*). Les matériaux sont désagrégés si nécessaire, aspirés avec l'eau, dilués, et refoulés par conduite vers le puits d'un navire (la drague elle-même dans le cas d'une DAM), des lagunes de décantation, un point de rejet en mer, etc. L'avantage de cette technique est la possibilité d'un transport des sédiments par canalisation sur de longues distances, ou bien du rejet en mer. La concentration en eau du mélange (en général 80% d'eau et 20% de sédiments) permet une dispersion importante des sédiments au point de refoulement. Les dragages hydrauliques permettent ainsi d'éviter des transports des matériaux avec d'autres outils, terrestres en particulier.

Si les DAM représentent des outils mobiles et particulièrement autonomes, elles sont en général volumineuses et peu adaptées à des zones fortement contraintes par les tirants d'eau. La DAM Fort-Boyard (CD17), l'une des plus petites en France avec un puits de 400m<sup>3</sup> présente ainsi un tirant d'eau en charge de 3,2m.



**FIGURE 20 – DAM SAMUEL DE CHAMPLAIN ET DAS SUR LA RANCE** (PHOTOS DREDGINGPOINT ET CŒUR EMERAUDE)

Le dragage hydraulique par DAM peut être intéressant dans le cas de rechargement de plage, par technique du *Rainbowing*. Cette technique consiste à propulser un jet de sable et d'eau jusqu'à un endroit défini, au moyen d'une pompe de refoulement sous haute pression, dotée d'une buse à jet installée sur l'étrave.

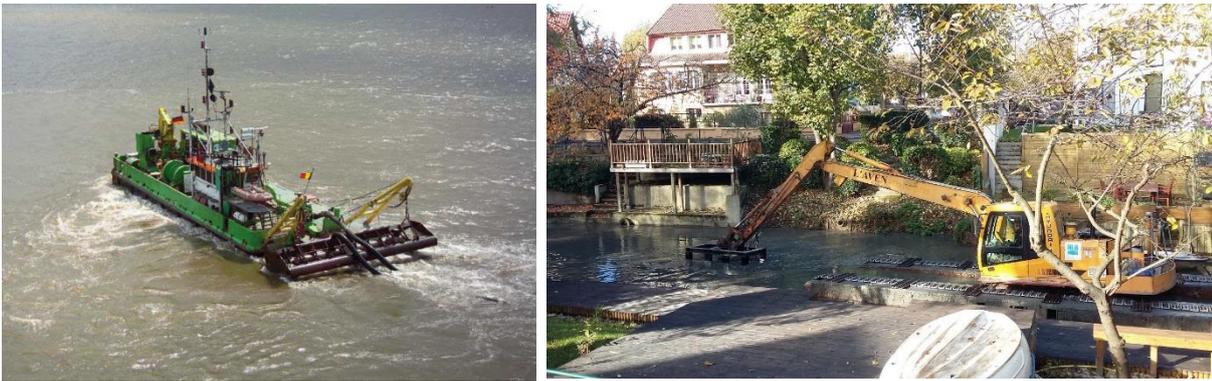


**FIGURE 21 – RECHARGEMENT DE PLAGE PAR RAINBOWING** (DAM MELLINA, PHOTO DEME GROUP)

### 5.1.3 - Dragage doux ou environnemental

Une intervention par **dragage doux**, ou **dragage environnemental**, de type nivellement ou remise en suspension est également envisageable. Les techniques permettent un arrachage des sédiments et le déplacement des matériaux, soit pour une reprise par le courant, soit vers des secteurs moins élevés. Les techniques sont variées : agitation, pompage avec une pompe type Toyo<sup>®</sup> et refoulement dans le courant, remise en suspension par rotodévasage ou agitateur, injection d'eau sous pression, nivellement avec charrue...

Ces techniques sont plutôt utilisées pour traiter les dépôts récents (matériaux non indurés facilement remobilisables).



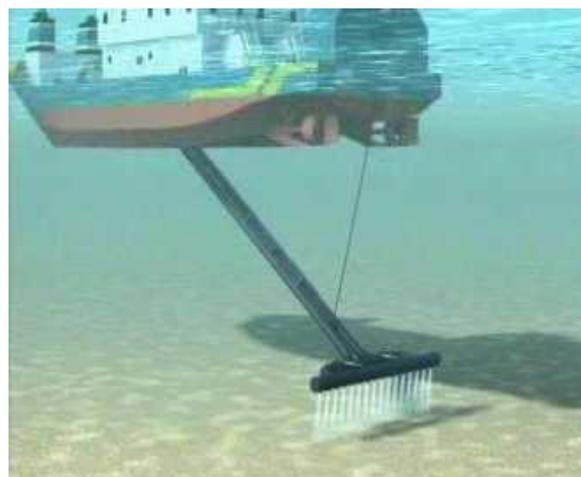
**FIGURE 22 – A DROITE DRAGUE MUNIE D’UNE CHARRUE DE NIVELLEMENT (SOURCE CEREMA), A GAUCHE, PELLE AMPHIBIE MUNIE D’UN AGITATEUR A HELICE (PHOTO EGIS)**



**FIGURE 23 – DRAGUE LE MILOUIN (PHOTO : GPMNSN - ANDRE BOCQUEL, MERETMARINE.COM)**

### ■ Injection d’eau

Une injection d’eau à basse pression dans la couche de vase permet de déconsolider les sédiments. La différence de densité entre les sédiments et l’eau crée un courant de densité qui emporte les sédiments. Les sédiments remis en mobilité sont repris et dilués dans les courants, et réintègrent le transport sédimentaire local. Les débits en eau varient entre 1 000 et 12 000 m<sup>3</sup> par heure.



**FIGURE 24 – PRINCIPE DU DRAGAGE A INJECTION D’EAU (MEYER 2000)**

Les injections d’eau sont mises en œuvre dans les grands estuaires (dragage Ostrea dans l’estuaire de la Gironde pour le Grand Port Maritime de Bordeaux ou dragage Le Milouin dans l’estuaire de la Loire pour le Grand Port Maritime de Nantes – Saint-Nazaire par exemple).

## ■ Rotodévasage

Un rotodévasage est créé à l'aide d'une fraise qui déstructure le matériau afin que celui-ci soit transporté par les courants de jusant. Cette technique implique des courants d'emportement assez conséquents pour permettre la redispersion des sédiments alors déstructurés. La technique voit cependant ses limites en termes de hauteur d'eau pour garantir l'efficacité du dispositif.



FIGURE 25 – ROTODEVASEUR (SOURCE: CETMEF)

## ■ Pompage

Un pompage peut être réalisé à l'aide par exemple d'une pompe TOYO® (pompe immergée munie d'un agitateur, permettant de pomper des fluides contenant des substances solides), voire d'une DAS (dragée aspiratrice), suivi d'un refoulement au niveau du chenal. Le site de rejet doit être défini en fonction des courants (privilégier les zones de fortes vitesses) et de l'absence d'enjeu potentiellement impacté. Le transport vers l'aval et la dispersion des sédiments sont souvent permis par les courants de jusant.



FIGURE 26 – DAS ANDRE GENDRE (SOURCE : DREDGEPOINT.ORG) ET POMPE TOYO (SOURCE : HYDROPLUSRENTAL.BE)

Les sédiments remis en suspension pourront être en partie sortis du bassin par reprise au jusant, mais cette issue n'est pas garantie a fortiori pour les sites d'extraction les plus en amont du bassin. A proximité de l'usine marémotrice, on peut en effet considérer qu'une partie des sédiments remis en suspension parviennent à rejoindre l'aval de l'ouvrage. Mais une remise en suspension des sédiments déposés en amont du bassin (zone du Lyvet, de Mordreuc...) entraînera fort probablement un dépôt des sédiments à la fin du flot suivant, après reprise des sédiments déposés dans le chenal en fin de jusant.

La remise en suspension des sédiments devra être réalisée sur des zones connaissant un envasement problématique et situées en amont de zones à plus forts tirants d'eau sans besoin de dragage à court terme

(chenal aval par exemple). Un suivi bathymétrique devra être effectué afin de déterminer les zones de dépôts des sédiments après leur remise en suspension ainsi qu'un suivi de la turbidité pour limiter les impacts sur les milieux naturels sensibles à proximité.

Le modèle élaboré par EDF apparaît alors indispensable pour apprécier les zones de dépôts préférentiels après remise en suspension ou injection d'eau, et ainsi identifier les sites de dragage et fenêtres horaires d'intervention permettant une efficacité maximale de l'opération tout en limitant les impacts sur les sites sensibles (zones conchylicoles, herbiers de zostères...).

#### 5.1.4 - Piège à sédiments

Les pièges à sédiments sont des zones de sédimentation privilégiée (fosse par exemple) dans laquelle des opérations de dragage peuvent être réalisées régulièrement. Ce sont des zones de courant plus faible qu'alentour, par exemple dans le cas d'une fosse, permettant une décantation accrue des sédiments. Cela évite également les manœuvres superflues en ne réalisant le dragage que sur une zone spécifique. C'est le cas du site du Lyvet, en aval de l'écluse du Châtelier.

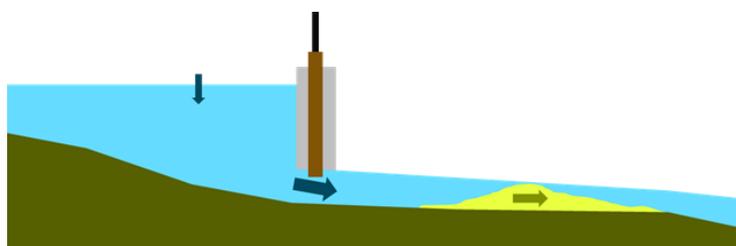


**FIGURE 27 – LOCALISATION DU PIEGE A SEDIMENTS DU LYVET (IDRA, 2015) ET DRAGAGE DU PIEGE PAR UNE DAS (PHOTO : EDF/ACTU.FR)**

Le piège à sédiments nécessite un entretien par dragage. Dans le cas du site du Lyvet, les sédiments dragués hydrauliquement sont refoulés vers le site ICPE de la Hisse. La proximité d'un site de transit (<2 km dans le cas présent) ou de valorisation pérenne des sédiments apparaît particulièrement pertinente pour un piège à sédiments.

#### 5.1.5 - Chasses hydrauliques

Une solution pouvant être retenue en partie amont du barrage est celle des chasses hydrauliques. L'ouverture de vannes au niveau du barrage engendre un courant fort à l'aval de l'ouvrage emportant les sédiments avec lui. Cette solution peut être encore plus performante lorsque le volume d'eau retenu en amont du barrage est important. Cela permet, lors de l'évacuation d'eau, des chasses plus longues et des vitesses plus importantes, entraînant plus de sédiments.



**FIGURE 28 – METHODE DE CHASSE HYDRAULIQUE**

Cette solution nécessite des courants d'emportement suffisamment forts. Son efficacité n'est pas prouvée, et la reprise des sédiments dans le transport sédimentaire local n'est efficace probablement que dans le chenal. Dans le cas du barrage-écluse du Châtelier, les chasses permettent de traiter les dépôts sédimentaires dans le chenal de navigation mais entraînent les sédiments en aval où ils se redéposent quand les vitesses de courant

sont suffisamment faibles, par exemple en zone 2 (THEBAULT, 2015). Les chasses hydrauliques au niveau de l'écluse du Châtelier ne permettent ainsi pas de traiter les dépôts sédimentaires à l'échelle du bassin, mais sont principalement une réponse à des accumulations locales en aval proche de l'écluse particulièrement vis-à-vis de l'enjeu navigation (poste d'attente pour les plaisanciers qui remontent vers Dinan). Le Tableau 2 au §2.2 - liste les expériences antérieures de chasses et le §2.3 - fait référence aux rapports traitant de l'efficacité de ces chasses.

Au niveau du barrage de l'usine marémotrice, des évacuations d'eau pourraient être envisageables, afin de favoriser un emportement des sédiments déposés en amont de l'ouvrage. Sur ce point, cela implique la possibilité d'approcher des sédiments dragués ou déjà remis en suspension des zones de plus forte célérité afin que leur reprise soit efficace. De même, une gestion fine des niveaux d'eau et étales permettrait a priori de réguler les dépôts sédimentaires. Ces pistes sont étudiées par le Conseil Scientifique, en partenariat avec EDF.

## 5.2 - Procédures réglementaires

Concernant les opérations de dragage, plusieurs réglementations définies dans le Code de l'Environnement peuvent s'appliquer. Elles dépendent notamment des volumes dragués et de la qualité physico-chimique des matériaux.

On peut citer :

- La réglementation relative à l'eau et aux milieux aquatiques (Loi sur l'Eau, article L.214-1 du code de l'environnement) ;
- La réglementation relative à l'évaluation environnementale (article L.122-1 du code de l'environnement) ;
- La réglementation relative à la protection de la faune et de la flore des sites Natura 2000 (article L.414-4 du code de l'environnement) ;
- La réglementation relative à l'information et la participation des citoyens (Enquêtes publiques, article L.123-1 du code de l'environnement)

### 5.2.1 - Nomenclature Loi sur l'Eau

La rubrique 4.1.3.0 de la nomenclature Loi sur l'Eau s'applique aux opérations de dragage en milieu maritime et estuarien. En fonction des dernières analyses sédimentaires réalisées tant au niveau du chenal de navigation que du Lyvet (IDRA, 2016), l'on peut supposer que les sédiments de la Rance ne sont pas dégradés et ne présentent pas de dépassement de seuil N1.

**TABLEAU 3 - RUBRIQUE 4.1.3.0 DE LA NOMENCLATURE LOI SUR L'EAU**

Dragage et/ou rejet y afférent en milieu marin :		
<b>4.1.3.0</b>	<b>1° Dont la teneur des sédiments extraits est supérieure ou égale au niveau de référence N2 pour l'un au moins des éléments qui y figurent</b>	(A)
	<b>2° Dont la teneur des sédiments extraits est comprise entre les niveaux de référence N1 et N2 pour l'un des éléments qui y figurent :</b>	
	a) Et, sur la façade métropolitaine Atlantique-Manche-mer du Nord et lorsque le rejet est situé à 1 kilomètre ou plus d'une zone conchylicole ou de cultures marines :	
	I. Dont le volume maximal in situ dragué au cours de douze mois consécutifs est supérieur ou égal à 50 000 m <sup>3</sup>	(A)
	II. Dont le volume maximal in situ dragué au cours de douze mois consécutifs est inférieur à 50 000 m <sup>3</sup>	(D)
	b) Et, sur les autres façades ou lorsque le rejet est situé à moins de 1 km d'une zone conchylicole ou de cultures marines :	

I. Dont le volume maximal in situ dragué au cours de douze mois consécutifs est supérieur ou égal à 5 000 m <sup>3</sup>	(A)
II. Dont le volume maximal in situ dragué au cours de douze mois consécutifs est inférieur à 5 000 m <sup>3</sup>	(D)
<b>3° Dont la teneur des sédiments extraits est inférieure ou égale au niveau de référence N1 pour l'ensemble des éléments qui y figurent :</b>	
a) Et dont le volume in situ dragué au cours de douze mois consécutifs est supérieur ou égal à 500000 m <sup>3</sup>	(A)
b) Et dont le volume in situ dragué au cours de douze mois consécutifs est supérieur ou égal à 5000 m <sup>3</sup> sur la façade Atlantique-Manche-mer du Nord et à 500 m <sup>3</sup> ailleurs ou lorsque le rejet est situé à moins de 1 km d'une zone conchylicole ou de cultures marines, mais inférieur à 500 000 m <sup>3</sup>	(D)
L'autorisation est valable pour une durée qui ne peut être supérieure à dix ans. L'autorisation prend également en compte les éventuels sous-produits et leur devenir. Les rejets afférents aux dragages donnant lieu à des opérations d'immersions et dont les paramètres sont inférieurs aux seuils d'autorisation sont soumis à déclaration.	

Ainsi, dans le cas d'un dragage d'un volume de 50 000 m<sup>3</sup> par an, le projet serait soumis à une procédure de Déclaration au titre de la Loi sur l'Eau, en faisant l'hypothèse que l'ensemble des sédiments extraits ne dépasse pas le niveau de référence N1.

**Des analyses complémentaires seront requises avant toute opération de dragage, en ciblant les zones à draguer où les analyses devront être réalisées.** Les analyses effectuées seront conformes à la Circulaire dragage n°2000-62 du 14 juin 2000 (comprenant notamment les paramètres N1/N2), et adaptées à la filière de valorisation le cas échéant.

A noter qu'en fonction de la filière de gestion des sédiments, d'autres rubriques pourraient également concerner le projet, notamment les rubriques 2.1.4.0 (Epanchage d'effluents ou de boue) et 2.2.3.0 (Rejet dans les eaux de surface, faisant intervenir les flux et seuils R1/R2 mentionnés précédemment), notamment dans le cas de la gestion des eaux d'exhaure des sites de gestion à terre.

Le délai d'instruction d'un dossier de Déclaration est de deux mois environ. En cas d'Autorisation, au moins neuf mois de procédures sont nécessaires entre le dépôt du dossier et l'obtention de l'Arrêté d'Autorisation.

### 5.2.2 - Evaluation environnementale

Si un dossier d'autorisation environnementale comprend une étude d'incidence environnementale, il ne comprend pas nécessairement une évaluation environnementale au sens des articles R122-2 et R122-3 du Code de l'Environnement.

L'annexe de l'article R. 122-2 du Code de l'Environnement définit les catégories de projet soumises à évaluation environnementale ou examen au cas par cas, en application de l'article L. 122-1 du Code de l'Environnement.

Par exemple, la rubrique 25 *Extraction de minéraux par dragage marin ou fluvial* indique que les opérations de dragage **sont soumises à examen au cas-par-cas dans le cas où elles sont soumises à autorisation au titre de la rubrique 4.1.3.0 de la nomenclature Loi sur l'Eau.**

### 5.2.3 - Incidences Natura 2000

L'article L.414-4 du Code de l'Environnement précise que les projets susceptibles d'affecter un site Natura 2000 doivent faire l'objet d'une évaluation des incidences Natura 2000.

Le bassin de la Rance comprend un site Natura 2000 au titre de la Directive Oiseaux (*ZPS Ilots Notre-Dame et Chevret*) et un site Natura 2000 au titre de la Directive Habitats (*ZSC Estuaire de la Rance*), ce dernier couvrant l'ensemble de l'estuaire.

Tout dossier de déclaration ou de demande d'autorisation pour les opérations de dragage devra ainsi comprendre une notice d'incidence Natura 2000.

### 5.3 - Applicabilité à l'estuaire de la Rance

Certaines techniques de dragage décrites au §5.1 - sont moins adaptées à l'estuaire de La Rance, notamment en raison de l'accessibilité d'engins ou de courants trop faibles, tandis que d'autres techniques seraient plus efficaces. Le tableau suivant synthétise les avantages et inconvénient des techniques et analyse leur applicabilité au bassin de la Rance.

Dragage mécanique	
<b>Mise en œuvre</b>	Extraction des sédiments à l'aide d'une pelle amphibie ou sur ponton
	Transport par barge jusqu'à un accès terrestre (cale de mise à l'eau, quai) ou un site d'immersion
	Transport terrestre (tracto-benne, camion)
<b>Avantages</b>	Faible teneur en eau des sédiments
	Intéressant sur les zones de mouillage où les corps morts/chaines pourraient bloquer le cutter d'une drague hydraulique
	Permet un ressuyage et une valorisation plus rapides des sédiments
<b>Inconvénients</b>	Transport limité par les contraintes de marée
	Tirant d'eau minimum nécessaire pour la navigation
	Possibilité de nuisances (bruit, salissures) avec le transport terrestre
<b>-Exemples d'application sur le site de La Rance</b>	Réalisé : Dragage mécanique (10 000 m <sup>3</sup> ) mis en place lors du chantier expérimental du Contrat de Baie sur le Lyvet Expérimentation privée avec valorisation agricole de 3000 m <sup>3</sup> (cf. §2.1 - ) Multiples valorisations qui peuvent être mises en œuvre rapidement (agricole, remblais, etc.)
	Envisagé : Extraction sans dilution et transport des sédiments par barge jusqu'au lieu de dépose. Un site de transit pourrait permettre de parfaire la déshydratation et de stocker temporairement les sédiments dans des bassins. Le site de la Hisse (ou un autre) peut être alimenté par voie terrestre ou par voie hydraulique. Dans ce cas, les barges pourraient stationner en aval ou en amont de l'écluse du Chatelier, et un ponton refouleur serait utilisé pour diluer les sédiments et les refouler vers les lagunes. En amont de l'écluse du Chatelier, l'eau douce utilisée permettrait de diminuer les concentrations en chlorure dans les lagunes.

<b>Dragage hydraulique</b>	
<b>Mise en œuvre</b>	Extraction des sédiments avec une drague aspiratrice
	Transport par conduite de refoulement, flottante ou non
	Refoulement des sédiments dans des lagunes de décantation
<b>Avantages</b>	Mise en œuvre rapide
	Adapté avec des lagunes de décantations : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Site ICPE de La Hisse</li> <li>• Lagunes de Plouër</li> <li>• Site de transit provisoire</li> </ul>
	Limite le transport terrestre et/ou fluvial des matériaux
<b>Inconvénients</b>	Tirant d'eau minimum nécessaire pour la mise en œuvre de la drague
	Forte teneur en eau des sédiments après l'extraction (décantation nécessaire)
	Distance de refoulement limitée ~2 km avec pompe relais.
	Difficulté de mise en place en présence de nombreux corps morts sur les zones de mouillage
	Coûts d'aménagement/repli plus importants
<b>Exemples d'application sur le site de La Rance</b>	Réalisé : Plusieurs campagnes de dragage hydraulique du piège du Lyvet Refoulement vers le site de transit de La Hisse (cf. §2.1 - ) Dragage du port de Plouer et refoulement dans la lagune du port.
	Envisagé : utilisation sur un autre piège à sédiments, sur un site de dragage à proximité d'un site de transit adapté.

Dragage environnemental	
<b>Mise en œuvre</b>	<b>Rotodévasage</b> : déstructuration du matériau à l'aide d'une fraise, déplacement par courants de jusant vers l'aval, ou bien en courants de flots vers un piège à sédiments
	<b>Pompage</b> : pompage à l'aide pompe (type Toyo DragFlow...) et refoulement des sédiments dans le chenal, déplacement par courants de jusant
	<b>Hersage</b> : utilisation d'une barre niveleuse pour déplacer mécaniquement les dépôts sédimentaires vers des zones plus profondes
	<b>Injection d'eau</b> : déconsolidation des sédiments en injectant de l'eau à basse pression dans la couche de vase et formation d'un courant de densité, déplacement par courant de densité
<b>Avantages</b>	Pas d'extraction des sédiments hors du milieu marin ou estuarien
	Adapté aux dépôts récents
	Intervention douce, relativement simple à mettre en œuvre sous réserve de disponibilité du matériel à proximité.
<b>Inconvénients</b>	Efficacité difficile à évaluer en l'état des connaissances hydrodynamiques : besoin d'étayer le niveau de connaissances hydrodynamiques et hydrosédimentaire du bassin maritime pour identifier les déplacements des matériaux remis en suspension et limiter les impacts sur les sites vulnérables. Le modèle VIBRANCE de l'IFREMER permettrait à court terme une première évaluation du déplacement des matériaux.
	Dépendant des conditions hydrodynamiques
	Tirant d'eau minimum nécessaire pour les outils utilisés
	Sortie des sédiments en aval du barrage non garantie
	Forts enjeux environnementaux : risque de diffusion d'un panache turbide vers les zones à forts enjeux écologiques : herbiers de zostères, pêches à pieds, herbus, etc.
	Jamais mis en œuvre, envisagé dans le cadre du plan de gestion du chenal de navigation. Envisageable sur le bassin, en particulier dans le cadre d'expérimentations, sous réserve de connaissances hydrodynamiques plus importantes.
<b>Exemples d'application sur le site de La Rance</b>	

<b>Piège à sédiments</b>	
<b>Mise en œuvre</b>	Création d'une fosse créant une zone de sédimentation privilégiée
	Captage des sédiments réduisant l'envasement alentour
	Dragage du piège régulièrement (refoulement dans des lagunes de décantation ou extraction mécanique)
<b>Avantages</b>	Remplissage du piège à sédiments de façon naturelle
	Limitation des opérations en se concentrant sur une zone spécifique
	Limitation de la sédimentation aux alentours
<b>Inconvénients</b>	Installation d'un site de stockage ou transit à proximité pour permettre le dragage régulier
	Entretien régulier à l'aide d'une technique de dragage classique, avec extraction hors bassin
	Localisation et efficacité du piège dépendant de la configuration et des conditions hydro-sédimentaires du site
	Tirant d'eau minimum nécessaire pour les engins
	Forte teneur en eau des sédiments après l'extraction en cas de dragage hydraulique
<b>Exemples d'application sur le site de La Rance</b>	Réalisé : Déjà mis en place et éprouvé au piège du Lyvet, avec une efficacité et un rendement clairement démontrés. La création d'un site pérenne pour accueillir régulièrement les sédiments du piège permet un retour d'expérience.
	Envisagé : Il pourrait être intéressant de pouvoir curer une nouvelle zone de l'estuaire dans un schéma identique vu son efficacité. Le curage étant nécessaire tous les 2 à 3 ans seulement, et le plan test s'étalant sur 5 ans, il pourrait être envisagé d'alterner les curages de plusieurs pièges, tout en intercalant des extractions de sédiments sur des zones spécifiques.

Chasses hydrauliques	
<b>Mise en œuvre</b>	Ouverture des vannes de l'écluse lorsque le niveau amont est suffisant
	Déplacement des sédiments en aval en les réinsérant dans le transport sédimentaire local
<b>Avantages</b>	Ne nécessite pas de matériel spécifique
	Réinsertion des sédiments dans le transport sédimentaire / chenal
<b>Inconvénients</b>	Evacuation de l'estuaire non garantie si réalisée trop en amont ou courant trop faible. Difficulté pratique à rapprocher les sédiments vers les zones de forts courant plus en aval de la Rance
	Dépôt en aval ne faisant que « repousser » la sédimentation
	Maitrise impérative du devenir des MES si expulsion en dehors du bassin maritime (autres zones à enjeux sur la côte Malouine et Dinardaise proche)
	Niveau amont suffisant requis pour ouverture des vannes (cas du Chatelier : dépendance aux conditions hydrologiques de la Rance)
<b>Exemples d'application sur le site de La Rance</b>	Réalisé : mis en place au niveau de l'écluse du Châtelier par EDF, permettant de désenvaser le chenal à proximité de l'écluse
	Envisagé : réalisation de chasses au niveau de l'écluse du Châtelier périodiquement afin de désenvaser le chenal, impact réel non éprouvé à l'échelle du bassin.
	Réflexion au niveau du barrage de l'usine marémotrice.

Certaines techniques permettent une extraction des sédiments du bassin, tandis que d'autres ne font que les déplacer. Les techniques curatives répondent à un besoin d'extraction précis, comme un dragage mécanique ou hydraulique, tandis que les techniques préventives comme la création d'un piège à sédiments permettent de limiter l'envasement de façon générale pour peu que le piège soit régulièrement entretenu.

La remise en suspension et l'injection d'eau nécessitent un besoin renforcé des connaissances hydrodynamiques locales (cf. thèse CIFRE EDF en cours) afin d'identifier les déplacements des matériaux traités et limiter les impacts sur les enjeux sensibles (conchyliculture, herbiers, etc.).

Il apparaît cependant que le choix d'une technique de dragage pour le site de la Rance est très fortement lié à la valorisation qui sera effectuée ensuite.

Au vu des filières de valorisation pressenties et sites de transit disponibles (voir chapitre 7), les dragages hydrauliques seront privilégiés en cas d'intervention à proximité de lagunes de décantation (Plouer, La Hisse ou nouveau site) hors zones de mouillage, et les dragages mécaniques seront privilégiés dans les autres cas, notamment en cas de reprise rapide des matériaux ou de site de transit/valorisation distant du bassin et de dimension plus réduite que celui de la Hisse.

## 6 - PRIORISATION DES SITES DE DRAGAGE

Pour prioriser les sites de dragage, une focalisation a été faite sur les cales et les zones de mouillage pour l'opération 2019/2020. Cette focalisation a été faite afin d'identifier des besoins évidents à court terme, à entreprendre au moins la première année du plan de gestion (cas des cales). Les années suivantes pourront permettre de répondre à d'autres besoins, environnementaux notamment comme la préservation de vasières remarquables.

Les volumes sont calculés afin de répondre à une extraction de dépôts récents. Les exigences du CGEDD préconisent de stopper l'envasement et de limiter de nouveaux apports, et non pas de chercher à atteindre une situation « ancienne » en draguant un volume trop important. En revanche, une réponse à une fonctionnalité des cales est possible en observant un objectif de tirant d'eau à marée basse. Ainsi, dans la méthodologie de calcul des volumes, deux exemples de tirants d'eau ont été proposés afin de calculer les cubatures.

### 6.1 - Méthodologie de calcul des volumes

La méthodologie pour calculer les volumes à draguer est basée sur les données sources des bathymétries de 2011 et 2018 et sur le différentiel des deux (2011-2018), nonobstant les incertitudes de levé déjà évoquées.

Pour l'entretien des cales, les zones concernées par les dragages ont été délimitées sous forme de lignes droites permettant de relier les cales au chenal de navigation. Une largeur d'une vingtaine de mètres a été considérée pour le chenal ainsi entretenu.

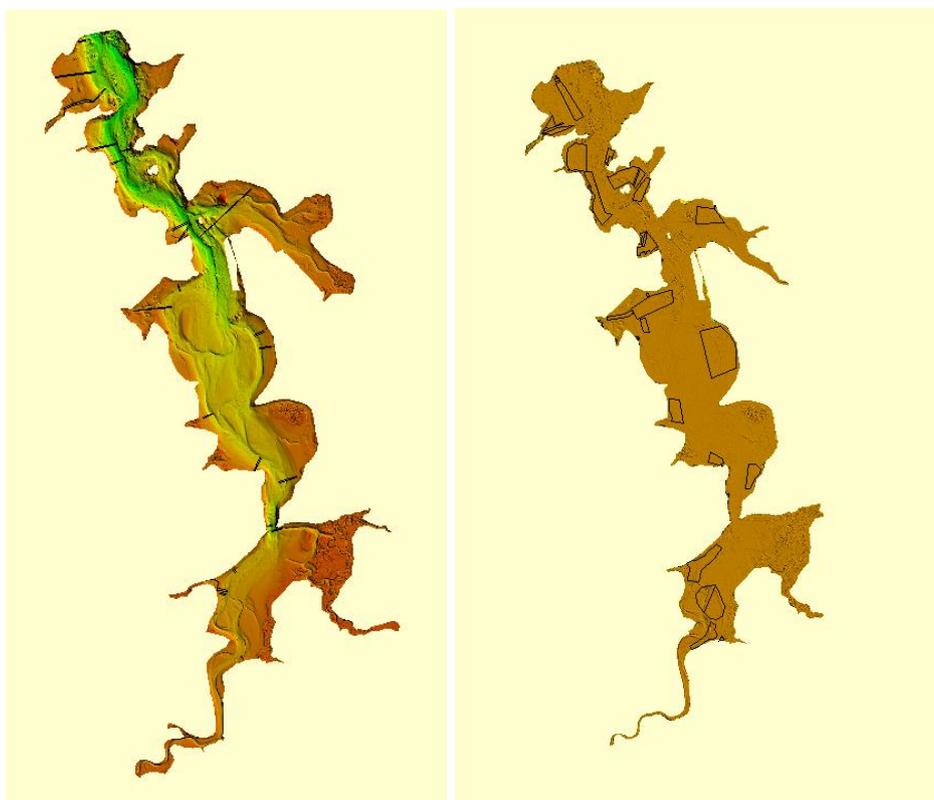
Quant aux zones de mouillage, les dragages portent sur l'ensemble de la zone, en suivant les polygones tels que transmis par le Maître d'Ouvrage.

Le postulat des volumes à draguer concerne donc les volumes déposés entre 2011 et 2018 sur les différents sites considérés.

Pour les cales, les volumes calculés correspondent également aux volumes à extraire pour obtenir :

- 1m de tirant d'eau à marée basse à partir de la bathymétrie 2018 ;
- 2m de tirant d'eau à marée basse à partir de la bathymétrie 2018.

Les objectifs de tirant d'eau ont été traduits en termes de cotes objectifs à partir de l'analyse des niveaux d'eau au marégraphe de Saint-Suliac. Le niveau le plus bas sur la période fin février 2019-début mars 2019 était de +5.39 m CM. Un niveau moyen de basse mer de +6.55 mCM a été retenu, soit une cote objectif de 5.55 mCM pour un tirant d'eau de 1m et de 4.55 mCM pour un tirant d'eau de 2m.



**FIGURE 29 – POLYONES DELIMITANT LES ACCES AUX CALES DE MISE A L'EAU / BATHY 2018 ET ZONES DE MOUILLAGE / BATHY DIFFERENTIELLE 2011-2018**

■ **Accès des cales de mise à l'eau au chenal de navigation**

Les dépôts récents (2011 – 2018) sont indiqués par cale sur la Figure 30. Ils sont repris, ainsi que les volumes correspondant aux objectifs de tirant d'eau, dans le Tableau 4.





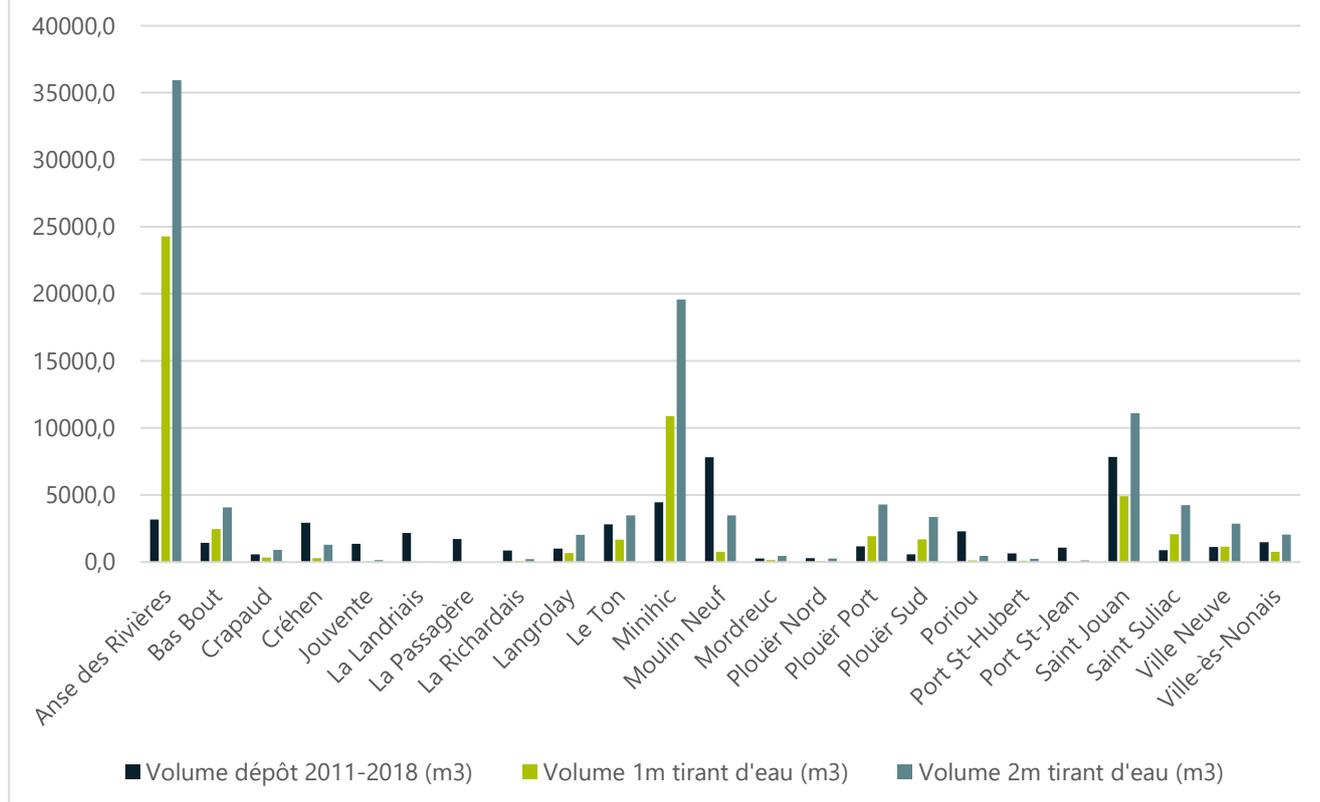
FIGURE 30 – VOLUMES DE DEPOTS RECENTS (2011-2018) CALCULES SUR LES ZONES D'ACCES DU CHENAL AUX CALES DE MISE A L'EAU

TABLEAU 4 – VOLUMES A EXTRAIRE EN FONCTION DES OBJECTIFS DE DRAGAGE SUR LES ACCES AUX CALES DE MISE A L'EAU

	Volume dépôt 2011-2018 (m3)	Volume 1m tirant d'eau (m3)	Volume 2m tirant d'eau (m3)
Anse des Rivières	3 167	24 297	35 929
Bas Bout	1 438	2 462	4 076
Crapaud	568	338	903
Créhen	2 948	283	1 289
Jouvente	1 372	64	142
La Landriais	2 178	7	30
La Passagère	1 712	-	-
La Richardais	863	85	218
Langrolay	1 001	667	2 035
Le Ton	2 812	1 668	3 475
Minihiic	4 452	10 895	19 582
Moulin Neuf	7 829	763	3 493
Mordreuc	265	141	465

<b>Plouër Nord</b>	301	84	265
<b>Plouër Port</b>	1 166	1 945	4 289
<b>Plouër Sud</b>	575	1 708	3 358
<b>Poriou</b>	2 285	123	450
<b>Port St-Hubert</b>	644	93	254
<b>Port St-Jean</b>	1 067	32	131
<b>Saint Jouan</b>	7 849	4 904	11 114
<b>Saint Suliac</b>	896	2 089	4 256
<b>Ville Neuve</b>	1 134	1 155	2 865
<b>Ville-ès-Nonais</b>	1 495	772	2 049

Volumes à extraire en fonction de l'objectif de tirant d'eau



## ■ Zones de mouillage

Les dépôts récents (2011 – 2018) sont indiqués par zone de mouillage sur la Figure 31.

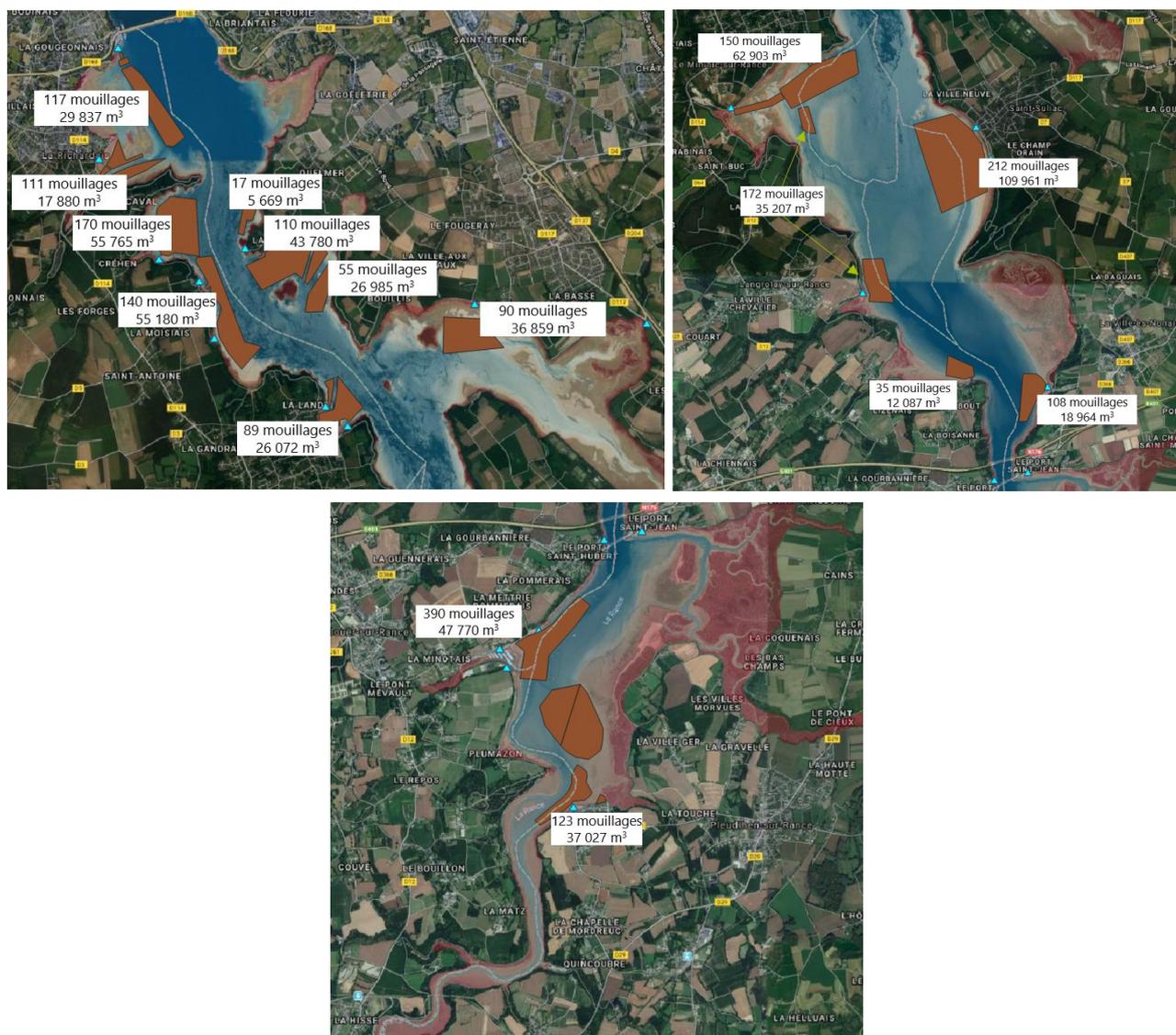
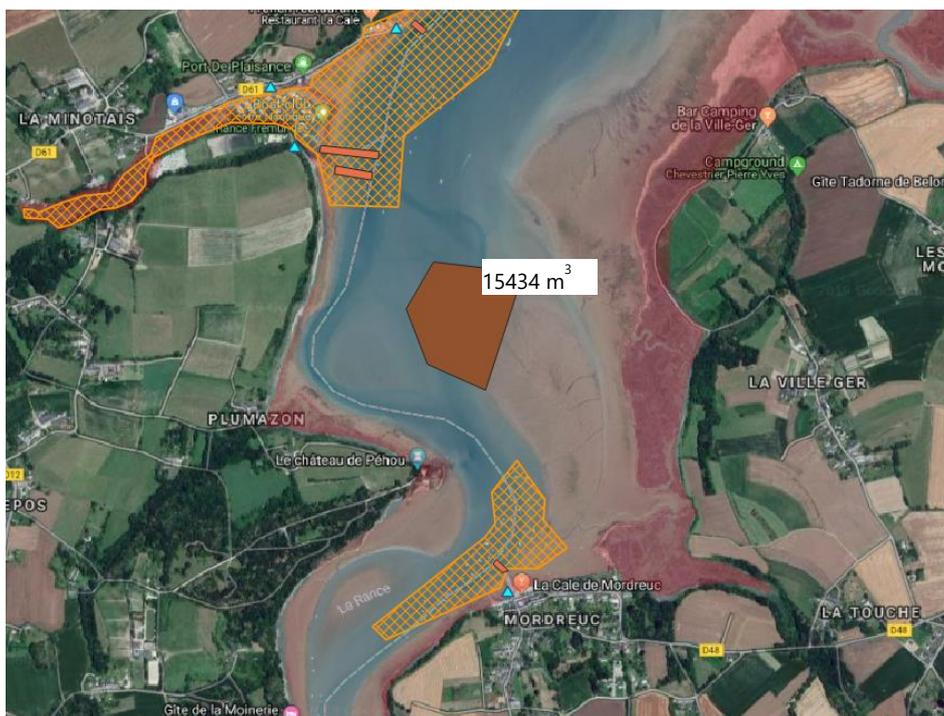


FIGURE 31 – VOLUMES DE DEPOTS RECENTS (2011-2018) CALCULES SUR LES ZONES DE MOUILLAGE

## ■ Zone d'atterrissement de Mordreuc

Suite aux demandes du Comité de Suivi, un dragage des dépôts récents sur la plaine de Mordreuc, au niveau d'une zone d'atterrissement située au centre du bassin a été considéré pour le plan de gestion (Figure 32).

Cette zone correspond à un dépôt de 15 500 m³ de sédiments entre 2011 et 2018.



**FIGURE 32 – VOLUME DE DEPOTS RECENTS (2011-2018) CALCULES SUR LA ZONE D'ATTERDISSEMENT DE MORDREUC**

## 6.2 - Méthodologie d'évaluation des coûts

### 6.2.1 - Estimation des coûts unitaires

Une estimation des coûts est proposée dans le plan de gestion. Pour les opérations de dragage, cette estimation est basée sur des coûts moyens unitaires listés ci-dessous. Ces coûts sont des moyennes issues de retours d'expériences variés (échanges avec des maîtres d'ouvrage, des entreprises, analyses d'offres...).

<b>Dragage mécanique</b>	
Coût amenée/repli pelle mécanique : atelier ponton-pelle	30 à 50 000 €HT
Coût amenée/repli et transport (limité) par barge	30 000 €
Coût d'extraction mécanique des sédiments	12 €/m <sup>3</sup>
Coût poste de reprise pelle mécanique vers transport terrestre	3 €/m <sup>3</sup>
Coût moyen de transport terrestre	1,20 €/m <sup>3</sup> /km
<b>Dragage environnemental</b>	
Coût d'amenée/repli matériel de remise en suspension	30 000 €HT sur des dispositifs légers 80 000 €HT <i>(pas de retour connu pour des engins dimensionnés pour la Rance)</i>
Coût de remise en suspension et injection d'eau	12€/m <sup>3</sup>
<b>Dragage hydraulique</b>	
Coût d'amenée/repli refoulement hydraulique (canalisation + possiblement pompe relai)	55 000 €HT
Coût d'amenée/repli d'une Drague Hydraulique Stationnaire (DAS)	45 000 €HT
Coût extraction hydraulique des sédiments	10 €/m <sup>3</sup>

### 6.2.2 - Exemples

Les exemples proposés ici visent à illustrer les montants indiqués dans le plan de gestion ci-après. Ils ne concernent que l'opération de dragage et de transport jusqu'au site de transit, et n'intègrent pas la valorisation. On considère ici un transport jusqu'au site ICPE de la Hisse.

### ■ Accès du chenal de navigation à la cale de Langrolay-sur-Rance

L'objectif de l'opération est d'extraire le volume déposé entre 2011 et 2018 pour permettre un bon accès au chenal de navigation. La cale de Langrolay est très utilisée, et la zone de mouillage autour dispose de 172 places. La distance entre le haut de la cale et le site de La Hisse est de 8,6 km en passant par des zones habitées, ou de 13,2 km en passant par des routes moins empruntées.



FIGURE 33 – LOCALISATION DE LANGROLAY ET DISTANCE AVEC LE SITE DE LA HISSE

Dragage mécanique et transport terrestre	
<b>Volume déposé 2011-2018 (m<sup>3</sup>)</b>	1 001
Coût A/R du matériel mécanique (€HT)	30 000 à 50 000
Coût extraction mécanique (€)	12 012
Coût de transport par barge	20 000 à 30 000 €
Coût poste de reprise pelle mécanique vers transport terrestre (€)	2 002 à 3 003
Coût transport pour 8,6 km (€)	10 330
<b>Coût total (€HT)</b>	<b>75 000 à 105 500</b>

Dragage hydraulique	
<b>Volume déposé 2011-2018 (m<sup>3</sup>)</b>	1 001
Coût A/R refoulement hydraulique : canalisation + possiblement pompe relai (€HT)	≈55 000
Coût A/R d'une DAS (€)	40 à 50 000
Coût d'extraction hydraulique (€)	10 010
<b>Coût total (€HT)</b>	<b>105 000 à 115 000</b>

Remise en suspension	
<b>Volume déposé 2011-2018 (m<sup>3</sup>)</b>	1 001
Coût A/R du matériel de remise en suspension (€HT)	≈80 000
Coût remise en suspension (€)	12 012
<b>Coût total (€HT)</b>	<b>92 000</b>

Coûts globaux	
Coût dragage mécanique	75 à 110 €/m <sup>3</sup>
Coût dragage hydraulique	105 à 115 €/m <sup>3</sup>
Coût remise en suspension	75 à 95 €/m <sup>3</sup>

La valorisation n'est pas incluse dans les coûts présentés ci-dessus.

A noter que les opérations impliquant des volumes réduits comme ici restent assez onéreux rapporté au m<sup>3</sup> compte tenu des postes fixes (amené/repli).

### ■ Zone de mouillage de Moulin Neuf

L'objectif principal est de **restaurer les usages** pour cette zone de mouillage très envasée (dépôts de 17 880 m<sup>3</sup> entre 2011 et 2018). Cette zone de mouillage est très fréquentée et compte 111 places. La distance entre le haut de la cale la plus proche et le site de la Hisse est de 14,4 km.



FIGURE 34 – LOCALISATION DE LA ZONE DE MOUILLAGE DE MOULIN NEUF

Dragage mécanique et transport terrestre	
Volume déposé 2011-2018 (m <sup>3</sup> )	17 880
Coût A/R du matériel mécanique (€HT)	≈50 000
Coût extraction mécanique (€)	214 560
Coût de transport par barge	20 000 à 30 000 €
Coût poste de reprise pelle mécanique vers transport terrestre (€)	35 760 à 53 640
Coût transport pour 14,4 km (€)	309 000
<b>Coût total (€HT)</b>	<b>629 000 à 658 000</b>

Dragage hydraulique	
Volume déposé 2011-2018 (m <sup>3</sup> )	17 880
Coût A/R refoulement hydraulique : canalisation + possiblement pompe relai (€HT)	≈55 000
Coût A/R d'une DAS (€)	40 à 50 000
Coût d'extraction hydraulique (€)	178 800
<b>Coût total (€HT)</b>	<b>273 000 à 275 000</b>

Remise en suspension	
<b>Volume déposé 2011-2018 (m<sup>3</sup>)</b>	17 880
Coût A/R du matériel de remise en suspension (€HT)	≈80 000
Coût remise en suspension (€)	214 560
<b>Coût total (€HT)</b>	<b>295 000</b>

Remise en suspension de 5 000 m <sup>3</sup> uniquement	
<b>Volume (m<sup>3</sup>)</b>	5 000
Coût A/R du matériel de remise en suspension (€HT)	≈80 000
Coût remise en suspension (€)	60 000
<b>Coût total (€HT)</b>	<b>140 000</b>

Coûts globaux	
<b>Coût dragage mécanique</b>	<b>35 à 40 €/m<sup>3</sup></b>
<b>Coût dragage hydraulique</b>	<b>15 à 16 €/m<sup>3</sup></b>
<b>Coût remise en suspension</b>	<b>15 à 30 €/m<sup>3</sup></b>

**Note :** La valorisation n'est pas incluse dans les coûts présentés ci-dessus.

#### ■ Zone d'atterrissement de Mordreuc

L'objectif principal est de draguer cette zone qui s'envase et pourrait gêner la navigation en s'étendant. Elle est située au centre du bassin où les sédiments ont tendance à se déposer. La distance entre la zone et la lagune de Plouër est d'environ 1km.



**FIGURE 35 – LOCALISATION DE LA ZONE D'ATTERDISSEMENT DE MORDREUC**

Dragage hydraulique	
Volume déposé 2011-2018 (m <sup>3</sup> )	15 434
Coût A/R refoulement hydraulique : canalisation + possiblement pompe relai (€HT)	≈55 000
Coût A/R d'une DAS (€)	40 à 50 000
Coût d'extraction hydraulique (€)	154 340
<b>Coût total (€HT)</b>	<b>249 000 à 260 000</b>

<b>Coût global dragage hydraulique</b>	<b>16 à 17 €/m<sup>3</sup></b>
--	--------------------------------

La valorisation n'est pas incluse dans les coûts présentés ci-dessus.

### 6.3 - Priorisation de sites

Dans un premier temps, les cales à draguer en priorité peuvent être choisies en fonction de la capacité des zones de mouillage auxquelles elles permettent l'accès ou encore les volumes déposés récemment. Cette approche est proposée ci-dessous. Néanmoins, certaines cales sont peu utilisées aujourd'hui et dans le plan de gestion proposé ci-après, la proximité aux sites de transits et valorisation est privilégiée.

#### ■ Classement des cales selon les tailles de zones de mouillage et usages

Les cales de mise à l'eau où les enjeux de navigation sont les plus importants (nombre de places de mouillage et d'usages potentiels) sont classées ci-dessous :

- **Plouër Nord** : 390 places de mouillage
- **Saint-Suliac** : 212 places de mouillage
- **Langrolay-sur-Rance** : 172 places de mouillage
- **Montmarin** : 170 places de mouillage



FIGURE 36 – CALES DE PLOUËR ET DE SAINT-SULIAC



FIGURE 37 – CALES DE LANGROLAY ET MONTMARIN

- Minihiac : 150 places de mouillage
- Jouvente : 140 places de mouillage
- La Passagère : 127 places de mouillage
- Mordreuc : 123 places de mouillage
- La Richardais : 117 places de mouillage
- Moulin Neuf : 111 places de mouillage

#### ■ Classement des cales selon les dépôts entre 2011 et 2018

Les cales de mise à l'eau où les dépôts entre 2011 et 2018 ont été les plus importants sont classées ci-dessous :

- **Saint-Jouan** : 7 848 m<sup>3</sup>
- **Moulin Neuf** : 7 828 m<sup>3</sup>
- **Minihiac** : 4 451 m<sup>3</sup>
- **Anse des Rivières** : 3 166 m<sup>3</sup>



FIGURE 38 – CALES DE SAINT-JOUAN ET MOULIN NEUF



**FIGURE 39 – CALES DU MINIHIC ET DE L'ANSE DES RIVIERES**

- Montmarin : 2 947 m<sup>3</sup> déposés
- Le Ton : 2 812 m<sup>3</sup> déposés
- Poriou : 2 285 m<sup>3</sup> déposés
- La Landriais : 2 178 m<sup>3</sup> déposés
- La Passagère : 1 711 m<sup>3</sup> déposés
- Ville-ès-Nonais : 1 495 m<sup>3</sup> déposés
- Bas-Bout : 1 437 m<sup>3</sup> déposés

## 7 - FILIERES DE GESTION DES SEDIMENTS

### 7.1 - Filières de gestion envisageables

Les points suivants présentent un panel des pratiques mises en œuvre à l'échelle du territoire Rance mais aussi des solutions concrètes développées par ailleurs à l'échelle nationale par d'autres Maîtres d'Ouvrage.

Ces éléments, qui visent à poser un socle de connaissance commun sur les modes de gestion des sédiments, sont par ailleurs complétés par des fiches de synthèse « filières », jointes en *Annexe 2* au rapport.

#### 7.1.1 - Epandage / reconstitution de sol (fiche filière n°1)

##### 7.1.1.1 - Historique des pratiques et retours d'expériences

###### ■ Intérêt

En Rance, les opérations **d'épandage** remontent au 19<sup>ème</sup> siècle (pratique dite du « marnage ») par les exploitants agricoles qui allaient se servir directement sur les estrans vaseux de la Rance. L'intérêt agronomique qu'ils y trouvaient repose en grande partie sur l'amendement en carbonate de calcium permettant de tamponner l'acidité du sol (remonté du pH) ce qui améliore les propriétés physiques et l'activité biologique des sols.

Les études récentes<sup>5</sup> confirment cet effet lié à l'apport de calcaire potentiellement actif, et indiquent d'autres intérêts agronomiques induits par les sédiments en général, dont ceux de la Rance :

- le pouvoir fertilisant par l'apport de nutriments (Azote, Phosphore), bien que réel, n'est pas celui mis en avant, les sédiments de la Rance étant caractérisés par une **fraction minérale majoritaire** (dominance marine des sédiments). Les tests de minéralisation de l'azote montrent que la vase ne se comporte pas du tout comme un fertilisant azoté organique susceptible de libérer à court ou moyen terme 20 à 40% de son azote (fumier), voire 50 à 70% (lisier)<sup>6</sup>.
- propriétés physiques : la **stabilité structurale** permise par la formation d'agrégats (amélioration des capacités d'infiltration et de drainage, macroporosité...), est particulièrement remarquable à partir des sédiments de la Rance, principalement du fait de la composition minéralogique et notamment la forte présence de phyllosilicates des vases ;
- lutte contre l'érosion des sols ;
- diminution du stress hydrique, réduction du transfert de substances vers la nappe;
- diminution des apports d'intrants fertilisants et économie pour les exploitants ;
- amélioration chimique par une augmentation modérée en phosphore et éléments potassium et carbonates, oligo-éléments, qui agissent favorablement sur la croissance des végétaux.

Les principales opérations de valorisation agricole en Rance avec des sédiments ont été résumées au *Tableau 1* et ont déjà intéressées environ de 200 000 m<sup>3</sup> depuis les années 1990, que ce soit en réemploi direct après dragage ou après une phase de déshydratation. Peu de ces opérations ont malheureusement fait l'objet de suivis agronomiques (cf. § R&D).

Les **coûts** associés à cette filière (transport par attelage agricole et régalaage au bulldozer) restent en général dans une fourchette de 7 à 10 €/HT/m<sup>3</sup>, variable suivant la distance considérée (ici 0 à 5 km).

<sup>5</sup> Chambre d'Agriculture – Cotes d'Armor ; Chambre d'Agriculture – Charente Maritime ; FOURVEL, 2018 ; VNF - projet de valorisation agronomique des sédiments du canal de Beaulieu.

<sup>6</sup> Les résultats indiquent par ailleurs que les vitesses de minéralisation de l'azote de la terre et du mélange terre-sédiment sont pratiquement identiques (Chambre d'Agriculture 22).

## ■ Limites actuelles

Au niveau des caractéristiques agronomiques, les sédiments ne peuvent pas être considérés comme des matières organiques telles que les boues d'épuration, les fumiers ou les composts. Les effets fertilisants des matières organiques ne se retrouvent pas dans les matières minérales majoritaires des sédiments. **Pour autant et à défaut de réglementation dédiée spécifiquement aux sédiments, le réemploi de ces derniers est rattaché à la réglementation sur l'épandage des boues de STEP<sup>7</sup> (Arrêté du 8 Janvier 1998).** Sur cette base, et bien que les analyses agronomiques s'accordent à considérer les sédiments comme proches d'un sol (ou d'un sol en devenir), l'approche « reconstitution » ou « restructuration de sol » est rapidement limitée par une application stricte de l'Arrêté de 1998, notamment en ce concerne les **flux décennaux admis** par hectare en éléments traces métalliques (ETM) sur les parcelles agricoles<sup>8</sup>. Cette limitation a toutefois pu être en partie levée en considérant les flux nets totaux rapportés sur l'ensemble de l'horizon cultivable ainsi amendé (approche « un sol sur un sol »). Si ces quantités épandues/ha ne sont pas encore à la hauteur de ce que souhaiteraient les exploitants et les acteurs devant gérer ces sédiments (notamment en termes de facilité technique de mise en œuvre), elles permettent d'apporter des volumes de l'ordre **de 250 à 450 T de matière sèche par Ha<sup>9</sup>, ce qui au regard du parcellaire potentiellement disponible reste une filière de premier ordre.**



FIGURE 40 – EPANDAGE DE SEDIMENT (COEUR E. / IDRA, 2018 ; CA 17)

## ■ Effet de la salinité

Les quantités de chlorures de sodium apportées par les vases peuvent être conséquentes. Celles-ci sont néanmoins rapidement abattues : sur des parcelles suivies, les chlorures passent d'environ 7 à 1,4 g/kg au cours du premier hiver<sup>10</sup>. En laboratoire, les effets phytotoxiques de la salinité sont connus et ont fait l'objet d'évaluation par des tests de germination et de croissance, qui indiquent des niveaux trop élevés au-delà de 5

<sup>7</sup> Arrêté du 8 janvier 1998 fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles pris en application du décret n° 97-1133 du 8 décembre 1997 relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées.

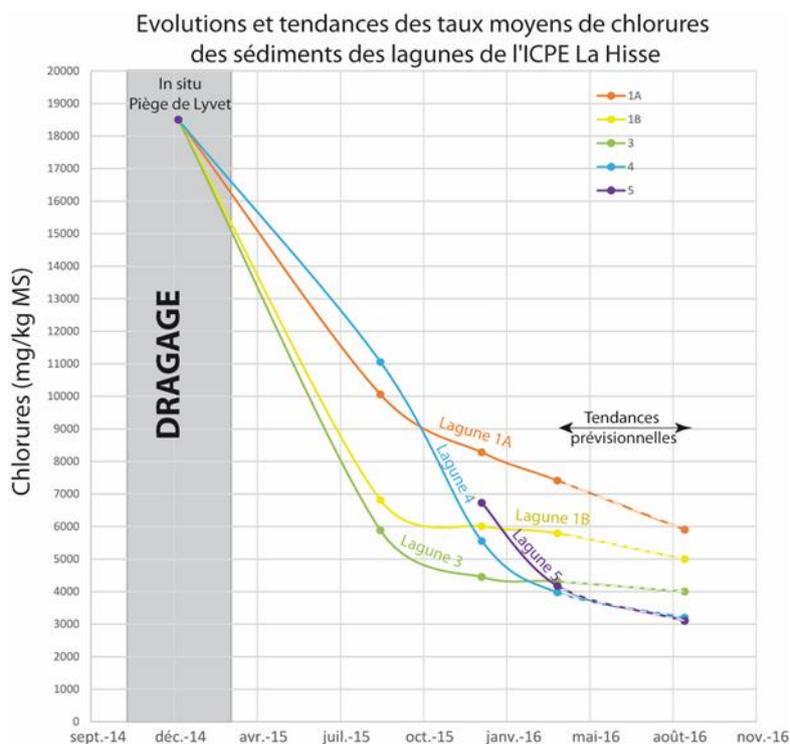
<sup>8</sup> Selon les concentrations initiales en ETM des sédiments, les épaisseurs déposées de sédiment atteignent tout au plus 3 à 6 cm.

<sup>9</sup> Selon les concentrations initiales en ETM.

<sup>10</sup> C.A. des Cotes d'Armor, 2016.

g/kg MS, avec des niveaux de tolérance variables suivant les végétaux (meilleure tolérance des céréales). Ces éléments restent toutefois à être **vérifiés en conditions de plein champ** car des opérations précédentes en Rance ont montré que la remise en culture était *in fine* peu impactée même suites à des apports de sédiments très conséquents (pluri décimétrique dans les expérimentations historiques), et que le bénéfice final (amélioration des sols et des rendements) était rapidement atteint.

Enfin, on relèvera que sur la problématique des Chlorures, le fonctionnement même du site de transit de la Hisse met en œuvre au sein des lagunes une alternance de phase de ré-ennoiment sédiments par les eaux météoriques puis déshydratation afin de favoriser le lessivage du sel avec efficacité.



**FIGURE 41 – CINÉTIQUE D'ABATTEMENT DU SEL DANS LES SÉDIMENTS SUR LE SITE DE LA HISSE (COEUR E., 2016)**

#### ■ Autres considérations techniques

Les échanges concernant cette filière font aussi ressortir une réflexion sur le **choix adapté des engins** et des modes d'épandage pour les sédiments souvent de consistance assez cohésive (limons argileux) lors de leur reprise, ce qui complexifie leur réglage par des modalités classiques<sup>11</sup>. D'autres approches (par exemple par émottage après une période de ressuyage prolongée en bout de champ) restent à évaluer.

#### ■ Synthèse

A l'aune des retours d'expérience en cours (cf. § R&D) et d'une meilleure compréhension de la capacité des sols à assimiler des sédiments, l'évolution attendue de la réglementation sur la question de la valorisation agronomique des sédiments permettra probablement de mieux cerner les limites admissibles de cette voie de valorisation. L'objectif à termes peut être double<sup>12</sup> : **i)** identifier la limite haute des apports effectivement justifiables dans des conditions environnementales non nuisibles pour les cultures et les milieux ; **ii)** étendre cette filière à la reconstitution de sol (néo-sols) en tant que support de cultures.

<sup>11</sup> L'usage de bulldozers, un temps craint pour les risques de tassement des sols, s'avère *in fine* peu impactant voire moins que le poinçonnement par les roues des attelages agricoles.

<sup>12</sup> Le Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire a mandaté le CEREMA en 2019 pour piloter un groupe de travail permettant de définir une méthode de valorisation « agronomique » des sédiments.

En synthèse, les critères principaux d'acceptabilité des sédiments en valorisation agricole que mettent en avant les chambres d'agriculture concernent :

- la non-dangerosité des sédiments ;
- Le non-impact sur les ressources (sol et eau) ;
- l'intérêt agronomique des sédiments et en particulier l'amélioration structurelle du sol ;
- la maîtrise du risque sanitaire par le transfert sol-plante ;
- la compatibilité agro-pédologique entre le sol et les sédiments.

### 7.1.1.2 - Potentialités du territoire



Sur le territoire de la Rance, la filière d'épandage agricole, ré-initiée dès les années 1990, suscite à présent une **forte adhésion des exploitants agricoles**. Le précédent plan d'épandage des sédiments du Lyvet 2 représentait à cet égard près de 160 Ha de parcelles éligibles, avec des sollicitations d'exploitants encore non exhaustives et ceci dans un rayon de moins de 15 km du bassin.

A noter que le bassin de la Rance est caractérisé par un **zonage conchylicole**<sup>13</sup>, lequel induit *de facto* des prescriptions fortes relatives à l'épandage, qui s'appliquent donc aussi à l'épandage des sédiments. L'épandage dans la **bande des 500 mètres** n'a pour l'instant pas fait l'objet de demande de dérogation pour ce type d'opérations, mais compte tenu du nombre de parcelles potentiellement concernées et d'exploitants intéressés par des sédiments, le cas se présentera probablement. Une concertation devra être menée avec le Comité Régional de Conchyliculture et la DDTM sur cette question<sup>14</sup>, avec en filigrane les objectifs de maintien de la qualité des eaux rappelés par le SAGE.

**Le réemploi des sédiments en agriculture constitue donc bien une filière de premier ordre, avec un potentiel avéré sur le territoire.**

### 7.1.2 - Autres filières

Les éléments suivants décrivent d'autres filières de valorisation mises en œuvre sur le territoire. Elles constituent sinon des références ou des filières déclinables de suite sur le bassin de la Rance, au moins un socle de solutions existantes, permettant d'élargir le champ des possibilités de valorisation selon des opportunités futures :

#### ■ Merlons paysagers et/ou phoniques (cf. Fiche filière n°2)

La nature limono-argileuse des sédiments peut paraître intuitivement peu adaptée à ce type de réemploi, pourtant, après une déshydratation, les caractéristiques géomécaniques des matériaux s'avèrent utilisables dans un certain nombre de situations.

Un exemple récent de réemploi de sédiments en merlon anti-bruit a donné satisfaction aux acteurs concernés sur la commune de la Trinité-Surzur où environ 30 000 m<sup>3</sup> de sédiments déshydratés du port de Vannes (opération de dragage de 2012), après passage sur le site de transit de Tohannic (56), ont pu être mis en œuvre courant 2017-2018 dans le cadre d'un plan départemental de prévention du bruit dans l'environnement. A noter que d'autres exemples ont vu le jour en particulier sur les sites de transit eux-mêmes où les mesures d'intégration paysagères ou de merlon phoniques ont été créées (Le Teich à Arcachon, Tohannic à Vannes).

A noter que le cadrage réglementaire pour la création de ce type d'ouvrage va probablement évoluer prochainement à travers le projet d'Arrêté « *fixant les conditions de sortie du statut de déchet pour les terres*

<sup>13</sup> Cinq zones sont recensées sur l'estuaire, référencées : 3522.01 / 3522.05 / 3522.03 / 3522.00.02 / 2235.00.01

<sup>14</sup> Relevons à cet égard que les mesures prescriptives relatives à l'épandage dans cette limite des 500 concernent des objectifs avant tout sanitaires (innocuité microbiologique vis-à-vis de la conchyliculture et de la masse d'eau), or les sédiments réessuyés proviennent d'ores et déjà du même milieu de vie que ces coquillages et les analyses bactériologiques menées jusqu'à présent n'indiquent pas de germes de contaminations.

*excavées et les sédiments (...) en aménagement* ». Des guides dédiés<sup>15</sup> notamment pour les ouvrages routiers (remblais techniques phoniques, paysagers recouverts ou non) existent d'ores et déjà auxquels les Maîtres d'Ouvrages peuvent se référer en particulier concernant les exigences environnementales portées sur la nature des sédiments éligibles : si les sédiments non inertes (salés) sont utilisables, ces guides techniques préconisent une logique d'essais préalables<sup>16</sup> nécessaires à la démonstration de l'innocuité des matériaux alternatifs pour cette filière. A noter que des éco-modelés ou aménagements paysagers rentrent pleinement dans cette filière.

Le dimensionnement des ouvrages peut nécessiter la réalisation d'essais géomécaniques préalables pour caractériser la portance et la tenue des sédiments (essais de cisaillement...). Vis-à-vis des enjeux de salinité, la percolation des eaux météoriques dans ces ouvrages est intrinsèquement limitée du fait des propriétés cohésives et imperméables des sédiments fins, néanmoins, ils sont aussi en général recouverts par une couche de terre-végétale et réenherbée, dans le but d'éviter une érosion de surface.

Les coûts de mise en œuvre concernent généralement du terrassement pur et sont donc intéressants (~2 à 4 €/HT/m<sup>3</sup>).



**FIGURE 42 – MERLONS PHONIQUE ET PAYSAGER (A : IDRA, LA TRINITE-SURZUR, 2018 / B : GPM DE DUNKERQUE)**



En termes d'application au bassin de la Rance, cette filière relève comme souvent d'**opportunité du territoire** : à noter le projet d'achèvement de mise à 2x2 voie de la N176 (3,5 km) porté par la DREAL/DIR Ouest (début des travaux pas avant 2022), pourrait constituer une piste de projet à terme, mais le dimensionnement et les bilans remblais-déblais restent à définir pour caractériser le besoin en matériaux d'apport et leur finalité de réemploi : remblais d'accotement ou en sous-couche. La filière des ouvrages périphériques au réseau routier est une piste intéressante car potentiellement pourvoyeuse de besoins conséquents de matériaux (de 5 à 30 m<sup>3</sup>/mètre linéaire).

#### ■ Digues secondaires

Le réemploi des sédiments en digues anti-submersion peut s'envisager, principalement en digues secondaires, voir en noyau ou pour combler les lacunes entres-enrochements des digues. Le besoin dans ce cas est moins « consommateur » que pour des merlons phoniques de sédiment avec environ 5 à 8 m<sup>3</sup>/ml.

Un exemple de digue secondaire a vu le jour sur la commune de Séné en 2018, pour environ 2000 m<sup>3</sup> de sédiment valorisés de la sorte, et a d'ailleurs démontré toute son utilité. Les coûts associés à cette filière concernent essentiellement du terrassement, soit, hors transport, 2 à 4 €/HT/m<sup>3</sup>.



**FIGURE 43 – DIGUE SECONDAIRE DE PROTECTION CONTRE LES SUBMERSIONS (IDRA, COMMUNE DE SENE, 2018)**

<sup>15</sup> Guide méthodologique Sédimentaires 2014 - Valorisation des sédiments de dragage en aménagement paysager.

Guide CEREMA-SETRA 2011 – Acceptabilité environnement de matériaux alternatifs en technique routière.

<sup>16</sup> Notamment essais de percolation NF-EN-14405, permettant de simuler la cinétique de relargage à court, moyen ou long terme des contaminants, avec des valeurs seuils à ne pas dépasser.



En Rance, l'effet écrêteur de l'usine marémotrice sur les niveaux d'eau limite de fait les risques de submersions, donc à priori, les besoins resteraient réduits. On relève néanmoins l'existence d'une digue assez conséquente en rive Est de la Rance, délimitant les anciennes salines du 18<sup>ème</sup> siècle au lieu-dit « Les Guettes » (commune de Saint-Suliac), sans pour autant qu'un projet d'entretien ou de réhabilitation n'existe, malgré l'usure apparente de la digue (site actuellement converti en pisciculture en gestion privée).

#### ■ Génie civil (cf. Fiche filière n°3)

La filière du génie civil est assez vaste et englobe différents types de projet d'aménagement allant de la création de terre-plein pour des ZAC, de la réhausse de terrain, à des aménagements plus paysagers. Dans tous les cas, ces opérations sont assez consommatrices de matériaux, pour lesquels l'usage de sédiment en substitution se retrouve en concurrence avec les apports de remblais de carrières dont la production est déjà bien présente en Bretagne de par sa géologie et son histoire. Ici encore, cette filière peut impliquer **des essais géomécaniques complémentaires** pour s'assurer que les portances sont satisfaisantes au regard des usages ultérieurs visés (bâtiments ou non...).



FIGURE 44 – CREATION D'UNE PLATE-FORME MARAICHERE, A L'AIDE DE SEDIMENT, DESTINEE A ACCUEILLIR DES SERRES (PAIMPOL, 2015)



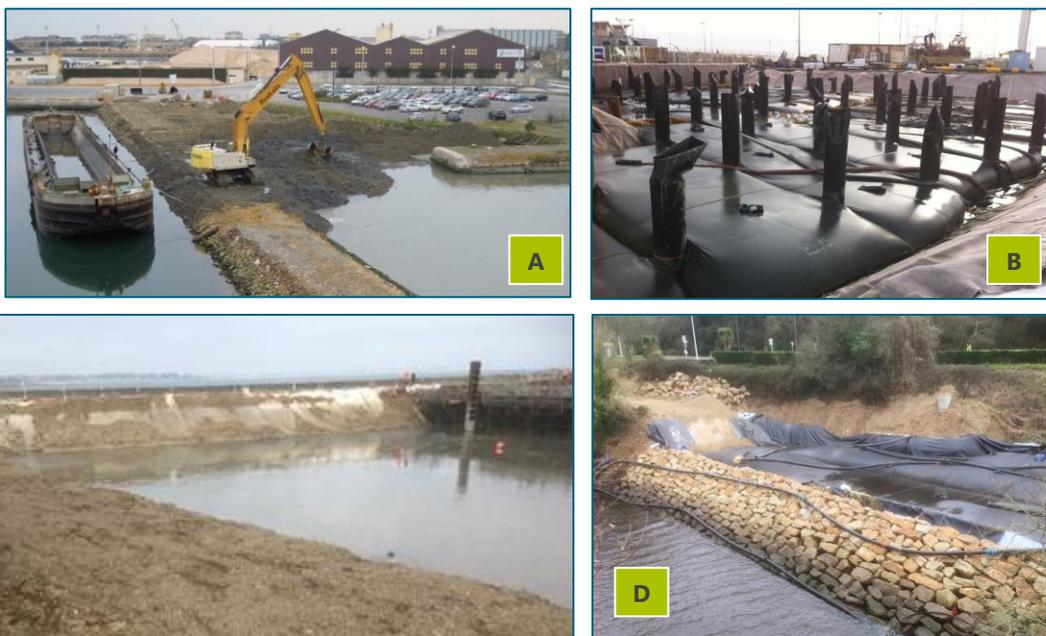
Cette filière relève le plus souvent d'une **opportunité du territoire** très en lien avec le développement économique local. A l'instar des aménagements du BTP, on relève qu'il n'existe pas de procédure facilitant le réemploi des sédiments soit par manque de connaissance sur le « produit » par les opérateurs du BTP eux-mêmes, soit par manque d'information relayant les disponibilités instantanées.

Nous recommandons qu'au-delà de la création d'un tel outil de mise en partage de l'information, des **mesures incitatives** comme par exemple des **critères de notation favorisant le réemploi des sédiments dans les consultations publiques** pour ces opérations (BTP) puissent être rapidement intégrées dans les appels d'offre, soit directement à travers la nature des matériaux demandés, soit indirectement dans les efforts portés en termes de bilan carbone des transports selon la provenance des remblais utilisés.

#### ■ Génie portuaire (cf. Fiche filière n°4)

La gestion des sédiments en substitut de remblais peut aussi s'appréhender à travers des projets d'aménagements en génie civil ou portuaire, où les volumes concernés atteignent souvent plusieurs milliers de m<sup>3</sup>. Par exemple, le réemploi de sédiment dans les **ouvrages portuaires** s'est beaucoup développé ces dernières années avec plusieurs projets concrétisés (La Turballe, Port Haliguen, Douarnenez, Saint-Malo, Brest...). A noter que l'usage des sédiments dans ces cas implique une phase de déshydratation plus poussée (voire du drainage actif) afin de maîtriser les niveaux de portance visés pour ces aménagements. La durée de consolidation dans ces cas est un facteur non négligeable.

Les coûts associés à cette filière sont assez variables, du simple terrassement (4 €HT/m<sup>3</sup>) à des opérations impliquant une préparation des sédiments par déshydratation active (géocontainers, usage de liant voire de ciment selon les objectifs finaux de portance des terre-plein) (30 à 50 €HT/m<sup>3</sup>).



**FIGURE 45 – CREATION D'UN TERRE-PLEIN PORTUAIRE (A : BASSIN BOUVET - SAINT-MALO, 2016 / B : STOCKAGE EN GEOCONTAINERS SOUS TERRE-PLEIN - LA TURBALLE, 2016 / C : CASIER AVANT REMPLISSAGE – PORT HALIGUEN, 2019 / D : REMPLISSAGE TERRE-PLEIN EN GEOCONTAINER – POULDAVID DOUARNENEZ, 2018)**



Dans le bassin maritime de la Rance, il n'existe pas à notre connaissance de projets d'aménagement portuaires impliquant des besoins conséquents en remblais. On citera néanmoins le projet actuel du Terminal du Naye à Saint-Malo qui prévoit déjà un possible réemploi des sédiments de l'avant-port en gestion *in-situ*, mais sans besoin complémentaire. Le même cas de figure existe avec le projet proche au port des Bas-Sablons où un terre-plein pourrait voir le jour, avec gestion *in-situ* des matériaux.

#### ■ Réhabilitation de site

Les installations de stockage de déchets (ISD) ou anciens CET<sup>17</sup> doivent faire l'objet de réhabilitation par recouvrement des alvéoles de stockage ou par reprofilage géométrique favorisant les écoulements (limitation de la percolation dans les massifs de déchets). Ces recouvrements nécessitent l'usage de **barrières actives**<sup>18</sup> mais aussi **passives** à partir de matériaux imperméables comme les argiles. Les sédiments, pour peu qu'ils soient suffisamment fins, présentent des caractéristiques intrinsèques souvent très proches des niveaux d'exigences en termes d'imperméabilité<sup>19</sup>. Outre le bilan carbone nettement amélioré en substituant à des apports d'argiles très onéreux en provenance de sites d'extraction souvent éloignés par des sédiments locaux, ces derniers permettent une économie substantielle. De telles opérations ont déjà eu lieu (à partir des sédiments du port du Crouesty à Arzon vers l'ancien CET de La Lande du Matz, ou encore à Binic).

La mise en œuvre reste néanmoins assez technique car elle implique un ressuyage préalable des sédiments pour limiter le fluage des sédiments lors de leur dépôt, mais pas trop cependant pour conserver une bonne cohésion des apports et éviter les fentes de dessiccation (retrait des argiles), avant recouvrement par de la terre végétale. Les coûts de mise en œuvre dépendent du site, des volumes d'apport et de la technique de déshydratation préalables mise en œuvre, ils sont donc très variables (de 10 à 40 €HT/m<sup>3</sup>).

<sup>17</sup> Centre d'Enfouissement Technique

<sup>18</sup> Complexe d'étanchéification par géomembrannage, bentonite...

<sup>19</sup> Coefficient de perméabilité  $K < 3 \cdot 10^{-9}$  m/s comparable à des argiles et permettant d'éviter une percolation des eaux météoriques (et du sel) à travers la barrière passive dans le laps de temps du transit des sédiments sur le site (3 ans maximum).



FIGURE 46 – REHABILITATION DE SITE (CET) A PARTIR DE SEDIMENT (LA LANDE DU MATZ - SARZEAU, IDRA 2015)



Cette filière relève là encore d'une opportunité du territoire, qui plus est de type « one shot », or les espaces proches de l'estuaire de Rance ne dispose pas d'installation de stockage de déchets outre le site du Vieux fort (commune de Châteauneuf d'Ile et Vilaine) assurant à date plutôt du tri de matériaux ; il ne fait pas état de projet de réhabilitation. **Les opportunités de réemploi dans cette filière apparaissent très limitées.**

*Remarque* : A noter que le réemploi de sédiments en **comblement d'anciennes carrières** est parfaitement possible (et d'ailleurs mis en œuvre en France, par exemple par VNF), mais il se fait uniquement avec des **sédiments inertes** (au sens de l'Arrêté du 12 Décembre 2014, *cf. chap. réglementation*), or les sédiments marins ne le sont jamais. Des dérogations spécifiques peuvent exister dans une certaine proportion<sup>20</sup> et selon la gestion de chaque carrière (site ICPE), en particulier de ses enjeux de proximité avec le milieu salé. Cette filière assez complexe à mettre en œuvre implique par ailleurs généralement une modification de son Arrêté d'exploitation.

#### ■ Filière d'immersion des sédiments

Parmi les filières de gestion envisagées, deux solutions ayant trait à un maintien des sédiments dans le milieu aquatique ont été évoquées : la redistribution dans le milieu (*cf. Chap. du dragage par injection d'eau ou redistribution*) et **l'immersion des sédiments par clapage**. Cette seconde solution est celle la plus couramment mise en œuvre sur les façades maritimes en France (95% des volumes issus des dragages d'entretien sont gérés de la sorte), mais nécessite de disposer d'un site dédié, avec un cadre environnemental sécurisé.



FIGURE 47 – IMMERSION DE SEDIMENT A L'AIDE D'UN CHALAND FENDABLE



Aucun site d'immersion n'existe à l'heure actuelle dans l'estuaire de la Rance pas plus qu'au large de la Côte d'Emeraude. La création d'un tel site implique des études de définition assez poussées permettant de caractériser la zone de moindre impact, de s'assurer de l'absence de retour des sédiments à la côte (études courantologiques et hydro-sédimentaires) compte tenu des **enjeux environnementaux très forts**

<sup>20</sup> Un dépassement des seuils ISDI peut être admis comme dans les sites dits « classe 3+ » admettant des valeurs jusqu'à 3 fois les valeurs seuils par exemple en Chlorures ou Fraction soluble.

présents sur le littoral (zones d'herbiers notamment), mais aussi des **enjeux d'usages majeurs** (pêche, conchyliculture, baignade...).

Au-delà de ces enjeux déjà très marqués, des **limitations techniques** pour le convoyage des sédiments vers le milieu marin ouvert complexifient considérablement la faisabilité de cette filière, les points freinant concernent ici :

- Le franchissement de l'usine marée-motrice avec des gabarits de barges peu adaptés pour des grosses contenances (chalands fendables), avec de plus les horaires d'ouvertures trop contraignants pour assurer des cadences de transferts régulières ;
- Les distances à parcourir pour descendre le bassin maritime, puis rejoindre un site en mer qui serait dans tous les cas éloigné de la côte de plusieurs milles (temps de transit de plusieurs heures<sup>21</sup>), rendant de fait l'économie de la filière rédhitoire ;
- Les contraintes de disponibilité du parc matériel maritimisé (chalands adaptés aux conditions de mer au large) ;

**En définitive, cette filière a été écartée car elle ne semble pas viable, a fortiori pour les volumes importants en jeu.**

#### ■ Création d'île reposoir (Fiche filière n°8)

Bien qu'assez rare, cette filière est développée déjà depuis de nombreuses années dans les pays du Nord de l'Europe (les Pays-Bas notamment) où la problématique de la gestion des sédiments est marquée et récurrente. Elle consiste en la création *ex nihilo* d'îlots ayant pour vocation première soit une fin écologique (îles reposoir pour l'avifaune, création d'habitats protégés, ...), soit la conquête de terre (poldérisation) ou encore la protection des terres par endiguement, ces opérations s'accompagnant généralement d'un stockage conséquent et pérenne de sédiments.

Au moins un exemple emblématique récent de mise en œuvre existe en France et concerne l'îlot reposoir créé en 2005 dans l'estuaire de Seine, dans le cadre du projet Port 2000, en mesure compensatoire de la disparition d'îlots naturels reposoir pour des oiseaux. Un autre exemple concerne le banc de Bilho dans l'estuaire de la Loire qui, s'il existait déjà historiquement, a vu pas moins 8 millions de m<sup>3</sup> de sédiments issus du dragage du chenal de Donges lors de la création du terminal y être déposés et consolidés par des enrochements périphériques. Il constitue aujourd'hui un site remarquable de halte migratoire, avec des mesures de protection associées.



**FIGURE 48 – ILOTS REPOSOIRS EN SEDIMENT (A : ESTUAIRE DE SEINE, GPM DU HAVRE, 2012 / B : PAYS-BAS : ZUIDERZEE)**



La possibilité de mettre en œuvre cette technique en Rance a été présentée. Cette solution impliquerait le maintien des sédiments par une ceinture périphérique en enrochements (par ex.) **probablement**

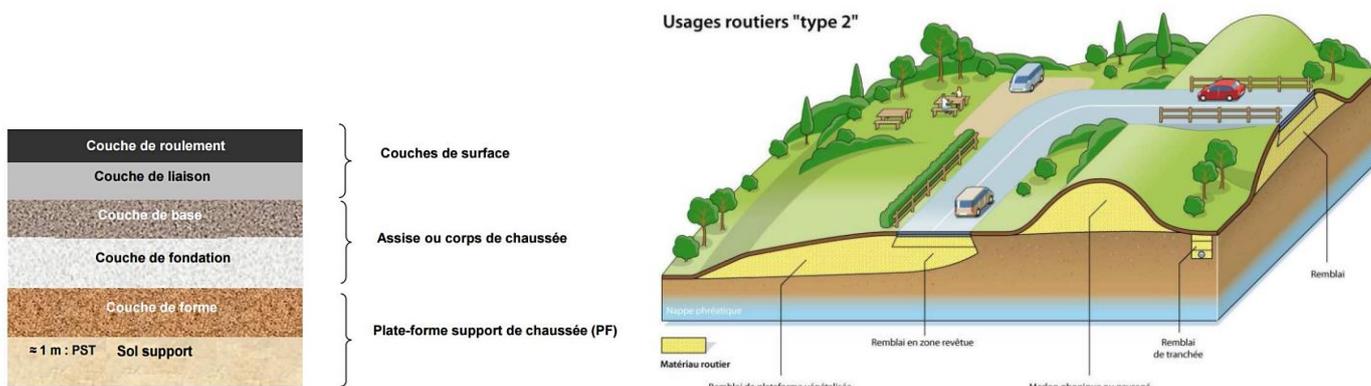
<sup>21</sup> Soit dans l'hypothèse d'un site situé à 9 milles des côtes (hypothèse basse), près de 3h aller/retour à partir du barrage à 6 nœuds, pour un seul convoi d'environ 500 m<sup>3</sup>.

**complexe et onéreuse à mettre en œuvre** (fondation en milieu meuble); elle nécessiterait l'approvisionnement de beaucoup de matériaux pour constituer un îlot suffisamment dimensionné pour prendre en charge plusieurs opérations de dragage, soit environ pour 100 à 200 000 m<sup>3</sup>, une **surface d'îlot de 5 à 10 ha**. Pour autant, les conséquences tant sur l'hydrodynamisme local, voire sur l'hydro-sédimentaire (modèle estuarien en construction), mais aussi plus généralement en termes d'impact sur les milieux, apparaissent en l'état non maîtrisées.

## 7.2 - Autres expérimentations mises en œuvre

### ■ Réalisation de chemins ou sous-couches routières (cf. Fiche filière n°7)

Cette solution vise en général à mélanger un sédiment comme matériaux dit « alternatif »<sup>22</sup> avec les matériaux classiques constitutifs le plus souvent soit de la couche d'assise, soit de la couche de forme, laquelle permet d'homogénéiser les caractéristiques mécaniques des matériaux constituant le sol ou le remblai et d'améliorer la portance à long terme. D'autres **usages routiers** (Figure 49) sont aussi envisageables (accotements revêtus, couche de fondation, couche de base et couche de liaison, ou encore les remblais techniques connexes présentés précédemment).



**FIGURE 49 – STRUCTURE D'UNE CHAUSSEE ROUTIERE ET DIFFERENTS TYPES D'USAGES** (GUIDES OPERATIONNELS VALORISATION DES SEDIMENTS DE DRAGAGE, ECOLE DES MINES DOUAI / SETRA, 2011)

On compte plusieurs **essais de réemploi** de sédiment dans cette filière routière en France depuis une dizaine d'années jusqu'à des prototypes / planches expérimentales grandeur réelle (GPM Dunkerque, Caen, Le Teich, etc.). Dans tous les cas, la formulation utilisée va définir, suivant l'usage, la part de sédiments ainsi valorisable ainsi que les apports de liants nécessaires. Plusieurs critères rentrent en jeu tels que sa composition chimique, sa distribution granulométrique, la siccité initiale du matériau, etc. Globalement, la part de sédiment valorisable reste toute proportion gardée minimale (de quelques pourcents<sup>23</sup> à 30 % dans les cas les plus favorables, mais moyennant l'ajout de quantité de liant importante).

<sup>22</sup> « Matériau élaboré à partir d'un déchet et destiné à être utilisé, seul ou en mélange avec d'autres matériaux alternatifs ou non ». SETRA.

<sup>23</sup> Soit environ 1m<sup>3</sup> / 10 m<sup>2</sup> de voirie dans le cas de la Route du Freycinet à Dunkerque.



FIGURE 50 – REMPLI EN FILIERE ROUTIERE (A : ROUTE DU FREYCINET A DUNKERQUE - COLAS, 2012 / B : SITE DU TEICH A ARCACHON – SOLVALOR 2018)



Si cette solution ouvre des perspectives non négligeables, on relève pour autant que les chantiers de nouvelles routes créées impliquant des linéaires de voirie conséquents restent très limités sur le territoire proche de la Rance (N176 mise à part). Par ailleurs, le **bilan économique** de ces opérations à partir de sédiment reste à l'échelle des prototypes forcément encore assez défavorable<sup>24</sup> dans un contexte où l'exploitation des **matériaux conventionnels issus de carrière**, ou d'autres déchets recyclés du BTP, est déjà presque saturée dans le grand Ouest.

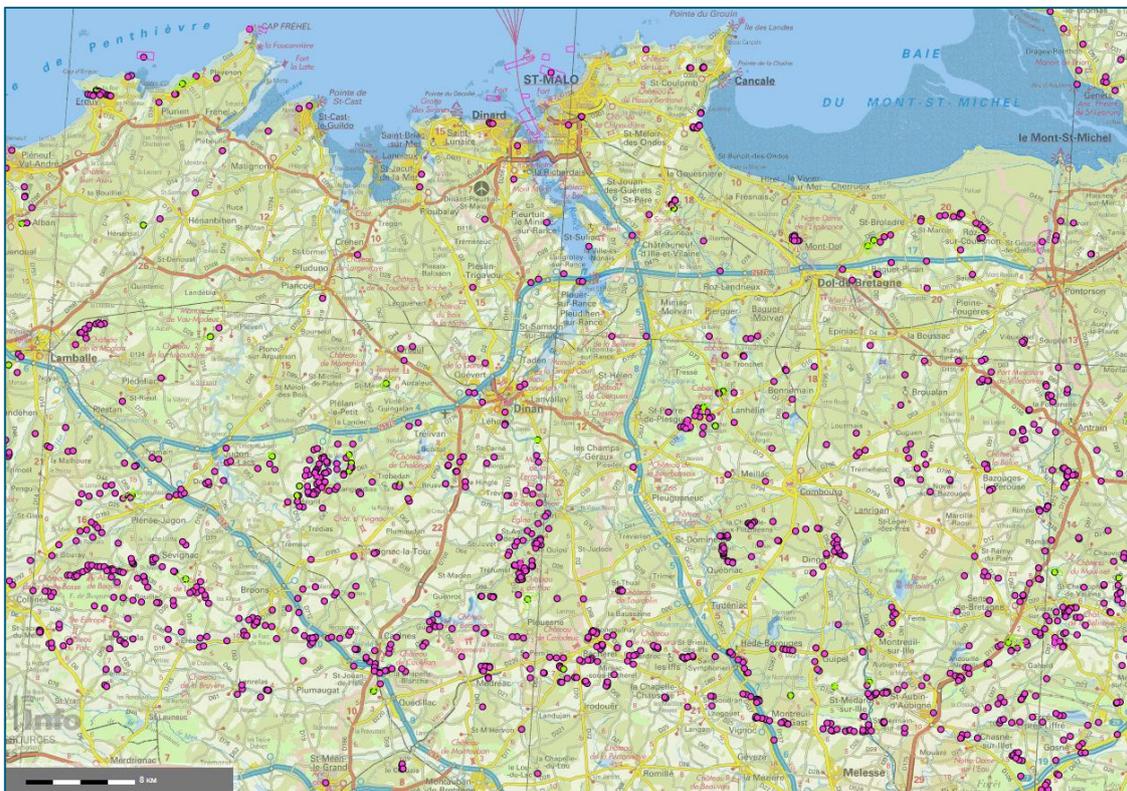


FIGURE 51 – CARTE DE LOCALISATION DES EXPLOITATION DE GRANULAT ([HTTP://WWW.MINERALINFO.FR](http://www.mineralinfo.fr))

Pour le réemploi de sédiment impliquant des phases préparatoires (déshydratation, restructuration avec des sables...), la concurrence avec le marché déjà existant risque donc d'être compliquée sauf à faire émerger une véritable valeur ajoutée aux matériaux : notamment peut-être par rapport au coût de « production » et leur disponibilité locale. Là-encore, nous recommandons que des **mesures incitatives** puissent être engagées afin de dynamiser cette filière.

<sup>24</sup> Environ 150 €/m<sup>3</sup> de sédiment valorisé pour la route du Freycinet

## ■ Réemploi en béton

L'intégration des sédiments **dans des bétons** constitue là-encore une filière qui reste à l'heure actuelle en l'état expérimental, mais avec plusieurs essais de formulation visant une déclinaison quasi industrielle dans les années à venir. Elle consiste en une substitution de la fraction sableuse à hauteur d'environ 20% au maximum d'après les derniers prototypes mis en œuvre.

On soulignera concernant cette filière que les projets en cours (notamment « ALLUVIO » porté par la DT Région des Hauts de France et VNF ; et « SEDIFLUV », porté par VFN et le CEREMA) concernent plutôt des opérations de réemploi de sédiment non salés, les chlorures constituant un facteur dégradant la durabilité des bétons. On citera à cet égard<sup>25</sup> les essais antérieurs du GPM de Dunkerque concernant les acropodes béton (150 blocs), pour un coût d'expérimentation d'environ 1000€/bloc.

Pour autant, d'autres opérateurs privés œuvrent à des formulations opérationnelles aussi pour ces sédiments salés, mais dans une démarche relevant encore pour l'instant de la R&D, qu'elles concernent des bétons préfabriqués (création de blocs béton par exemple pour du mobilier urbain) ou prêt à l'emploi.



**FIGURE 52 – REMPLOI EN FILIERE BETON : ACROPODE AU GPM DE DUNKERQUE** (SEDILAB.SEDIMENTS.FR)

A noter ici que quelle que soit la formulation, la substitution d'un co-produit du béton par les sédiments implique une **phase préalable de traitement ou pré-traitement du sédiment**, cette préparation pouvant consister en une déshydratation plus poussée, un dégrillage, un concassage pour homogénéiser le produit, voire en une séparation des fractions granulométriques<sup>26</sup>, etc. Ces opérations, outre leur coût complémentaire, **nécessitent des sites dédiés cadrés par la réglementation ICPE** (rubrique traitement 27xx<sup>27</sup>).

Nous recommandons que les collectivités territoriales puissent porter des exigences dans les cahiers des charges comme par exemple l'incorporation de quelques % de sédiments dans les formulations béton, afin de dynamiser progressivement ce secteur, en ciblant peut-être dans un premier temps des opérations à moindre enjeux de portance et de durabilité des ouvrages.

## 7.3 - Recherche & Développement

De nombreux programmes de R&D s'intéressent aujourd'hui à la valorisation des sédiments de dragage, fluviaux et marins, et plus uniquement aux sédiments contaminés<sup>28</sup>, probablement du fait d'une prise de conscience que l'enjeu principal concerne à présent les sédiments dits sains (au sens de non dangerosité d'un déchet) mais pour autant non immergeables. Nous ne dresserons pas ici une revue exhaustive des recherches et développement en cours, mais ciblons préférentiellement les axes sur lesquels, en Rance, des démarches sont engagées ou vont l'être, notamment dans le cadre du plan de gestion quinquennal ou plan pérenne.

<sup>25</sup> On relèvera que les bétons marins doivent de plus répondre à des cahiers des charges spécifiques, en particulier une classe environnementale « XS3 » qui impose une résistance minimale de 30 MPa pour un béton à la mer, avec un minimum de 350kg/m<sup>3</sup> de ciment. Le béton testé a été réalisé entre 12 et 25 % d'apport maximum de sédiments bruts.

<sup>26</sup> Par hydrocyclonage par exemple.

<sup>27</sup> Rubriques de la nomenclature ICPE mettant en œuvre des opérations de traitement de déchet ou d'exploitants d'installation utilisant des déchets en substitution de matière première (« production de... », « fabrication de... », « préparation de... », « élaboration de... » ou « transformation de ... ».

<sup>28</sup> Les sédiments caractérisés comme déchets dangereux représentent de 1 à 3 % tout au plus du volume de dragage d'entretien chaque année.

### 7.3.1 - Agronomie

Tel qu'indiqué précédemment, la filière agronomique présente de forts atouts à la fois par une demande avérée, une faisabilité pratique reconnue et un bilan économique portable pour des volumes conséquents.

Pour autant, afin de mieux cerner les potentialités des sédiments et les moyens de mise en œuvre de cette filière, il convient de se focaliser sur les pratiques telles qu'elles ont été réalisées ces dernières années. Par exemple, nous ne disposons pas encore **des retours d'expériences des épandages** de l'opération récente du Lyvet 2 au niveau parcellaire, selon différents critères permettant d'objectiver l'intérêt des méthodes déjà déployées. Par ailleurs, dans le cadre du Plan de gestion des dépôts directs en bout de parcelle de sédiment fraîchement dragué sont envisagés, avec un effet des chlorures devant être mieux qualifié dans ces conditions.

Ainsi, la Chambre d'Agriculture (22) doit être mandatée par l'EPTB Rance Frémur sur la base d'une proposition de cahier des charges d'études agronomiques pour répondre à plusieurs interrogations visant à améliorer les pratiques et à favoriser le développement de cette filière dans un cadre environnemental sécurisé. Les principaux axes de recherche proposés concerneront en particulier **l'expérimentation et le suivi agronomique au champ**. L'étude pourrait se dérouler en 4 lots :

- Un lot (1) de suivi/enquête relatif aux épandages du Lyvet 2 ;
- Un lot (2) de tests en laboratoire, permettant de mieux cibler les effets de dosage des sédiments, et de minéralisation de l'azote<sup>29</sup> ;
- Un lot (3) s'intéressant à l'expérimentation, par analyses et suivis d'épandages sur des planches d'essai **plein champ**, à différentes doses d'apport des sédiments, et sur des sédiments fraîchement dragués ou déjà en partie décantés/lessivés. Ce lot s'entendra sur 2 années de suivi, voire plus.
- Un lot (4) s'intéressant à la définition de protocoles expérimentaux (cadre d'intervention, protocole de conventionnement, bilan de l'opération).

A noter que cette expérimentation pourrait s'opérer dès la rentrée de septembre 2019, en tirant profit des opérations de reprise et valorisation agronomique des sédiments de la lagune du site de transit de Plouer-sur-Rance.

### 7.3.2 - Valorisation en technique routière et aménagement périphériques de type merlon

Cette filière de valorisation « géotechnique », abordée précédemment, revêt un potentiel intéressant dans la constitution d'aménagements divers dont des merlons ou remblais, la reconstitution de talus, etc.

Elle nécessite aussi un cadrage scientifique de sa conformité à certaines prescriptions géotechniques et environnementales. C'est sur ces axes que l'Etat s'est rapproché du CEREMA<sup>30</sup> afin qu'il l'assiste sur ces questions techniques à travers un programme de recherche, développé en 3 tâches principales :

- Tâche 1 : Etude bibliographique ;
- Tâche 2 : Caractérisation géotechnique et environnementale des sédiments déjà extraits (Lyvet 3).
- Tâche 3 : Caractérisation des sédiments en place dans le bassin (issus des carottages de l'étude sédimentaires recommandée par le Conseil Scientifique).

<sup>29</sup> L'objectif est ici de connaître « la cinétique de minéralisation de l'azote (production de nitrate provenant de l'azote organique des vases) afin de définir une stratégie de fumure azotée adaptée (respect de l'équilibre de fertilisation imposé par la directive nitrate) et limitant les risques de pertes d'azote par lessivage ».

<sup>30</sup> CEREMA Ouest / Département Laboratoire de Saint-Brieuc.

### 7.3.3 - Valorisation des sédiments dans le domaine des matériaux de constructions

Les sédiments de la Rance ont déjà donné lieu à différentes expérimentations dans le domaine des matériaux de construction avec notamment la création de briques cuites dès les années 2000, aux propriétés thermiques (isolation) et de résistances déjà avérées, mais avec un bilan énergétique non déclinable à l'échelle industrielle.

Un projet de thèse dédiée à l'usage des sédiments en **matériaux de construction sans ajout de liant hydraulique, et sans mobiliser de procédés de transformation énergivore** doit être lancé courant 2019<sup>31</sup>. Sous pilotage de l'INSA<sup>32</sup> de Rennes, cette thèse vise une catégorie intermédiaire entre les voies de valorisation nécessitant des liants hydrauliques, et celles cherchant plutôt par des procédés de cuissons à plus ou moins haute température, à modifier la structure minéralogique du matériau pour lui conférer des propriétés autres. L'objectif sera *in fine* de proposer un produit à plus forte valeur ajoutée et de plus faible impact environnemental.

L'orientation de la Thèse prônera l'utilisation de sédiment en combinaison avec d'autres matériaux naturels considérés comme des déchets (matériaux d'excavation de chantier de bâtiment, routier, carrière ...) pour créer un matériau avec les **résistances mécaniques et une stabilité dimensionnelle** permettant une utilisation en éléments constructifs.

Cette thèse doit déboucher sur un **démonstrateur** réel à un horizon 3 à 5 ans, permettant à la fois de montrer la faisabilité d'une industrialisation de la production des éléments constructifs, et leur assemblage dans un ouvrage.

### 7.3.4 - Hydrosédimentaire

Enfin, soulignons ici que la mission inter-ministérielle CGE / CGEDD a recommandé que soit engagé un travail de recherche par la construction d'un modèle hydro-sédimentaire en Rance, réactualisant les précédents modèles aujourd'hui quelques peu datés. Ce modèle, sous pilotage d'EDF R&D et de l'Université de Bordeaux, sera calé par un ensemble de mesures sédimentaires dans l'estuaire de la Rance (cf. proposition de campagne de mesure en *Annexe 3*), et visera à :

- (i) mieux comprendre la dynamique hydro-sédimentaire de l'estuaire ;
- (ii) caractériser plus précisément les paramètres utilisés par le modèle numérique ;
- (iii) pour valider les processus physiques simulés par le modèle numérique.

**De cette meilleure compréhension de la dynamique hydrosédimentaire pourra découler notamment le choix de mettre en œuvre certaines filières, notamment celles ayant trait à la redistribution dans le milieu.** A contrario, d'autres filières pourront être écartées (redistribution) si les modifications induites apparaissent trop conséquentes, ou si leur efficacité n'est pas démontrée.

-----  
<sup>31</sup> Bouclage de financement en cours.

<sup>32</sup> Dpt GCU - Laboratoire GCGM INSA de Rennes. [damien.rangeard@insa-rennes.fr](mailto:damien.rangeard@insa-rennes.fr)

## 7.4 - Les sites de transit : un outil de gestion

La mise en perspective des solutions de gestion déjà mises en œuvre localement (ou à l'échelle du territoire national), et de celles constituant à ce jour des pistes prometteuses en phase R&D voire de prototypage, montre que quelle que soit la filière lorsque les sédiments sont gérés à terre, les étapes préparatoires doivent nécessairement pouvoir être réalisées au sein d'un outil de gestion intermédiaire, facilitant leur reprise et rationalisant dans le temps les flux à valoriser.

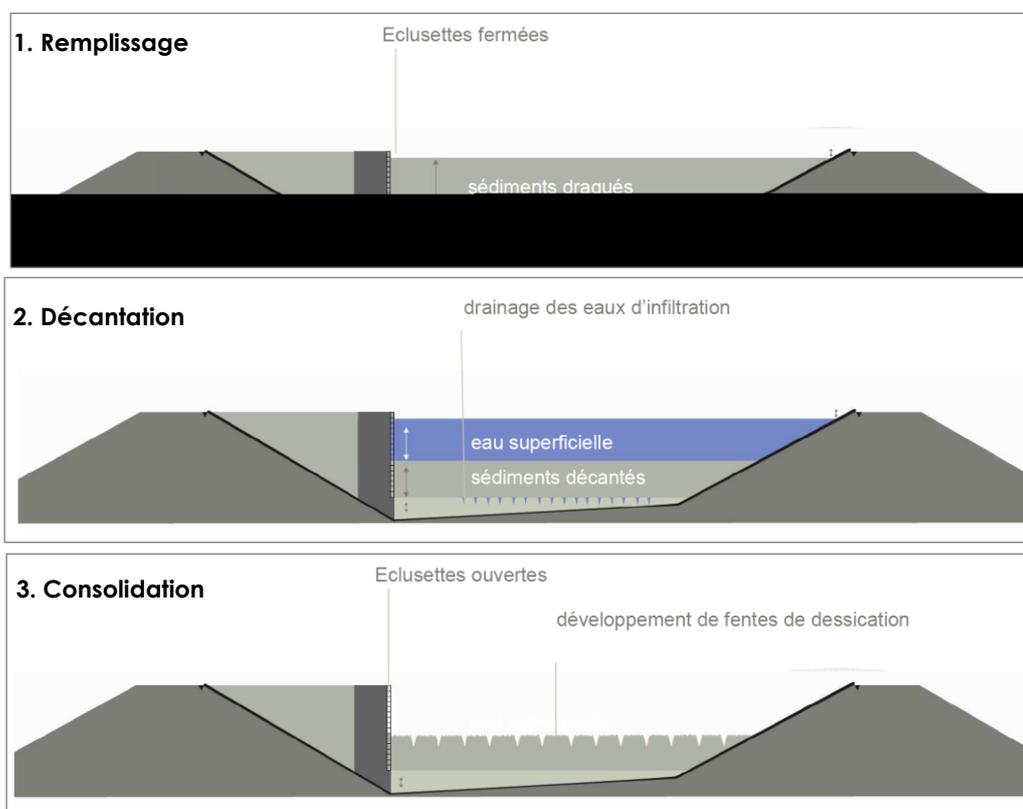
**De cet intérêt évident, il ressort la nécessité de création de sites de transit pour préparer les sédiments et élargir le spectre de valorisation possible.**

### 7.4.1 - Objectifs et principes de fonctionnement

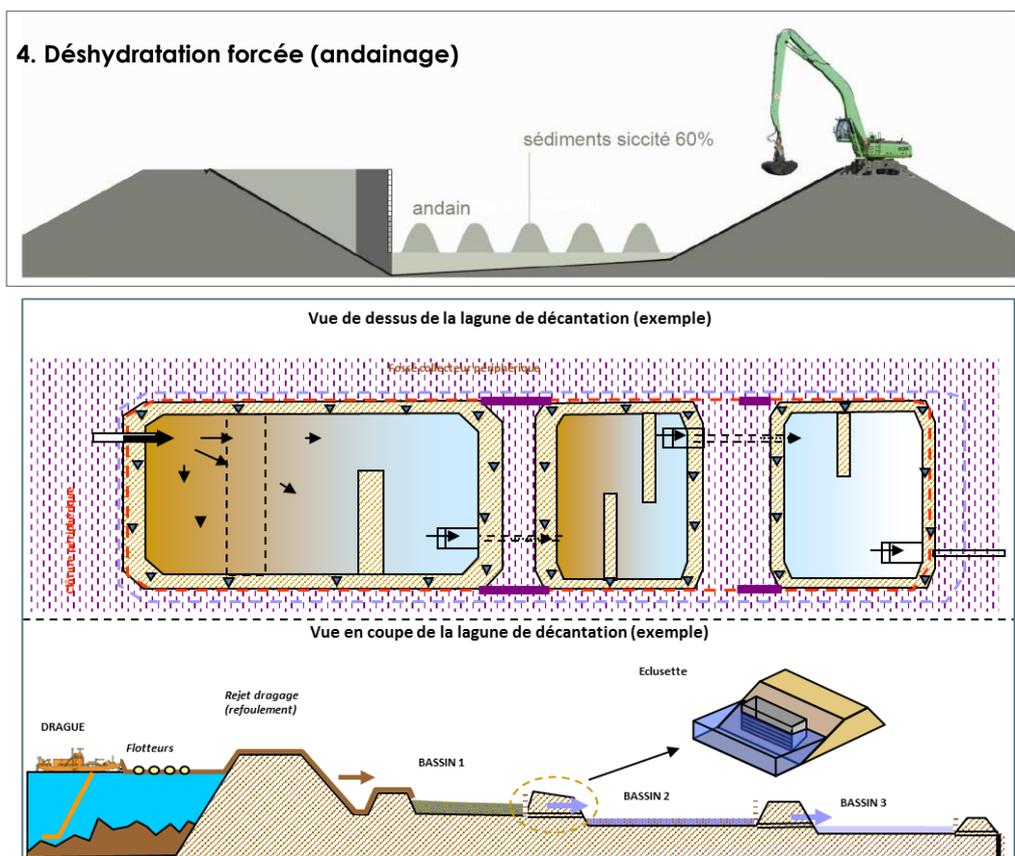
La recherche de site de transit à terre vise deux objectifs principaux complémentaires : d'une part la **déshydratation des sédiments** avant tout pour les rendre pelletables et donc réemployables dans différentes filières, et d'autre part à conférer un temps nécessaire à leur valorisation (**rôle tampon**) selon des cadences de reprises, de transport, et d'acceptabilité variables dans les filières.

Dans le panel des méthodes de déshydratation, le principe du **lagunage** constitue la méthode la plus simple et économique. Elle vise avant tout à séparer par **décantation gravitaire** la phase particulaire des sédiments de la phase aqueuse aspirée lors des dragages hydrauliques. Après évacuation des eaux surnageantes, s'amorce la phase de déshydratation *stricto-sensu* des sédiments à l'air libre (évaporation). La méthode peut être améliorée par l'ajout d'un drainage par le fond<sup>33</sup>, pour optimiser les volumes accueillis sur des épaisseurs plus conséquentes pouvant atteindre 2,5 mètres de haut voire plus, contre 1 à 1,5 m. en moyenne sur du lagunage simple.

Cette technique dite extensive présente des avantages techniques et économiques par rapport à d'autres méthodes de déshydratation (filtre presse, géocontainers, etc.), mais implique aussi d'autres contraintes.



<sup>33</sup> Le complexe de drainage est en général assuré par un lit de matériaux à forte porosité, en association avec des géotextiles et des drains longitudinaux reliés à un collecteur, puis les eaux sont évacuées par pompage ou gravitairement. Cette technique implique un apport conséquent de matériaux sableux ou graveleux dans le fond de toutes les lagunes, à reconstituer après chaque opération de reprise des sédiments, et donc un coût de fonctionnement complémentaire substantiel (soit environ 15 à 20 €/m<sup>2</sup> suivant le complexe mise en œuvre).



**FIGURE 53 – SCHEMAS DES PRINCIPALES ETAPES DU LAGUNAGE ET VUE DE PROFIL D'UN SITE THEORIQUE (IDRA / GPMD / ENVISAN)**

A noter que la dernière étape illustrée ci-dessus, dite de **retournement dynamique**, n'est pas systématiquement mise en œuvre car elle implique une mobilisation d'engins avant la reprise des sédiments pour brasser mécaniquement et aérer ces derniers. En contrepartie, elle permet **d'optimiser les cadences** de rotation des sédiments dans ces sites (ex : ICPE Teich, GPM de Dunkerque, Rouen...) avec des opérations parfois annuelles.



**FIGURE 54 – EXEMPLE DE RETOURNEMENT DYNAMIQUE DANS UN SITE DE TRANSIT (SOLVALOR, 2019)**

A noter enfin la **spécificité du site de transit de la Hisse** dont les fonds de lagunes sont munis de **barrières passives constituées de sédiments fins** aux propriétés imperméables en lieu et place de géomembrannage

bien plus onéreux<sup>34</sup>, au bilan carbone très négatif, et enfin particulièrement incompatible avec la filière de valorisation agronomique (risque d'arrachage bien trop important des géomembranes lors de la reprise des sédiments à la pelle mécanique), et clairement refusé par les exploitants eux-mêmes.



FIGURE 55 – MISE EN ŒUVRE D'UNE BARRIERE PASSIVE (LA HISSE / IDRA, 2018)

### 7.4.2 - Enjeux et contraintes pour la création de site de transit

La création de site(s) de transit relève d'une analyse croisée entre différents enjeux tels que synthétisés sur la Figure 56 ci-après. Ces enjeux se cumulent et doivent donc être étudiés conjointement, les uns ne prévalant pas forcément sur les autres.

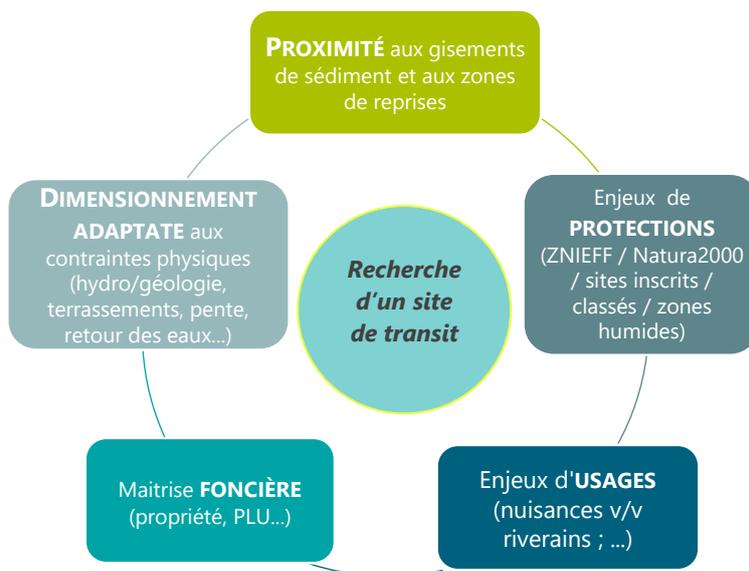


FIGURE 56 – ELEMENTS D'ENJEUX A PRENDRE EN COMPTE POUR L'IDENTIFICATION DE SITE DE TRANSIT

#### ■ Proximité au bassin maritime

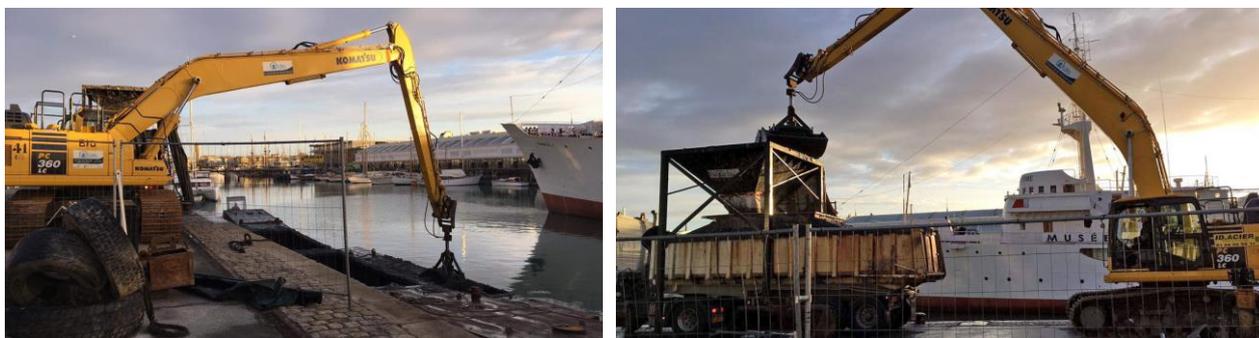
La réflexion doit être menée à l'échelle du bassin en tenant compte des sites dédiés à la gestion à terre des sédiments déjà existants (La Hisse, Plouer-sur-Rance), et du besoin de dragage. Sur ce second point, la proximité aux gisements ne constitue pas en soit un élément réellement bloquant tant les besoins sont avérés à travers l'ensemble des objectifs partagés (restitution de la navigabilité au niveau des cales/ports, ou recherche d'une maîtrise plus globale de la sédimentation avec des zones de vasières présentes régulièrement

<sup>34</sup> Coût moyen d'un complexe géotextile anti-poinçonnement + géomembrane imperméable = 10 à 15 €/HT/m<sup>2</sup>, soit dans le cas de la Hisse une économie substantielle à la création du site puis de fonctionnement à chaque opération et pour les 3,1 ha des fonds concernés de près de 350 000 €HT.

autour du bassin, etc. cf. *Chap. 4 / priorisation des zones*). Pour autant, la **proximité du site au bassin maritime lui-même constitue un point clef** car il oriente les modes de prise en charge possible des sédiments soit par voie hydraulique, soit par voie mécanique, soit les deux. De ce mode d’approvisionnement découlent les contraintes associées au mode de convoyage des sédiments (canalisations, franchissement de routes, de voies ferrées, etc. ou transport terrestre à l’issue de la reprise mécanique), et intrinsèquement le niveau de nuisance aux riverains, mais aussi les coûts de reprises et transport des sédiments.

L’on peut considérer qu’au-delà d’une distance de 2.5 km au bassin maritime<sup>35</sup>, la position d’un site de transit devient difficilement justifiable, car cela écarterait la possibilité de l’utiliser dans le cas de dragages hydrauliques, opérations représentant une nuisance moindre en termes de trafic routier et de salissure des voiries.

On notera enfin, dans le cas de convoyage terrestre, que l’enjeu de sécurisation du transport est aussi concerné, au-delà des mesures d’évitement des salissures des voiries, par le choix du site de reprise des sédiments en bord de Rance. En effet, **l’état de vétusté de certaines cales induit un risque de dégradation des ouvrages**, aussi des mesures de précaution préalables doivent être prises : soit en écartant purement des cales car trop usagées ou pas assez dimensionnées pour les engins, soit en prévoyant des plaques de répartition des charges, l’ajout de remblai préalablement le temps du chantier, ou encore le choix d’engin moins lourds (avec perte de cadence possible).



**FIGURE 57 – EXEMPLES DE POSTE DE DECHARGEMENT A QUA ET DE CHARGEMENT DE CAMION BENNE ETANCHE A L’AIDE DE TREMIE (IDRA/CDES, 2019)**

### ■ Enjeux de protection

A l’échelle de la frange terrestre de l’estuaire de la Rance, une mosaïque d’enjeux de tous ordres constitue sa richesse tant biologique (zone Natura 2000, sites inscrits, classés, ZNIEFF, - *Figure 15, Figure 16*) que patrimoniale (monuments historiques, archéologie...) et humaine (tissus urbain des petits bourgs souvent accolés à la façade maritime, contraignant les accès).

La recherche d’un ou de plusieurs sites doit donc aussi composer avec ces enjeux, les contraintes étant parfois difficiles à lever du point de vue des incidences potentielles sur les milieux ou réglementaires (cf. *Point. 7.4.4*).

L’on citera ici plus spécifiquement **l’enjeu fort des sites classés en Rance** qui, s’ils n’interdisent absolument pas les travaux d’aménagement, en limitent de manière conséquente les possibilités tant du point de vue paysager qu’en phase exploitation, en particulier pour ce qui concerne l’implantation de sites pérennes. Des démarches administratives (cf. *point 7.4.4*) restent toutefois possibles pour permettre ce type de travaux, mais leur durée reste peu compatible avec un déclenchement dès les premières années du plan de gestion expérimental, aussi il a été convenu d’écarter dans un premier temps ce zonage des implantations potentielles.

<sup>35</sup> En dragage hydraulique, les dragues aspiratrices stationnaires (DAS) peuvent refouler jusqu’à environ 1 km avec des pertes de charge admissibles ; au-delà, une pompe relai est nécessaire et permet d’atteindre des distances de 3 km voire plus, pour peu que le dénivelé des terrains soit modéré, mais moyennant un bilan carbone nettement moins favorable.

## ■ Adaptation aux contraintes physiques du milieu

Les caractéristiques physiques des parcelles vont orienter le dimensionnement et le fonctionnement du site lui-même :

- La mise en œuvre d'un **process extensif** par lagunage implique en général environ **1ha / 10 à 15 000 m<sup>3</sup> de sédiments à déshydrater**. A titre indicatif pour la Hisse, le ratio est d'un peu plus de 3 ha utile de lagunes pour une capacité en roulement d'environ 80 000 m<sup>3</sup> (hors barrières passives du site). Ce ratio élevé implique une gestion très fine afin de tirer parti efficacement du volume utile du site, principalement dans les phases terminales de remplissage. De plus, le ressuyage des sédiments en dépôt plus épais peut prendre plus de temps au-delà d'un mètre à 1,5 m d'épaisseur (2 à 3 ans, donc sur une durée pouvant atteindre la limite réglementaire : cf. *infra*). Ce constat est aussi le même sur la lagune existante du port de Plouer-sur-Rance où la reprise des sédiments peut être délicate dans ce laps de temps, sans opération préparatoire active.
- Les pentes du site constituent un **premier facteur dimensionnant** puisqu'elles définissent souvent sa géométrie par l'implantation des digues retenant les sédiments, et leur niveau d'exhaussement nécessaire pour disposer de suffisamment de volume de stockage. Une surface pentue (soit au-delà d'environ 3.5%) doit d'emblée être écartée car non optimale, sans compter les apports supplémentaires de matériaux de remblais nécessaires pour constituer des digues et compenser les dénivelés marqués. Ainsi la recherche d'un **bilan remblais/déblais neutre** est recommandée, sauf à réemployer justement des sédiments pour constituer ces digues, ce qui s'est déjà réalisé (ex : site du Teich à Arcachon et Tohannic à Vannes).
- La présence de **zones humides** n'est pas incompatible mais implique des précautions particulières (zones d'exclusion / sanctuarisation au sein même du site) et une maîtrise de la gestion hydraulique afin de ne pas les impacter du fait du sel ;
- La facilité de circulation sur le site (une entrée/sortie unique, sens de circulation, plusieurs voies d'accès... ?) est un critère à adapter finement pour faciliter les opérations d'entretien du site mais aussi surtout pour fluidifier l'atelier de reprise des sédiments ;
- L'orientation des pentes par rapport à la Rance et le réseau hydrologique proche peuvent représenter des contraintes fortes dans la **gestion hydraulique** du site (modalités de retour des eaux clarifiées par voie gravitaire ou par pompage électrique voire thermique en phase dragage pour pallier aux cadences soutenues).



FIGURE 58 – ILLUSTRATIONS DE QUELQUES SITES DE TRANSIT EN FONCTIONNEMENT ( A : LA HISSE – 22 ; B : LE TEICH - ARCACHON – 33 ; C : TOHANNIC - VANNES – 56 )

Un autre cas de figure intermédiaire pourra concerner les sites dits de ressuyage recevant des sédiments dragués mécaniquement, avec une charge en eau plus faible, soit généralement autour de 30 % de siccité<sup>36</sup> à leur arrivée. Le niveau de contrainte de ces sites **est moindre** du fait que le ressuyage minimum des sédiments permettant leur reprise (soit au-delà de 55 à 60% environ de siccité) est atteint plus rapidement.



**FIGURE 59 – ILLUSTRATION D'UN SITE DE RESSUYAGE SIMPLE EN CASIER**

### ■ Maitrise foncière / PLU

La question de la maîtrise foncière du site par son exploitant ou propriétaire est posée car elle peut constituer un enjeu économique non négligeable dans le budget du Maître d'Ouvrage en cas d'acquisition. C'est aussi un point clef si l'on considère le projet avec la perspective de la remise en état du/des sites en fin de bail dans le cas de « simple » location des terrains. Enfin, l'acquisition foncière est aussi un enjeu de planning fort eu égard aux démarches administratives associées parfois longues.

Concernant la **compatibilité du site au règlement du PLU**, il apparaît que les règlements des PLU prévoient rarement la mise en œuvre de tels sites. Ainsi, dans certains cas, les usages prévus et rattachés aux zonages permettent néanmoins une compatibilité au règlement d'urbanisme (par ex : zone de gestion des déchets, de traitement de eaux, etc.). On notera à cet égard que plusieurs sites de transit identifiés à l'échelle nationale sont rattachés ou situés à proximité immédiate des zones d'exploitation liées à la gestion et valorisation des déchets ou à l'épuration (Tohannic, Le Teich...) ce qui en facilite l'implantation.

Dans d'autres cas, une mise en compatibilité est nécessaire (modification ou révision, simplifiée ou non). Une attention spécifique est requise quant aux mesures de protection prescrites dans les **PLU au titre des espaces remarquables et de la Loi Littorale** dédiés à la protection des enjeux biologiques et de protection du littoral : ces enjeux se sur-imposent à la mosaïque des zonages de protection et rendent *a priori* trop complexe les démarches administratives d'installation de transit sur ces zones.

### ■ Enjeux d'usages

De par leur dimension parfois étendue, l'implantation des sites de transit doit se faire en **concertation très étroite et prolongée avec les riverains**, ne serait-ce que pour sensibiliser ces derniers aux conditions d'exploitation qu'impliquent ces sites et qui peuvent constituer un niveau de nuisance qu'il convient de limiter par différentes mesures : adaptation du plan masse, mise en œuvre de mesures de réduction phonique (merlons anti-bruit périphériques par exemple), adaptation des périodes de reprise des sédiments, etc.

<sup>36</sup> La siccité est la quantité de matière sèche en pourcentage dans un échantillon brut



A



B

**FIGURE 60 – ILLUSTRATIONS D'ENJEUX D'USAGE (A : GITE RURAL / B : MERLON ANTI-BRUIT, LA HISSE, IDRA)**

Ainsi, compte tenu de la mosaïque d'enjeux précités et de contraintes inhérentes au territoire, l'identification d'un site, et *a fortiori* de plusieurs sites, est souvent peu aisée. Il serait utopique de rechercher une implantation de site qui ne présenterait que des atouts, mais pour autant un travail de pré-ciblage tenant compte des principales contraintes du territoire permet d'écarter rapidement les emplacements *de facto* défavorables.

### 7.4.3 - Elargissement du spectre d'action des sites de transit

Au-delà de la finalité seule de la déshydratation des sédiments, il faut noter que les sites peuvent aussi prétendre à améliorer les propriétés des sédiments entrant par différentes actions :

- Ajout d'autres matériaux (granulats par exemple), visant à structurer le sédiment et lui conférer un meilleur comportement mécanique par exemple ;
- Ajout de différents liants / ciments par formulation spécifique, visant en général à améliorer la résistance mécanique et la portance des matériaux ;
- Criblage,
- Tri granulométrique ;
- Ajout de liant hydraulique (par ex. chaux) visant à accélérer très rapidement la déshydratation ;

Ces sites deviennent ainsi des **sites de traitement** destinés à apporter une **valeur ajoutée** aux sédiments et proposer un « produit » avec un spectre de réemploi élargi. A noter qu'il est tout à fait possible d'envisager une évolution des usages d'un site au cours de son exploitation, bien qu'il paraisse plus aisé de prévoir cette possibilité dès sa création (notamment pour le dimensionnement des process et capacités d'accueil).

## 7.4.4 - Cadre réglementaire pour la création d'un nouveau site

### 7.4.4.1 - Statut réglementaire des sédiments

Par le Décret n°2010-369 du 13 avril 2010, mis à jour par Arrêté du 15 février 2016, des rubriques de la **nomenclature des installations classées** ont été créées concernant le secteur du traitement des déchets. La Circulaire du 24 décembre 2010 en explicite la portée et précise en particulier que les sédiments **acquièrent un statut de déchets** dès lors qu'ils ne sont pas uniquement déplacés au sein des eaux de surface. Cette approche déchet influe ainsi à plusieurs niveaux sur la gestion des sédiments :

- Sur le classement des matériaux gérés à terre : inertes, non dangereux, dangereux ;
- Sur les conditions de transit et de traitement (rubriques ICPE) ;
- Sur les conditions de valorisation des sous-produits selon filières et caractéristiques finales ;
- Sur les conditions de sortie du statut de déchet.

Ainsi, les sédiments extraits des eaux de surface relèvent d'un statut de déchet, visée à l'article L.541-7 du Code de l'Environnement selon les catégories suivantes :

- 17 05 05 boues de dragage contenant des substances dangereuses ;
- 17 05 06 boues de dragage autres que celles visées à la rubrique 17 05 05.

Ainsi, il convient avant chaque opération de dragage impliquant une gestion à terre des sédiments de prévoir une caractérisation selon les critères de définition des déchets à savoir : caractère inerte ou non<sup>37</sup>, caractère dangereux<sup>38</sup> ou non.

### 7.4.4.2 - Vers une sortie du statut de déchet

Si leur statut de déchets (non inertes non dangereux) n'empêche pas fondamentalement la valorisation ultérieure des « sédiments-déchets », celui-ci implique néanmoins un certain nombre d'obligation comme la traçabilité complète des matériaux jusqu'à leur devenir ultime, ainsi que parfois des prescriptions de suivi environnemental. C'est ainsi que dans un objectif de voir se développer les filières de valorisation et recyclage des déchets, la directive 2008/98/CE du 19 novembre 2008 relative aux déchets a ouvert la voie à une « déclassification » de certains déchets.

Retranscrite dans la réglementation nationale depuis 2012<sup>39</sup>, elle prévoit une **possibilité de sortie de statut de déchet**. Les critères permettant de prétendre à cette sortie de statut de déchets se trouvent dans l'Art. L541-4-3 du Code de l'Environnement :

*« Un déchet cesse d'être un déchet après avoir été traité dans une installation visée à l'article L. 214-1 soumise à autorisation (...) et avoir subi une opération de valorisation, notamment de recyclage ou de préparation en vue de la réutilisation, s'il répond à des critères remplissant l'ensemble des conditions suivantes :*

- *la substance ou l'objet est couramment utilisé à des fins spécifiques ;*
- *il existe une demande pour une telle substance ou objet ou elle répond à un marché ;*

<sup>37</sup> Essai de lixiviation selon la norme NF-EN-12457-2 et comparaison aux seuils de l'Arrêté du 12 Décembre 2014 relatif aux Installations de Stockage de Déchets Inertes. Conformément à l'article R541-8 du Code de l'environnement, un déchet inerte est un "déchet qui ne subit aucune modification physique, chimique ou biologique importante, qui ne se décompose pas, ne brûle pas, ne produit aucune réaction physique ou chimique, n'est pas biodégradable et ne détériore pas les matières avec lesquelles il entre en contact d'une manière susceptible d'entraîner des atteintes à l'environnement ou à la santé humaine"

<sup>38</sup> Les critères de dangerosité sont précisés à l'Annexe I au règlement CE n°1272/2008, soit 15 sous-critères HP1 à HP15, le critère prévalant généralement pour les sédiments et admis par le Ministère concerne l'analyse de l'écotoxicité des sédiments (HP14), pour lequel un protocole de caractérisation existe (BRGM/INERIS). Compte de l'ouverture du milieu et de la qualité des eaux, aucun sédiment dangereux n'a encore été décelé en Rance.

<sup>39</sup> Décret n°2012-602 du 30 avril 2012

— la substance ou l'objet remplit les exigences techniques aux fins spécifiques et respecte la législation et les normes applicables aux produits ;

— son utilisation n'aura pas d'effets globaux nocifs pour l'environnement ou la santé humaine.

Ces critères sont fixés par l'autorité administrative compétente. Ils comprennent le cas échéant des teneurs limites en substances polluantes et sont fixés en prenant en compte les effets nocifs des substances ou de l'objet sur l'environnement. »

A noter que jusqu'à présent peu de déchet se sont vu accordé les procédures de sortie au plan national. Certains opérateurs portuaires ou acteurs du BTP gérant des matériaux minéraux ont engagé une réflexion concernant l'intérêt de cette sortie de statut de déchet pour les sédiments, mais la démarche apparaît encore incertaine.

On relèvera enfin le **récent projet d'Arrêté** « fixant les conditions de sortie du statut de déchet pour les terres excavées et les sédiments ayant fait l'objet d'une préparation en vue d'une utilisation en génie civil ou en aménagement ». Cet arrêté s'en réfère aux guides nationaux (CEREMA...) relatifs au réemploi des matériaux en BTP, mais il n'existe pas encore de guide dédié spécifiquement au réemploi en agronomie par exemple.

#### 7.4.4.3 - Installations de stockage des Déchets (ISD)

Sont écartés des considérations suivantes relatives aux sites de transit les sites de stockage définitifs ainsi que les sites dit « monospécifiques<sup>40</sup> », lesquels sont voués à l'élimination des déchets par enfouissement : ils constituent des ISD à part entière (Installations de Stockage des Déchets), sous le régime des ICPE. Ces sites constituent des exutoires qui ne répondent pas aux objectifs de réemploi possible des sédiments ; ils constituent une filière d'élimination dès lors que toutes les solutions de réemploi s'avèrent non fonctionnelles. Ce sont généralement des filières très onéreuses<sup>41</sup>, voire réhabilitaires pour les Maîtres d'Ouvrage.

**NB** : Les sédiments marins après ressuyage ne peuvent être rattachés à la définition de matériaux inertes au sens de l'Arrêté du 12 décembre 2014, du fait des teneurs en sels résiduels contenus dans les lixiviats. Ainsi, la mise en dépôt de sédiments marins en Installation de Stockage de Déchets Inertes n'est pas ou peu envisageable (sauf cas de matériaux très lessivés et sous conditions), pas plus que le comblement de carrière qui prévoit l'emploi de matériaux inertes (Art. 12.3. Remblayage de carrière – Arrêté du 22 Septembre 1994 relatif aux exploitations de carrières).

#### 7.4.4.4 - Procédures réglementaires pour créer un nouveau site

- Depuis 2010 et jusqu'en 2017, l'encadrement réglementaire des sites de transit relevait exclusivement du champ d'application des ICPE, notamment à travers les rubriques de la nomenclature ICPE n°2517 et 2716.

Les installations d'entreposage à terre de sédiments, inertes ou non inertes mais non dangereux, y compris celles mettant en œuvre une simple décantation gravitaire et procédant à la déshydratation naturelle en andains, relèvent de la **rubrique 2716** (transit déchet non dangereux<sup>42</sup>) sous réserve que la durée d'entreposage des sédiments n'excède pas 1 an s'ils sont destinés à être éliminés, et **3 ans s'ils sont destinés à être valorisés**.

- La circulaire du 25 avril 2017<sup>43</sup> relative aux modalités d'application de la nomenclature des installations classées pour le secteur de la gestion des déchets indique que **l'entreposage temporaire** des

<sup>40</sup> Quelques sites dédiés aux sédiments existent en France dont un en Bretagne, à Combrit (29).

<sup>41</sup> Coûts d'acceptabilité en ISDND (déchet non dangereux mais non inertes comme les sédiments marins) variables suivant le site : en général entre 70 et 90 euros/tonne, hors TGAP (15 à 20 euros, en augmentation d'ici à 2025), et hors transport.

<sup>42</sup> « Installation de transit, regroupement ou tri de déchets non dangereux non inertes, le volume susceptible d'être présent dans l'installation étant : 1/ supérieur ou égal à 1000 m<sup>3</sup> ; 2/ supérieur ou égal à 100 m<sup>3</sup> mais < à 1000 m<sup>3</sup>. »

<sup>43</sup> « Modalités d'application de la nomenclature des installations classées pour le secteur de la gestion des déchets ». Direction générale de la prévention des risques. Service des risques sanitaires liés à l'environnement, des déchets et des pollutions diffuses Sous-direction déchets et économie circulaire.

sédiments en amont d'un processus de valorisation ou d'élimination **peut aussi être encadré par la loi sur l'eau**, au travers de la rubrique 2.2.3.0 de la nomenclature Loi Eau « rejets dans les eaux de surfaces » sous réserve que :

- Ne soient pas mises en œuvre, au cours de cette gestion, des activités de traitement (seuls le ressuyage, la déshydratation des matériaux afin d'en limiter le volume pour en faciliter le transport, et la séparation granulométrique du sédiment peuvent être pratiqués) ;
- Les sédiments soient caractérisés comme non dangereux ;
- Les sédiments soient entreposés dans un lieu approprié permettant de récupérer les eaux de ressuyage afin d'en contrôler le rejet ;
- Le site d'entreposage se situe dans le site portuaire le plus proche du lieu de dragage pour les sédiments marins et à proximité du lieu de dragage dans les autres cas (canaux navigables).

La durée d'entreposage de ces sédiments doit être mentionnée dans l'autorisation délivrée au titre de la loi sur l'eau pour chaque chantier ou chaque phase de chantier (concernant les autorisations de plusieurs années pour les dragages d'entretien). Elle est **limitée à 3 ans** pour les sédiments ayant vocation à être valorisés (et à 1 an pour ceux devant être éliminés en ISD).

Selon cette circulaire, il existe donc une possibilité de stocker provisoirement les sédiments en site de transit sous le régime Loi Eau sous réserve que les conditions précitées soient réunies. Si les 3 premiers critères sont assez simplement démontrés pour ce qui relève des modes de gestion des sédiments, le dernier a toutefois soulevé des interrogations mais semble au vu des échanges avec les services de l'Etat admissible compte tenu du fait que la Rance, bien que maritime, constitue bien une voie de navigation et qu'un site de transit serait *de facto* localisé à proximité des lieux de dragage de l'estuaire.

#### 7.4.4.5 - Sites classés

Le territoire de Rance est caractérisé par une protection en sites classés sur une surface très importantes, en particulier sur une large frange terrestre du bassin maritime. Ce point constitue donc une contrainte réglementaire forte pour l'aménagement de site de transit, justement dans cette zone de proximité au bassin, tant d'un point de vue environnemental que paysager. Cette contrainte, bien que non bloquante en soit (possibilité de montage de dossier pour travaux en site classé en instruction par le Ministère) l'est surtout en termes de délais d'instruction dans une optique de travaux à engager rapidement dans le cadre du plan de gestion quinquennal<sup>44</sup>.

#### 7.4.5 - Identification d'un premier site

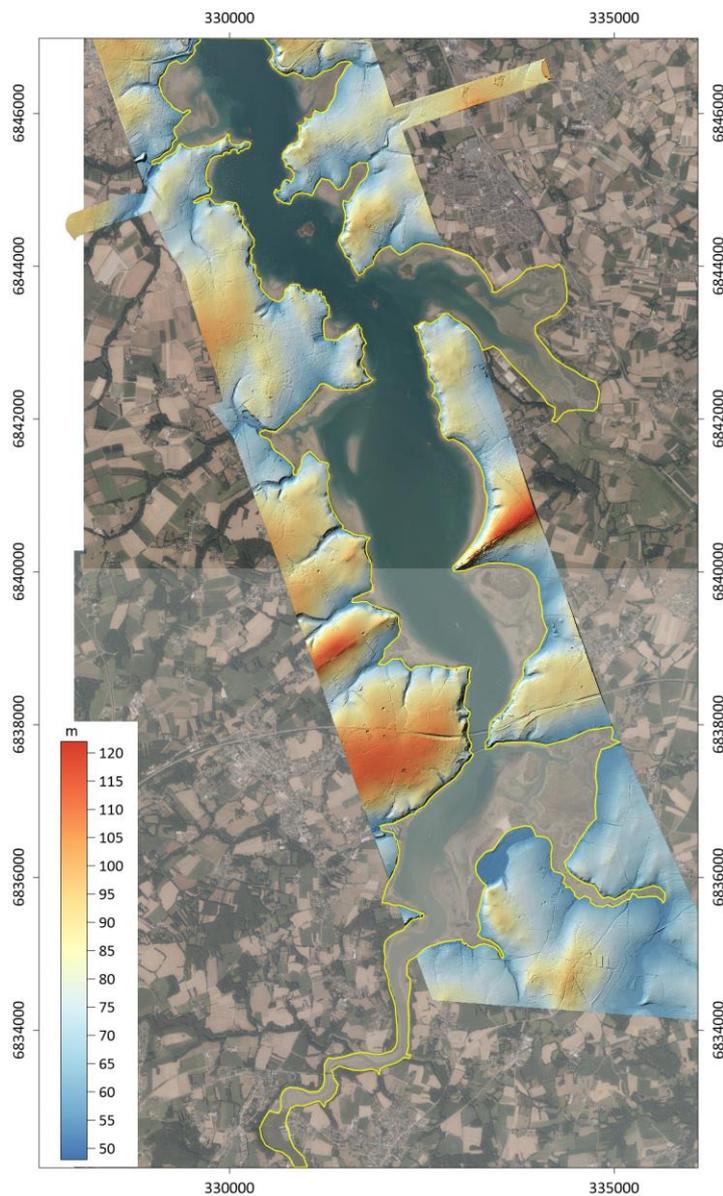
Bien que le délais impartis à l'étude ne permette pas de prospecter de manière exhaustive sur tout le territoire et d'opérer une rencontre systématique avec tous les acteurs locaux, un premier travail de ciblage amont a été proposé à l'EPTB et communiqué sous forme cartographique.

##### ■ Contraintes physiques des pentes en périphérie de la Rance

Les données topographiques issue de la campagne LIDAR (2009) ont été exploitées afin de dresser une première cartographie des pentes des terrains frangeant l'estuaire, dans la limite du levé fourni (la couverture terrestre reste partielle). Ce travail pourra être étendu par la suite par exemple à l'aide des données de la BD-Alti® de l'IGN (résolution planimétrique de 5m) ou encore d'autres sources de données (base SRTM1 & ASTER de la NASA à résolution 30m<sup>45</sup>...).

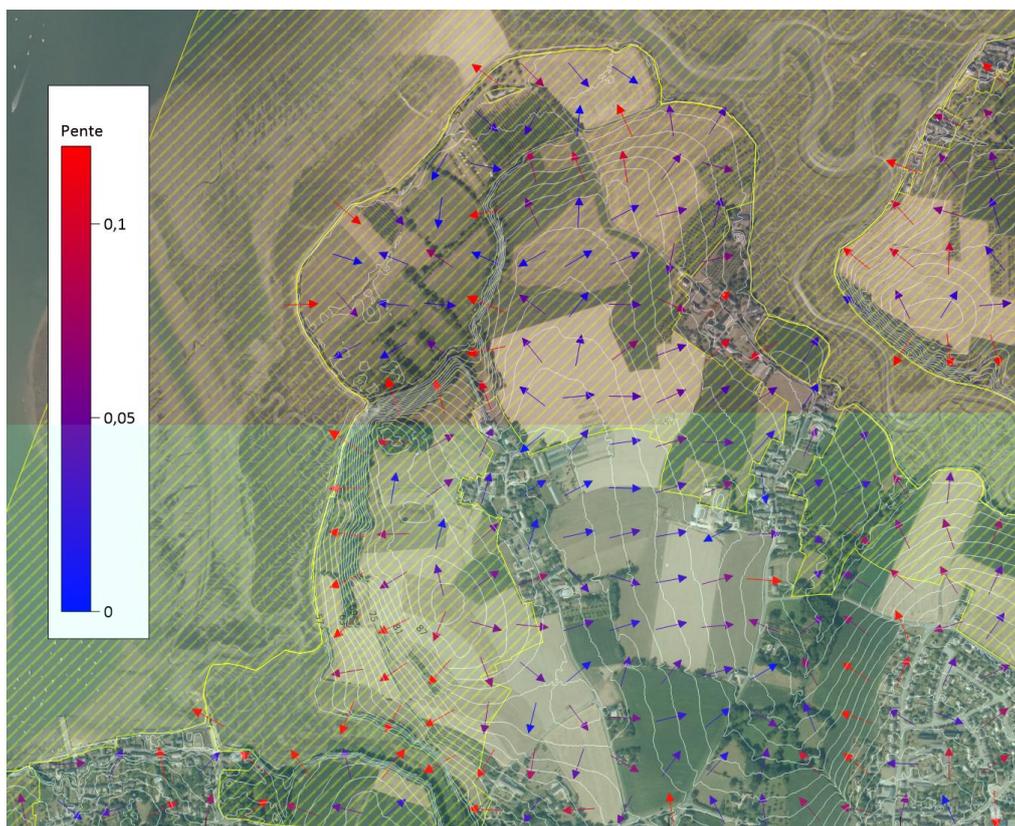
<sup>44</sup> Il apparaît que certains projets en sites classés peuvent faire l'objet d'une instruction sous l'égide de la Préfecture de Région, permettant une instruction « territorialisée » des demandes (information services de la Préfecture).

<sup>45</sup> Les précisions relatives en altimétrie de ces MNT restent bien moins bonnes que celles de la BD-Alti, soit environ 2 à 5 m contre 1 à 0,2 m selon les zones. Source : IGN <http://professionnels.ign.fr/rgealti>



**FIGURE 61 – EMPRISE DISPONIBLE DU MNT (LIDAR) SUR LA PARTIE TERRESTRE**

Cette cartographie peut de plus être superposée aux cartes d'enjeux de protection (exemple de site classé hachuré en *Figure 62*).



**FIGURE 62 – EXTRAIT DU FICHER DE PENTE ETABLIS ET SITES CLASSES - ACHURES JAUNES - (SECTEUR DE LA VILLE-GER)**

Globalement, en considérant les terrains non bâtis dans la limite de 500 à 750 m environ en périphérie du bassin maritime (considérant la limite du Domaine Public Maritime), la morphologie de ce proche littoral présente des terrains dans une large proportion pentus peu aptes à la mise en œuvre de site nécessitant au moins 1 ha de lagune utile<sup>46</sup>. Cependant, en poussant quelque peu la distance, certains ensembles parcellaires apparaissent propices de ce point de vue. Ainsi, un travail au cas par cas devra être engagé auprès des acteurs locaux, propriétaires et exploitants, pour cibler les parcelles éligibles ou non.

**NB : Il n'apparaît pas plausible de cibler les zones de haut estran** pour constituer un site de transit des sédiments pour plusieurs raisons :

- Ces zones relèvent du DPM, ce qui impliquerait une Autorisation d'Occupation Temporaire du DPM (AOT) ;
- Pour des raisons pratiques de marnage qui nécessiteraient la création de structures périphériques en dur (de type endiguement) pour garantir la stabilité de casier de transit et leur non ré-ennoiement à la marée ;
- Les estrans sont bien souvent déjà des sites sous statut de protection de par la biodiversité qu'ils accueillent, de tel sorte que créer un ouvrage à même l'estran constituerait un risque de perturbation trop important pour les habitats (schorre, slikke, plage...).

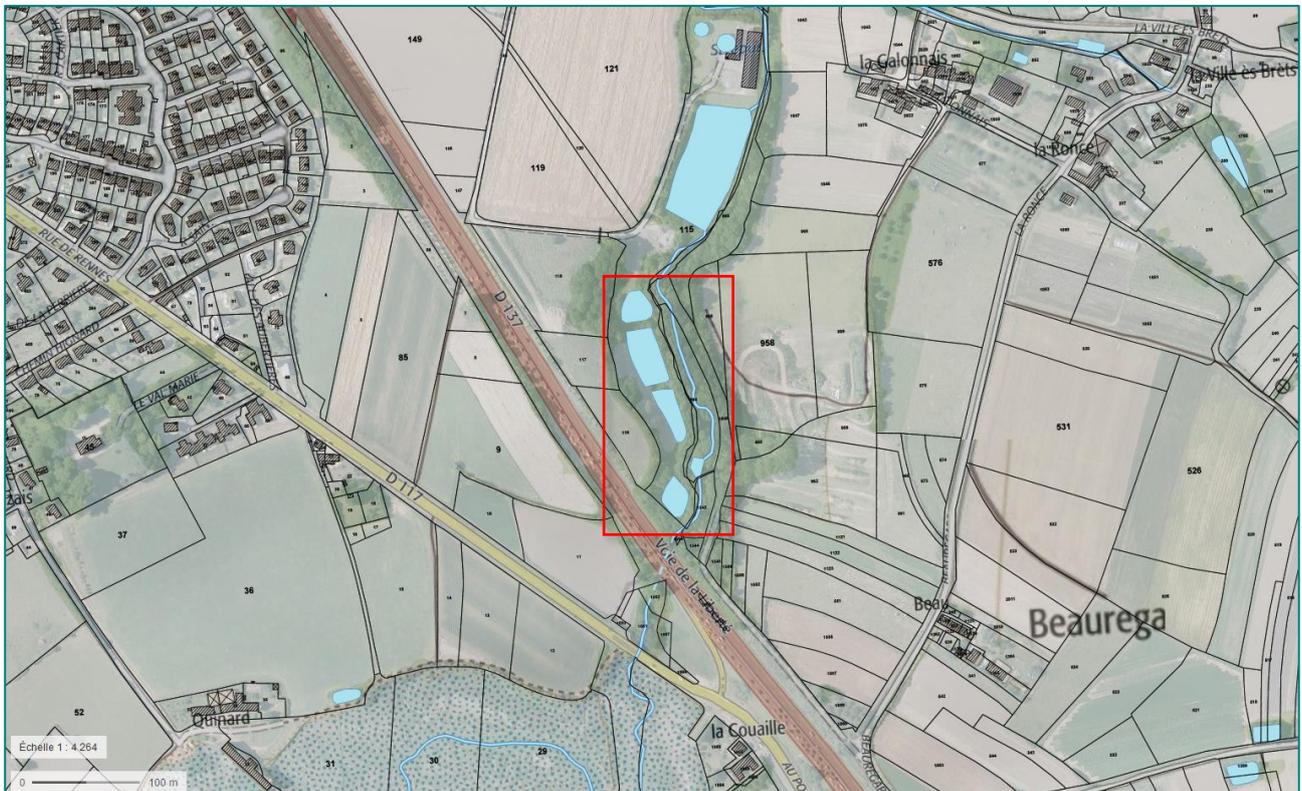
#### ■ Localisation d'un site

Dans le cadre des visites de terrain avec les différents acteurs (mars 2019), un site jouxtant la STEP de Saint-Jouan-des-Guéréts a été visité. En premier repérage, celui-ci a semblé apporter des éléments répondant

<sup>46</sup> Les sites doivent prévoir les emprises nécessaires pour la circulation des engins de terrassement et de reprise des sédiments, ainsi que des distances de précaution relatives aux haies bocagères, parfois classées.

favorablement aux enjeux de gestion des sédiments à terre notamment en termes de potentialité de ressuyage des matériaux, à savoir comme site de transit.

Le site, constitué en l'état **de 4 anciennes lagunes**, se situe sur la commune de Saint-Jouan des Guérets, sur la parcelle cadastrée n°115, laquelle inclus la STEP de Saint-Jouan (*Figure 63*). L'accès au site se fait par le Nord, par le chemin communal depuis le lieu-dit Launay Quinard situé à environ 400 m. Les habitations les plus proches sont localisées au Nord-Est au lieu-dit La Galonnais et à l'Ouest, par-delà la 4 voies de la RD137, à 300 m.



**FIGURE 63 : LOCALISATION DU SITE DE SAINT-JOUAN DES GUERETS**

Les **4 lagunes** constituant en l'état le site représentent une surface d'environ **3630 m<sup>2</sup>**, se succèdent topographiquement dans un petit vallon orienté du Nord au Sud et apparaissent hydrauliquement déconnectées du cours d'eau très proche, le « ruisseau de la Couaille », sans enjeu piscicole notable. A noter la présence d'**une desserte** qui suit de manière longitudinale les 3 premières lagunes jusqu'à la 4<sup>ème</sup>, dont la largeur semble adaptée aux engins. Les profondeurs des bassins atteindraient 2 à 2,5 mètres tout au plus, donc en première estimation, le volume total considéré doit atteindre environ **9000 m<sup>3</sup>** sur cette hypothèse.

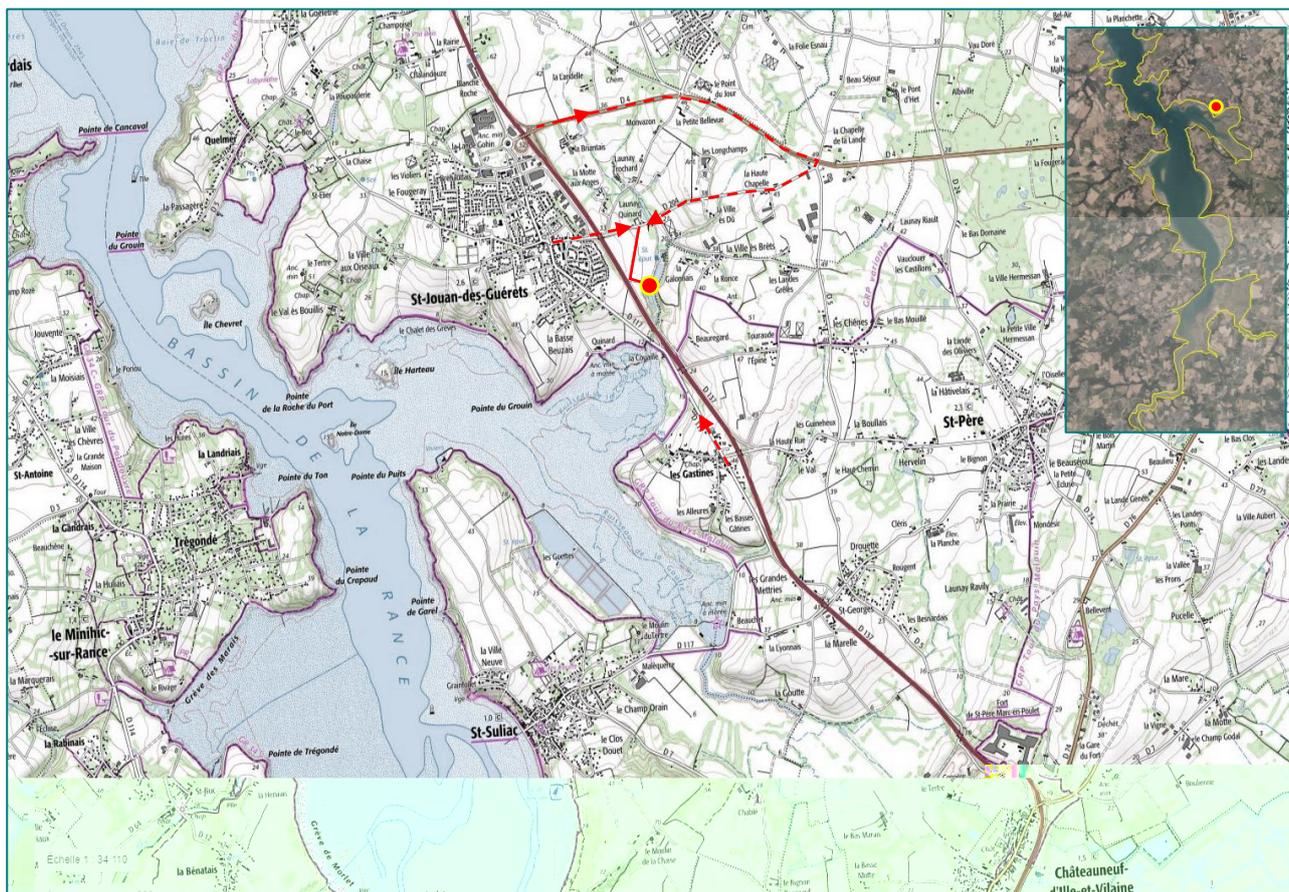
La zone humide la plus proche est cartographiée en aval, côté schorre à proximité de l'ancien moulin à marée de l'autre côté de la RD137. Les autres enjeux naturels (Natura 2000, ZNIEFF, sites classés) sont soit absents du site, soit suffisamment éloignés pour en limiter les risques d'incidence.

Le zonage PLU du site est indiqué en **zone « A »** sur l'ensemble du site. A noter que l'emprise de la dernière lagune la plus au Sud est inclus dans le périmètre de la limite des 100 mètres du rivage de la **Loi Littorale**. Il conviendra de s'appuyer sur l'enjeu d'intérêt général, porté par cet outil de gestion des sédiments que pourrait constituer le site, afin de faire valoir les exceptions de construction ou d'installation sur ce zonage. En tout état de cause, hormis quelques opérations préparatoires, la géométrie globale du site ne nécessite pas de gros travaux de terrassement (les lagunes étant déjà constituées).

Compte tenu de leur configuration, ces bassins pourraient prendre en charge des sédiments issus des opérations de dragage dans le bassin maritime de la Rance, préférentiellement à l'issue de dragages mécaniques, à savoir avec des sédiments peu déstructurés et présentant une charge résiduelle en eau relativement faible (1 volume d'eau pour 5 à 8 volumes de sédiment). Dans le cas présent, bien que la

topographie des lagunes et la proximité du rejet au milieu salé soient favorables à du lagunage, l'extension *stricto sensu* des lagunes **se prête peu à du lagunage** (soit pour 3630 m<sup>2</sup> de lagune, moins de 4000 m<sup>3</sup> gérable de la sorte). **La prise en charge de sédiments issus de dragages hydrauliques apparait donc en l'état non recommandée.**

Le site qui présente l'avantage d'être rapidement desservi depuis le réseau routier communal et départemental (RD4 & RD137), mais aussi très proche de la zone de chalandise des sédiments (frange périphérique de la Rance), pourrait donc recevoir des sédiments issus de dragages mécaniques, donc **amenés par voie routière** à l'aide de camions **bennes étanches afin d'éviter les salissures de la chaussée.**



**FIGURE 64 : DESSERTES ROUTIERE DU SITE (SAINT-JOUAN DES GUERETS)**

On notera un certain nombre de vérifications et de compléments d'investigations à réaliser afin de caractériser plus finement le site et d'en dessiner les contours opérationnels (études de Maitrise d'œuvre : défrichage, topographie, pégeage<sup>47</sup> des fonds, fonctionnement hydraulique actuel). Puis, les travaux de mise en fonctionnement impliqueront notamment la recherche d'une optimisation des volumes, un retalutage des berges et quelques aménagements de pistes d'accès, soit principalement du terrassement.

Au-delà de ces pré-requis, le niveau **des contraintes tant physiques, environnementales que réglementaires du site ne semble en l'état pas bloquant**, et la nature des travaux d'aménagement pour le rendre fonctionnel restent accessible tant en termes de délais de mise en œuvre que de coût financier, puisque la préparation du site est estimée autour de 80 000 €HT (hors Maitrise d'œuvre).

Dans un premier temps, l'aménagement de ce site pourrait se concevoir **directement à travers l'autorisation ou la déclaration Loi Eau de dragage et rejet** (Rubrique 4.1.3.0), tirant ainsi parti du schéma permis par la

<sup>47</sup> Sondage des épaisseurs de sédiments à l'aide d'un dispositif gradué (pige)

note Ministérielle du 25 Avril 2017 pré-citée. A termes, la question de conférer au site un statut ICPE pourrait être demandée par les services de l'Etat.

Le planning pressenti d'aménagement pourrait être le suivant :

1. Etablissement d'AVP/PRO d'aménagement du site	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	
1.1 Défrichage sommaire du site																							
1.2 Visite approfondie du site																							
1.3 Réalisation d'un levé topographique																							
1.4 Pigeage des fonds durs																							
1.5 Traitement des données collectées																							
1.6 Etablissement d'un projet d'aménagement																							

2. Etablissement d'AVP/PRO d'aménagement du site	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	
2.1 Etablissement du DCE																							
2.2 Consultation																							
2.3 Analyse offre / Attribution																							

3. Aménagement/mise en fonctionnement	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22					
3.1 Défrichage complémentaire																											
3.2 Optimisation des volumes / terrassement Lag.1																											
3.3 Décaissement et reprise des fonds																											
3.4 Retalutage des digues et élargissement des accès																											
3.5 Aménagement de pistes d'accès aux fonds de lagunes																											
3.6 Coordination travaux																											

#### ■ Avantage / inconvénient d'un site de transit à Saint-Jouan

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Configuration adaptée à une prise en charge de sédiments dragués mécaniquement ;</li> <li>- Préparation du site assez peu contraignante (lagunes déjà existantes) ;</li> <li>- Desserte routière compatible ;</li> <li>- Intégration paysagère d'ores et déjà satisfaisante (vallon abrité et périphérie très boisée) ;</li> <li>- Premières habitations assez éloignées ;</li> <li>- Site hors des enjeux directs de protection (pas en site classé, ni inscrit) ;</li> <li>- Site déjà proche d'une zone de traitement de déchet (STEP) ;</li> <li>- La topographie du site permet un retour gravitaire des eaux de ressuyage à la Rance ;</li> <li>- Proximité du site au bassin maritime de la Rance (retour des eaux salées) ;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dimensionnement actuel des lagunes à affiner (études de MOe) ;</li> <li>- Volume acceptable relativement restreint = optimisation des volumes à prévoir à termes ;</li> <li>- Compatibilité PLU à démontrer / argumenter ;</li> <li>- Transfert des rejets d'eau salée vers la Rance à prévoir dans un contexte néanmoins continental ;</li> <li>- Acheminement terrestre des sédiments impliquant des traversées de bourgs ;</li> <li>- Zones de reprise à définir, à priori autour de 4,5 km (à priori la cale de la Passagère étant la plus sécurisée) ;</li> </ul>

#### 7.4.6 - Perspectives / autres sites à identifier

L'analyse des filières montre que parmi les solutions de gestion à terre les plus opérationnelles sur le territoire de la Rance, seule la valorisation agronomique apparaît à ce jour répondre aux attentes de manière pratique et opérationnelle, eu égard aux volumes annuels en jeu (plusieurs dizaines de milliers de m<sup>3</sup>/an).

Plusieurs autres filières relèvent soit d'opportunité (concomitance de chantier, etc.), soit sont en devenir (expérimentales, voire prototype, mais non encore à un stade industriel), mais aucune n'apporte encore aujourd'hui une réponse pérenne et/ou économiquement viable. En revanche, **toutes montrent qu'une phase**

**préparatoire des sédiments est nécessaire**, qu'elle concerne un traitement plus intensif ou plus simplement un ressuyage amélioré des sédiments pour en favoriser le réemploi.

Il ressort par conséquent que la pertinence de créer un 2<sup>nd</sup> site (ou 3<sup>ème</sup> site si l'on considère celui de Saint-Jouan comme plausible) est démontrée. Ce site correspond au premier maillon de gestion des sédiments à terre. Il doit donc en priorité viser les gisements les plus marqués de la sédimentation dans le bassin de la Rance. Nous renvoyons sur ce point au Chap. 8.3.3.

Enfin, à noter qu'un site de transit, pour peu que l'évolution des recherches et de nouvelles filières locales émergent, peut plus aisément être adapté avec un process de traitement, en ce sens que la structure globale du site existant, cette modification relève d'aménagements plus facilement entendables sur un site déjà opérationnel et non d'une création *ex nihilo*.

## 8 - PROPOSITION DE PLAN EXPERIMENTAL

### 8.1 - Préambule

Le plan expérimental de gestion sédimentaire prévoit un objectif de dragage d'un **volume de 250 000 m<sup>3</sup> sur cinq ans**. Les volumes à draguer par an peuvent être inférieurs ou supérieurs à 50 000 m<sup>3</sup>, tant que l'objectif final est respecté. L'approche est faite par « année scolaire », les travaux se faisant principalement au cours d'une saison hivernale.

Un premier plan expérimental est basé sur le dragage des **cales, zones de mouillage et leurs accès au chenal** ainsi que l'inclusion des opérations **Lyvet III** (2018) et **IV** (2021). Des essais de remise en suspension et injection d'eau sont prévus suite aux premiers résultats de modélisation réalisés par EDF.

Un second plan expérimental est proposé avec la création d'un **deuxième piège à sédiments**.

Enfin, suite au comité de pilotage du 23/05/2019, un plan intermédiaire est proposé.

### 8.2 - Première proposition de plan de gestion

Ce premier plan est basé sur un traitement prioritaire des cales de mise à l'eau.

Il comprend les dragages d'entretien des cales, de certaines zones de mouillage, du piège du Lyvet et enfin de tests de remise en suspension ou d'injection d'eau.

Il suppose l'utilisation du site de transit de la Hisse, de la lagune de Plouer et du nouveau site de St Jouan des Guérets. Un site de transit complémentaire, pouvant accueillir au moins 35 000 m<sup>3</sup>, devra être aménagé (sur 4 ha environ).

Il suppose également l'évacuation de la lagune de Plouer au cours des mois d'août et septembre 2019. Cette opération n'est pas comptabilisée dans le plan de gestion.

Les filières de valorisation considérées sont l'épandage agricole, les tests de valorisation agricole (en partenariat avec la Chambre d'Agriculture).

Un visuel graphique du plan de gestion est proposé en *Annexe 1*.

#### 8.2.1 - Année 1 - 2018/2019

La première année du plan de gestion est l'année 2018/2019 sur laquelle le dragage du piège du Lyvet a été effectué. Les sédiments dragués ont été refoulés vers les lagunes du site de la Hisse, aujourd'hui complètement remplies.

Les montants relatifs à cette opération ne sont pas considérés dans le bilan du plan de gestion.

## 8.2.2 - Année 2 - 2019/2020

### 8.2.2.1 - Opérations de dragage

#### ■ Dragage hydraulique (partiel) de l'atterrissement de la plaine de Mordreuc : janvier et février 2020

- 9 000 m<sup>3</sup>
- Refoulement vers la lagune de Plouër

#### ■ Dragage mécanique des cales de Plouër : janvier et février 2020

- 2 000 m<sup>3</sup>
- Transfert et dépôt immédiat sur parcelles agricoles (test agronomique)

#### ■ Dragage mécanique des cales de la Passagère, du Poriou, de la Landriais et du Ton : mars et avril 2020

- 9 000 m<sup>3</sup>
- Transfert et dépôt des sédiments dans les lagunes de Saint-Jouan-des-Guérets



### 8.2.2.2 - Autres opérations

#### ■ Aménagement des lagunes de Saint Jouan des Guérets (études et travaux) : septembre 2019 à février 2020

### 8.2.2.3 - Evaluation des coûts

ANNEE 2 - 2019/2020	Date	Coût
Valorisation agricole - 4 200 m <sup>3</sup> (3 à 5 km)	août - sept 2019	42 000 €HT
Test de valorisation agronomique - 3 000 m <sup>3</sup> (3 à 5 km)	août - sept 2019	30 000 €HT
Aménagement lagunes St Jouan des Guérets	sept 2019 - fév 2020	70 000 €HT
Dragage hydraulique plaine de Mordreuc, vers lagune de Plouer - 9000 m <sup>3</sup>	jan et fev 2020	190 000 €HT
Dragage mécanique cales de Plouer - 2000 m <sup>3</sup>	jan et fev 2020	110 000 €HT
Transport et dépôt immédiat sur parcelles agricoles (3 à 5 km)	jan et fev 2020	20 000 €HT
Dragage mécanique cales Passagère, Poriou, La Landriais et Le Ton, vers lagune de St Jouan - 9000 m <sup>3</sup>	mars et avrl 2020	226 600 €HT
<b>Montant travaux Année 2</b>		<b>692 100 € HT</b>
<b>Montant Maîtrise d'œuvre (5%)</b>		<b>34 605 € HT</b>
<b>TOTAL ANNEE 2</b>		<b>726 705 € HT</b>
		<b>872 046 € TTC</b>

## 8.2.3 - Année 3 - 2020/2021

### 8.2.3.1 - Opération de dragage

#### ■ Test de remise en suspension / injection d'eau : automne/hiver 2020

- 5 000 m<sup>3</sup>
- Localisation : dépend des premiers résultats de modélisations hydrauliques



Lors d'une remise en suspension, le transport et le devenir des sédiments extraits repose sur la **distribution des courants "naturels"** tandis que pour une injection d'eau, le principe consiste à liquéfier localement le sédiment pour qu'un **courant de densité soit créé** (comme décrit §5.1.3 - ). Ce transport se "superpose" au courant "naturel" et peut beaucoup dépendre de la pente du fond et donc de la morphologie du terrain.

**L'approche est expérimentale et une modélisation du courant de densité permettrait de définir l'efficacité de cette technique.**

### 8.2.3.2 - Valorisation des sédiments et autres opérations

#### ■ Aménagement du site de transit complémentaire (études et travaux) : juillet 2020 à décembre 2021.

#### ■ Evacuation partielle des lagunes de la Hisse : septembre à novembre 2020

- Valorisation agricole (épandage ou parcelles test) : 20 000 m<sup>3</sup>
- Autre valorisation (selon besoins identifiés): 10 000 m<sup>3</sup>

Le site de transit complémentaire envisagé doit accepter au moins 35 000 m<sup>3</sup>, et ce afin de conserver l'objectif volumique du plan de gestion. Dans le plan de gestion, il est conçu pour recevoir des sédiments issus de dragages mécaniques (avec une teneur en eau réduite). Cependant, en fonction de sa localisation, il serait dommage de ne pas l'envisager comme compatible avec des dragages hydrauliques (lagunes étanches, en série avec récupération des eaux surnageantes...). Le site proposé ici est comparable à celui du Lyvet, mais pour un volume acceptable bien moindre. Sa surface minimale est ainsi réduite (environ 4 ha).

### 8.2.3.3 - Evaluation des coûts

ANNEE 3 – 2020/2021	Date	Coût
Aménagement site de transit complémentaire (35 000 m <sup>3</sup> acceptés, surface de 4 ha totale)	juil 2020 - déc 2021	450 000 €HT
Evacuation partielle lagunes de la Hisse - 30 000 m <sup>3</sup> :	sept à nov 2020	
- Valorisation agricole - 10 000 m <sup>3</sup>	sept à nov 2020	100 000 €HT
- Test valorisation agronomique - 10 000 m <sup>3</sup>	sept à nov 2020	100 000 €HT
- Autre valorisation - 10 000 m <sup>3</sup>	sept à nov 2020	150 000 €HT
Test remise en suspension / injection d'eau 5000 m <sup>3</sup>	automne/hiver 2020	140 000 €HT
<b>Montant travaux Année 3</b>		<b>940 000 € HT</b>
<b>Montant Maîtrise d'œuvre (5%)</b>		<b>47 000 € HT</b>
<b>TOTAL ANNEE 3</b>		<b>987 000 € HT</b>



## 8.2.4 - Année 4 - 2021/2022

### 8.2.4.1 - Opérations préalables

- **Evacuation** totale des lagunes de la Hisse : juillet à septembre 2021
  - Valorisation agricole (épandage ou parcelles test) : 23 000 m<sup>3</sup>
  - Autre valorisation (selon besoins identifiés) : 11 000 m<sup>3</sup>
- **Evacuation** des matériaux de la lagune de Plouer : septembre/octobre 2021
  - Valorisation agricole (épandage ou parcelles test) : 5 200 m<sup>3</sup>
  - Autre valorisation : 2 000 m<sup>3</sup>



### 8.2.4.2 - Opérations de dragage

- **Opération Lyvet IV** : octobre 2021 à janvier 2022
  - Dragage hydraulique de 80 000 m<sup>3</sup>
  - Refoulement vers le site ICPE de la Hisse
- **Dragage hydraulique plaine de Mordreuc** : février à mars 2022
  - Dragage hydraulique de 7 000 m<sup>3</sup>
  - Refoulement vers la lagune de Plouer
- **Test de remise en suspension / injection d'eau** : automne/hiver 2021
  - 5 000 m<sup>3</sup>
  - Localisation : dépend des modélisations hydrauliques



### 8.2.4.3 - Evaluation des coûts

ANNEE 4 – 2021/2022	Date	Coût
Reprise matériaux lagune de Plouer- 7 800 m <sup>3</sup> :	sep et oct 2021	
- Valorisation agricole - 3 200 m <sup>3</sup>	sep et oct 2021	32 000 €HT
- Test de valorisation agronomique - 2 000 m <sup>3</sup>	sep et oct 2021	20 000 €HT
- Valorisation autre - 2 000 m <sup>3</sup>	sep et oct 2021	20 000 €HT
Evacuation totale lagunes de la Hisse - 34 000 m <sup>3</sup> :	juil à sept 2021	
- Valorisation agricole - 12 000 m <sup>3</sup>	juil à sept 2021	120 000 €HT
- Test valorisation agronomique - 11 000 m <sup>3</sup>	juil à sept 2021	110 000 €HT
- Autre valorisation - 11 000 m <sup>3</sup>	juil à sept 2021	165 000 €HT
Lyvet 4 vers la Hisse - 80 000 m <sup>3</sup> (Reprise avant janvier 2025)	oct 2021 à jan 2022	900 000 €HT
Dragage hydraulique plaine de Mordreuc vers lagune de Plouer - 7000 m <sup>3</sup> (Reprise avant mars 2025)	fev à mars 2022	170 000 €HT
Test remise en suspension / injection d'eau 5000 m <sup>3</sup>	automne/hiver 2021	140 000 €HT
<b>Montant travaux Année 4</b>		<b>1 677 000 € HT</b>
<b>Montant Maîtrise d'œuvre (5%)</b>		<b>83 850 € HT</b>
<b>TOTAL ANNEE 4</b>		<b>1 760 850 € HT</b>
		<b>2 113 020€ TTC</b>

## 8.2.5 - Année 5 - 2022/2023

### 8.2.5.1 - Opérations préalables

- **Evacuation** des matériaux des lagunes de St Jouan : septembre/octobre 2022
  - Valorisation agricole (épandage ou parcelles test) : 3 600 m<sup>3</sup>
  - Autre valorisation : 3 600 m<sup>3</sup>

### 8.2.5.2 - Opérations de dragage

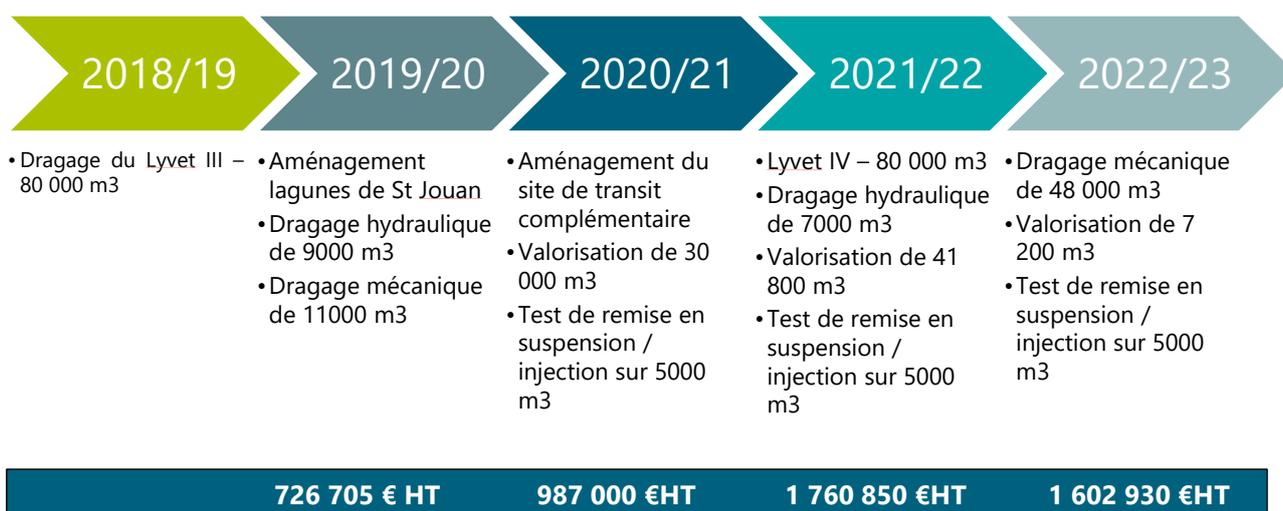
- **Dragage mécanique des cales de Mordreuc, Port St Jean et Port St Hubert** : octobre/novembre 2022
  - Dragage mécanique de 2 000 m<sup>3</sup>
  - Dépôt dans la lagune de Plouer
- **Dragage mécanique des cales du Minihic** : octobre/novembre 2022
  - Dragage mécanique de 5 000 m<sup>3</sup>
  - Transfert et dépôt immédiat sur parcelles agricoles (test agronomique)
- **Dragage mécanique des cales de St Jouan et du Crapaud** : décembre 2022 à février 2023
  - Dragage mécanique de 9 000 m<sup>3</sup>
  - Dépôt dans les lagunes de St Jouan
- **Dragage mécanique des cales entre La Ville ès Nonais et la Ville Neuve, et des cales de Moulin Neuf, Anse des Rivières et La Richardais** : décembre 2022 à mars 2023
  - Dragage mécanique de 20 000 m<sup>3</sup>
  - Dépôt dans les lagunes du site de transit complémentaire
- **Dragage mécanique sur sites de mouillage** (Minihic, Jouvente-Poriou, La Passagère, St Hélier, Plouer... selon urgence) : mars – avril 2023
  - Dragage mécanique de 12 000 m<sup>3</sup>
  - Dépôt dans les lagunes du site de transit complémentaire
- **Test de remise en suspension / injection d'eau** : automne/hiver 2021
  - 5 000 m<sup>3</sup>
  - Localisation : dépend des modélisations hydrauliques



### 8.2.5.3 - Evaluation des coûts

ANNEE 5 – 2022/2023	Date	Coût
Reprise matériaux lagune de St Jouan- 7 200 m3 :	sep et oct 2022	
- Valorisation agricole - 3 600 m3	sep et oct 2022	39 000 €HT
- Valorisation autre - 3 600 m3	sep et oct 2022	39 000 €HT
Dragage mécanique cales Mordreuc, Port St Jean et Port St Hubert vers lagune Plouer - 2000 m3 ( <i>Reprise avant novembre 2025</i> )	oct - nov 2022	215 000 €HT
Dragage mécanique cale de St Jouan et cale de Landriais- vers lagune de St Jouan - 9000 m3 ( <i>Reprise avant janvier 2026</i> )	dec 2022 - fev 2023	226 600 €HT
Dragage mécanique cales du Minihic - 5000 m3	oct - nov 2022	155 000 €HT
Transport et dépôt immédiat sur parcelles agricoles (pas d'épandage)	oct - nov 2022	50 000 €HT
Dragage mécanique cales tronçon La Ville ès Nonais à la Ville Neuve et cales Moulin Neuf, Anse des Rivières et La Richardais vers site de transit complémentaire - 20 000 m3 ( <i>Reprise avant mars 2026</i> )	dec 2022 - mars 2023	286 000 €HT
Dragage mécanique sites de mouillages (Minihic, Jouvente-Poriou, La Passagère, St Hélier, Plouer...) vers site de transit complémentaire - 12 000 m3 ( <i>Reprise avant mars 2026</i> )	mars - avr 2023	376 000 €HT
Test remise en suspension / injection d'eau 5000 m3	automne/hiver 2022	140 000 €HT
<b>Montant travaux Année 5</b>		<b>1 526 600 € HT</b>
<b>Montant Maîtrise d'œuvre (5%)</b>		<b>76 330 € HT</b>
<b>TOTAL ANNEE 5</b>		<b>1 602 930 € HT</b>
		<b>1 923 516 € TTC</b>

## 8.2.6 - Bilan



**Le budget total est de 5,08 M€HT (6,09 M€TTC).**

Ce budget ne prend pas en compte la valorisation des matériaux présents dans les lagunes à l'issue de l'année 5, valorisation à prévoir avant 2025 (La Hisse, Plouer) ou 2026 (St Jouan des Guérets, site complémentaire).

Un volume total de 250 000 m<sup>3</sup> est ainsi dragué au cours de ces cinq années, soit un prix de 20,3 €/m<sup>3</sup>.

### 8.3 - Alternative avec un deuxième piège à sédiments

Une solution alternative à l'établissement d'un plan de gestion avec une approche ciblée des usages en traitant les zones problématiques, serait la **création d'un deuxième piège à sédiments**. Cette extraction ciblée d'une accumulation de sédiments serait bénéfique pour tout un secteur du bassin. En effet, les sédiments se concentrent dans une zone précise, limitant les dépôts sur d'autres sites et facilitant ainsi le dragage.

Un piège à sédiments de 100 000 m<sup>3</sup> est envisageable et pourrait se situer au niveau des zones d'accumulation principale, telles qu'identifiées dans le chapitre 2. A l'amont du bassin, l'anse du Chêne Vert et la plaine de Mordreuc, apparaissent comme des zones de fortes concentrations de sédiments.

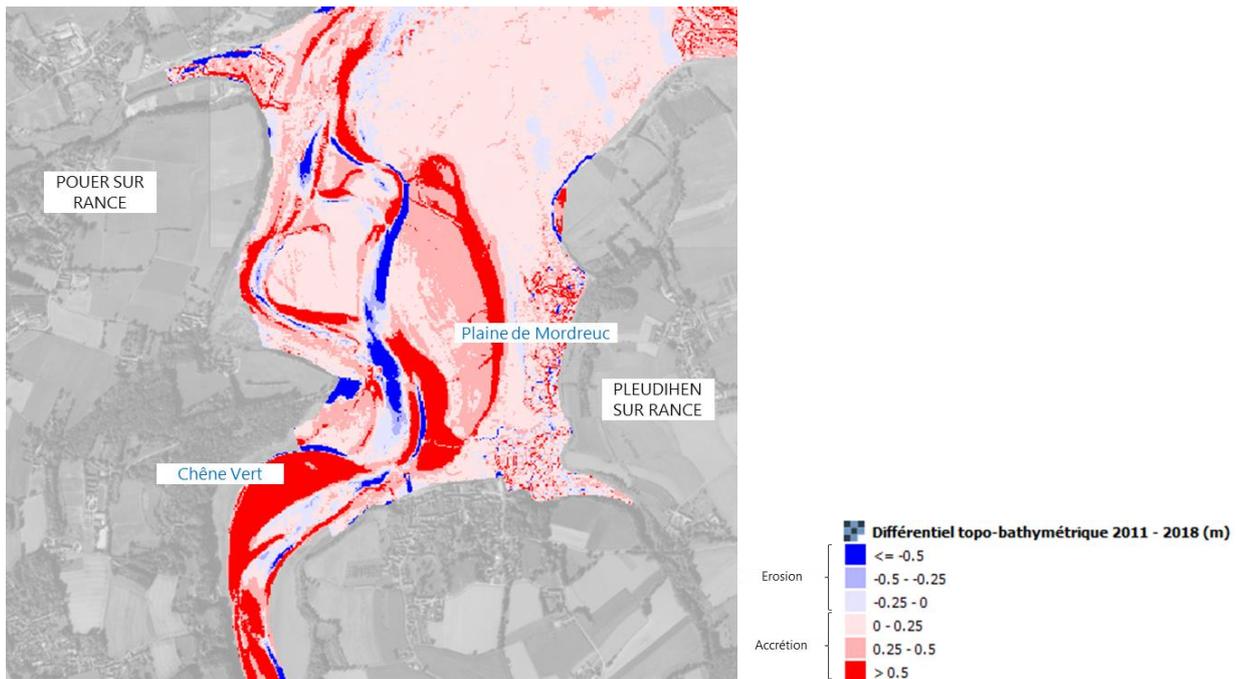


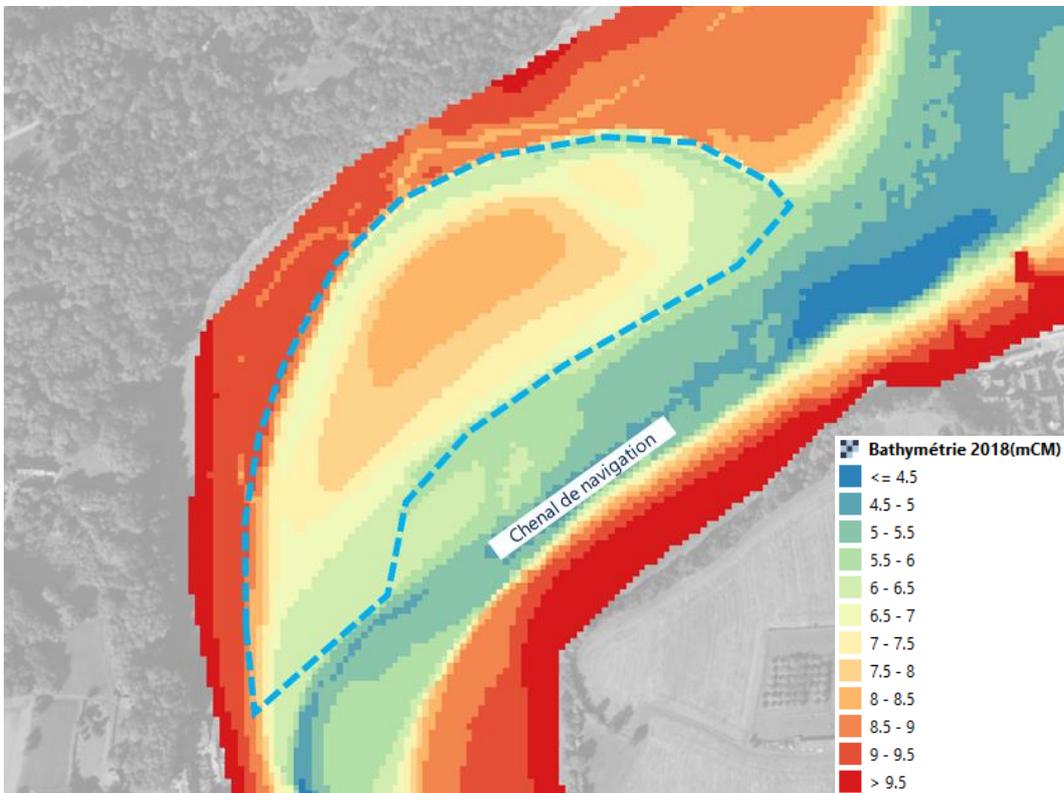
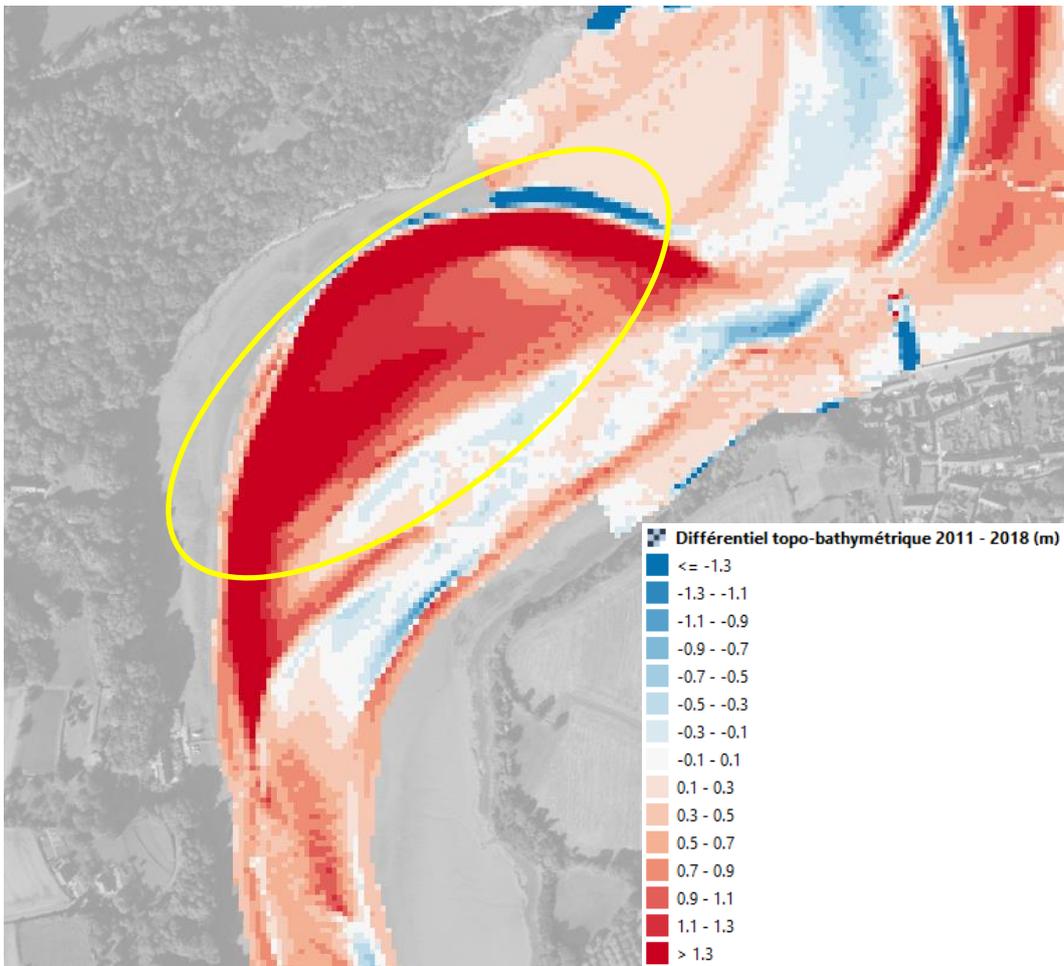
FIGURE 65 - LOCALISATIONS POSSIBLES D'UN DEUXIEME PIEGE A SEDIMENTS

#### 8.3.1 - Chêne Vert

Le site est favorable aux dépôts sédimentaires avec 100 000 m<sup>3</sup> accumulés en 7 ans. Des hauteurs importantes de sédimentation ont été observées, jusqu'à 3 m en 7 ans.

Le dragage du Chêne Vert permettrait de limiter la sédimentation en amont. Néanmoins, l'impact sédimentaire est à vérifier à l'aide d'un modèle afin de déterminer si une interaction existe avec le piège existant du Lyvet et si le dragage de ce secteur occasionne un impact sur le chenal de navigation, le bassin amont ou encore la plaine de Mordreuc.

Le modèle hydro-sédimentaire en cours d'élaboration permettra d'analyser ces impacts.



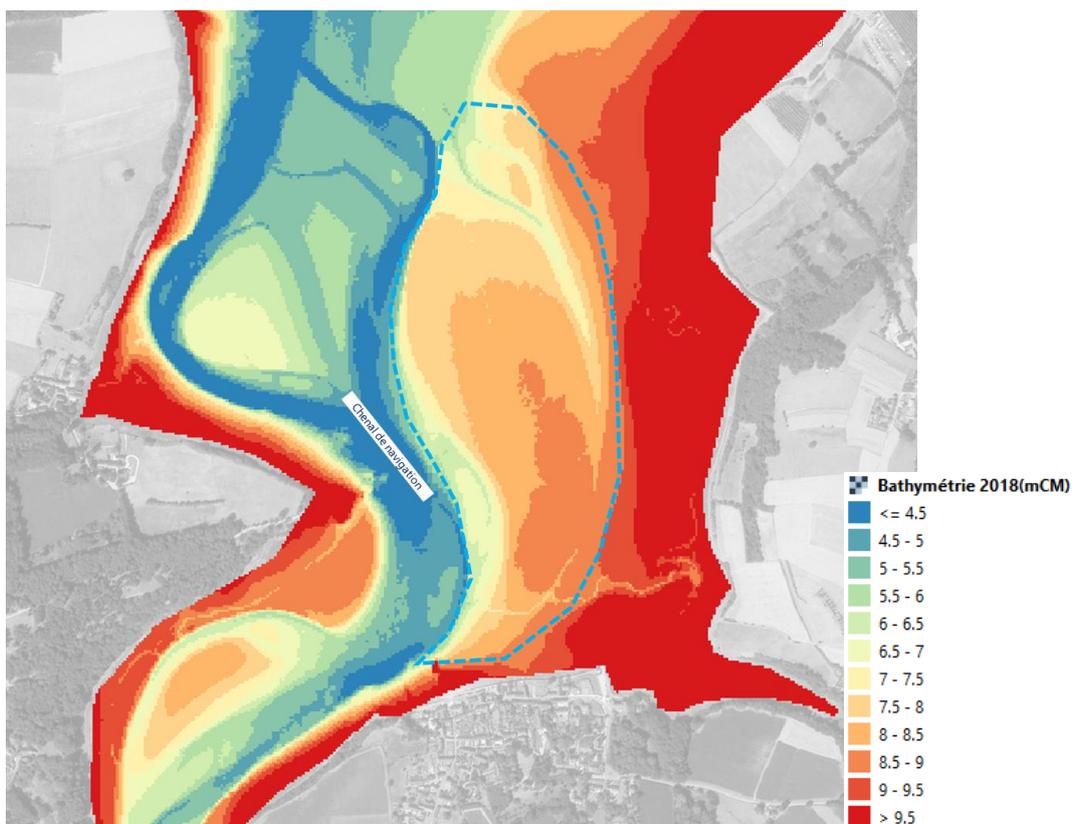
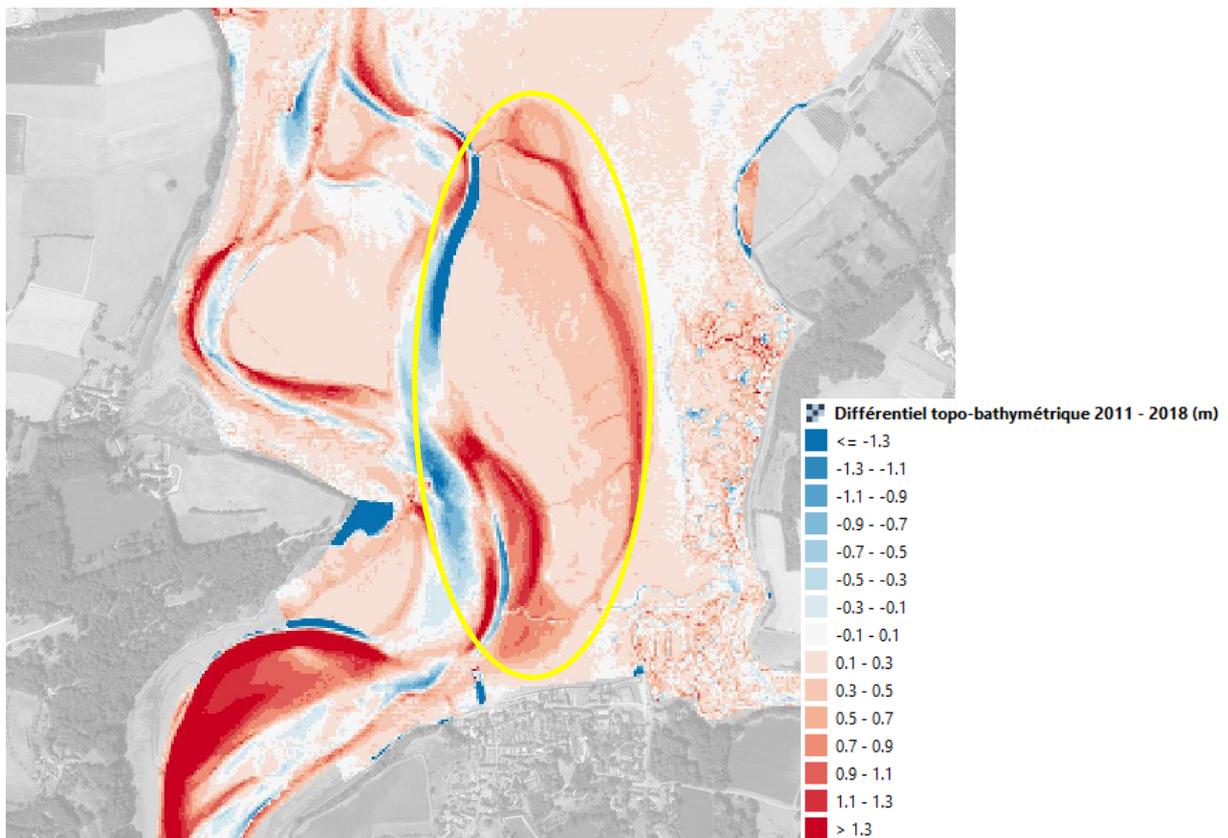
**FIGURE 66 - SEDIMENTATION SUR LE SITE DU CHENE VERT, LOCALISATION DES DEPOTS PRINCIPAUX (DIFFERENTIEL 2011 – 2018 EN HAUT, BATHYMETRIE 2018 EN BAS)**

### 8.3.2 - Plaine de Mordreuc

Le site de la plaine de Mordreuc est favorable aux dépôts sédimentaires avec 160 000 m<sup>3</sup> accumulés en 7 ans. Des hauteurs importantes ont été observées, jusqu'à 1,80m d'accumulation en 7 ans.

Un piège de 100 000 m<sup>3</sup> pourrait être également envisagé sur ce secteur.

Par rapport au Chêne Vert, le piège serait plus étendu mais concernerait moins d'épaisseurs de sédiments. Plus éloigné du Lyvet, son impact sur l'amont pourrait être moindre. Néanmoins, l'impact de l'entretien du piège est à vérifier à l'aide d'une modélisation, en termes d'interaction avec le Lyvet et de sédimentation sur le chenal de navigation et le bassin amont.



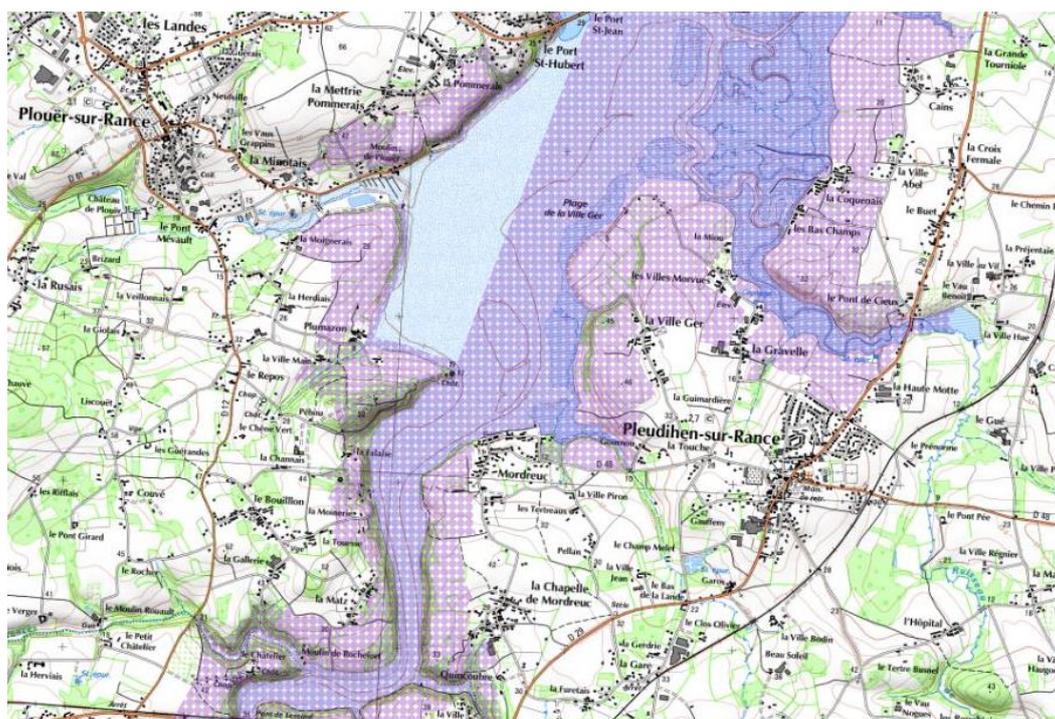
**FIGURE 67 - SEDIMENTATION SUR LE SITE DE MORDREUC, LOCALISATION DES DEPOTS PRINCIPAUX (DIFFERENTIEL 2011 – 2018 EN HAUT, BATHYMETRIE 2018 EN BAS)**

### 8.3.3 - Aménagement d'un site de transit

A l'image du site ICPE de la Hisse à proximité du Lyvet, un site de transit avec des lagunes de décantation devra être aménagé à proximité du nouveau piège à sédiments.

Dans un premier temps site de transit soumis à la Loi sur l'Eau, il pourrait être pérennisé en site de transit ICPE selon la nature des opérations qui le concerneraient (traitement ou non).

Afin de traiter de manière raisonnable 100 000 m<sup>3</sup> de sédiments, le site devra présenter une surface de 8 à 10 ha.



**FIGURE 68 : LOCALISATION DES SITES CLASSES (ZONES HACHUREES, SOURCE : GEOBRETAGNE) A PROXIMITE DU CHENE VERT ET DE LA PLAINE DE MORDREUC**

Les principales contraintes liées à l'aménagement du site de transit sont d'ordre réglementaire (difficultés en cas de site classé), de foncier et de topographie (topographie plane à proximité du bassin de la Rance à identifier). En première approche, il apparaît que la topographie en rive droite de la Rance (commune de Pleudihen-sur-Rance) au droit des sites visés (Chêne vert / Mordreuc), apparaît plus adaptée pour la création d'un site à travers des pentes moins raides au niveau de la berge (facilité d'accès pour les canalisations de refoulement), mais aussi et surtout au niveau du parcellaire agricole, plus ouvert et moins pentu (secteur de la Ville Gers par exemple). Cette piste sera donc à explorer plus en détail dans les mois à venir pour amorcer la création d'un site secondaire de transit.

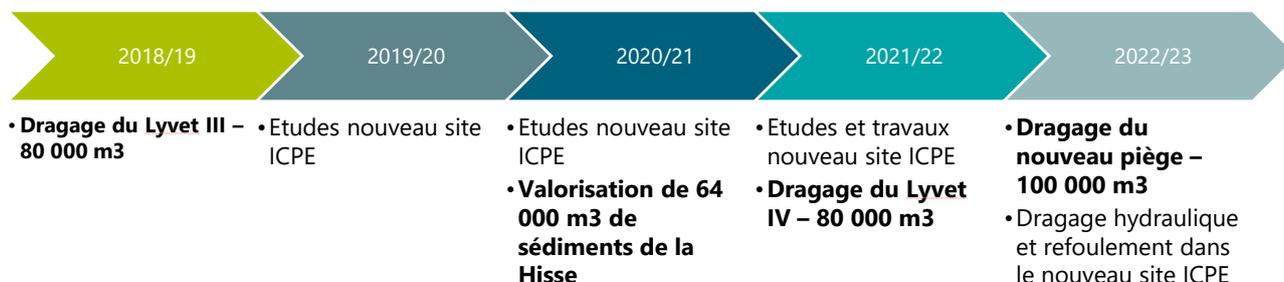
### 8.3.4 - Planning

Les études d'aménagement du site ICPE sont à débiter dès que possible (année 2) et se poursuivront jusqu'en 2021 (année 3 et début année 4), poursuivies par les travaux d'aménagement pour disposer d'un site opérationnel à l'hiver 2022/2023.

L'évacuation du site de la Hisse est à prévoir pour l'année 3, avec valorisation des sédiments en filière agricole. L'année 4 pourra ainsi voir l'opération de dragage Lyvet IV, à hauteur de 80 000 m<sup>3</sup> refoulés dans les lagunes de la Hisse.

Une fois aménagé, le site de transit pourra accueillir lors de l'année 5 les sédiments dragués dans le deuxième piège à sédiments.

Les sédiments présents dans le site de la Hisse devront être évacués avant le printemps 2025 et ceux présents dans le nouveau site de transit avant le printemps 2026.



### 8.3.5 - Evaluation des coûts

Les coûts suivants sont considérés :

- Etudes et travaux du nouveau site ICPE : 1,2 M€ HT
- Reprise et valorisation agricole des sédiments de Lyvet III : 0,64 M€ HT
- Dragage Lyvet IV : 0,9 M€ HT
- Dragage du nouveau piège à sédiments : 1,1 M€ HT
- Total travaux : 3,84 M€ HT,
- Montant de maîtrise d'œuvre de 5% du montant de travaux, soit 192 000 €HT.

Le budget total s'élève ainsi à **4,03 M€ HT ou 4,84 M€ TTC**.

Le volume total dragué au cours des cinq années s'élève à 260 000 m<sup>3</sup>, soit un prix de 15,5 €/m<sup>3</sup>

## 8.4 - Solution hybride

Suite au Comité de Suivi du 23/05/2019, un plan de gestion hybride est proposé. Il retient l'idée d'aménagement du site de transit de St Jouan des Guérets et d'un second piège à sédiments, dont l'intérêt sera à confirmer par le Conseil Scientifique.

Ce plan inclut un dragage des cales où les enjeux de navigation sont les plus forts à proximité de St Jouan des Guérets, mais permettrait également un dragage du piège du Lyvet et la création d'un second piège comme défini dans la solution alternative.

### 8.4.1 - Plan de gestion

Le plan de gestion ainsi proposé consiste en :

#### ■ Année 1 - 2018/2019

- Extraction des sédiments du piège du Lyvet via l'opération Lyvet III d'un volume de 80 000 m<sup>3</sup>
- Refoulement vers le site ICPE de La Hisse

#### ■ Année 2 - 2019/2020

- Aménagement des lagunes de St-Jouan-des-Guérets
  - Septembre à février 2020
- Dragage mécanique des cales de St Jouan-des-Guérets (à hauteur de 5 000 m<sup>3</sup>), de St Suliac (à hauteur de 1 000 m<sup>3</sup>) et du Minihic (à hauteur de 3 000 m<sup>3</sup>)<sup>48</sup> :
  - Mars et avril 2020
  - 9 000 m<sup>3</sup>
  - Transfert et dépôt des sédiments dans les lagunes de St Jouan
- Dragage des cales de Plouër
  - Janvier et février 2020
  - 2 000 m<sup>3</sup>
  - Test de valorisation agricole : dépôt immédiat sur parcelles
- Etudes pour la mise en œuvre d'un nouveau piège à sédiments : délimitation du site, sous contrôle/avis du Conseil Scientifique (démarrage des études)
- Etudes d'un nouveau site de transit ICPE (démarrage des études)

#### ■ 2020/2021

- Etudes pour la mise en œuvre d'un nouveau piège à sédiments et d'un nouveau site de transit ICPE
- Test de remise en suspension / injection sur 5 000 m<sup>3</sup>

#### ■ 2021/2022

- Extraction des sédiments du piège du Lyvet via l'opération Lyvet IV d'un volume de 80 000 m<sup>3</sup>
- Refoulement vers le site ICPE de La Hisse
- Etudes et travaux du nouveau site de transit ICPE

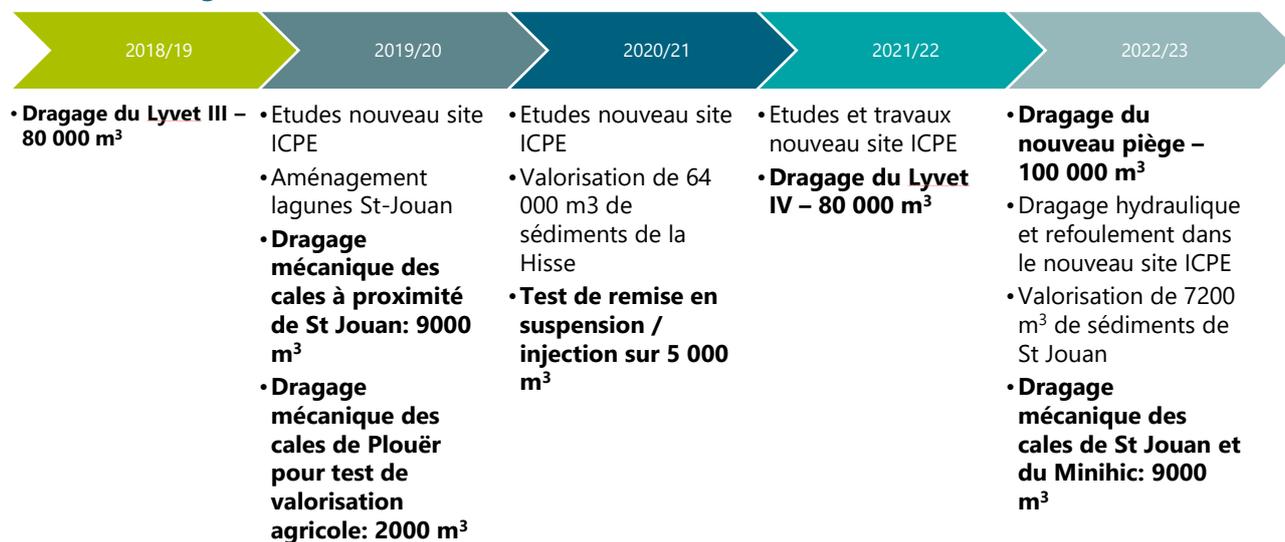
#### ■ 2022/2023

- Extraction des sédiments du nouveau piège à sédiments d'un volume de 100 000 m<sup>3</sup> (hiver 2022/2023)
- Refoulement vers le nouveau site de transit
- Reprise des matériaux de la lagune de St Jouan et valorisation agricole : 7 200 m<sup>3</sup> (été/automne 2022)

<sup>48</sup> Le choix définitif des cales ciblées ne remet pas en cause les volumes objectifs maxima associés à ces opérations.

- Dragage des cales du Minihic (à hauteur de 3 000 m<sup>3</sup>, en incluant l'accès au chantier naval), de la zone de mouillage de Port St Jean (à hauteur de 5 000 m<sup>3</sup>) et de la Richardais (à hauteur de 1 000 m<sup>3</sup>) :
  - Hiver 2022/2023
  - 9 000 m<sup>3</sup>
  - Transfert et dépôt des sédiments dans les lagunes de St Jouan

## 8.4.2 - Planning



## 8.4.3 - Chiffrage

Les montants par opération sont développés ci-dessous :

### ■ 2019/2020

- Aménagement lagunes de St Jouan des Guérets : 70 000 €HT
- Dragage mécanique de 2000 m<sup>3</sup> sur les cales de Plouër, transport et dépôt immédiat sur des parcelles agricoles : 130 000 €HT
- Dragage mécanique des cales vers lagune de St Jouan : 226 600 €HT
- Etudes et travaux nouveau site ICPE : 1 200 000 M€ HT (chiffrage pour l'ensemble de la prestation, sur 2 années)

### ■ 2020/2021

- Valorisation des sédiments de La Hisse : 640 000 €HT
- Test de remise en suspension / injection d'eau pour 5 000 m<sup>3</sup> : 140 000 €HT

### ■ 2021/2022

- Dragage Lyvet IV : 900 000 M€ HT

### ■ 2022/2023

- Dragage piège à sédiments : 1 100 000 M€ HT
- Valorisation des sédiments de St Jouan : 72 000 €HT
- Dragage mécanique des cales vers lagune de St Jouan : 226 600 €HT

### ■ Total travaux : 4,71 M€HT

- Budget Maîtrise d'œuvre (5% du montant de travaux) : 235 260 € HT

Le budget total s'élève ainsi à **4,94 M€ HT ou 5,93 M€ TTC**.

Le volume total dragué au cours des cinq années s'élève à 285 000 m<sup>3</sup>, soit un prix de 17,3 €/m<sup>3</sup>, ce qui relativement au coût moyen des opérations de gestion de sédiment à terre constitue un coût assez bas (généralement 20 à 50 €/HT/m<sup>3</sup>).

## 9 - CONCLUSION

La présente mission a permis d'élaborer trois types de plan de gestion. Le premier répond à un besoin fonctionnel en ciblant les cales de mise à l'eau, et en intégrant des opérations expérimentales : dépôt sur parcelles agricoles sans phase de lessivage, remise en suspension ou injection d'eau, expérimentations agronomiques... Le deuxième propose de considérer une unique opération « nouvelle », à savoir l'aménagement et le dragage d'un second piège à sédiments et du site de transit associé.

Enfin, suite au comité de suivi du 23/05, il a été convenu d'élaborer une solution intermédiaire, pour laquelle le second piège à sédiments serait conservé, tout en profitant de l'existence des lagunes de St Jouan aménagées en site de transit, et en intégrant des opérations expérimentales.

Il apparaît clairement que le scénario intermédiaire peut être amendé par d'autres opérations expérimentales (dragage mécanique avec dépôt immédiat sur parcelles, injection d'eau...).

Le plan expérimental doit amener à un plan pérenne, co-construit par le Conseil Scientifique et les usagers du bassin. Le plan pérenne pourra s'appuyer des expériences menées au cours de ces cinq premières années et identifier les opérations les plus efficaces, tant en termes de dragage que de valorisation.

Concernant les filières, le plan de gestion fait logiquement la part belle à la valorisation agronomique, à ce jour la filière à privilégier pour des raisons de disponibilité immédiate, de facilité de mise en œuvre et de rapport coût / bénéfice indiscutable. Pour autant, il n'est pas exclu que d'autres solutions puissent voir le jour parmi le panel des filières détaillées.

Quelle que soit la filière, il est mis en avant qu'un **site de transit** constitue un outil de gestion indispensable dès lors que l'on cherche à gérer des volumes conséquents à terre. Il est aussi un outil adaptable pour dynamiser les autres filières de valorisation en envisageant à terme qu'il puisse accueillir des process de traitement.

Etant donné les volumes objectifs à l'année, la **question de l'acquisition d'un outil de dragage en régie par l'EPTB peut se poser**, à l'instar des territoires où la fréquence des dragages n'a jamais décliné (ex. Charente Maritime dotée de son propre matériel, ou d'autres SPL portuaires). Etant donné l'entretien nécessaire du piège du Lyvet et potentiellement d'un nouveau piège, cet outil pourrait être une drague aspiratrice stationnaire.

*A titre d'information, une drague aspiratrice stationnaire neuve de gabarit moyen (~12") représente un investissement de 1 à 2 millions d'euros, hors maintenance. L'acquisition d'une DAS implique également l'achat de canalisations de refoulement et la disponibilité d'une équipe de dragage en régie (pilote, mécanicien...).*

Pour les dragages en zone de mouillage, ou pour des sédiments destinés à des sites de transit pour matériaux peu dilués (comme les lagunes de St Jouan), un outil mécanique (pelle sur ponton, pelle amphibie) reste à privilégier. L'amenée/replis est cependant moins onéreuse que pour une drague et l'opération concerne des volumes moindres : l'externalisation des prestations reste de ce point de vue pertinente.



# ANNEXES

## ANNEXE 1 – Visuel de la 1<sup>ère</sup> proposition du plan de gestion

L'annexe 1 est basée sur la première proposition de plan de gestion présentée au comité de suivi du 23/05/2019. Le tableau suivant est un document de travail non amendée avec les demandes du comité de suivi.

Année 2 2020												Année 3 2021												Année 4 2022												Année 5 2023											
A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D															
												Dragage LYVET 80 000 m <sup>3</sup>																								Dragage plain de Mordrec 7 000 m <sup>3</sup>											
																								Dragage cales Mordrec, port de Mordrec, port de Hubert 2 000 m <sup>3</sup>												Dragage cales de la baie de Mordrec 9 000 m <sup>3</sup>											
																								Dragage cales tronçons de la ville de Honneur de Ville Honneur 8 000 m <sup>3</sup>												Dragage cales Mordrec, plain de Mordrec, plain de la Rance 12 000 m <sup>3</sup>											
																								Dragage cales Mordrec, plain de Mordrec, plain de la Rance 12 000 m <sup>3</sup>												Dragage cales Mordrec, plain de Mordrec, plain de la Rance 12 000 m <sup>3</sup>											

Année 0 2018												Année 1 2019																																			
J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D												
DRAGAGE																																															
												Piège à sédiments du Lyvet																								Dragage LYVET - 80 000 m <sup>3</sup>											
Extraction sur plain de Mordrec																																															
Extraction sur cales																																															

SITES DE TRANSIT																																																																																																											
LA HUSSE												Remplissage à 100%												Resuyage de 80 000 m <sup>3</sup>												Evacuation partielle lagune												Evacuation totale lagunes												Remplissage à 100%												Resuyage de 80 000 m <sup>3</sup> - reprise avant janvier 2025																																			
LAGUNE PLOUËR												Evacuation lagune												Remplissage à 100%												Resuyage 9 000 m <sup>3</sup>												Evacuation lagune												Remplissage à hauteur de 7 000 m <sup>3</sup>												Resuyage de 7 000 m <sup>3</sup>												Remplissage à 100%												Resuyage de 9 000 m <sup>3</sup> - reprise avant mars 2025/nov 2025											
LAGUNES ST JOMAN DES SMOINTS												Aménagement lagunes : études, consultation, travaux												Remplissage à 100%												Resuyage 9 000 m <sup>3</sup>												Evacuation lagune												Remplissage à 100%												Resuyage de 9 000 m <sup>3</sup> - reprise avant janvier 2025																																			
Site de transit communautaire (32 000 m <sup>3</sup> - 32 000 m <sup>3</sup> )												Aménagement lagunes : études, consultation, travaux, instruction (Décl. Ut. de dragage site classé)												Remplissage à 100%												Evacuation lagune												Remplissage à 100%												Resuyage de 32 000 m <sup>3</sup> - reprise avant mars 2025																																															
VALORISATION (volume -20% après passage en lagune)																																																																																																											
Agricole												4 200 m <sup>3</sup>												2 000 m <sup>3</sup>												10 000 m <sup>3</sup>												10 000 m <sup>3</sup>												13 000 m <sup>3</sup>												15 200 m <sup>3</sup>												3 600 m <sup>3</sup>												5 000 m <sup>3</sup>											
Agricole avec CA												3 000 m <sup>3</sup>												10 000 m <sup>3</sup>												10 000 m <sup>3</sup>												13 000 m <sup>3</sup>												13 000 m <sup>3</sup>												3 000 m <sup>3</sup>												5 000 m <sup>3</sup>																							
autres / autres valorisations (merlens am3 brut)																																																																																																											

Version de travail non validée par le comité de suivi

Test valorisation / Résolins sédiments

**ANNEXE 2 – Fiches filières**

## VALORISATION AGRICOLE



### PRINCIPE :

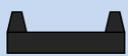
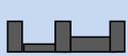
- Epannage de sédiments sur des terrains agricoles
- Mises en œuvre avec des épaisseurs de sédiment variables selon la qualité des matériaux et les objectifs visés

### DESCRIPTIF TECHNIQUE

Les opérations d'épandage et de régalage des sédiments sur **parcelles agricoles** (pâtures, cultures...) constituent une filière d'intérêt pour les sédiments. Des opérations sur parcelles forestières peuvent aussi être envisagées.

Ces opérations peuvent être mises en œuvre avec des épaisseurs de sédiment variables, fonction des flux instantanés et décennaux de polluant autorisés.

### CONDITIONS DE MISE EN ŒUVRE

ELEMENTS TECHNIQUES	QUALITE DES SEDIMENTS	DEMARCHES PREALABLES
	<b>INERTES</b>	→ Identification du parcellaire
 + 	<b>NON INERTE</b> + <b>NON DANGEREUX</b>	→ Conformité à un plan d'épandage
 + 	<b>NACL</b> + <b>LESSIVAGE</b>	→ Convention avec les propriétaires de terrains

Légende :  Extraction mécanique possible  Extraction hydraulique possible  Bassin de ressuyage  Lagunage

### AVANTAGES ET INCONVENIENTS

EPANDAGE			
Intérêt recherché	Avantages	Inconvénients	Exemple
<b>Amélioration agronomique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valeur fertilisante réduite</li> <li>Valeur d'amendement potentiellement intéressante</li> <li>Amélioration physique (structurante) des sédiments sur les sols</li> <li>Pas de gel de terrain</li> <li>Coût de mise en œuvre réduit</li> <li>Volume de gestion importants et durables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Apport de <b>3 à 5 cm</b> maximum selon la qualité chimique des sédiments</li> <li>Surface de terrain nécessaire importante</li> <li>Absence de réglementation dédiée : par défaut, Arrêté du 8 janvier 1998</li> </ul>	

SUPPORT DE CULTURE OU RECONSTITUTION DE SOL FORESTIER			
Intérêt recherché	Avantages	Inconvénients	Exemple
<b>Restauration d'un horizon cultivable</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les mêmes que l'épandage (sauf le gel de terrain)</li> <li>Surface de terrain nécessaire plus réduite</li> <li>Apport d'un complément de sol et bénéfiques associés (augmentation de la réserve utile en eau, de la CEC, de la teneur en matière organique...)</li> <li>Surface forestière éligible potentiellement très grande (forêt exploitée)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Apport de <b>15 à 30 cm</b> maximum selon la qualité chimique des sédiments</li> <li>Absence de réglementation dédiée : par défaut, Arrêté du 8 janvier 1998</li> <li>Gel potentiel des terrains</li> <li>Moins de surface agricole éligible</li> </ul>	

**REGLEMENTATION**

- Pas de cadre réglementaire spécifiquement dédié à cette filière ;
  - Les sédiments étant considérés comme des sols, la limite de 30 T MS / ha / 10 ans peut être levée
  - Prise en compte de l'arrêté du 8 janvier 1998 **pour les flux d'éléments traces + distances du parcellaire aux zones conchylicoles (500 m).**
- ⇒ **Evolution réglementaire pour cette filière attendue**

**ESTIMATION FINANCIERE**

**5-10 € / m3 \***  
(3 à 5 km de transport)

\*Hors extraction et traitement

**CARACTERISATIONS PREALABLES NECESSAIRES OU COMPLEMENTAIRES**

- Analyses physico-chimiques des sédiments **selon référentiel Loi Eau (N1/N2 : ETM/HAP/PCB/TBT...)** pour l'extraction ;
- **Caractérisations agronomiques** complémentaires : Calcium, Magnésium, Potassium, N ntk, Ptot, MS, COT, CEC...
- Analyses chimiques **sur les parcelles visées ou la PRA** (Petite Région Agricole) **concernée : ETM, contaminants organiques.**
- Etudes spécifique à prévoir sur le plan d'épandage pour identifier la sensibilité du parcellaire visé (**distance aux zones conchylicoles, pentes...**)

**RETRANSPOSITION A L'ESTUAIRE MARITIME DE LA RANCE**

ENJEUX OU CONTRAINTES	MISE EN ŒUVRE DE LA FILIERE DE GESTION
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence de zones conchylicoles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limite de distance à respecter avec l'estuaire</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terres agricoles de la zone en bon état</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Besoins en reconstitution de sols réduits et approche régionales de la reconstitution non actée par les Services de l'Etat</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peu d'exploitation forestière</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Besoin en reconstitution de sols forestiers réduits</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas de maîtrise des terrains agricoles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombreuses conventions à réaliser avec les agriculteurs, mais <b>disponibilité foncière conséquente et attendue</b></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan d'épandage à établir</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecture de l'Arrêté du 8 janvier 1998 concertée avec les services de l'Etat :</li> </ul> <div data-bbox="884 1442 1374 1693" data-label="Diagram"> <p>Enrichissement en ETM du sol flux = (teneur vase - teneur sol) x masse de vase</p> </div>

**REFERENCES**

- **COEUR Emeraude** : Lyvet 2015 (~35 000 m3), 2017, 2018
- **EDF** : Chenal navigable Rance 2018 (7 200 m3),
- **Douarnenez** : Lagune de Keratry (10 000 m3, 2019/2020)
- **CD 17** : Saint-Savinien (600 000 m3, 2019-2025)
- **CD 85** : Tiffauges (8 500 m3, 2012)
- **Compagnie des Landes** : Pontenx (20 000 m3, 2020)



## REALISATION DE MERLONS PAYSAGERS/ ANTI-BRUIITS



### PRINCIPE :

- Substitution à un remblais pour constituer des merlons phoniques ou paysagers.
- Prise en charge potentiellement de plusieurs centaines à milliers de m<sup>3</sup> de matériaux selon projet.



**idra**  
ENVIRONNEMENT

La Haye de Pan - 35170 BRUZ  
T. +33(0)2 99 05 50 05  
F. +33(0)2 99 05 40 90  
info@idra-environnement.com

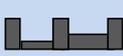


### DESCRIPTIF TECHNIQUE

Les projets d'aménagements sont fréquemment accompagnés de mesures de paysagement ou de réduction des impacts sonores.

Ces opérations peuvent être mises en œuvre avec des volumes de sédiment très variables suivants l'opportunité et le dimensionnement du projet.

### CONDITIONS DE MISE EN ŒUVRE

ELEMENTS TECHNIQUES	QUALITE DES SEDIMENTS	DEMARCHES PREALABLES
	INERTES	→ Identification du besoin (opportunité du territoire)
 + 	NON INERTE + NON DANGEREUX	→ Convention avec les propriétaires fonciers / aménageurs
 + 	NACL + LESSIVAGE	

Légende :  Extraction mécanique possible  Extraction hydraulique possible  Bassin de ressuyage  Lagunage

### AVANTAGES ET INCONVENIENTS

#### MERLON ANTI-BRUIT

Intérêt recherché	Avantages	Inconvénients	Exemple
<b>Limitation des nuisances acoustiques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Substitution d'un remblai ;</li> <li>Bilan carbone amélioré sur filière de proximité (15 à 30 km),</li> <li>Volumes concernés potentiellement conséquents,</li> <li>Filière de valorisation (pas de statut ICPE : fin de vie du déchet),</li> <li>Réponse à un besoin (plan d'exposition au bruit).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Préparation des matériaux nécessaire (ressuyage, éventuellement restructuration pour améliorer la tenue),</li> <li>Identification des opportunités peu aisée,</li> <li>Chlorures à maîtriser.</li> </ul>	

#### MERLON / ECO-MODELER PAYSAGER

Intérêt recherché	Avantages	Inconvénients	Exemple
<b>Aménagement paysager, dans le cadre de mesure de limitation d'impact</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Substitution d'un remblai,</li> <li>Bilan carbone amélioré sur filière de proximité (15 à 30 km),</li> <li>Volumes concernés potentiellement conséquents,</li> <li>Filière de valorisation (pas de statut ICPE : fin de vie du déchet).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Préparation des matériaux nécessaire (ressuyage, éventuellement restructuration pour améliorer la tenue),</li> <li>Identification des opportunités peu aisée,</li> <li>Chlorures à maîtriser.</li> </ul>	

**REGLEMENTATION**

- Pas de cadre réglementaire stricte, mais guide de recommandation SETRA / SEDIMATERIAUX (Valorisation de sédiments de dragage en aménagement paysager – Guide méthodologique sept. 2014),
- Guide CEREMA-SETRA 2011 – Acceptabilité environnement de matériaux alternatifs en technique routière.
- Uniquement des sédiments caractérisés comme **non dangereux**.

**ESTIMATION FINANCIERE**

**Coûts de mise en œuvre seul = terrassement \***  
~2 à 4 €/m<sup>3</sup>

\*Hors extraction, préparation et transport

**CARACTERISATIONS PREALABLES NECESSAIRES OU COMPLEMENTAIRES**

- Analyses physico-chimiques des sédiments **selon référentiel Loi Eau (N1/N2 : ETM/HAP/PCB/TBT...)** pour l'extraction,
- **Caractérisations géo-mécanique** complémentaires : **portance, essais de cisaillement (tenue) selon NF P 94-071-1 & XP CEN ISO/ TS 17892-10,**
- Etude spécifique de **stabilité de l'ouvrage,**
- Etude spécifique environnementale sur devenir des polluants, dont Chlorures (**essais de perméabilité NF X30-441, essai de percolation NF X31-210**).

**RETRANSPOSITION A L'ESTUAIRE MARITIME DE LA RANCE**

ENJEUX OU CONTRAINTES	MISE EN ŒUVRE DE LA FILIERE DE GESTION
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projets peu nombreux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identification de projet avec mesures de paysagement et/ou acoustiques déjà prévues,</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enjeux paysagers importants autour du bassin maritime de la Rance (sites classés...)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projet concerté le plus en amont possible pour faire valoir cette filière,</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Favorisation du réemploi</b> : implication des MOA avec mesures incitatives dans les cahiers des charges sur les projets d'aménagements.</li> </ul>

**REFERENCES**

- **La Trinité-Surzur** / GTM Ouest : merlon anti-bruit le long de la RN165 (~**30 000 m<sup>3</sup>**, 2016)
- **GPM de Dunkerque** : Merlon paysagé (30 à 50 000 m<sup>3</sup>, 2011-2019)

## GENIE CIVIL / TERRE-PLEIN ZAC / AMENAGEMENT : CREATION D'ASSISE / REHAUSSE TERRAIN



### PRINCIPE :

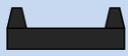
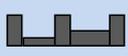
- Substitution à un remblais pour constituer une assise ou une réhausse d'un terrain.
- Prise en charge potentiellement de plusieurs centaines à milliers de m<sup>3</sup> de matériaux selon projet.

### DESCRIPTIF TECHNIQUE

Divers projets d'aménagements de plateforme sont conditionnés par la nécessité d'apports de matériaux extérieurs pour rehausser le niveau du terrain (ex : prévention risques d'inondation, Nivellement d'un terrain en vue de l'installation d'activités).

Ces opérations peuvent être mises en œuvre avec des volumes de sédiment très variables suivants l'opportunité et le dimensionnement du projet.

### CONDITIONS DE MISE EN ŒUVRE

ELEMENTS TECHNIQUES	QUALITE DES SEDIMENTS	DEMARCHES PREALABLES
	INERTES	→ Identification du besoin (opportunité de projets d'aménagement sur territoire), → Convention avec les propriétaires fonciers / aménageurs, → Conformité avec code de l'urbanisme
 + 	NON INERTE + NON DANGEREUX	
 + 	NACL + LESSIVAGE	

Légende :  Extraction mécanique possible  Extraction hydraulique possible  Bassin de ressuyage  Lagunage

### AVANTAGES ET INCONVENIENTS

#### MERLON ANTI-BRUIT

Intérêt recherché	Avantages	Inconvénients	Exemple
<b>Réhausse de terrain dans le cadre d'aménagement d'une plateforme</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Substitution d'un remblai ;</li> <li>• Bilan carbone amélioré sur filière de proximité (15 à 30 km),</li> <li>• Volumes concernés potentiellement conséquents,</li> <li>• Filière de valorisation (pas de statut ICPE : fin de vie du déchet),</li> <li>• Réponse à un besoin (nivellement d'un terrain)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Préparation des matériaux nécessaire (ressuyage, éventuellement restructuration pour améliorer la tenue),</li> <li>• Nécessité traitement préalable pour amélioration géo-mécanique des matériaux (liants,...)</li> <li>• Identification des opportunités peu aisée,</li> <li>• Chlorures à maîtriser.</li> </ul>	 <p>Réhausse terrain pour implantation serres maraichères (Kerpalud - Paimpol 22)</p>

**REGLEMENTATION**

- Pas de cadre réglementaire stricte, mais guide de recommandation SETRA / SEDIMATERIAUX (Valorisation de sédiments de dragage en aménagement paysager – Guide méthodologique sept. 2014),
- Uniquement des sédiments caractérisés comme **non dangereux**,
- **Compatibilité avec documents d'urbanismes (PLU,...)**.

**ESTIMATION FINANCIERE**

**Coûts de mise en œuvre seul = terrassement \***  
~2 à 4 €/m<sup>3</sup>

\*Hors extraction, préparation et transport

**CARACTERISATIONS PREALABLES NECESSAIRES OU COMPLEMENTAIRES**

- Analyses physico-chimiques des sédiments **selon référentiel Loi Eau (N1/N2 : ETM/HAP/PCB/TBT...)** pour l'extraction,
- **Caractérisations géo-mécaniques** complémentaires : portance, essais de cisaillement (tenue) selon NF P 94-071-1 & XP CEN ISO/ TS 17892-10,
- Etude spécifique environnementale sur devenir des polluants, dont Chlorures (essais de perméabilité NF X30-441, essai de percolation NF X31-210),

**RETRANSPOSITION A L'ESTUAIRE MARITIME DE LA RANCE**

ENJEUX OU CONTRAINTES	MISE EN ŒUVRE DE LA FILIERE DE GESTION
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projets peu nombreux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identification de projet avec des besoins en matériaux d'apports extérieurs</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enjeux paysagers importants autour du bassin maritime de la Rance (sites classés...)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projet concerté le plus en amont possible pour faire valoir cette filière,</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compatibilité avec le code de l'urbanisme (PLU), limitation réhausse de 2 m d'épaisseur,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Favorisation du réemploi</b> : implication des MOA avec mesures incitatives dans les cahiers des charges sur les projets d'aménagements.</li> </ul>

**REFERENCES**

- **Paimpol** / CCI des Côtes d'Armor : site de valorisation Kernalud (~20 000 m<sup>3</sup>, 2016)

## GENIE CIVIL & PORTUAIRE AMENAGEMENT TERRE-PLEIN PORTUAIRE



### PRINCIPE :

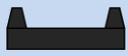
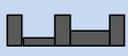
- Substitution à un remblais pour constituer un terre-plein, par exemple à vocation portuaire.
- Prise en charge potentiellement de plusieurs centaines à milliers de m<sup>3</sup> de matériaux selon projet.

### DESCRIPTIF TECHNIQUE

Cette solution consiste à valoriser les matériaux de dragage dans le cadre de projets d'extension de terre-plein portuaire (quais ou autres ouvrages portuaires) par aménagement et comblement d'une enclôture par les produits de dragage.

Ces opérations peuvent être mises en œuvre avec des volumes de sédiment très variables suivants l'opportunité et le dimensionnement du projet.

### CONDITIONS DE MISE EN ŒUVRE

ELEMENTS TECHNIQUES	QUALITE DES SEDIMENTS	DEMARCHES PREALABLES
	<b>INERTES</b>	→ Identification du besoin (opportunité de projets d'aménagement sur territoire),
 + 	<b>NON INERTE</b> + <b>NON DANGEREUX</b>	→ Réflexion globale sur les perspectives d'aménagement
 + 	<b>NACL</b> + <b>LESSIVAGE</b>	→ S'assurer de la stabilité des matériaux à valoriser avec déshydratation et amélioration propriétés mécaniques

Légende :  Extraction mécanique possible  Extraction hydraulique possible  Bassin de ressuyage  Lagunage

### AVANTAGES ET INCONVENIENTS

#### CREATION TERRE-PLEIN PORTUAIRE

Intérêt recherché	Avantages	Inconvénients	Exemple
<b>Création Terre-plein portuaire</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Substitution d'un remblai ;</li> <li>• Volumes concernés potentiellement conséquents,</li> <li>• Filière de valorisation (pas de statut ICPE : fin de vie du déchet),</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Préparation des matériaux nécessaire (ressuyage, éventuellement reconstruction pour améliorer la tenue),</li> <li>• Peut nécessiter traitement préalable pour amélioration géo-mécanique des matériaux (liants,...)</li> </ul>	 <p>Création terre-plein portuaire (Port de la Turballe 44)</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réponse à un besoin d'aménagement (infrastructure portuaire),</li> <li>• Possibilité de valoriser matériaux contaminés après validation compatibilité d'un point de vue sanitaire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identification des opportunités peu aisée,</li> <li>• Chlorures à maîtriser.</li> </ul>	 <p>Terre-plein portuaire au Bassin Bouvet (Port de Saint-Malo 35)</p>

**REGLEMENTATION**

- Soumis à la réglementation du code de l'Environnement (Loi sur l'Eau : travaux d'aménagement portuaires),
- Uniquement des sédiments caractérisés comme **non dangereux**,

**ESTIMATION FINANCIERE**

**Coûts de mise en œuvre seul \* =  
~20 à 50 €/m<sup>3</sup>**

\*Hors extraction, préparation et transport

**CARACTERISATIONS PREALABLES NECESSAIRES OU COMPLEMENTAIRES**

- Analyses physico-chimiques des sédiments **selon référentiel Loi Eau (N1/N2 : ETM/HAP/PCB/TBT...)** pour l'extraction,
- **Caractérisations géo-mécaniques** complémentaires : **portance, essais de cisaillement (tenue)** selon NF P 94-071-1 & XP CEN ISO/ TS 17892-10,
- Etude spécifique environnementale sur devenir des polluants, dont Chlorures (**essais de perméabilité NF X30-441, essai de percolation NF X31-210**),
- Etude spécifique de **stabilité de l'ouvrage** (calculs de stabilité des quais / de la zone d'accueil, moyens, méthode d'imperméabilisation éventuel, gestion des eaux, méthodes de prétraitement), essai de plaques.

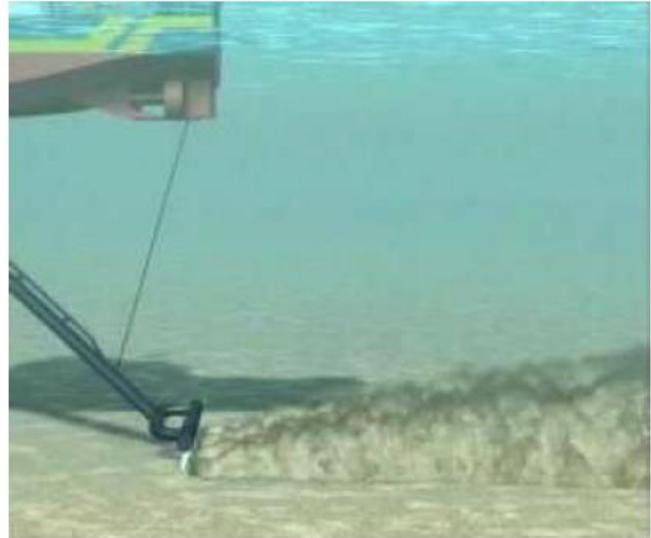
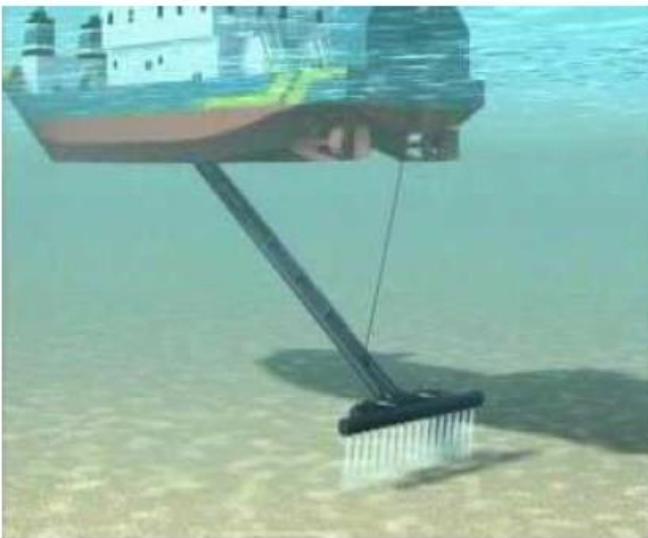
**RETRANSPOSITION A L'ESTUAIRE MARITIME DE LA RANCE**

ENJEUX OU CONTRAINTES	MISE EN ŒUVRE DE LA FILIERE DE GESTION
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projets peu nombreux (exclusivement opportunité et concomitance difficile des projets)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suivant les besoins techniques exprimés et projets portuaires,</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Opération par définition « one shot »</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projet concerté le plus en amont possible pour faire valoir cette filière,</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Favorisation du réemploi</b> : implication des MOA avec mesures incitatives dans les cahiers des charges sur les projets d'aménagements.</li> </ul>

**REFERENCES**

- **Port de Saint-Malo** – Bassin de Bouvet/ Région Bretagne : (~22 000 m<sup>3</sup>, 2016-2017)
- **Port Haliguen** – Quiberon / Compagnie des Ports du Morbihan (~50 000 m<sup>3</sup>, 2018 – 2019)
- **Port de La Turballe** (44) – SAEML Loire Atlantique Pêche et Plaisance (~8 000 m<sup>3</sup>, 2015)
- Port de Douarnenez (29) – Pouldavid – Ville de Douarnenez (2018-2019)

## REDISTRIBUTION DANS LE MILIEU PAR INJECTION D'EAU



### PRINCIPE :

- Redistribution dans le milieu des sédiments par une injection d'eau à basse pression (« JetSed »),
- Utilisation préventive de ce dispositif pour entretenir des conditions hydrauliques locales (technique considérée comme complémentaire ou de substitution des pratiques dites conventionnelles).



**idra**  
ENVIRONNEMENT

La Haye de Pan - 35170 BRUZ  
T. +33(0)2 99 05 50 05  
F. +33(0)2 99 05 40 90  
info@idra-environnement.com

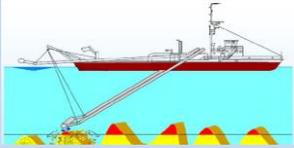


### DESCRIPTIF TECHNIQUE

Cette solution consiste à injecter de l'eau à basse pression dans la couche de sédiments par le biais d'une série de buses réparties sur une barre horizontale. Les sédiments sont ainsi remis en mobilité. Un courant de densité se forme et se déplace à proximité du fond, permettant des échanges limités avec la colonne d'eau. Les sédiments sont alors pris dans ce courant et emportés vers un point plus « bas » situé en aval de l'écoulement.

La distance finale de transport dépend de la densité, la composition des sédiments, la pente et la morphologie du fond.

### CONDITIONS DE MISE EN ŒUVRE

ELEMENTS TECHNIQUES	QUALITE DES SEDIMENTS	DEMARCHES PREALABLES
	<p><b>INERTES</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Modélisation hydrosédimentaire pour étudier la dispersion des sédiments et le courant de densité,</li> <li>→ Etude hydrodynamique des secteurs à draguer.</li> </ul>

### AVANTAGES ET INCONVENIENTS

#### PAR INJECTION D'EAU

Intérêt recherché	Avantages	Inconvénients	Exemple
<p><b>Redistribution dans le milieu</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procédé moins agressif que le rotodévasage,</li> <li>• Mouvement vertical des sédiments limité le transport sédimentaire horizontal est maintenu dans le bas de la colonne d'eau, les plus fortes concentrations de sédiments restant dans les couches inférieures (près du fond) de la colonne d'eau,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Technique essentiellement utilisée en complément d'une autre méthode de dragage (ex : Drague Aspiratrice en Marche),</li> <li>• Uniquement utilisée pour des sédiments sains,</li> <li>• Utilisée principalement où les <b>conditions courantologiques sont les plus favorables</b> (courants forts générés par la marée et débits fluviaux combinés),</li> </ul>	 

**REGLEMENTATION**

- Soumis à la réglementation du code de l'Environnement (Loi sur l'Eau),
- Uniquement des sédiments caractérisés comme **non contaminés**
- Guide GEODE : Guide méthodologique sur le dragage par injection d'eau (2012)

**ESTIMATION FINANCIERE****Coûts de mise en œuvre =**

**Non défini de manière fiable pour une opération en Rance**

**CARACTERISATIONS PREALABLES NECESSAIRES OU COMPLEMENTAIRES**

- Etude du type et de la nature des sédiments : Analyses physico-chimiques des sédiments **selon référentiel Loi Eau (N1/N2 : ETM/HAP/PCB/TBT...)**,
- Etude de la courantologie et morphologie du site,
- Etude hydrodynamique (débits, marée),
- Etude de l'évaluation des risques sanitaires (ERS) liés aux opérations de dragage

**RETRANSPOSITION A L'ESTUAIRE MARITIME DE LA RANCE**

ENJEUX OU CONTRAINTES	MISE EN ŒUVRE DE LA FILIERE DE GESTION
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La distance du transport de matériaux dépend de l'épaisseur initiale du courant de densité, de la vitesse de sa propagation, et de la vitesse de sédimentation des matériaux dragués,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Technique considérée comme complémentaire ou de substitution des pratiques dites conventionnelles (hydrauliques ou mécanique)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La complexité du milieu estuarien implique la mise en place d'un suivi adapté, souvent lourd et complexe, lors de la première utilisation du dragage à injection d'eau,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conditionnée par la nature des sédiments, la morphologie du site (pentes,...) et l'hydrodynamique,</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cette technique est utilisée dans des conditions hydrodynamiques spécifiques, avec une courantologie suffisante ; Les zones à draguer sont souvent localisées dans des secteurs à faible courantologie, assujetties à une décantation des sédiments.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les sédiments remis en mobilité, réintègrent le transport sédimentaire naturel local et n'ont donc pas de zone de destination spécifique.</li> <li>• Dans l'optique d'une évacuation du bassin de la Rance, cela implique une proximité à l'usine marémotrice du courant de densité ainsi créé, ce qui n'apparaît simple compte tenu des distances en jeu dans le bassin.</li> </ul>

**REFERENCES**

- **Port de Nantes-Saint Nazaire** – (technique utilisée depuis 2005)
- **Estuaire de la Gironde** – Bordeaux et Bayonne )
- **Estuaire de la Seine** – Le Havre et Rouen,

## REDISTRIBUTION DANS LE MILIEU PAR DRAGAGE HYDRODYNAMIQUE



### PRINCIPE :

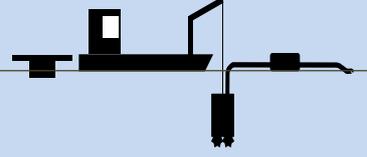
- Redistribution dans le milieu des sédiments par dragage hydrodynamique ou rotodévasage,

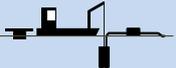
### DESCRIPTIF TECHNIQUE

Cette solution permet d'assurer un emportement des sédiments encore non consolidés et leur transfert vers le milieu du chenal lieu de courantologie suffisante pour assurer une bonne évacuation et dispersion des sédiments.

La distance finale de transport dépend de la densité, la composition des sédiments, la pente et la morphologie du fond.

### CONDITIONS DE MISE EN ŒUVRE

ELEMENTS TECHNIQUES	QUALITE DES SEDIMENTS	DEMARCHES PREALABLES
	<p>INERTES</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➔ Modélisation physique et numérique pour étudier la dispersion des sédiments dans le courant.</li> <li>➔ Etude hydrodynamique des secteurs à draguer,</li> </ul>

Légende :  Aspiro-dragage / rotodévasage

### AVANTAGES ET INCONVENIENTS

#### PAR INJECTION D'EAU

Intérêt recherché	Avantages	Inconvénients	Exemple
<p><b>Redistribution dans le milieu</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Méthode d'intervention plus légère que des dragues ou pontons-pelle.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Technique essentiellement utilisée en complément d'une autre méthode de dragage.</li> <li>• Utilisés sur des petits volumes</li> </ul>	

**REGLEMENTATION**

- Soumis à la réglementation du code de l'Environnement (Loi sur l'Eau),
- Uniquement des sédiments caractérisés comme **non contaminés** et non consolidés,

**ESTIMATION FINANCIERE**

**Coûts de mise en œuvre =**

**8 à 30 €/m<sup>3</sup>**

*(très variable suivant volume concerné)*

**CARACTERISATIONS PREALABLES NECESSAIRES OU COMPLEMENTAIRES**

- Etude du type et de la nature des sédiments : Analyses physico-chimiques des sédiments **selon référentiel Loi Eau (N1/N2 : ETM/HAP/PCB/TBT...)**,
- Etude de la courantologie et morphologie du site,
- Etude hydrodynamique (débits, marée),
- Etude de l'évaluation des risques sanitaires (ERS) liés aux opérations de dragage

**RETRANSPOSITION A L'ESTUAIRE MARITIME DE LA RANCE**

ENJEUX OU CONTRAINTES	MISE EN ŒUVRE DE LA FILIERE DE GESTION
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puissance des engins (« hydro-propulseurs », rotodévaseur) généralement limitée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solution à privilégier pour l'entretien des ports ou des chenaux d'accès / passe d'entrée.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enjeux relatif à la dispersion des sédiments vers les zones sensibles (herbiers...)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volumes de sédiments concernés relativement restreints sur une seule opération (rendements faibles)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul>

**REFERENCES**

- **Port de Binic** (hydro-propulseur, essais 2015 – 2017)
- **Port de Dinard** (essai pompage / refoulement, 2016)
- **Rotodévasage** (régulier):
  - Estuaire de la Vilaine (IAV)
  - Charente Maritime
  - UNIMA
  - ...
- **Port de Tréguier** (pompage / refoulement, 2015)
- **Le Lyvet** (pompage / refoulement EDF, 2018)

## VALORISATION DES MATERIAUX EN SOUS-COUCHE ROUTIERE



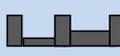
### PRINCIPE :

- Substitution à un remblais pour constituer l'assise ou la sous-couche d'une route,
- Nécessite un traitement et une phase de préparation des matériaux avant valorisation pour amélioration géo-mécanique.

### DESCRIPTIF TECHNIQUE

Cette solution consiste à valoriser les matériaux sédimentaires en couche de forme en substitution en remblai via un traitement préalable (déshydratation, malaxage,...) afin de s'assurer que leurs caractéristiques géotechniques soient en adéquation avec les critères requis pour une utilisation en technique routière.

### CONDITIONS DE MISE EN ŒUVRE

ELEMENTS TECHNIQUES	QUALITE DES SEDIMENTS	DEMARCHES PREALABLES
	INERTES	→ Identification du besoin (opportunité de projets d'aménagement sur territoire),
 + 	NON INERTE + NON DANGEREUX	→ Réalisation de planches d'essais préalables pour s'assurer de la compatibilité géo-mécanique des matériaux,
 + 	NACL + LESSIVAGE	

Légende :  Extraction mécanique possible  Extraction hydraulique possible  Bassin de ressuyage  Lagunage

### AVANTAGES ET INCONVENIENTS

#### VALORISATION EN SOUS-COUCHE ROUTIERE

Intérêt recherché	Avantages	Inconvénients	Exemple
<b>Substitution aux matériaux de carrière</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Substitution d'un remblai ;</li> <li>• Filière de valorisation (pas de statut ICPE : fin de vie du déchet),</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Préparation des matériaux nécessaire (ressuyage, éventuellement restructuration pour améliorer la tenue),</li> <li>• Nécessité traitement préalable pour améliorer la tenue mécanique des matériaux (usage de liants,...)</li> <li>• Volumes concernés relativement faibles,</li> <li>• Chlorures à maîtriser.</li> </ul>	 <p>Valorisation de 1000 m<sup>3</sup> de sédiments pour confection Voirie PL de 450 m LE TEICH – (33)</p>

**REGLEMENTATION**

- Guide méthodologique élaboré par le SETRA (devenu le CEREMA) en mars 2011 « Acceptabilité de matériaux alternatifs en technique routière – Evaluation environnementale »,
- Guide méthodologique CEREMA : « Acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs en technique routière - matériaux de déconstruction issus du BTP - 2016 » ;
- Uniquement des sédiments caractérisés comme **non dangereux**.

**ESTIMATION FINANCIERE**

**Coûts de mise en œuvre seul \* =  
~35 à 50 €/m3**

\*Hors extraction, préparation et transport

**CARACTERISATIONS PREALABLES NECESSAIRES OU COMPLEMENTAIRES**

- Analyses physico-chimiques des sédiments **selon référentiel Loi Eau (N1/N2 : ETM/HAP/PCB/TBT...)** pour l'extraction,
- **Caractérisations géo-mécaniques** complémentaires : **portance, essais de cisaillement (tenue) selon NF P 94-071-1 & XP CEN ISO/ TS 17892-10,**
- Essais laboratoire (planches d'essais de matériaux traités avec des pourcentages d'apports liants hydrauliques différents),
- Etude spécifique environnementale sur devenir des polluants, dont Chlorures (**essais de perméabilité NF X30-441, essai de percolation NF X31-210, essai de lixiviation**),
- Etude mission G5 selon les termes de la normes NF P 94-500 révisé en déc. 2006 relative aux missions géotechniques.

**RETRANSPOSITION A L'ESTUAIRE MARITIME DE LA RANCE**

ENJEUX OU CONTRAINTES	MISE EN ŒUVRE DE LA FILIERE DE GESTION
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Traiter les sédiments en éco-Matériaux valorisables dans des projets locaux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagnostic géotechnique sur des essais en laboratoire des matières premières secondaires pour une réutilisation en structure de chaussée doit être réalisé (Essais géotechniques),</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtenir des caractéristiques géotechniques en adéquation avec ceux imposés par les guides routiers</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projet concerté le plus en amont possible pour faire valoir cette filière,</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nécessité d'un site de transit et de traitement intermédiaire pour formuler l'éco-Matériaux (Plateforme dédiée)</li> </ul>	

**REFERENCES**

- Plateforme de traitement SOVASOL – Le Teich (33) (~1 000 m3, 2017)
- **Port de Dunkerque** (Route du Freycinet : 1800 m3 bruts valorisé, 2012)
- **Caen** (dans le cadre du projet SETARMS)

## CREATION D'ILES REPOSOIRS / A VOCATION ECOLOGIQUE, ZONES HUMIDES



### PRINCIPE :

- Valoriser les sédiments sur des zones non dispersives dans le but de créer des habitats d'intérêt écologique (habitats intertidaux),

### DESCRIPTIF TECHNIQUE

Cette technique vise à utiliser les sédiments pour créer, dans un espaces confinés, des habitats à vocation écologiques : habitats intertidaux ; habitats reposoirs pour l'avifaune ; et des espèces faunistiques associées (oiseaux,..).

La morphologie visée dépend des objectifs visés, et du milieu d'implantation (régime de marée, et courantologie locale)

### CONDITIONS DE MISE EN ŒUVRE

ELEMENTS TECHNIQUES	QUALITE DES SEDIMENTS	DEMARCHES PREALABLES
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Définition des habitats ety des objectifs finaxu visés</li> <li>- Dimensionnement de l'ouvrage de maintien de l'îlot dans les conditions locales</li> </ul>	<b>INERTES</b>	<p>→ Modélisation physique et numérique pour étudier les conséquences hydrodynamiques (et donc sédimentaires) à long termes de cet aménagement au sein de la masse d'eau.</p>

### AVANTAGES ET INCONVENIENTS

ILOT REPOSOIR			
Intérêt recherché	Avantages	Inconvénients	Exemple
<b>Création d'île à vocation écologique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Création d'habitats et zones humides,</li> <li>• Développement d'une faune et une flore spécifique et souvent riche,</li> <li>• Volumes concernés potentiellement conséquents,</li> <li>• Filière récurrente suivant le dimensionnement initial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Difficulté de mise en œuvre potentiellement importante : nécessité d'adapter les engins de dragage, rendement plus faible...</li> <li>• Coût d'aménagement important (enclôture, digues, enrochement,...)</li> <li>• Sanctuarisation d'une zone concernée,</li> <li>• Zone de valorisation : suivant la stabilité des matériaux déposés, les concentrations en MES pourraient être importantes. Gestion fine des rejets de MES à prévoir à chaque phase de remplissage</li> </ul>	 <p>Ille créée dans l'estuaire de la Seine</p>

**REGLEMENTATION**

- Soumise à la réglementation du code de l'Environnement (Loi sur l'Eau),
- Uniquement des sédiments caractérisés comme **non contaminés**.

**ESTIMATION FINANCIERE****Coûts de mise en œuvre =**

*Non définie : cas spécifique selon dimensionnement de l'aménagement (> 100 à 500 000 €HT ?)*

**CARACTERISATIONS PREALABLES NECESSAIRES OU COMPLEMENTAIRES**

- Etude du type et de la nature des sédiments : Analyses physico-chimiques des sédiments **selon référentiel Loi Eau (N1/N2 : ETM/HAP/PCB/TBT...)**,
- Etude de la **courantologie et morphologie** du site,
- **Expertise hydrosédimentaire** pour analyser les impacts du projet sur la dynamique hydraulique de l'estuaire, Modélisation 3D afin de définir le comportement à court/moyen/long terme des sédiments.

**RETRANSPOSITION A L'ESTUAIRE MARITIME DE LA RANCE****ENJEUX OU CONTRAINTES**

- Identification complexe du meilleur site
- Adhésion de l'ensemble des acteurs quant à sa mise en œuvre
- Nécessité de s'appuyer sur des hauts fonds pour en faciliter l'implantation,
- Apport de volumes de matériaux constructifs potentiellement conséquents pour créer l'enclôture

**MISE EN ŒUVRE DE LA FILIERE DE GESTION**

- Identification d'un site peu aisé sans connaissance approfondi de l'hydrosédimentaire (modalisation attendue).

**REFERENCES**

- **Ile aux oiseaux Port 2000**, Le Havre (76),

**ANNEXE 3 – Programme de mesures sédimentaires dans le cadre de la construction  
d'un modèle hydro-sédimentaire en Rance (EDF R&D / Université de Bordeaux  
– Version avant amendements demandés par le conseil scientifique)**

# Proposition de campagnes de mesures hydro-sédimentaires dans l'estuaire de La Rance

Christine Bertier (EDF R&D), Aldo Sottolichio (EPOC, Université de Bordeaux) et Pablo Tassi (EDF R&D et Laboratoire Saint-Venant)

## 1. CONTEXTE

L'état sédimentaire de l'estuaire de la Rance est au cœur de nombreux enjeux, économiques, écologiques et environnementaux. Anticiper les évolutions futures, proposer d'éventuelles modifications de gestion (usine marémotrice, écluse du Châtelier), ou des interventions mécaniques de gestion de la sédimentation (extraction, dragage-dilution, etc.) passent par la compréhension des mécanismes qui conditionnent l'état actuel.

Dans ce contexte, EDF développera une modélisation numérique hydrosédimentaire de l'estuaire, réalisée dans le cadre d'une thèse de doctorat qui débutera en janvier 2019 (validation par le Conseil Scientifique le 28 septembre 2018). Ce travail nécessite, entre autres, l'acquisition de mesures hautes fréquences de différents paramètres (turbidité, salinité, etc.), du suivi altimétrique de zones de dépôt, des campagnes ponctuelles de mesure de courantologie pour aider à (i) mieux comprendre la dynamique hydro-sédimentaire de l'estuaire ; (ii) caractériser plus précisément les paramètres utilisés par le modèle numérique ; et (iii) pour valider les processus physiques simulés par le modèle numérique.

Trois types d'acquisition/collecte de données sont envisagés : **(1) des séries temporelles saisonnières de l'hydrodynamique morpho-sédimentaire**, avec des mesures continues sur une année ou plus, de variables descriptives sur la colonne d'eau (salinité, turbidité) et du sédiment (évolutions érosion/dépôt), **(2) des mesures de distribution spatial de paramètres morpho-sédimentaires**, pour la caractérisation de la nature des fonds sédimentaires, et des propriétés d'érodabilité des sédiments et les propriétés des sédiments en suspension (taille, vitesse de chute) **(3) des données de forçages et des conditions aux limites** nécessaires pour la construction du modèle numérique et pour la simulation de scénarios réalistes (marée, débits, fonctionnement de l'usine...).

Les résultats obtenus permettront d'alimenter les réflexions du Plan de Gestion des sédiments de la Rance, confié par l'Etat à l'EPTB Rance Frémur baie de Beaussais.

## 2. SUIVIS TEMPORELS SAISONNIERS

### 2.1 MATERIEL DE SUIVI CONTINU PREVU

Le matériel qu'il est prévu d'installer pour assurer ce suivi est composé :

- De sondes autonomes multi-paramètres installées sur bouées. Le modèle choisi est le système SAMBAT de NKE (Figure1). Elles seront au nombre de trois.

- De systèmes de suivi d'évolution du fond (érosion/sédimentation) posés sur le fond. Il s'agit du système ALTUS de NKE. Trois exemplaires ont été acquis en prévision d'une installation dans l'estuaire (Figure 2).
- Des sondes mono-paramètre de salinité et pression (STPS) et de turbidité et pression (STBD) de NKE (Figure 3).

Le choix du matériel vis-à-vis du type de mesure à réaliser a été motivé par le bon compromis entre la simplicité d'utilisation, la rapidité de la mesure, et la longue autonomie, qui permet de réaliser des mesures sur des périodes relativement longues (variations à l'échelle de la marée et saisonnières).

## 2.2 CARACTERISTIQUES DES DIFFERENTS MATERIELS A INSTALLER :

### Sonde SAMBAT :

La SAMBAT est une Sonde Autonome Multi-paramètres à Balai et Télétransmission. Cet instrument permet de mesurer les principales grandeurs physiques de l'eau (la température, la profondeur, la conductivité pour le calcul de la salinité, la turbidité=quantité de sédiment dans l'eau, la fluorescence (mesure de chlorophylle), l'oxygène dissous et le pH, etc. sur une période pouvant aller jusqu'à plusieurs mois.



Figure 1. Sonde SAMBAT (cliché 1) - Sonde SAMBAT installée sur sa bouée (cliché 2) avec son antenne de télétransmission- Sonde SAMBAT en pleine eau (cliché 3) (sources : NKE documentation).

Caractéristiques physiques :

- sonde SAMBAT - dimension hors tout : diamètre du corps de sonde 11 cm, longueur 42.5 cm, poids 3.6kg ;
- bouée équipée - dimension hors tout : diamètre 29 cm, longueur 175 cm, poids 11kg.

Le système ALTUS (« ALTimètre à Ultrasons Submersible ») :

Ce système a été développé pour le suivi des variations de niveau topographique des vasières et des estrans en fonction des courants et de la houle [Bassoullet *et al.*, 2000 ; Ganthy *et al.*, 2013]. Il permet de surveiller l'érosion ou la sédimentation des fonds marins côtiers, et estuariens. Le système installé sur un trépied métallique qui est posé sur le fond, généralement en zone marnante, sur des estrans non végétalisés.

Deux capteurs équipent ce système :

- un échosondeur qui mesure la distance du fond sédimentaire, et qui enregistre les variations instantanées dues à l'érosion et/ou à la sédimentation.
- un capteur de pression, qui permet de suivre les variations de hauteur d'eau dues à la marée ou aux vagues.



**Figure 2. Capteur ALTUS (Source NKE -Photo: Université de Rouen, Maxence Le Moine).**

Les dimensions d'un système ALTUS sont de 50 cm de côté et 50cm de hauteur. L'emprise au sol est d'environ 1 m<sup>2</sup> (+ balisage).

### Les sondes mono-paramétriques :

Ce sont de petites sondes (longueur <30 cm, diamètre < 3.5 cm, masse < 500g), elles seront installées en pleine eau sur bouée et ou en fond sur piquet fixé au fond. Elles permettent de mesurer en continu la turbidité (STBD – NKE) et la salinité (STPS – NKE).



Figure 3. Sonde STPS et STBD (NKE) (sources : documentation NKE).

La calibration de la sonde de turbidité (STBD et SAMBAT) sera basée sur la procédure présentée par *Druine et al.* (2018).

### **2.3 MODE D'INSTALLATION :**

Le mode d'installation envisagé des appareils est indiqué ci-après :

- Dans le cas des sondes SAMBAT : installation intégrée dans un flotteur, avec amarrage sur corps mort.
- Pour les systèmes ALTUS, il est envisagé d'installer un balisage à proximité de l'appareil matérialisé par un système mixte de type « piquet + bouée », sans risque de perturber le sédiment superficiel.
- Dans le cas des sondes mono-paramètres, il est prévu une installation sur la chaîne de mouillage de bouées latérales des Phares et Balises.

## 2.4 PERIODE D'INSTALLATION

L'installation est souhaitée pour l'hiver 2018-2019. Les appareils resteront en place pour une durée escomptée de 24 mois renouvelables.

Des interventions mensuelles à bimestrielles sont prévues sur les appareils, afin de récupérer les données et de vérifier l'état des appareils et du balisage. Le calendrier précis des interventions est à fixer en fonction de l'autonomie des appareils et des moyens humains disponibles.

## 2.5 LOCALISATION ENVISAGEE

Les différents instruments de mesures seront majoritairement placés dans la partie amont de l'estuaire, secteur le plus dynamique au niveau sédimentaire.

Deux altimètres ALTUS (indiqués A1 et A2 en Figure 4) seraient placés sur le banc rive droite, face à la Tour du Chêne vert/Péhou. Ce secteur a été retenu car il a connu un exhaussement important et est encore très dynamique. Le troisième altimètre (A3) serait placé sur le banc développé en rive gauche face à Mordreuc. Ces secteurs sont souvent sujets à la sédimentation.

La possibilité de placer deux Altus sur une même ligne perpendiculaire au chenal pourrait être envisagée car elle permettrait de mesurer les variations altimétriques en haut et en bas de la vasière.

Les 3 sondes SAMBAT seraient positionnées à l'amont de l'estuaire, à proximité de l'ALTUS A1 (S1), au niveau du pont de la N176 (S2), ainsi que face à Saint-Suliac (S3), en dehors du chenal de navigation, mais le plus proche possible de la veine de courant.

Les sondes mono-paramètres sont actuellement prévues à l'amont de l'estuaire (T1 et T2), et proche de l'usine (T3), à la limite de la zone interdite.

La localisation plus précise des appareils seront à définir en lien avec les usagers de ces secteurs (pêcheurs, ostréiculteurs, etc.). Le positionnement proposé pourrait évoluer en fonction des résultats des premiers suivis. Dans ce cas, une nouvelle demande sera faite auprès de l'administration. Des contraintes à prendre en compte pour l'implantation, car l'accessibilité, le nettoyage, la réparation et le changement de batteries vont conditionner l'emplacement et la fréquence des visites.

La carte présentée en Figure 4 illustre la localisation envisagée pour les sondes SAMBAT et mono paramètres et les systèmes ALTUS (*sources : EDF/IGN*).

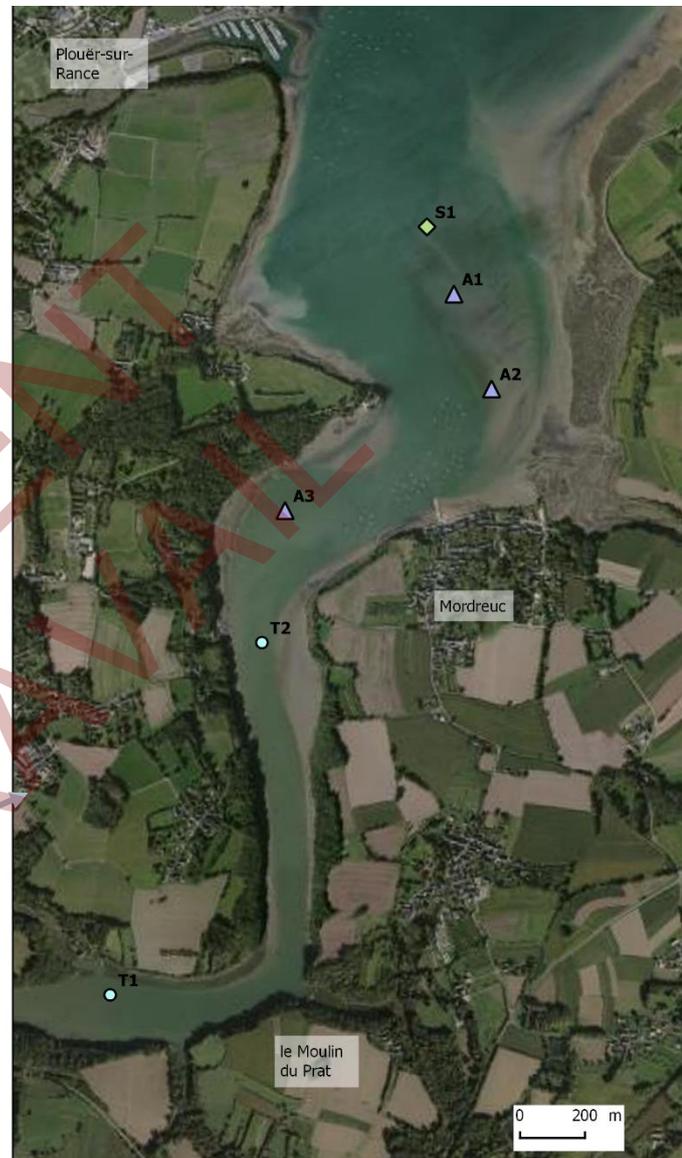


Figure 4. Localisation envisagée pour les sondes SAMBAT et mono paramètres et les systèmes ALTUS (voir aussi Figures 5a,b).

### **3. DONNEES SPATIALES MORPHOSEDIMENTAIRES**

#### **3.1 TOPOGRAPHIE-BATHYMETRIE**

La donnée topo-bathymétrique permet d'analyser la dynamique d'évolution des fonds de l'estuaire de manière locale et globale. Il est nécessaire de réaliser des campagnes de levé topo-bathymétrique régulièrement afin de suivre l'évolution des fonds de l'estuaire. La fréquence de ces campagnes doit être définie en tenant compte des erreurs de mesure et de la vitesse d'envasement afin que les résultats soient pertinents.

Ifremer a mis à disposition d'EDF les données LIDAR (données topo-bathymétriques couvrant les parties émergées et l'estran) acquises en 2009 sur le secteur de l'estuaire de la Rance dans le cadre du Projet « GIRAC2 Bretagne » en vue de la réalisation de levés bathymétriques complémentaires sur les zones non couvertes par le LIDAR. Cette campagne a été menée par la société BLOM Aerofilms (LIDAR aéroporté).

EDF a procédé à des levés bathymétriques par méthode acoustique (SONAR multifaisceaux) en juin 2011 sur la zone couvrant l'estuaire en amont de l'usine, en privilégiant les zones non couvertes par les données LIDAR. Cette campagne a été menée par la société MESURIS, sous pilotage de la DTG et sous commandite de l'UP Centre. La fusion de ces données a permis d'établir un modèle numérique de terrain (MNT) sur le bassin maritime de la Rance.

Une nouvelle campagne topo-bathymétrique a été réalisée en 2018 par EDF. Cette information sera incorporée dans le modèle numérique à développer pendant la thèse. Des différentiels bathymétriques 2018-2011 localisés dans plusieurs zones de l'estuaire sont présentés en Figures 5a et 5b. Ils montrent clairement que l'amont de l'estuaire est la région la plus dynamique, et que les variations en aval sont moins importantes.

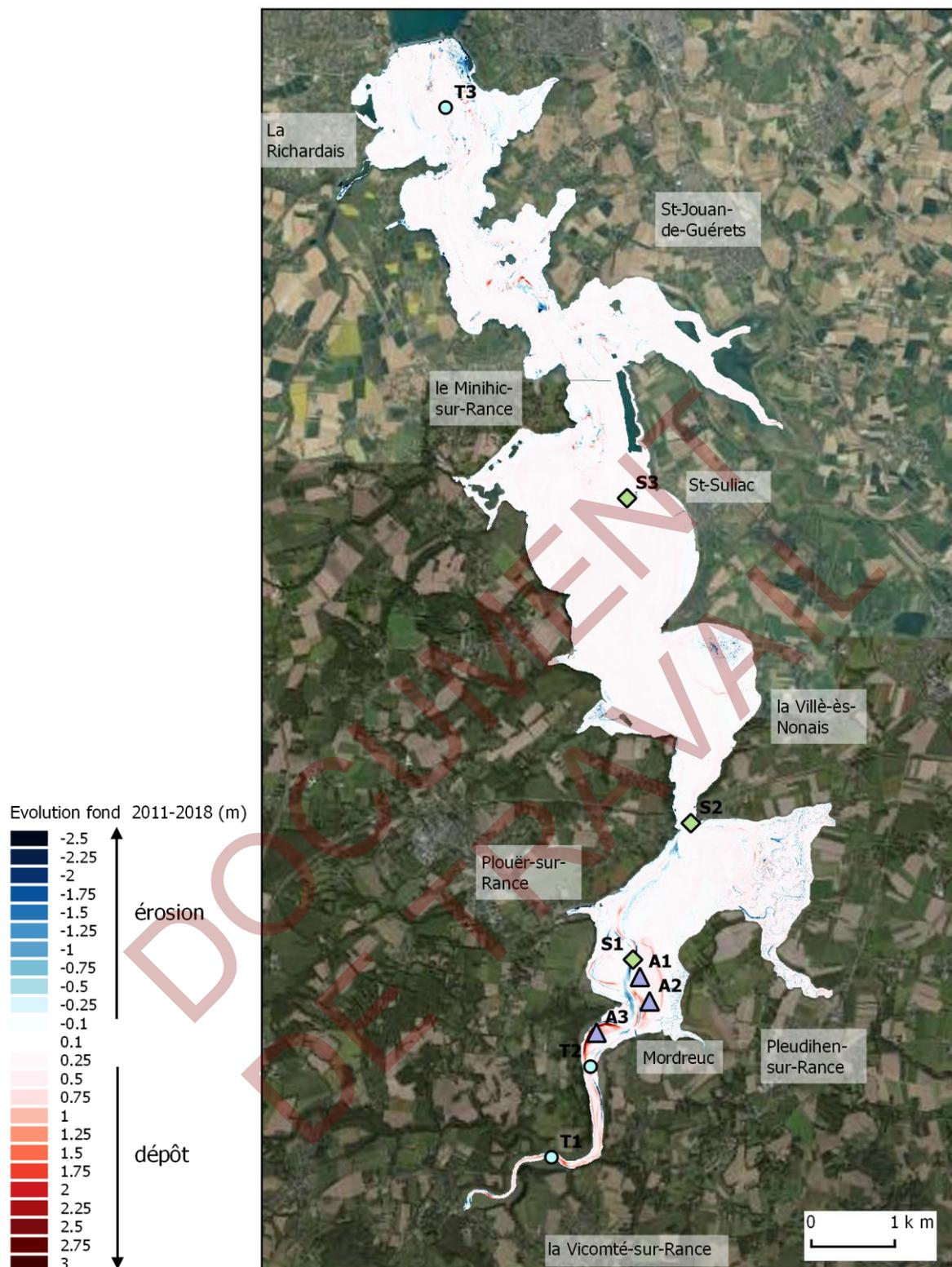


Figure 5a. MNT et différentiel bathymétrique correspondant aux années 2011 et 2018. La localisation des sondes SAMBAT et mono paramètres et les systèmes ALTUS est aussi indiquée dans la figure (voir section 2 du rapport).

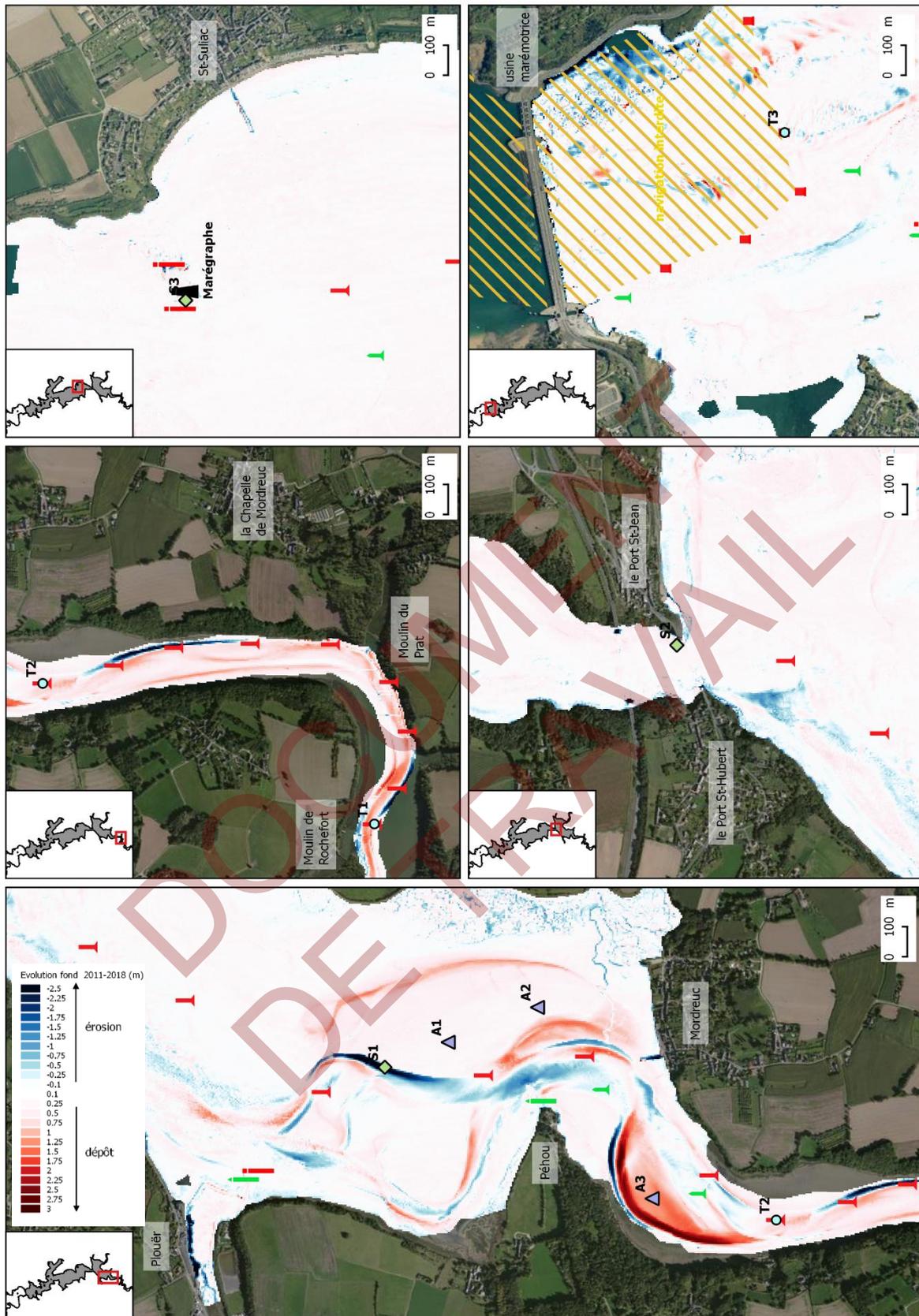


Figure 5b. MNT et différentiel bathymétrique correspondant aux années 2011 et 2018. La localisation des sondes SAMBAT et mono paramètres et les systèmes ALTUS est aussi indiquée dans la figure (voir section 2 du rapport).

### 3.2 COURANTOMETRIE

Des mesures de vitesse de courant en surface, au fond et sur la colonne d'eau permettront d'évaluer l'importance de la marée sur la dynamique sédimentaire, notamment sur la remise en suspension. Cette information sera aussi utilisée pour la validation du modèle hydrodynamique de l'estuaire. La détermination des profils de vitesse sur la colonne d'eau sera effectué par ADCP Acoustic Doppler Current Profiler (Teledyne Workhorse 600-1200 kHz), disponible à EDF.

Les courantomètres seront à priori placés de préférence dans des stations où des mesures de turbidité sont mises en place, en tenant compte que les courantomètres sont moins nombreux que les sondes de turbidité.

### 3.3 NATURE DES FONDS

L'analyse granulométrique (tamisage ou diffractométrie laser) des échantillons prélevés permettra de dresser une carte actualisée des sédiments superficiels, et d'identifier les classes de taille dominantes qui seront introduites dans le modèle sédimentaire « multi-classes ».

En fonction des moyens disponibles, la réalisation d'une campagne de mesure permettra l'échantillonnage des sédiments de surface (50-100 cm) selon un maillage défini au préalable, au moyen d'une benne type « Shipeck » : la nature détaillée de la couverture sédimentaire en estuaire, la nature principale du substrat en estuaire, et la nature du substrat de la zone côtière adjacente seront ainsi cartographiées.

Par ailleurs, en fonction des premiers résultats du modèle numérique, des carottages pourraient être envisagés dans des secteurs précis de l'estuaire (notamment des bancs ou barres sablo-vaseuses) afin de connaître les stratifications internes du sédiment de sous-surface et de valider les résultats du modèle. Les moyens envisagés sont :

- Carottage classique
- Carottage cryogénique si nécessaire : il permet d'éviter le tassement de l'échantillon.
- Campagne Sondeur tomographique : opportunité de tester cette nouvelle technologie.

### 3.4 SEDIMENTS

La caractérisation des sédiments requiert plusieurs types de mesure :

- Analyse de composition minéralogique. Optionnel, si par exemple on soupçonne une source de vase « marine » et une source « continentale ».
- Vitesse de chute : Mesures en laboratoire et in-situ (à la bouteille d'Owen et/ou dispositif SCAF) disponibles à EDF, afin de paramétrer les vitesses de chutes de sédiments dans le modèle.
- Erodabilité : caractérisation avec un érodimètre in-situ afin de déterminer les contraintes critiques d'érosion à introduire dans le modèle numérique. Il permettra

également d'évaluer les flux de sédiments (sables et vases) associés à ces érosions [Ganthy *et al.*, 2011 ; Jacobs *et al.*, 2011].

- Floculation : mesure de **tailles des floccs in situ** au moyen d'un granulomètre laser LISST (portable et disponible à EDF R&D). Ce dispositif permettra d'avoir les tailles in situ des matières en suspension.
- Consolidation : essais de tassement en colonnes à partir d'échantillons de vase, si nécessaire, en utilisant les équipements de laboratoire d'EDF ou possibilité de sous-traiter.
- Masse volumique du sédiment : pycnomètre à hélium, optionnel

### 3.5 CAMPAGNE DE RECONNAISSANCE DE L'ESTUAIRE (JUN 2018)

Lors de la campagne de reconnaissance de l'estuaire du **4-6 juin 2018**, des échantillons de sédiments ont été prélevés dans différentes zones de l'estuaire (voir Figure 6). La distribution granulométrique (diamètre de particules D16, D50 et D84) et le % du volume cumulé inférieur à 63  $\mu\text{m}$  (limite granulométrique entre les particules cohésives et les particules non-cohésives) est présenté dans le Tableau 1 et en Figure 7. Cette information a été complétée avec le calcul de la vitesse de chute dans trois zones du système estuarien (Tableau 2), ainsi que les mesures des profils de turbidité, salinité, température et pH dans les points indiqués en Figure 8.

L'analyse préliminaire de résultats permet de constater la variabilité spatiale et temporelle de paramètres physiques (vitesse de chute, salinité, turbidité), à considérer dans le choix de lois phénoménologiques nécessaire lors de l'implémentation du modèle numérique.

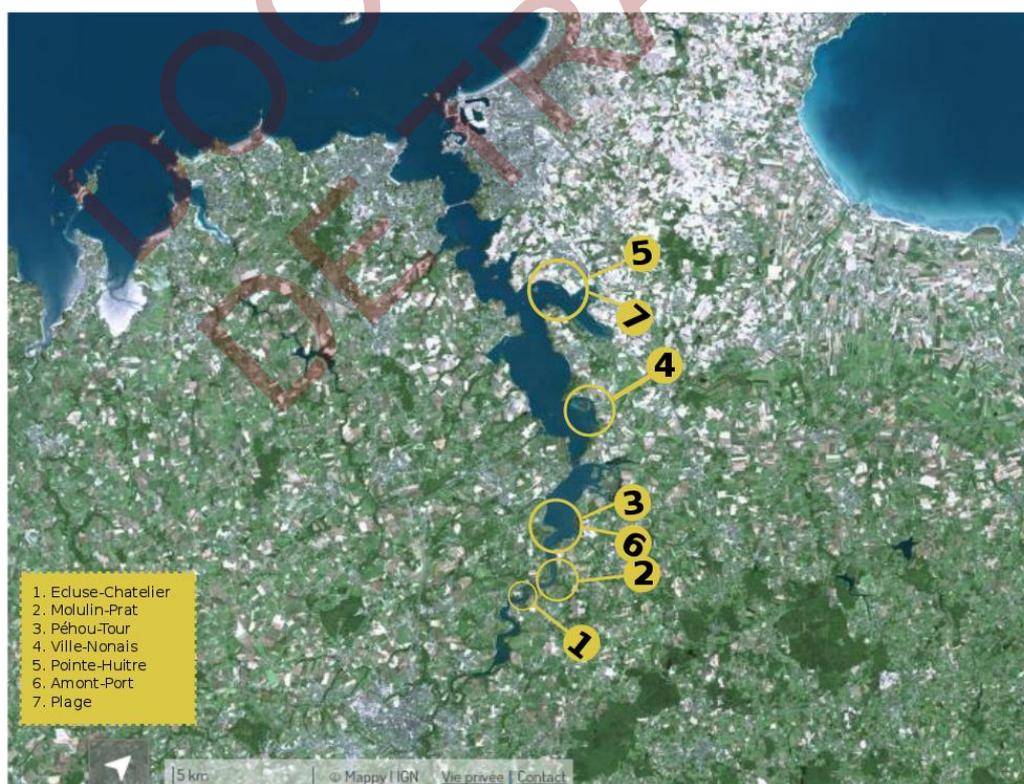


Figure 6. Localisation prélèvements sédiments (campagne de reconnaissance du 4-6 juin 2018).

Tableau 1.

Nom de l'échantillon	D16 ( $\mu\text{m}$ )	D50 ( $\mu\text{m}$ )	D84 ( $\mu\text{m}$ )	% Volume Cumulé < 63 $\mu\text{m}$
Ecluse - Chatelier	5,91	15,44	47,56	90,93
Moulin - Prat	7,29	26,12	140,45	64,13
Péhou - Tour	5,37	12,66	36,08	93,30
Ville - Nonais	20,27	114,72	155,09	24,23
Pointe - Huitres	3,42	17,20	60,08	87,23
Amont - Port - Plouer	6,86	26,20	135,90	68,17
Plage	11,86	78,88	164,67	45,07

Tableau 2.

	Concentration approximative (g/L)	Vitesse de chute (mm/s)		
		Q1	Médiane	Q3
Péhou-Tour	1,00	0,15	0,22	0,62
	0,50	0,55	1,13	3,62
	0,20	0,33	7,85	67,10
Ecluse Chatelier	1,00	0,11	0,22	1,51
	0,50	0,41	0,65	2,01
	0,20	0,09	0,23	1,88
Moulin Prat	1,00	2,44	7,46	36,60
	0,50	0,14	0,24	5,69
	0,20	0,61	2,47	6,82

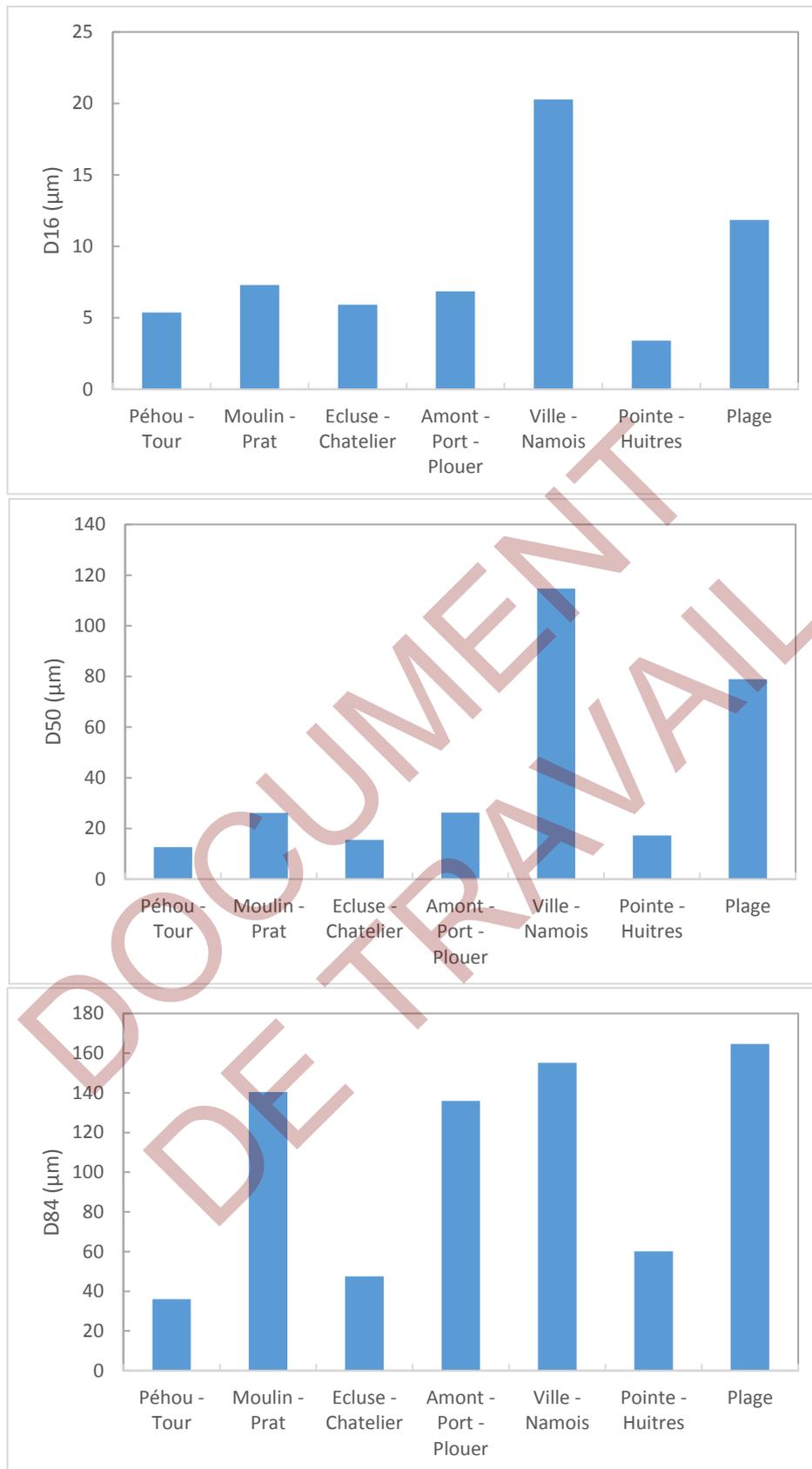


Figure 7. Taille de grain (D16, D50 et D84) en fonction de la zone de prélèvement.

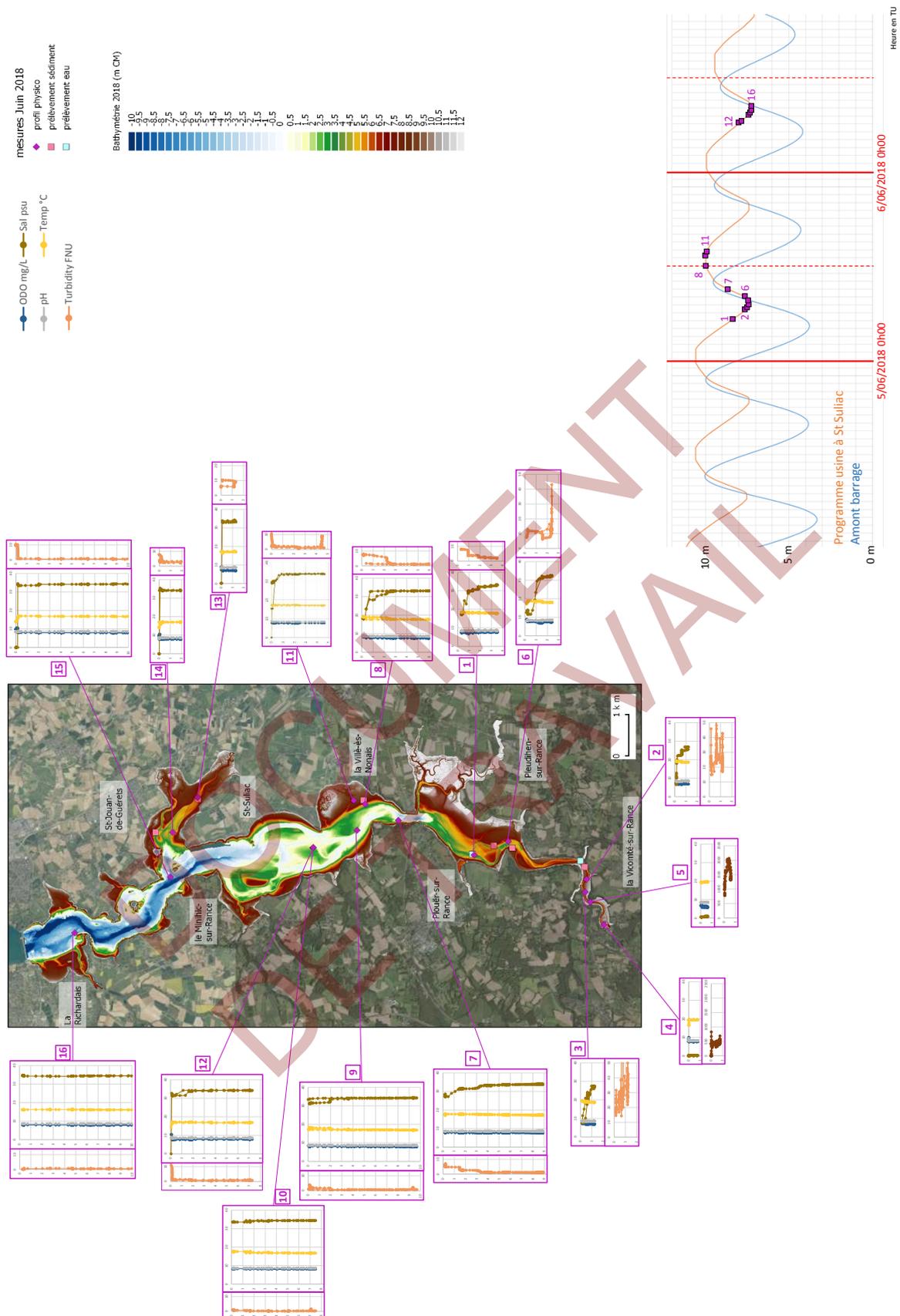


Figure 8. Profils de turbidité, température, salinité, pH et O2 dissous dans différents points de l'estuaire (campagne de reconnaissance du 4-6 juin 2018).

## **4. DONNEES DE FORCAGE ET CONDITIONS AUX LIMITES**

### **4.1 CONDITIONS DE MAREES**

Les enregistrements de niveaux (côté Mer et côté Estuaire) pourront être récupérés auprès de l'Exploitant de l'usine marémotrice. Les caractéristiques des marées locales (courbes de marée-type, volumes oscillants) seront déterminées à partir des données fournies par le SHOM.

Les caractéristiques de la marée, si elles existent pour des périodes différentes couvrant les années 1950, 1960 et 2000 pourront faire l'objet d'analyses diachroniques qui mettront en évidence les éventuelles tendances temporelles corrélées aux évolutions morphologiques [Ross et Sottolichio, 2016 ; Jalon-Rojas *et al.*, 2018].

### **4.2 CONDITIONS DE HOULE**

L'influence des conditions de houle sur la dynamique sédimentaire dans l'estuaire pourra être évaluée à l'aide des informations issues d'observations (bouées) ou de modèles numériques tels que PREVIMER- HOMERE ou ANEMOC.

### **4.3 CONDITIONS METEOROLOGIQUES**

Les mesures (vitesse et direction du vent, pression atmosphérique, température) de la station de Dinard pourront être acquises auprès de Météo-France. Les bases de données utilisées dans le cadre du Projet Rance pourront être mises à profit.

### **4.4 CONDITIONS HYDROLOGIQUES DE LA RANCE**

L'estimation du débit fluvial (valeurs moyenne, minimale et maximale) permettra d'évaluer les apports (volume liquide, sédiments) de la rivière par rapport aux apports maritimes.

### **4.5 CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT DE L'USINE**

Ces données sont indispensables, elles pourront être obtenues auprès de l'Exploitant pour le rejeu de scénarios.

### **4.6 CARTOGRAPHIE ET TELEDETECTION**

En fonction des produits disponibles, différents types de cartographiques seront collectés et utilisés pour valider le modèle :

- Analyse des cartes existantes et/ou photographies aériennes : surface de l'estuaire, surface en eau à Pleine Mer et à Basse Mer, localisation de l'embouchure, largeur et profondeur de l'embouchure, surface de la zone intertidale, sinuosité des rives (ex. cartes marines SHOM).
- Images de satellites : identification des structures sédimentaires (méga-rides tidales, délimitation précise du schorre, etc.) à l'aide de télédétection HR multi-spectrale SPOT 6/7 [Verpoorter *et al.*, 2016].
- Cartographie des sédiments en suspension et flux sédimentaires par télédétection [Doxaran D., 2002].

## 5. SYNTHÈSE

Des campagnes de mesures réalisées dans le passé ont déjà permis de suivre l'évolution, sur des périodes plus ou moins longues, des paramètres physiques entrant en jeu dans la dynamique hydro-sédimentaire de l'estuaire de La Rance [CEREMA, 2016]. Néanmoins il est nécessaire de concevoir et réaliser de nouvelles campagnes afin de disposer de données récentes et à l'état de l'art de la métrologie permettant de comprendre la dynamique hydro-sédimentaire de l'estuaire.

**Ce document permettra d'ouvrir des discussions et favoriser les échanges avec Conseil Scientifique sur le type d'acquisition de données envisagé et le positionnement des appareils de mesure. Des collaborations avec des instituts de recherche (IFREMER, EPOC, etc.) pourront également être envisagées pour la réalisation de campagnes.**

Dans ce document, trois types d'acquisition de données proposées pour la thèse sur La Rance ont été présentés : (1) des séries temporelles saisonnières de l'hydrodynamique morpho-sédimentaire, (2) des mesures de distribution spatiale de paramètres morpho-sédimentaires, et (3) des données de forçages et des conditions aux limites.

Pour la capture de données issues de séries temporelles saisonnières, l'installation est souhaitée pour l'hiver 2018-2019. Les appareils resteront en place pour une durée escomptée de 24 mois renouvelables.

Les campagnes de mesures de la distribution spatiale de paramètres morpho-sédimentaires seront programmées une fois l'analyse bibliographique achevée et l'intérêt confirmé (première activité à réaliser lors du démarrage de la thèse), ainsi que sur la base de l'analyse de résultats du modèle numérique.

## 6. REFERENCES

- Bassoullet, P., Le Hir, P., Gouleau, D., Robert, S., 2000. *Sediment transport over an intertidal mudflat: field investigations and estimation of fluxes within the "Baie de Marennes-Oleron" (France)*. Continental Shelf Research 20, 1635–1653. [https://doi.org/10.1016/S0278-4343\(00\)00041-8](https://doi.org/10.1016/S0278-4343(00)00041-8)
- CEREMA (2016). *Gestion des sédiments de la Rance Expertise et recommandations*. Rapport 70 pages.
- Doxaran D. (2002). *Téledétection et modélisation numérique des flux sédimentaires dans l'estuaire de la Gironde*. PhD thesis, Université de Bordeaux I.
- Druine, F., R. Verney, J. Deloffre, J.P. Lemoine, M. Chapalain, V. Landemaine, R. Lafite (2018) *In situ high frequency long term measurements of suspended sediment concentration in turbid estuarine system (Seine Estuary, France): Optical turbidity sensors response to suspended sediment characteristics*. Marine Geology, 400, 24-3
- Ganthy, F., Sottolichio, A., Verney, R., 2013. *Seasonal modification of tidal flat sediment dynamics by seagrass meadows of Zostera noltii (Bassin d'Arcachon, France)*. Journal of Marine Systems 109–110, S233–S240. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2011.11.027>

Ganthy, F., Sottolichio, A., Verney, R., 2011. *The Stability of Vegetated Tidal Flats in a Coastal Lagoon Through Quasi In-Situ Measurements of Sediment Erodibility*. Journal of Coastal Research 1500–1504.

Jacobs Walter, Le Hir Pierre, Van Kesteren Walther, Cann Philippe (2011). *Erosion threshold of sand-mud mixtures*. Continental Shelf Research, 31(10), S14-S25.

Jalón-Rojas, I., A. Sottolichio, V. Hanquiez, A. Fort, S. Schmidt (2018) *To what extent multidecadal changes in morphology and fluvial discharge impact tide in a convergent (turbid) tidal river ?*. Journal of Geophysical Research- Oceans, 123, 5, 3241-3258, DOI:10.1002/2017JC013466.

Ross, L., A. Sottolichio (2016) *Subtidal variability of sea level in a macrotidal and convergent estuary*. Continental Shelf Research. 131:28-41, doi: 10.1016/j.csr.2016.11.005.

Verpoorter C, Menuge, B et Comber T. (2016) *Cartographie des estuaires Picards par télédétection HR SPOT 6/7. Application à la baie d'Autie*. Theia Pôle Thématique Surfaces Continentales.

DOCUMENT  
DE TRAVAIL





**IDRA Environnement SAS**  
La Haye de Pan  
35170 – BRUZ  
<https://www.idra-environnement.com/>

**EGIS BU Grands Ouvrages, Eau, Energie, Environnement**

[www.egis-group.com](http://www.egis-group.com)

