

SUIVI SEDIMENTAIRE SUR L'ADOUR

Suivi post-crue (n+1) d'une injection réalisée en merlon sur l'Adour dans sa basse vallée

Auteur : Fabien Boutault



MAITRE D'OUVRAGE :

Fédération des Landes pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques
102 Allées Marines
40400 TARTAS

Affaire suivie par : Vincent RENARD



Merlon d'injection localisé en rive droite de l'Adour sur la commune de Saint-Sever – 40500
(crédit photo : Fabien Boutault)



Remerciements

Un grand merci à la Fédération de pêche des Landes pour ce joli travail proposé. Une mention spéciale à leur directeur pour la lessive réalisée et à Sylvain pour sa bonne humeur, son sérieux et son pragmatisme (et tout cela sous la pluie). Encore merci et à bientôt.

Sommaire

1. Contexte du suivi sédimentaire sur l'Adour.....	3
1.1. L'Adour.....	3
1.2. Action réalisée et suivis	3
2. Matériels et méthodes	6
2.1. Localisation des galets équipés de traceurs	6
2.2. Analyse de l'hydrologie de crue.....	6
2.3. Ajustements morphologiques de la berge.....	8
3. Résultats et discussions	9
3.1. Analyse des épisodes potentiellement morphogènes	9
3.2. Analyse des ajustements morphologique de la berge	10
3.3. Localisation des traceurs retrouvés.....	11
3.4. Analyse de la remobilisation des traceurs	15
4. Conclusions et perspectives	17
5. Références bibliographiques	18

1. Contexte du suivi sédimentaire sur l'Adour

1.1. L'Adour

L'Adour est un fleuve de sud-ouest de la France. Son bassin versant est d'environ 17 000 km², soit près de 3 % du territoire français métropolitain (Figure 1). Depuis 1950, le fleuve a enregistré la mise en service de nombreux barrages sur les têtes de bassins et d'importantes extractions en lit mineur, ainsi qu'en lit majeur à proximité immédiate du chenal principal (Observatoire de l'Eau du Bassin de l'Adour, 2006 ; Boutault, 2023). Conséquences directes de ces activités humaines, le fleuve a enregistré de nombreuses dégradations (rétraction de la bande active et incision, tous les deux à l'origine : d'une érosion régressive, de la déconnexion des annexes fluviales, d'un abaissement des nappes alluviales, de déstabilisation de berges, du déchaussement d'ouvrages d'art et de la perte des surfaces de bancs alluviaux et des faciès biogènes tels que les radiers et les plat-courants) (Figure 1 et Figure 2).

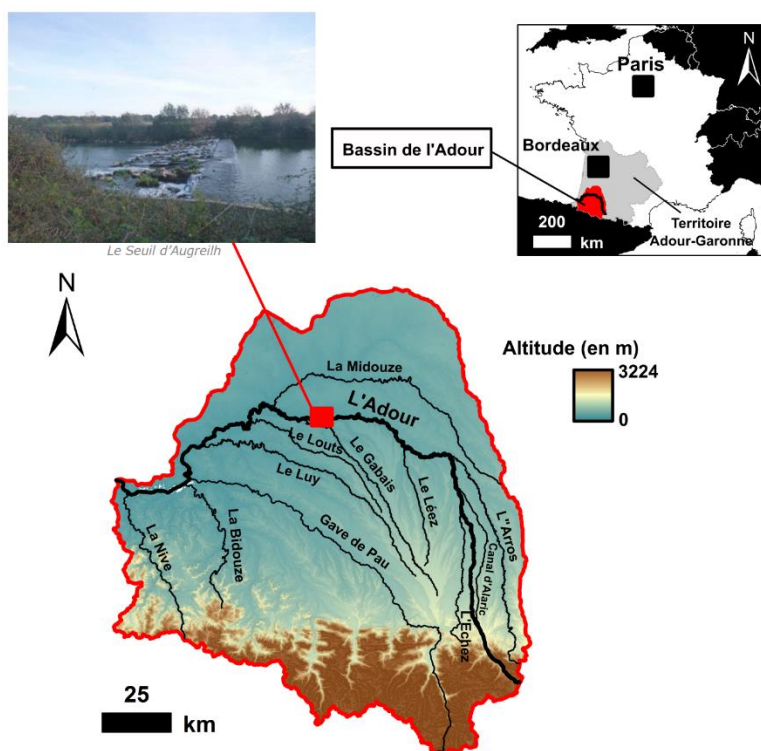


Figure 1. Localisation du site sur le bassin de l'Adour.

1.2. Action réalisée et suivis

Dans ce contexte, l'Association Agréée pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique de St-Sever (AAPPMA de St-Sever) a fait l'acquisition en 2014 d'une ancienne zone d'extractions de granulats dans le lit majeur de l'Adour en bordure immédiate du chenal actif sur la commune de St-Sever. D'une surface d'environ 8 hectares, ce site avait pour objectifs de :

- Restaurer la fonctionnalité de zone humide du milieu ;
- Créer une zone d'expansion des crues de l'Adour et ainsi protéger les enjeux humains présents à proximité ;
- Améliorer la fonctionnalité du chenal actif pour la reproduction piscicole au droit du site (Pipelier et al., 2021).

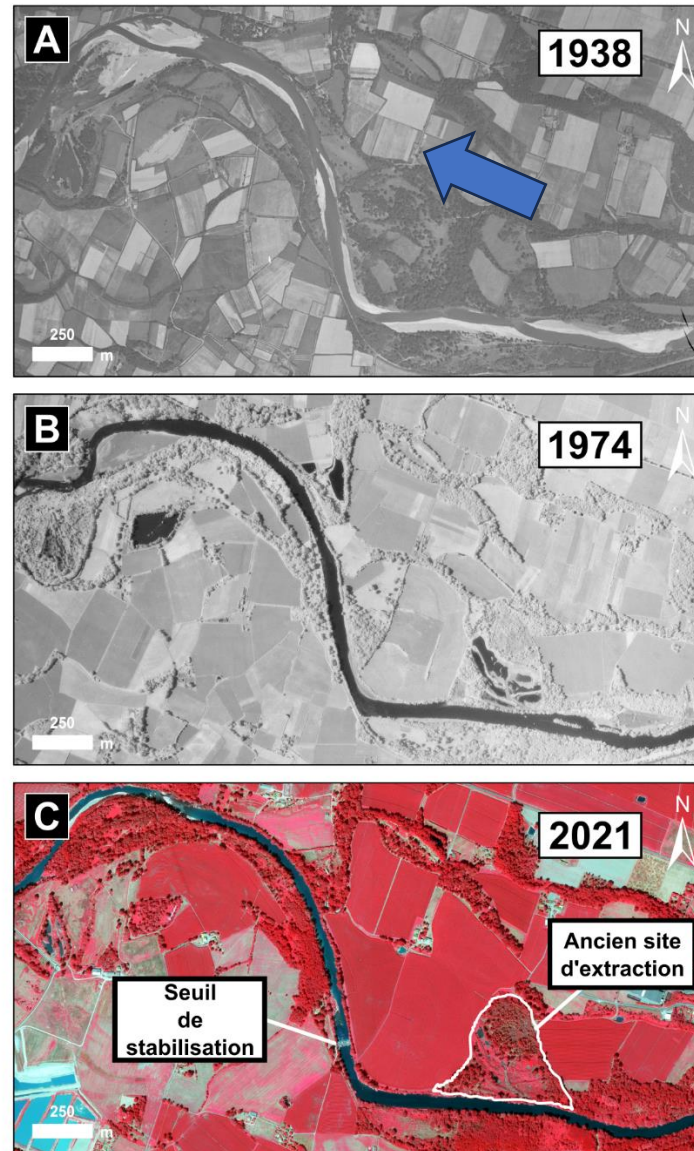


Figure 2. Evolution de l'Adour depuis 1938 et localisation du site d'extraction réhabilité et localisation du seuil de stabilisation de d'Augreilh (Source : Remonter le temps).

Pour atteindre ces objectifs les actions réalisées ont consisté (1) en une réhabilitation d'un ancien site d'extraction pour permettre à la rivière de gagner en connectivité avec sa plaine alluviale et disposer d'espace d'expansion des crues et (2) injecter 1 500 m³ de matériaux déblayés sur ce site dans le chenal actif de la rivière en aval du seuil de stabilisation de façon

à limiter l'incision et améliorer la qualité du substrat pour la vie aquatique avec la réalisation d'un merlon en rive droite sur une longueur de 30 mètres (Boutault, 2023).

En plus, des suivis visuels qui sont réalisés par le maître d'ouvrage depuis l'injection (contrôle visuel de l'état des berges pour des débits de l'Adour supérieur à 100 m³/s et de la remobilisation des matériaux), un suivi sédimentaire par RFID a été mis en place.

Pour rappel, ce suivi sédimentaire a été fait pour un débit de 8 m³/s à la station Q124001001 de l'Adour à Saint-Sever, avec 80 galets équipés de traceurs passif disposés sur la surface du merlon d'injection et 315 disposés dans la masse des 1 500 m³ injectés (Tableau 1 ; Boutault, 2023).

Tableau 1. Nombre de galets équipés de traceurs, disposés dans la masse de sédiments injectés et en surface sur le merlon selon leur classe de taille.

	Axe b (en mm)						Total
	22-32	32-45	45-64	64-90	90-128	128-181	
Dans la masse	64	64	56	56	67	8	315
En surface	16	17	14	13	18	2	80

Le suivi sédimentaire a pour objectif de :

- Valider ou non la remobilisation des matériaux selon la méthode d'injection utilisée (injection passive en merlon disposée en berge),
- Déterminer les seuils de mise en mouvement selon la granulométrie des sédiments et la capacité de transport actuel du fleuve (distances et volumes).

Les données sur la capacité de transport de l'Adour sont actuellement manquantes au diagnostic global du fleuve et primordial pour planifier les actions futures en vue d'accompagner le fleuve dans ces ajustements post-extractions.

Un premier document a déjà expliqué la méthode employée pour réaliser la mise en œuvre du suivi sédimentaire (Boutault, 2023). Le présent document vise cette fois à récapituler la méthode pour réaliser le suivi post-crue et présenter les premiers résultats issus de ce suivi, ainsi que la suite à donner à l'étude.

2. Matériels et méthodes

2.1. Localisation des galets équipés de traceurs

Pour localiser les galets équipés de traceurs, une antenne et un GPS ont été utilisés. La partie du merlon hors d'eau et les zones peu profondes au droit de celui-ci ont été prospectées à pieds. Pour les zones trop profondes, dans le chenal, la prospection s'est faite en bateau équipé d'un moteur électrique. A partir des traceurs localisés plusieurs fois, l'incertitude globale du positionnement des particules a été évaluée à 6,6 mètres, avec des incertitudes de 6,4 mètres à pieds et 7,1 mètres en bateau (Figure 3).

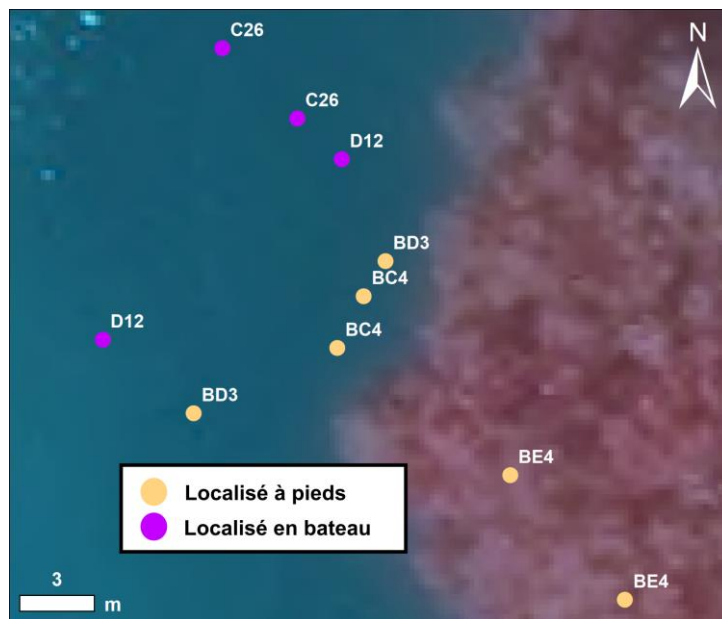


Figure 3. Positionnements des traceurs localisés deux fois, à pieds et en bateau, lors du suivi du 13 et 14 août 2024 sur l'Adour.

2.2. Analyse de l'hydrologie de crue

Pour effectuer l'analyse des épisodes potentiellement morphogènes enregistrés par l'Adour entre la période d'injection (le 20 octobre 2023) et la période du premier suivi notée $N+1$ (les 13 et 14 août 2024), nous utiliserons la station hydrométrique la plus proche, soit celle de Saint-Sever (code station : Q124001001 ; Source : Hydroportail), localisée à environ 3,4 kilomètres en amont (Figure 4). Cette station est la plus proche, malheureusement le calcul des débits pour les crues de retour 2, 5, 10 et 20 ans n'est possible du fait du nombre d'années d'enregistrement trop réduit. Pour calculer les débits des épisodes de crues, nous utiliserons donc ici la station de Grenade-sur-Adour (code station : 116001001 ; Source : Hydroportail) situé en amont de la station de Saint-Sever, à environ 17,5 kilomètres en amont du site d'injection (Figure 4).

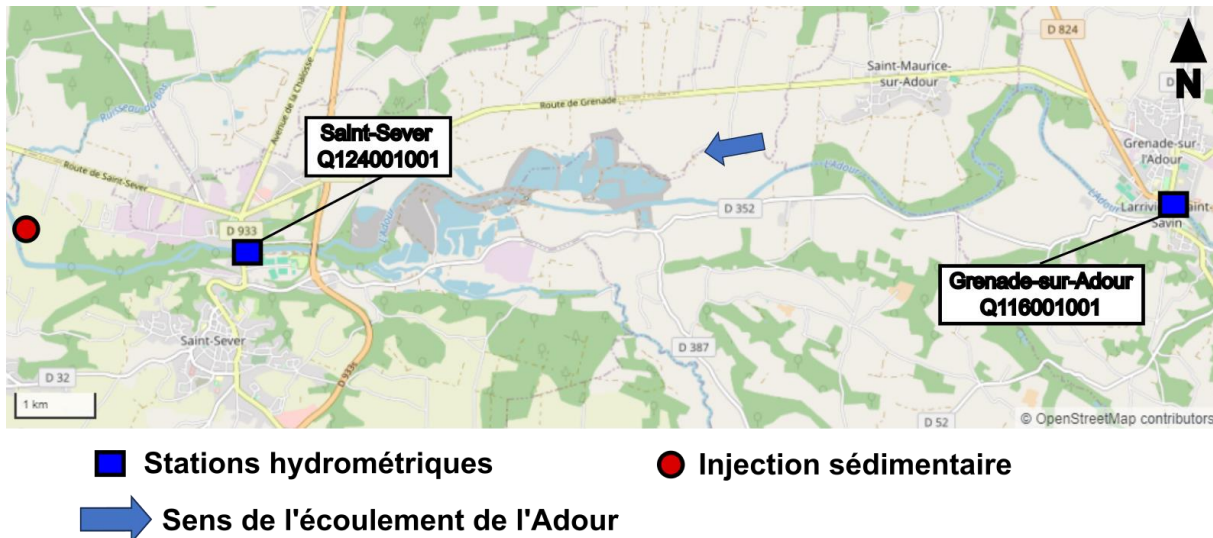


Figure 4. Localisation des stations hydrométriques et du site d'injection sur l'Adour
(Source : Hydroportail).

Pour les débits équivalents aux épisodes de crue de retour 2, 5, 10 et 20 ans les valeurs ont donc été calculées à la station de Grenade-sur-Adour (Tableau 2).

Tableau 2. Débits seuils des épisodes potentiellement morphogènes calculés à la station de Grenade-sur-Adour (code station : Q116001001 : Source Hydroportail).

Episodes potentiellement morphogènes	
Q2	455 m ³ /s
Q5	598 m ³ /s
Q10	692 m ³ /s
Q20	783 m ³ /s

A noter que généralement sur les rivières « naturelles », autrement dit, pas ou peu impactées par les activités humaines, les épisodes morphogènes suivent cette logique théorique :

- Q1,5 à Q2 : épisodes permettant la mise en mouvement des particules composant le lit de la rivière ;
- Q5 : épisodes à l'origine de la mobilisation des berges et des espaces en plaine alluviale, permettant la création de nouvelles annexes fluviales.

Nous savons déjà que le fleuve Adour a subi de nombreux impacts liés aux activités humaines (barrages, extractions, protections de berges, seuils...). Suite à ces impacts et à la rétraction de la bande active et l'incision enregistrées, la section en travers de la rivière a connu des bouleversements drastiques. Cette modification de section en travers a alors dû

considérablement modifiée les seuils de débits initiaux concernant le transport solide et la mobilisation de la plaine alluviale. Ces seuils sont donc, à l'heure actuelle, simplement informatifs.

2.3. Ajustements morphologiques de la berge

En retrait des 30 mètres linéaires du merlon d'injection passive, 5 piquets disposés à intervalle régulier ont été installés : à 3, 9, 15, 21 et 27 mètres de l'amont du merlon. Ils ont par la suite servi à estimer le retrait de la berge suite aux événements de crue enregistrés. La distance retenue (notée d) a été celle entre le piquet et la rupture de pente observée sur le merlon (Figure 5).

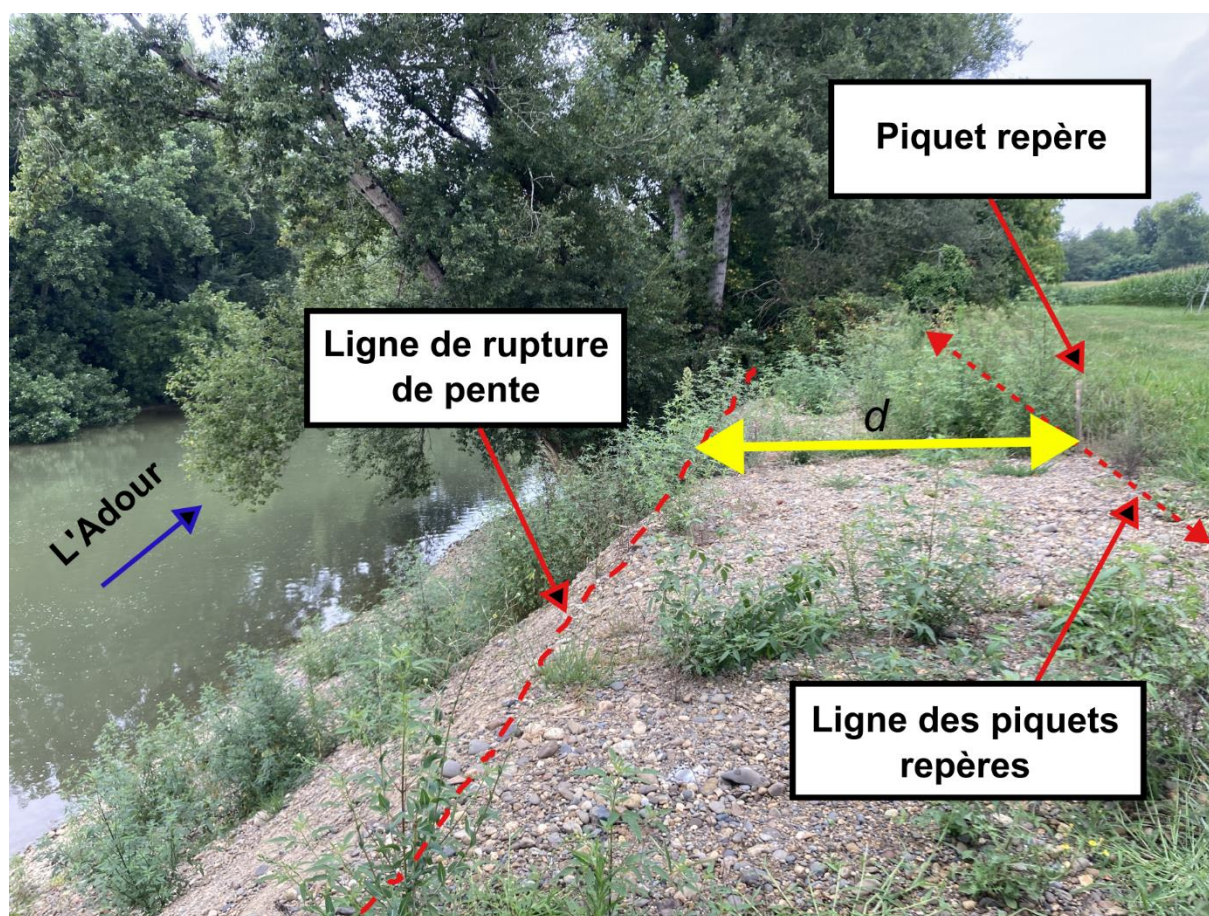


Figure 5. Méthode pour mesurer le recul de la berge et estimer qualitativement la remobilisation du merlon d'injection passive.

A noter que cette méthode reste qualitative car la rupture de pente ne prend pas en compte l'ensemble des effondrements de berge enregistrés. A partir de cette méthode, aucun volume mobilisé n'est donc estimable.

3. Résultats et discussions

3.1. Analyse des épisodes potentiellement morphogènes

L'analyse de la chronique des débits journaliers à la station de Saint-Sever montre qu'aucun épisode d'intensité potentiellement morphogènes n'a été enregistré entre l'injection et le suivi à N+1 (Figure 6).

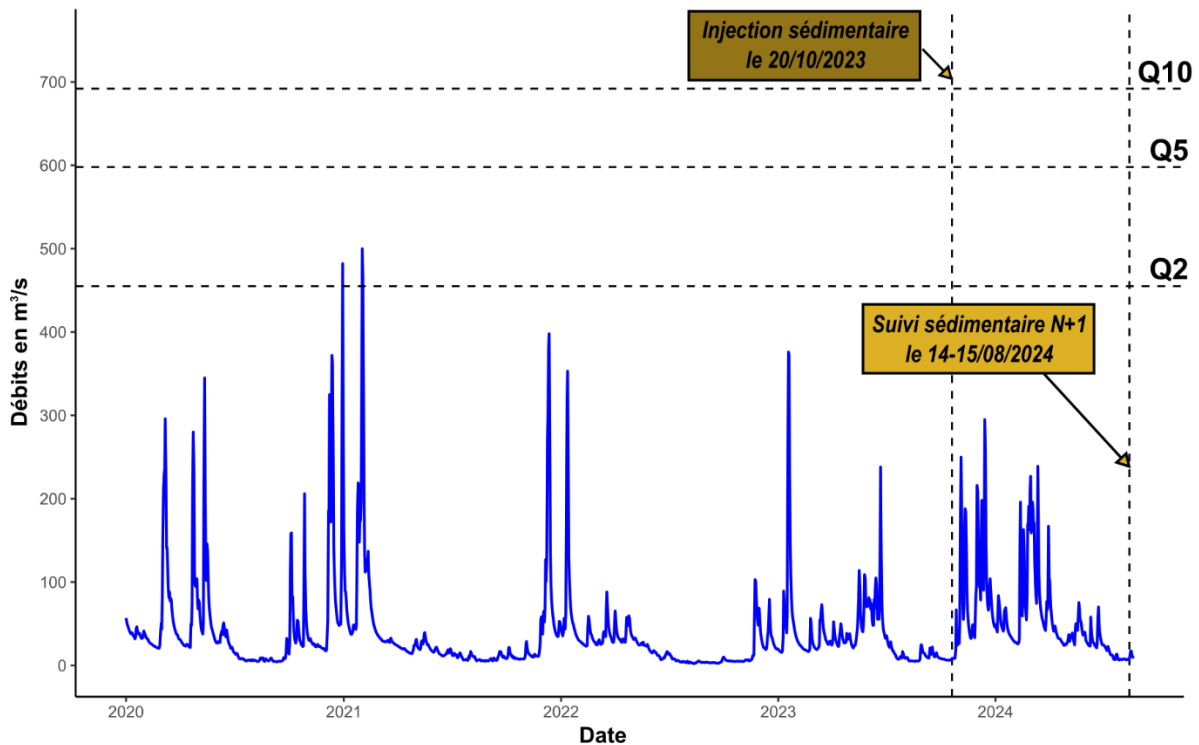


Figure 6. Chronique des débits moyens journaliers à la station de Saint-Sever sur l'Adour.

Si aucun épisode potentiellement morphogène n'a été enregistré, notons toutefois plusieurs épisodes de montée des eaux significatifs. Ces trois épisodes de montée significative des débits ont été de 12, 26 et 22 jours avec des débits moyens journaliers maximaux respectivement de 250, 295 et 239 m³/s à la station de Saint-Sever (Tableau 3 et Figure 7).

Tableau 3. Episodes de montée des eaux significative enregistrés à la station de Saint-Sever entre l'injection sédimentaire et le suivi à N+1.

	Date de début	Date de fin	Nombre de jours	Débit max	Débit moyen
Episode 1	03/11/2023	14/11/2023	12	250	142,7
Episode 2	29/11/2023	24/12/2023	26	295	130,2
Episode 3	23/02/2024	15/03/2024	22	239	152,8

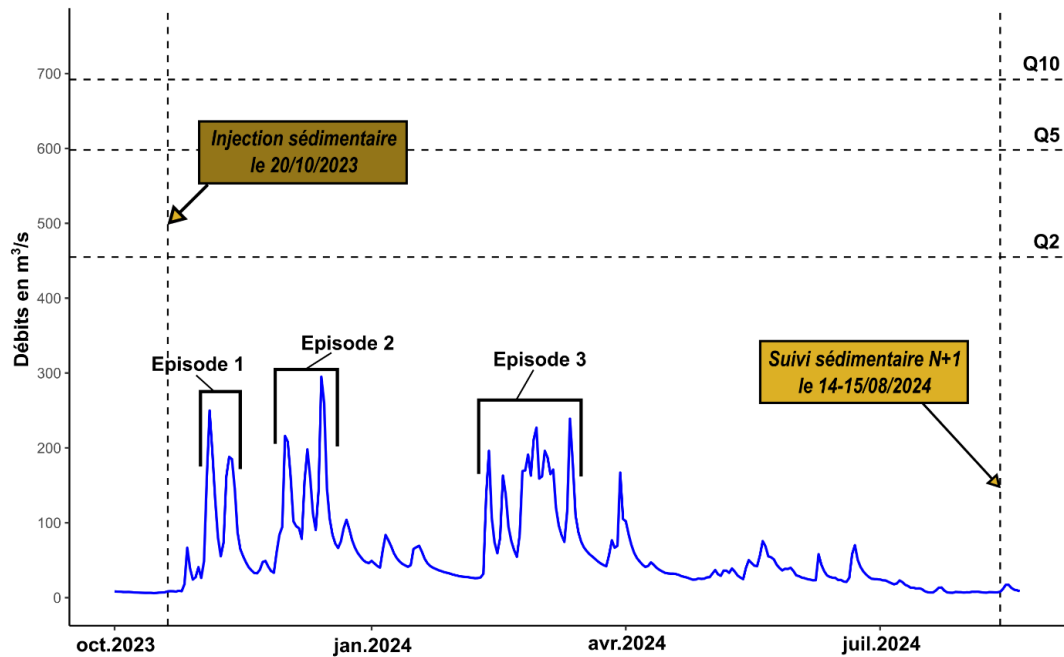


Figure 7. Chronique des débits moyens journaliers à la station de Saint-Sever entre l'injection sédimentaire et le suivi à N+1.

3.2. Analyse des ajustements morphologique de la berge

L'analyse du recul de la berge a, selon la méthodologie employée, portée sur le recul du haut de berge (lieu de la rupture de pente). Les ajustements les plus importants semblent être intervenus lors du premier épisode de montée des eaux enregistrés entre le 03/11/2023 et le 14/11/2023. Ces ajustements semblent même être intervenus sur le début de cette épisode, entre le 03/11/2023 et 06/11/2023. Par la suite, malgré des épisodes plus longs et plus intenses (épisode 2 et 3 ; Tableau 3), le haut de berge n'a pas enregistré d'ajustement significatif (Tableau 4).

Tableau 4. Mesures des distances (en m) entre la ligne de piquets, au niveau des 5 piquets, et le haut de berge au niveau du merlon (intensité des ajustements : rouge pour fort, orange moyen et jaune pour faible).

Date	Distance à la pointe amont du merlon				
	3m	9m	15m	21m	27m
31/10/2023	3,2	5,4	6,1	6,5	2,5
06/11/2023	2,4	2,8	3,8	4,8	2,5
23/11/2023	2,4	2,8	3,8	4,8	2,5
04/12/2023	2,4	2,8	3,5	4,8	2,5
22/12/2023	2,4	2,8	3,5	4,5	2,5
17/02/2024	2,4	2,7	3,5	4,2	2,5
06/03/2024	2,4	2,7	3,3	4,2	2,5

Les événements hydrologiques enregistrés par l'Adour étant relativement faible sur la période entre l'injection et le premier suivi sédimentaire (bien en deçà des débits potentiellement morphogènes), la remobilisation du merlon semble faible.

Les ajustements enregistrés au début de la période (Tableau 4 en rouge), lors d'un faible épisode de montée des eaux (épisode 1 ; Tableau 3). Il est donc probable que ces ajustements témoignent d'un effondrement de la masse sur elle-même avec possiblement un léger sapement en pied de berge. Sapement rendu possible lors d'un faible événement du fait de la faible cohésion des matériaux initialement déposés passivement en berge avec le moins de compactage possible.

A partir de l'analyse de l'hydrologie et des ajustements de la berge, l'hypothèse d'une faible remobilisation des matériaux semble probable puisque que le retrait global est d'environ 30 %. Cette faible remobilisation engendrerait un faible taux de retour du fait que 315 des 395 galets équipés de traceurs aient été disposés dans la masse sédimentaire.

3.3. Localisation des traceurs retrouvés

Cette hypothèse est confirmée par le suivi, puisque nous avons localisé seulement 113 traceurs (taux de retour global de 28,6 % ; Tableau 5 et Figure 8), dont 55 dans le lit, et donc remobilisés, et 58 sur le merlon pas ou très peu remobilisés (taux de remobilisation global estimé à environ 15 % ; Tableau 5).

Tableau 5. Résultats de la recherche des traceurs lors du suivi N+1 du 13 et 14 août 2024.

	Injection	Suivi n+1
Sur merlon	80	58
Dans la masse	315	-
Dans le lit	-	55
Total	395	113
Taux de retour global (en %)		28,6
Taux de remobilisation (en %)		14,7

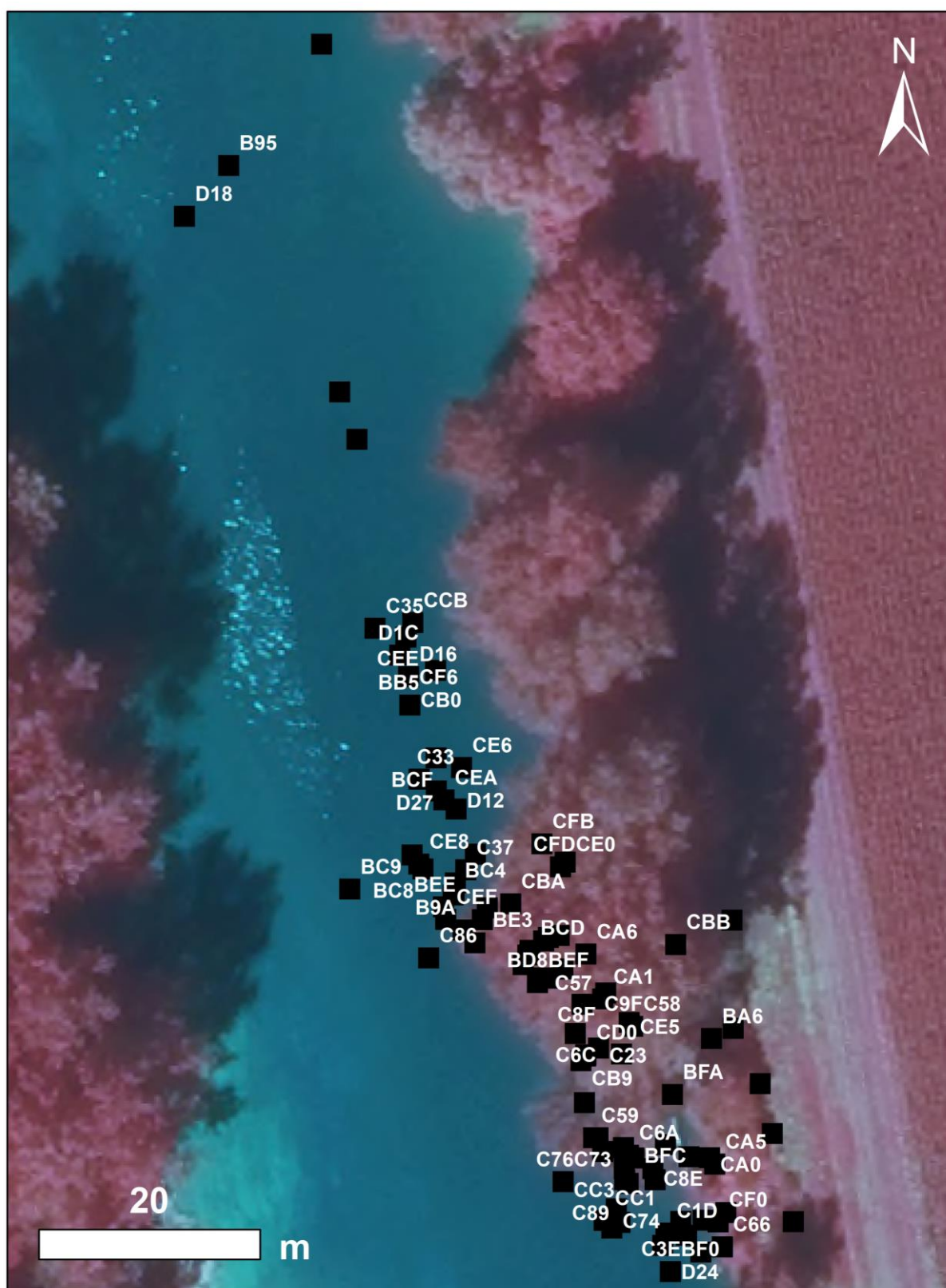


Figure 8. Cartographie des galets équipés de traceurs passifs localisés lors du suivi du 13 et 14 août 2024 (Identifiants des traceurs simplifiés avec les 3 derniers caractères).

Sur les 55 traceurs remobilisés, localisés dans le lit de l'Adour les 13 et 14 août 2024, seulement 29 ont pu être identifiés comme provenant de la masse sédimentaire et 15 de la surface du merlon, soit un taux de respectivement 9,2 et 18,75 % (Tableau 6 et Figure 9B). Ces taux de remobilisation faible semble coïncider avec les résultats de l'analyse hydrologique (événements de faible intensité) et l'analyse des ajustements de la berge précédemment évoqués (faible recul du haut de berge).

Tableau 6. Origine des traceurs ayant enregistré une remobilisation significative entre l'injection et le suivi N+1.

Masse	Surface
29	15
9,2 %	18,7 %

Malgré la faible remobilisation des matériaux, très largement imputables aux faibles événements hydrologiques enregistrés, la distance maximale enregistrée entre l'injection (le 20/10/2023) et le suivi à N+1 (les 13 et 14 août 2024) est de 89,6 mètres. La distance médiane de déplacement pour les traceurs ayant été remobilisés est de 17,2 mètres et la distance moyenne de 23,7 mètres (Figure 9 et Tableau 7).

Pour valider l'hypothèse de cette faible remobilisation des matériaux évoquée, nous pouvons nous appuyer sur les distances par classe de tailles. En effet, si les épisodes enregistrés étaient bien de faible intensité, nous devrions observer une décroissance de la distance en fonction de la taille des particules (autrement dit, *un transport particulaire*).

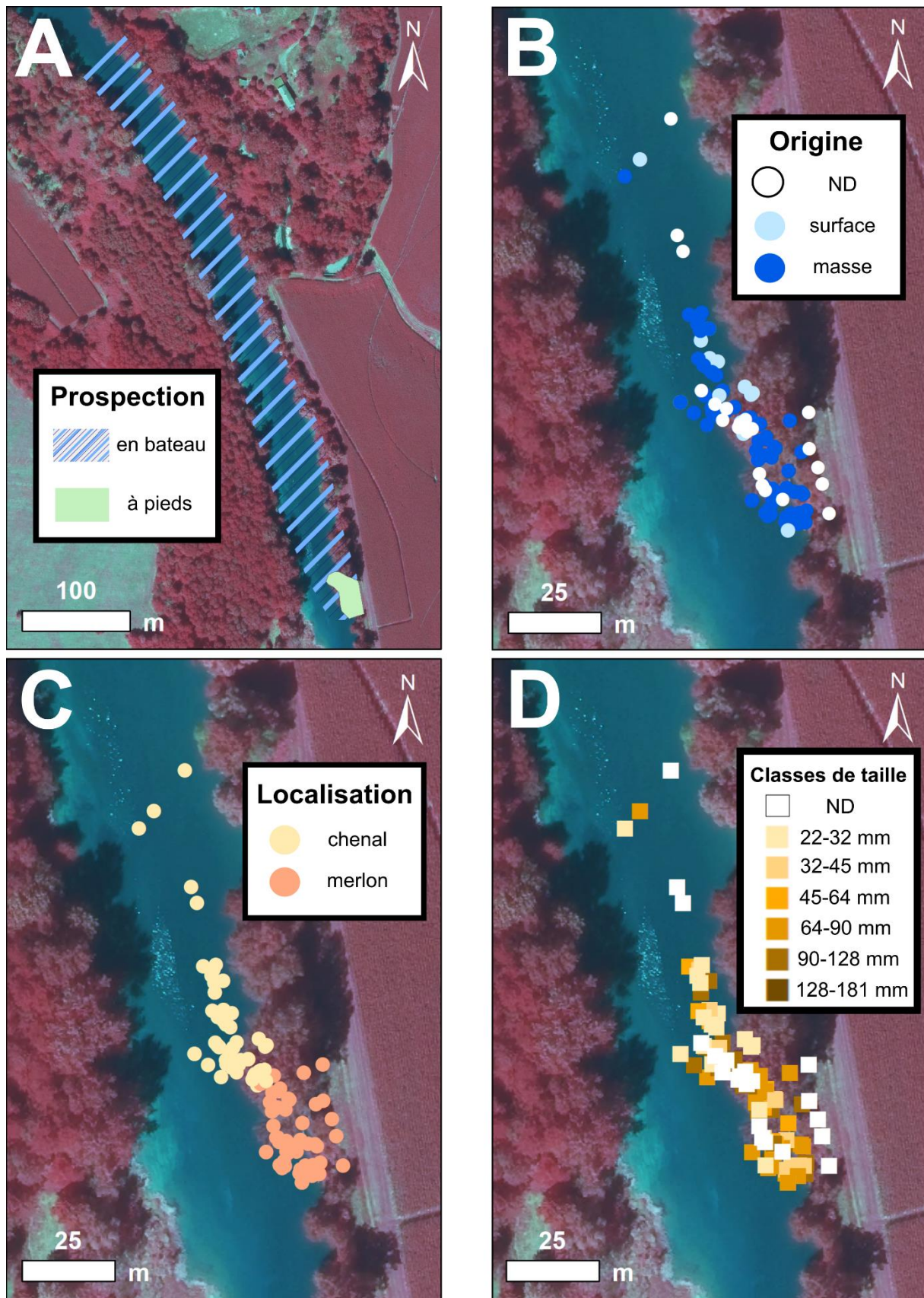


Figure 9. Cartographie des traceurs localisés au suivi N+1, avec en A – le type de prospection, B – l'origine des traceurs, C – leur localisation actuelle (encore sur le merlon ou dans le chenal) et D – leur classe de taille (axe b en mm).

3.4. Analyse de la remobilisation des traceurs

A partir de l'analyse des distances parcourues en fonction de la taille des particules (Figure 10), l'hypothèse de transport particulaire semble vérifiée. La distance décroît en fonction de la taille pour les distances maximales (en gris), les distances moyennes (en orange) et les distances médianes (en bleu).

A noter qu'un ressaut de la distance maximale parcourue pour la classe de taille 64-90 mm est observée. Celui-ci peut s'expliquer par le taux de retour plus important (31,9%), et donc peut-être par le fait que les particules plus grossières s'enfouissent moins facilement que les plus petites et qu'elle compose majoritairement la couche dite « d'armurage mise en place par la rivière lors de la décrue.

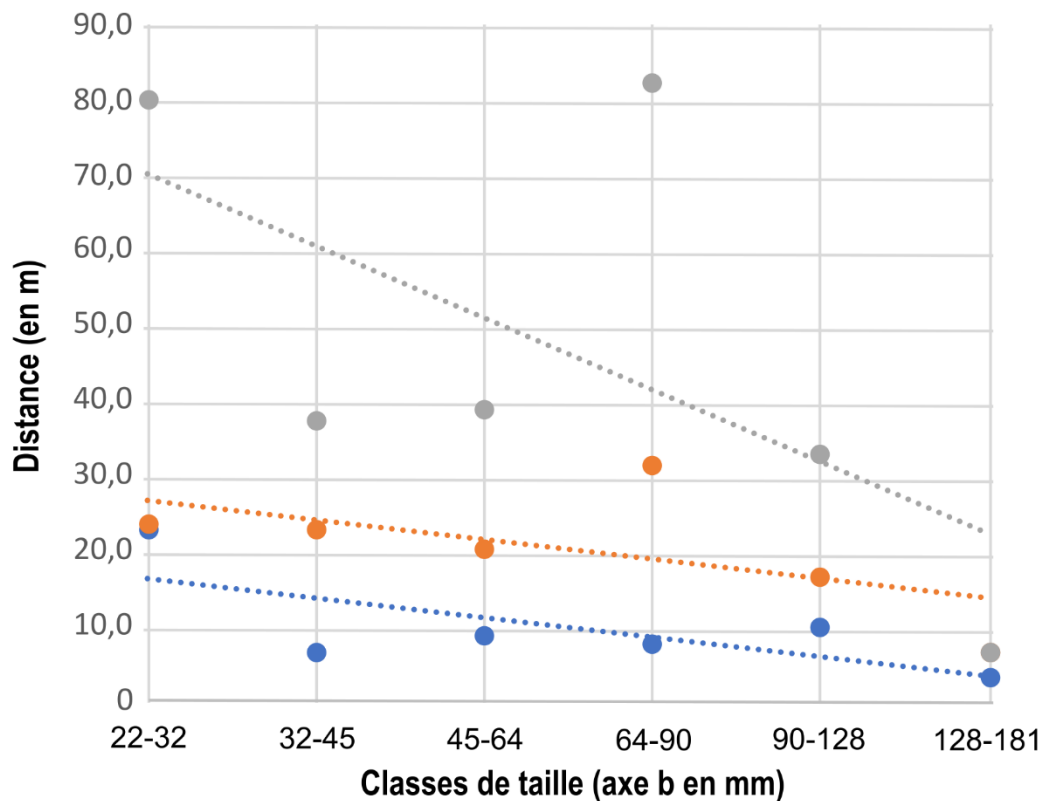


Figure 10. Distances (en m, avec moyenne en orange, médiane en bleu et maximale en gris) en fonction de la taille des particules (axe b en mm).

Le transport sédimentaire qui a donc eu lieu lors des événements hydrologiques de faibles intensités enregistrés sur l'Adour semble particulaire et de faible intensité lui aussi.

Tableau 7. Récapitulatif des informations des traceurs injectés en 2023, et localisés-remobilisés en 2024 par classe de taille (*médiane et moyenne calculée à partir des galets ayant enregistré un déplacement significatif uniquement).

	Classes de taille (axe b en mm)							Total
	22-32 mm	32-45 mm	45-64 mm	64-90 mm	90-128 mm	128-181 mm	NA	
Particules injectées en 2023	80	81	70	69	85	10	-	395
Particules localisées en 2024 (N+1)	17	16	10	22	25	2	21	113
Taux de retour global (en %)	21,3	19,8	14,3	31,9	29,4	20,0	18,6	28,6
Nombre de particules remobilisées à N+1	13	5	4	5	15	1	11	54
Taux de particules remobilisées (en %)	16,3	6,2	5,7	7,2	17,6	10,0	-	13,7
Distance maximale (en m)	79,9	37,3	39,0	82,3	33,0	6,7	89,6	89,6
Distance médiane (en m)*	23,5	22,8	20,3	31,5	16,4	6,7	13,2	17,2
Distance moyenne (en m)*	23,0	6,7	8,6	7,7	10,0	3,3	14,1	23,7

4. Conclusions et perspectives

Le premier suivi (à N+1) a montré que malgré des épisodes hydrologiques de faible intensité, entre 15 et 30 % des sédiments déposés en merlon avaient visiblement été remobilisés par l'Adour.

Ces faibles épisodes ont probablement permis le sapement de la berge et donc l'effondrement, en partie, de la masse sédimentaire dans le lit actif.

A partir de ce premier suivi, il n'est pas encore possible de déterminer les seuils de mise en mouvement des particules, ni la distance parcourue en crue pour celle-ci.

Cependant, pour 113 particules, désormais incorporés dans le chenal, les prochains suivis pourront être pris en compte dans la détermination de la capacité de transport du fleuve (seuils et distances).

Enfin pour les prochains suivis, une attention particulière devra être apportée à la végétation, si celle-ci croît, et d'autant plus en l'absence d'épisode morphogène (Figure 11).



Figure 11. Photographie du merlon d'injection vu depuis l'amont en date du 13 août 2024.

5. Références bibliographiques

Géoportail (IGN) - <https://www.geoportail.gouv.fr/> (consulté le 30.08.2024)

HydroPortail – <http://hydro.eaufrance.fr/> (consulté le 30.08.2024)

QGIS - <https://www.qgis.org/> (consulté le 30.08.2024)

Remonter le temps (IGN) - <https://remonterletemps.ign.fr/> (consulté le 30.08.2024)

Boutault F., 2023. Rapport ADOUR installation. Mise en place d'un suivi sédimentaire permettant l'évaluation d'une injection réalisée en merlon sur l'Adour dans sa basse vallée

Observatoire de l'Eau du Bassin de l'Adour, 2006. Bulletin d'information sur l'eau dans le bassin de l'Adour. Numéro 34 – Novembre 2006. 4 pages.

Pipelier A., Gautier P., Liebig H. et Revaud J., 2021. Dossier de déclaration au titre du code de l'environnement : Restauration de la fonctionnalité d'un milieu humide en lit majeur de l'Adour. ECCEL ENVIRONNEMENT pour la Fédération des Landes pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques, 244 pages.