

PROGRAMME NATIONAL PONTS- Appel à projets « Ponts Connectés

POINT D'AVANCEMENT A FIN- 2022



Nom du projet : S.O.S.A

LE CONSORTIUM

Partenaires : QCSservices, DYNAOPT et COREDIA

Montant de la subvention :

	Dépenses Eligibles prévisionnelles	Montant maxi aide attribuée
QCSservices	128 200 €	51 280.00 €
DYNAOPT	96 758 €	48 379.00 €
COREDIA	174 000 €	87 000.00 €

OUVRAGES INSTRUMENTES

Pont de Lahontan (sur le gave de Pau) : instrumenté depuis le 4 avril 2022.

Instrumentation des (8)7 ouvrages restant réalisés a fin 2022 :

identifiant	RD	commune	type	fondations	Cours d'eau	Note IQOA
250-72	250	USTARITZ	PIBA	Profondes	La Nive	3
410-34	410	CAMBO LES BAINS	PIDP	Profondes supposées	La Nive	2E
665-04	665 ¹	VIELLENAVE DE NAVARRENX	PIOM	Superficielles supposées	Gave d'Oloron	3S
140-12	150	RIVAREYTE	PRAD	Superficielles supposées	Saison	2E
281-14	281	PARDIES	PIBA	Profondes supposées	Gave de Pau	2E
936-175	936 ²	NAY	Maçonnerie	Superficielles supposées	Gave de Pau	2
947-91	947	ORTHEZ	Maçonnerie	Superficielles supposées	Gave de Pau	2
810-55	810	BAYONNE	Caissons précontraint	Caissons précontraint	Adour	2
501-	501	LESCAR			Gave de Pau	

¹ Ouvrage abandonné car détruit à l'automne 2022

² Ouvrage abandonné car des travaux de réfection du seuil et de la passe à poissons ont modifié toute la morphologie autour de l'ouvrage et empêché la pose des équipements

RAPPEL DU PROJET

Le phénomène d'affouillement est une des causes importantes de destruction des ouvrages d'art notamment lors de fortes crues.

Bien que les mécanismes en jeu sont connus et malgré le suivi régulier des ouvrages, il reste très difficile d'anticiper l'impact de ce phénomène (dont la vitesse et l'amplitude sont excessivement variables dans l'espace et le temps) sur ces derniers

Par conséquent, il est opportun de développer, en complément de « l'Analyse de Risque des ponts en site affouillable » proposée par le CEREMA, un système (ou un outil) de suivi en continu, connecté, du phénomène d'affouillement au droit des ouvrages à risques afin de pouvoir mener une gestion préventive et sécuritaire de ces derniers.

Le projet a pour objectif de mettre au point une solution complète de suivi des ponts sensibles au phénomène d'affouillement comprenant une instrumentation connectée à une plateforme qui, lors du dépassement de seuils (ces derniers étant à déterminer dans le cadre de l'expérimentation), déclenchera un "système d'information" permettant au gestionnaire d'adapter l'utilisation de son ouvrage avant maintenance voire confortement !

Le projet recourt à l'utilisation de technologies matures (instrumentation connectée, SIG, modélisation 3D, plateforme de gestion existante ou encore l'interférométrie satellite Radar...). C'est leur application au phénomène d'affouillement des piles et fondations de ponts qui mérite d'être investiguée. Par ailleurs, outre le développement d'un algorithme de classification des ouvrages à risques, il nécessite des modélisations d'ouvrages, des développements d'interface et une forte recherche bibliographique.

AVANCEMENT TECHNIQUE – POINT AU 31 DECEMBRE 2022

Du point de vue du parc d'ouvrages

L'analyse à l'échelle du bassin versant de l'Adour dans le département des Pyrénées Atlantiques, une première base de données du risque d'affouillement des ponts est en cours de finalisation. Le verrou des limites de lit majeur ayant été levé, la mise en œuvre des analyses automatisées a été réalisée. Elles sont présentées dans une nouvelle version du premier livrable.

Du point de vue morphologique

L'analyse morphologique en 2D a été menée. Les résultats sont principalement présentés sur Lahontan (un atlas cartographique est réalisé, présentant les résultats sur l'ensemble des ouvrages, est également réalisé). Ce suivi de l'analyse sédimentaire à une échelle plus fine, en 2D et en 3D est réalisé par QCS Services

Il est à noter que le travail morphologique 2D et 3D a subi du retard suite à l'abandon des mesures sur le pont de Nay. Proche de nos locaux, cet ouvrage avait été sélectionné pour le potentiel d'observations régulières pouvant être mené. Des travaux (qui n'avaient été portés à notre connaissance) de modification du seuil, de la passe à poisson, la circulation du dumper dans le Gave pour le déplacement et la récupération des matériaux en amont de l'ouvrage, ont rendu caduques toutes nos observations.

Cette phase se poursuit. Elle couple des mesures numériques à partir de documents (photographies aériennes, bathymétries, profils en long et en travers, analyse de la composition des berges et des bancs de graviers), de la mesure sur le terrain (granulométrie, et observations et relevés GPS des bancs de graviers) après les crues. Des levés GPS sont prévus avant les crues de printemps, pour mesurer les écarts avec la crue de janvier 2023

A partir des données, une reconstitution en 3D de la forme des bancs dans le lit mineur est en cours d'expérimentation sur chacun des ouvrages sélectionnés. En couplant par la suite la vitesse de déplacement des bancs (hors crue, et avec crue) avec la forme du lit, la forme des bancs et des berges, l'objectif est de prédire les périodes de plus grand danger pour les ouvrages.

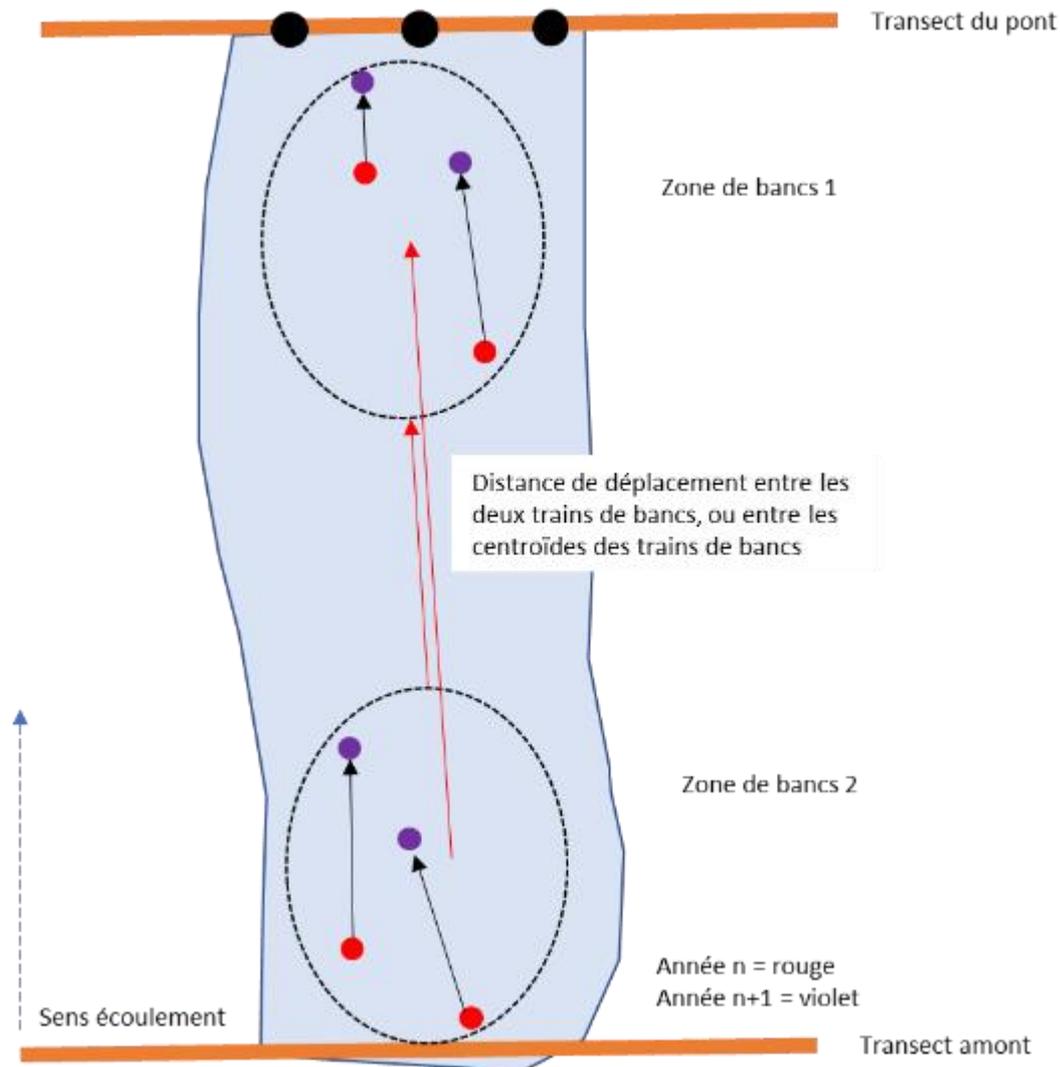
Les paramètres étudiés et les résultats atteints

Paramètre	Acquisition manuelle	Acquisition automatique
Orthophotographies en vraies couleurs	Ok	Ok Méthode devant être adaptée aux photographies
Orthophotographies en Infra-Rouge	Ok	Ok
Tracé des berges	Ok	Ok sur IR ³
Tracé de l'axe médian d'écoulement	Modification de tracés	BD nationales
Tracé des axes d'écoulement entre bancs	Ok	Reste à valider
Largeur au miroir	Ok	Ok
Tronçons et segments	Ok	Ok
Délimitation des bancs exondés	Ok	Ok
Délimitation des BMI ⁴	Ok	Encore à affiner
Délimitation des bancs profonds	Ok	Encore à affiner
Localisation des barres amont de bancs	Ok	Non opérationnel
Délimitation des zones en végétalisation	Ok	Ok
Délimitation des zones en dévégétalisation	Ok	Ok
Vitesse de transfert des sédiments	Ok	Encore à paramétrer
Déplacement de centroïde de bancs	Ok	Ok
Déplacement des zones de trains de bancs	Ok	A mettre au point
Déformation des bancs (calculs)	-	Ok
Mesures entre les bancs amont et aval et les ouvrages	Ok	Comparaison bloquée par verrou technique
Codification des bancs	Ok	Verrou technique lié aux fusions/fractionnement des bancs
Déplacement amont-aval des centroïdes	Ok	Ok
Déplacement latéral des centroïdes	Ok	Ok
Déplacement de l'axe du cours d'Eau	Ok	Possible mais création du paramètre à comparer avec les piles et culées à construire
Indicateur de sollicitation	A mettre au point	A mettre au point
Mesure de resserrement du lit mineur	Ok	Ok
Mesure d'élargissement du lit mineur	Ok	Ok

³ Image Infra Rouge

⁴ Bancs moyennement immergés à l'étiage

Analyse de l'état des berges (matériaux, occupation ou non)	Ok	Problèmes d'interprétation colorimétrique
Potentialité de recharge solide le long du cours d'eau	Méthode à mettre au point	Méthode à mettre au point



Exemple de processus d'analyse de déplacement annuel par train de bancs

En rouge et en violet, les centroïdes des bancs (dont les contours ne sont pas matérialisés).

Les problématiques rencontrées et les verrous techniques non levés

Un certain nombre de verrous reste à lever :

- La désignation des bancs de graviers afin de réaliser leur suivi au fil du temps. La facturation et la fusion de portions de bancs rends difficile pour le moment cette réalisation ;

- La création d'indicateur mêlant à la fois le déplacement des bancs, et celui de l'axe d'écoulement en période des eaux banales n'a pas encore été solutionné ;
- L'application des méthodes sur les petits cours d'eau qui reste à ce jour non résolue. En dessous de 40 m de large, les analyses numériques se heurtent au ratio entre ombre portée des arbres et largeur du cours d'eau.
- Les images satellites Maxar apparaissent bien plus fines que les orthophotographies de l'IGN, mais son payantes. Or sur ces images il est beaucoup plus facile de distinguer les bancs, les seuils, les variations de profondeur du lit mineur ce qui en ferait un avantage.

Retour d'expérience sur une destruction de pont par problématique d'affouillement dans le département



Pont d'Igon (64) durant la décrue du 10 janvier 2022

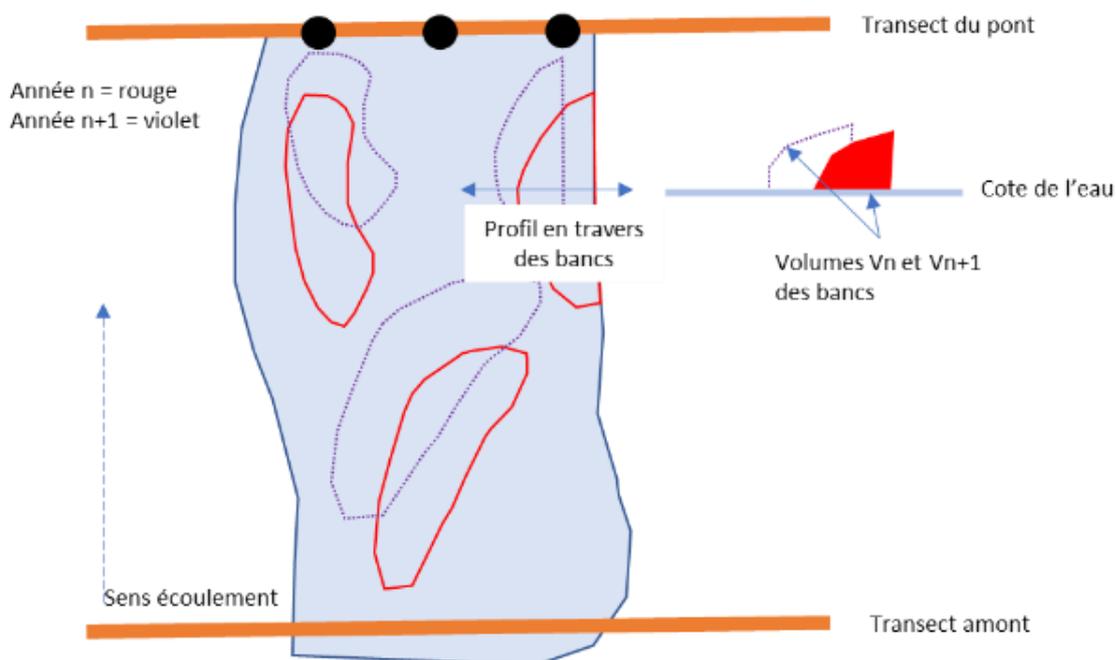


Vue aval de l'ouvrage (et du sapement du pied de la pile), en direction de l'amont du cours d'eau

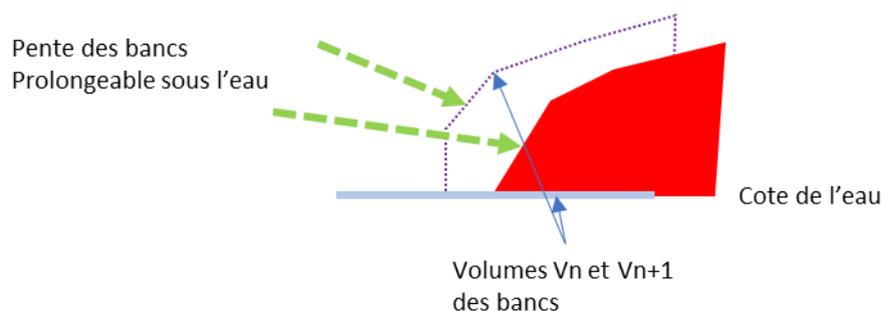
Démarrage des actions de Passage à la 3D

Un certain nombre de travaux ne sont pas encore présentés dans les rapports livrés car ils ne sont pas finalisés. Le passage de la 2D à la 3D est actuellement en cours, plusieurs pistes sont poursuivies, comme :

- L'analyse des pentes des bancs à partir du Lidar, ou de levés locaux à différentes périodes



Processus d'extraction volumique des bancs à partir d'un profil, cubature



Zoom sur l'extraction volumique à partir d'un profil en travers de 2 bancs à deux époques différentes

La pente des bancs peut être extrapolée sous la ligne d'eau. Un gradient d'équilibre obtenu, soit à partir de profils en travers, soit par observation locale, soit par calcul de la pente à partir du Lidar.

- L'analyse de la variation des profils en long et en travers ;
- La reconstitution 3D du lit à travers l'ensemble de ces analyses ;
- Les calculs de puissance spécifique, de puissance spécifique critique ;
- Les analyses numériques de granulométrie à partir de photographies, l'objectif étant de construire des courbes granulométriques automatiques pouvant être utilisées dans les modèles.



Tentative de reconnaissance des graviers et de leurs dimensions via Basegrain de l'université de Zurich

Du point de vue de l'instrumentation

Le fait que les ouvrages aient été équipés en 3 phases (pour des raisons liées aux interventions du département sur les différents ouvrages) nous a permis de faire évoluer les prototypes de « scourmeter ». Les trois phases sont présentées dans les tableaux ci-après

<i>Pont(s)</i>	<i>Date d'intervention</i>	<i>Type d'instrumentation</i>	<i>Conclusion(s)</i>
Lahontan	4 au 8 /04/22	. Scourmeter V1 (cf. § évolution du	. Développement du scourmeter V2 (cf. § évolution du scourmeter et Tab.5)

		scourmeter et Tab. 4) . Clinomètres (Rion Tech horizontal standard) . Système d'acquisition DYNACAD 800 avec panneau solaire	. Changement des clinomètres. Changement du système d'acquisition pour un système moins encombrant.
--	--	--	--

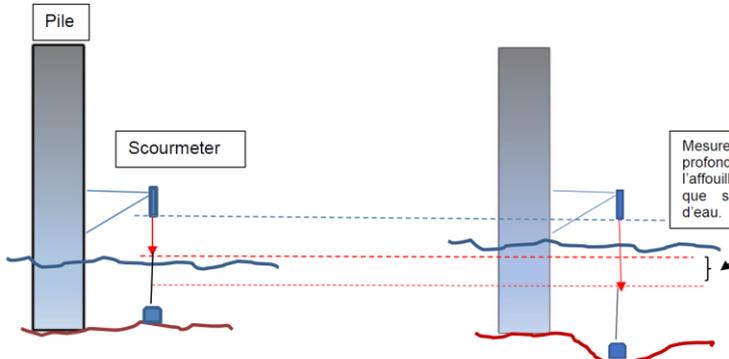
Mise en place des scourmeter V1

Pont(s)	Date d'intervention	Type d'instrumentation	Conclusion(s)
Orthez Pardies Rivareyte Cambo Ustaritz	1au 5/08/22	. Scourmeter V2 (cf. § évolution du scourmeter et Tab.5) . Clinomètres (Keynes) . Système d'acquisition DYNACAD Mini	. Evolution du scourmeter V2 vers V3 (cf. § évolution du scourmeter et Tab.6) pour mieux répondre à la mesure du paramètre « affouillement ».

Mise en place des scourmeter V2

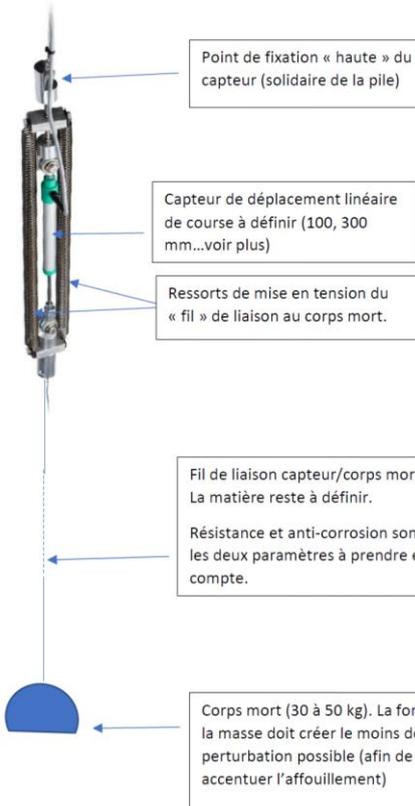
Scourmeter V1

Le principe du « scourmeter V1 » est la mesure du déplacement vertical d'une masse posée sur le lit de la rivière



Les « Scourmeter V1 » mis en œuvre (Pont de Lahontan) se composent :

- de capteur de déplacement linéaire (50 cm et 10 cm)
- Un corps mort sphérique (d'un poids d'environ 50 kg) et un câble de liaison entre le capteur de déplacement et le corps mort.
- Une mécanique de fixation à l'ouvrage.



- Point de fixation « haute » du capteur (solidaire de la pile)
- Capteur de déplacement linéaire de course à définir (100, 300 mm...voir plus)
- Ressorts de mise en tension du « fil » de liaison au corps mort.
- Fil de liaison capteur/corps mort. La matière reste à définir. Résistance et anti-corrosion sont les deux paramètres à prendre en compte.
- Corps mort (30 à 50 kg). La forme de la masse doit créer le moins de perturbation possible (afin de ne pas accentuer l'affouillement)

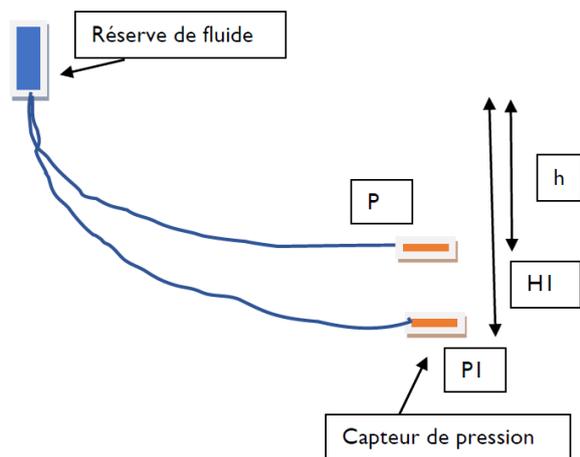
Scourmeter V2

Le principe du scourmeter V2 repose sur l'utilisation d'un capteur de pression et sur le principe physique suivant :

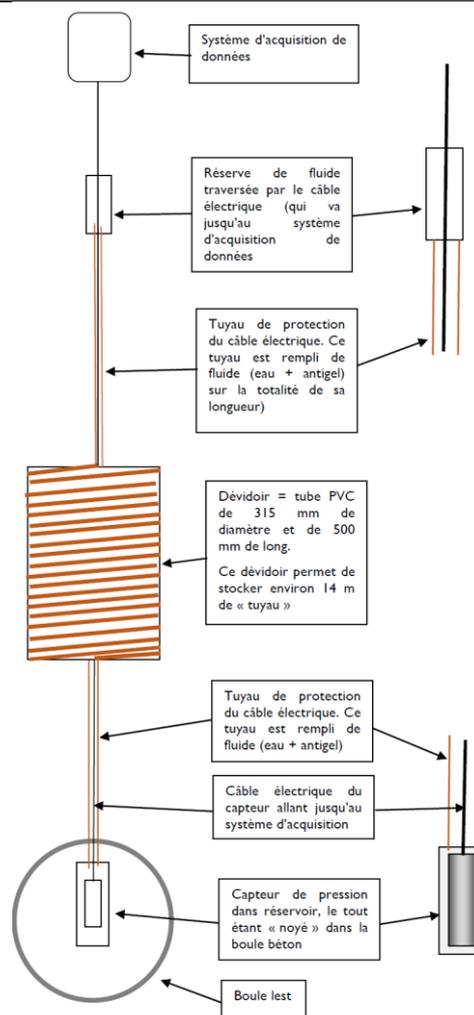
Au temps « t », la pression mesurée P est : $P = r \cdot g \cdot h$
 avec r : masse volumique du fluide et g (gravité) on en déduit h

Au temps « t1 », la pression P1 est $P1 = r \cdot g \cdot H1$

La variation altimétrique correspond donc à $H1 - h$



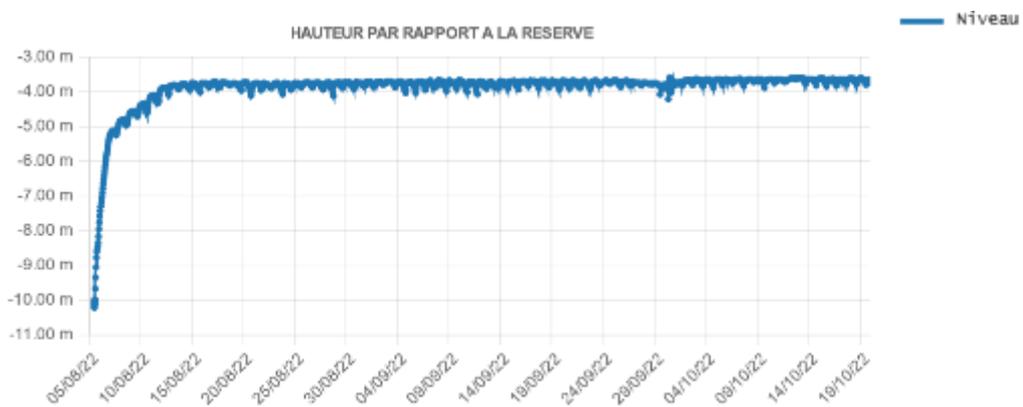
Pratiquement : un capteur de pression solidaire du lest posé sur le fond du lit de la rivière mesure la pression exercée par la colonne d'un fluide contenu dans un tuyau (qui contient également le capteur). Grâce à une « réserve de tuyau » contenue dans un dévidoir et à la capacité du capteur, la course de variation altimétrique du lest peut être pluri métrique





Scourmeter V1 à gauche, V2 à droite

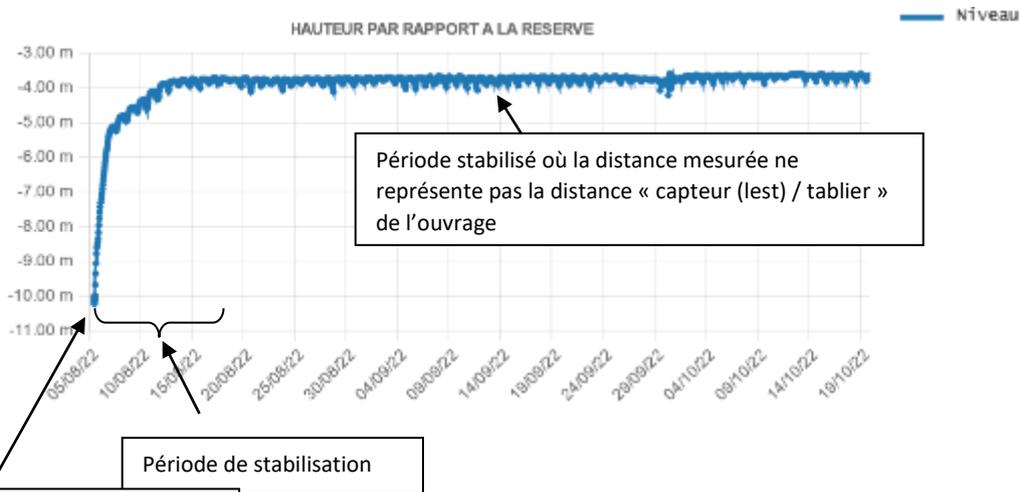
Ci-dessous, les graphes des enregistrements des mesures faites par le scourmeter V2 sur le pont de Cambo les bains. Ce type de graphe a été retrouvé sur tous les ponts équipés avec le scourmeter V2.



Enregistrement du scourmeter V2 posé sur le pont de Cambo les bains

On observe :

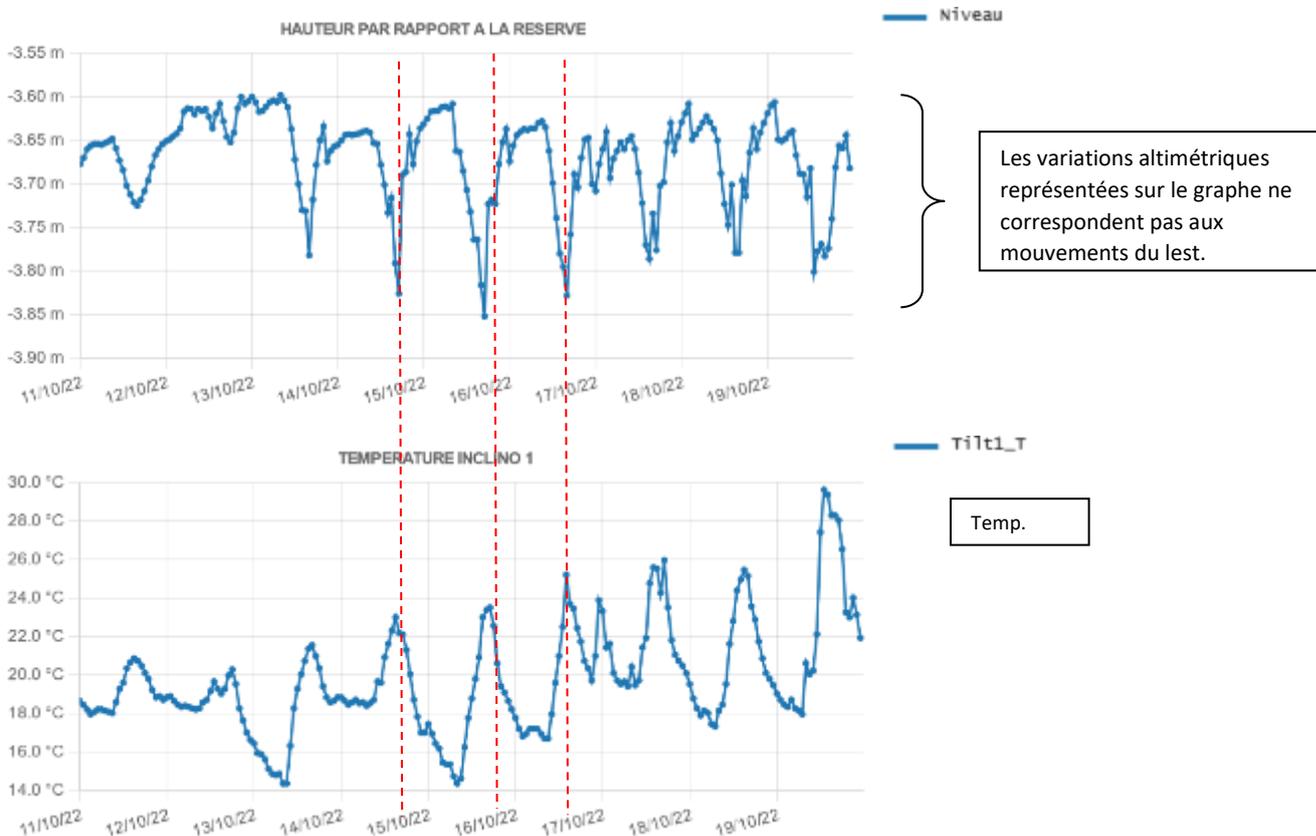
Distance du capteur / au tablier du pont. Cette distance semble diminuer sur une période de stabilisation



Mise en place du système

Phase de stabilisation du scourmeter V2

Si l'on zoome sur une période de la zone « stabilisée » et que l'on met en parallèle le relevé de la température ambiante, on observe :



Temp.

Enregistrement du scourmeter et de la température en période stabilisée

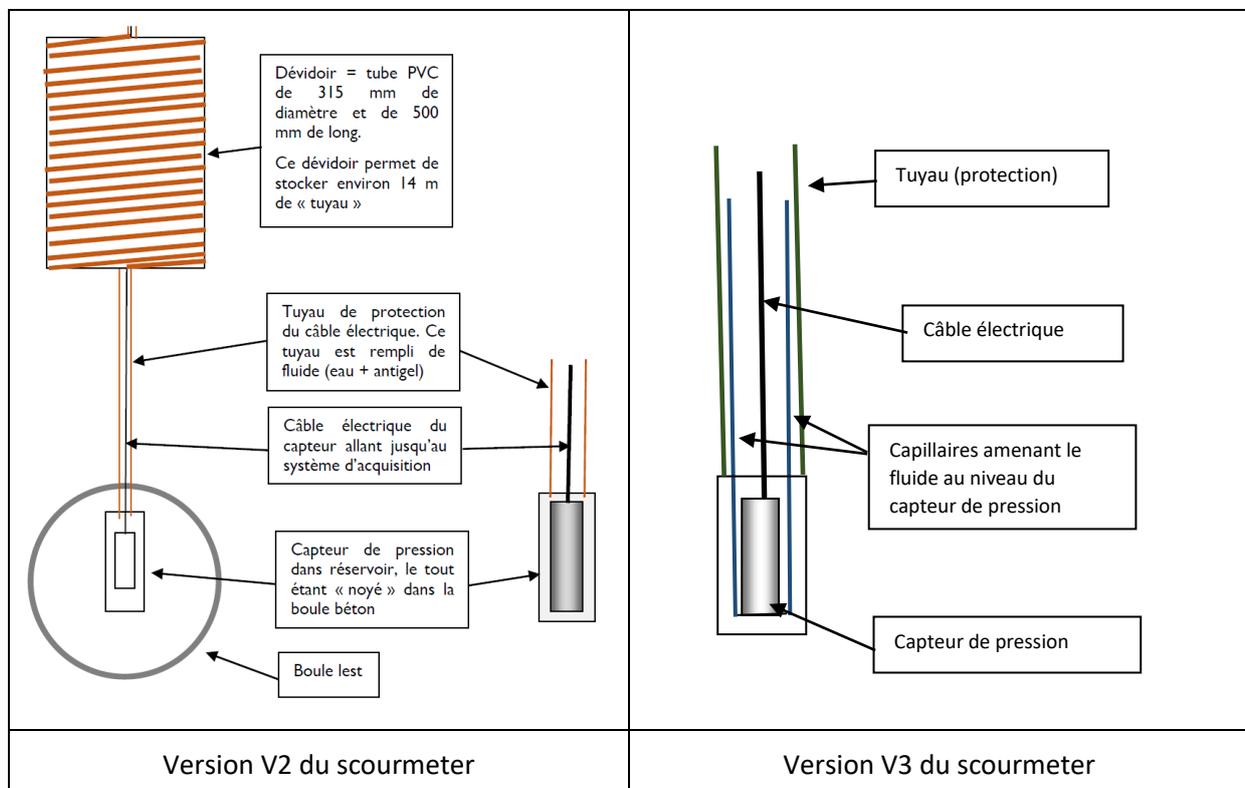
- Des variations de la pression, dès l'installation, indiquant une variation du niveau du fluide dans le tuyau ;
- des variations pluri centimétriques de ce qui devrait être la position du capteur (du lest) par rapport au tablier (une fois l'instrument stabilisé). Ces variations n'existant pas physiquement, elles sont liées principalement aux variations thermiques.

Ces observations ont mené à la réalisation de test dans nos ateliers et au passage à la version V3 du scourmeter.

Scourmeter V3

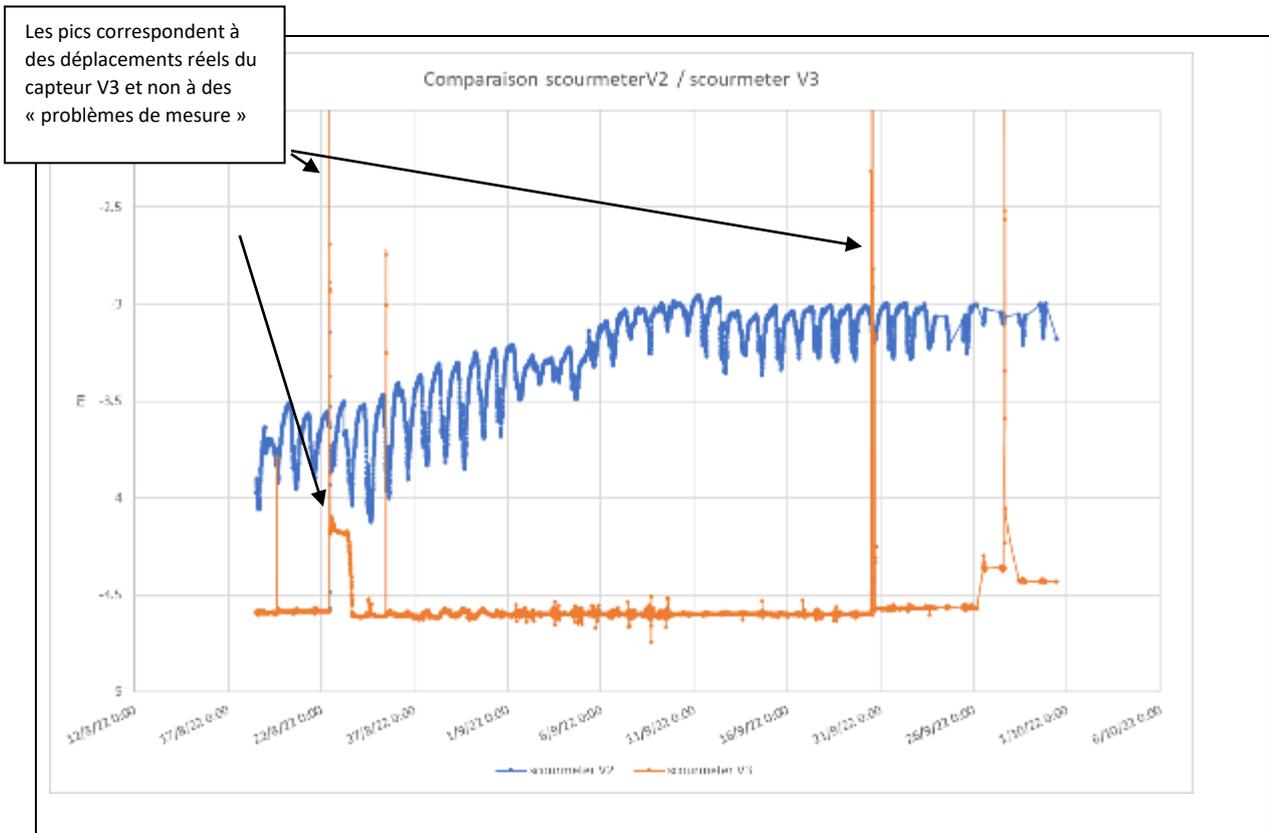
Le scourmeter V3 à consister à utiliser le capteur développé pour la mesure des tassements sous remblai et à solidariser ce capteur à la boule lest. La principale différence entre la version V2 et V3 est que (fig. 5) :

- Dans la version V2, le fluide remplit directement le tuyau qui contient le capteur,
- Dans la version V3, deux capillaires amènent le fluide au niveau du capteur. Le tuyau n'est plus qu'une protection.

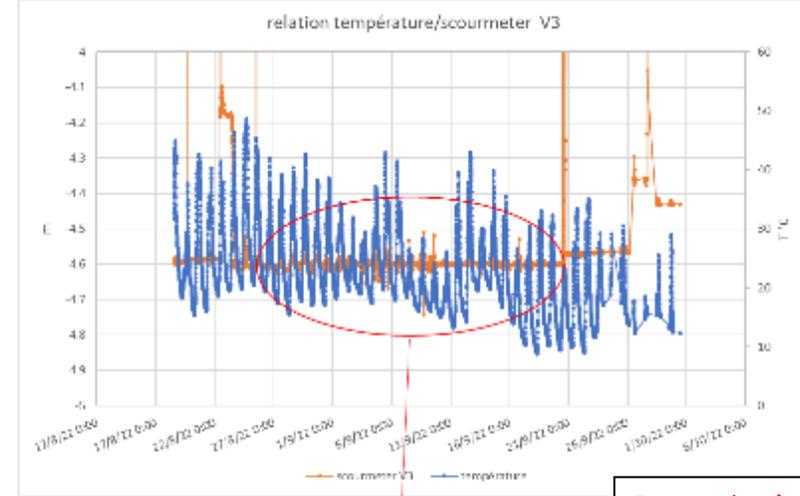
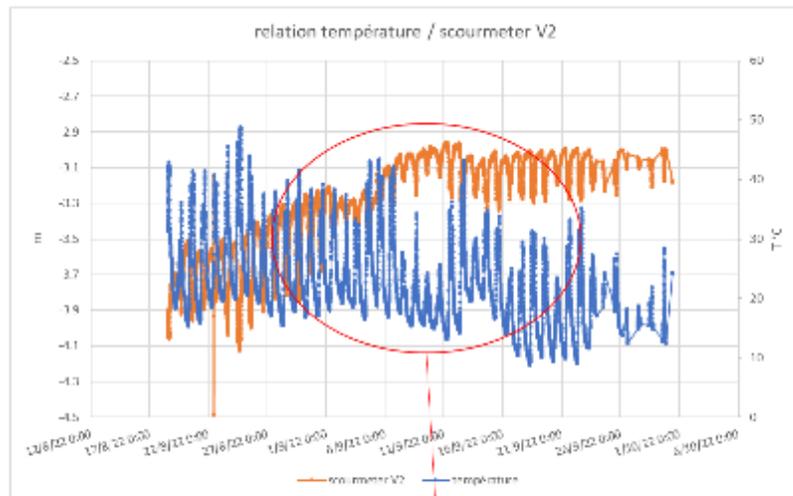


Différence de conception entre la version V2 et V3 du scourmeter

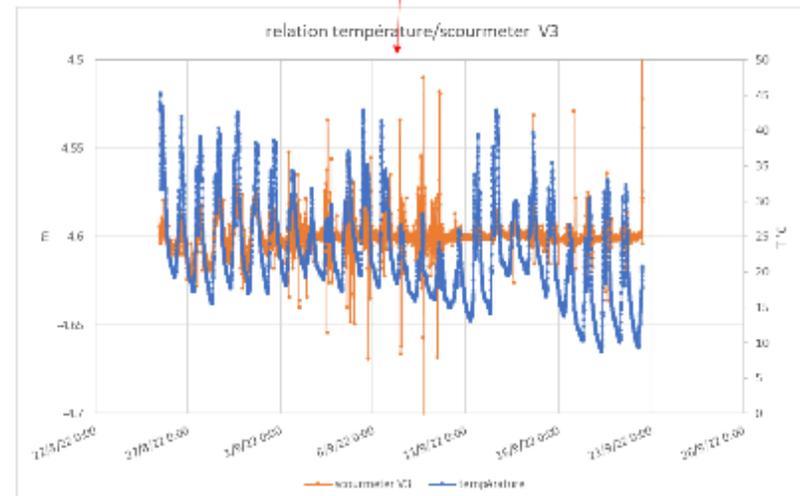
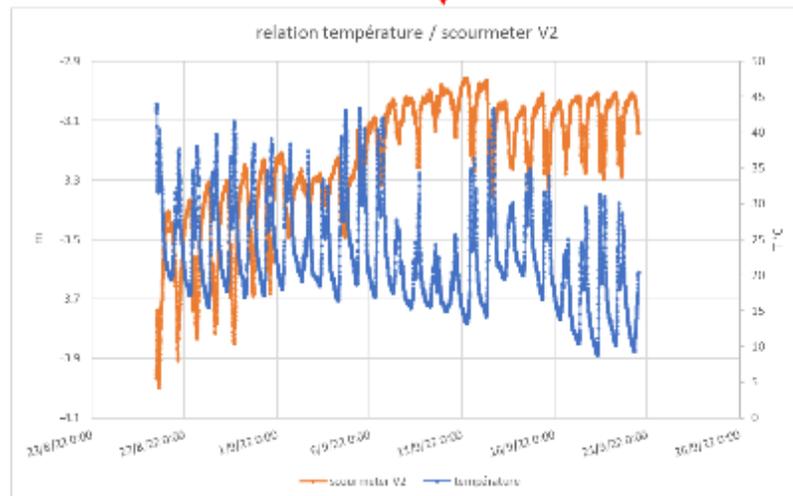
Afin de quantifier et visualiser l'impact du changement de «design», les deux version ont été installées, en parallèle, dans nos ateliers entre la mi-août et le début octobre 2022. Les graphes ci-dessous présentent les mesures effectuées pendant cette phase test (fig.6).



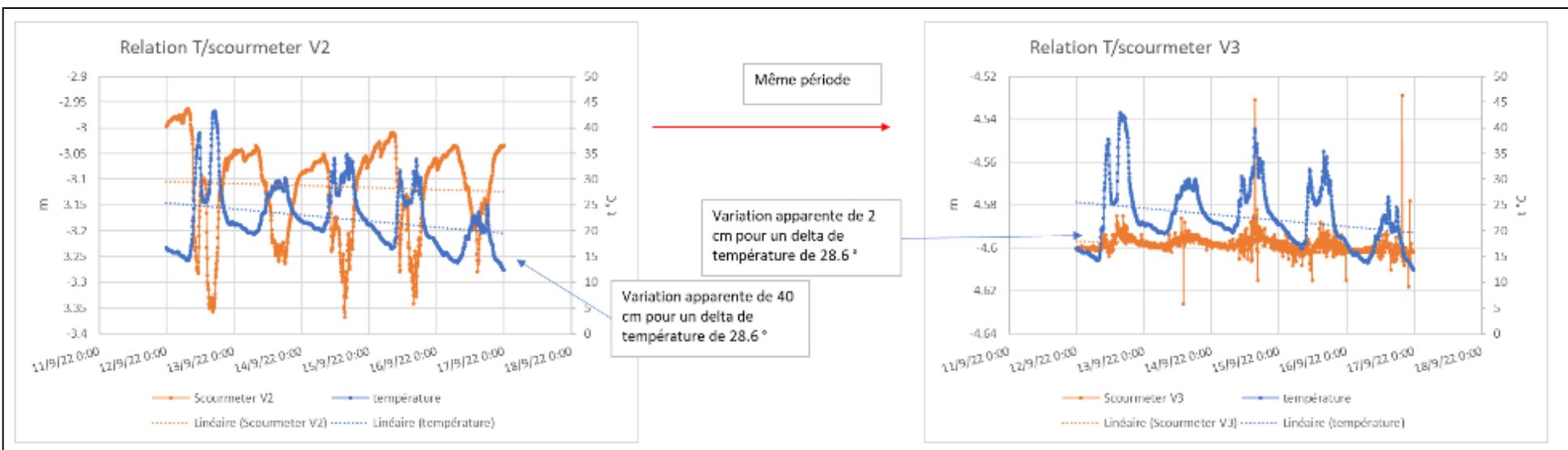
Comparaison des mesures des scourmeters V2 et V3, ces derniers étant mis en parallèle dans les mêmes conditions (période de mi-août à octobre 2022).



Zoom sur la même période



Relation température réponse du capteur V2 et V3 – L'impact des variations thermiques sur le système V2 et beaucoup plus important que sur le système V3



Une analyse détaillée de la réponse des deux systèmes montre que les variations de température provoquent des variations de volume du tuyau dans le cas de la version V2, ces variations provoquant des fluctuations du niveau du fluide dans le tuyau et donc des variations apparentes de la position du capteur. Dans le cas de la version 3, ces variations sont beaucoup plus faibles (et ne sont plus à l'échelle de ce que nous cherchons à détecter et mesurer)

Résultats des tests comparatifs entre la version V2 et la version V3 du scourmeter

Du point de vue de la plateforme INFRANUAGE

Les développements ont été réalisés et permettent pour chaque ouvrage faisant l'objet de suivi :

- Intégration dans la liste des ouvrages modélisés et sous surveillance ;

The screenshot shows the 'InfraNuage' web application interface. At the top, there are navigation tabs for 'Conception', 'Patrimoine', and 'Administration'. Below the navigation, there is a search bar and a table titled 'Ouvrages sous surveillance'. The table has columns for 'N° de l'ouvrage', 'Nom de l'ouvrage', 'Statut de l'ouvrage', 'N° de l'ouvrage', 'Centre de suivi', 'Lieu de l'ouvrage', 'Type de l'ouvrage', and 'Commentaire'. The table contains several rows of data, each representing a monitored structure with its respective details and status.

Liste des ouvrages sous surveillance avec les différentes actions possibles (en bleu et colonne de droite)

A noter la colonne de droite permettant de récupérer les seuils de pré-alerte et d'alerte.

- La définition des centrales et des capteurs associés. A noter la possibilité d'associer certains capteurs à des capteurs de température proches spatialement ;
- La possibilité de télécharger les seuils théoriques dans le cas où le pont a fait l'objet d'une modélisation ;
- La récupération et le stockage des données émises par les centrales et/ou capteurs et leur sauvegarde sur un serveur ;
- L'affichage des valeurs dans des tableaux faisant apparaître les seuils et les dépassements de ces seuils ;
- L'affichage des valeurs sur des graphes avec la possibilité de superposer jusqu'à 3 graphes différents (cf. ci-dessous).
- La production de graphes avec en abscisse la température et en ordonnée le paramètre suivi (rotation suivant X (RX), rotation suivant Y (RY), déplacement suivant Z...) et possibilité d'afficher la droite de régression linéaire correspondante (cf. ci-dessous).

Exemples du suivi des ouvrages sur la plateforme INFRANUAGE

Calcul des seuils

La descente des charges a été calculée et présentée dans le dernier rapport :

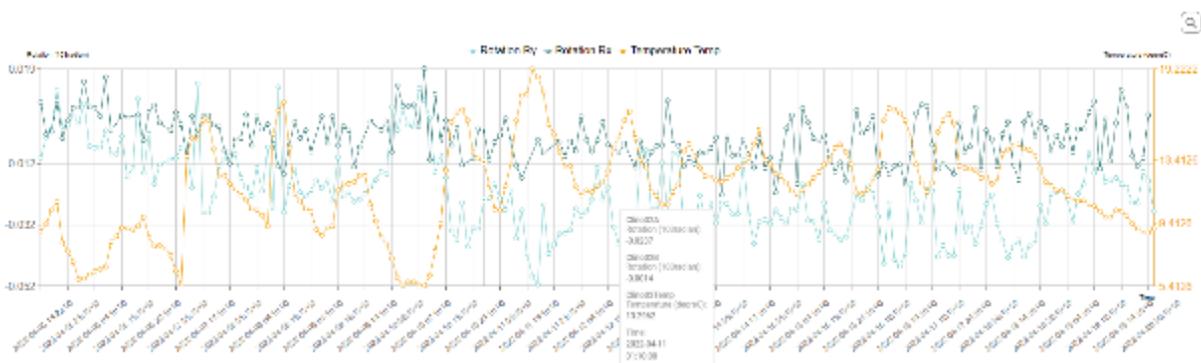
- Un 1^{er} calcul a été mené en considérant des fondations sur massifs conformément aux différents rapports des inspections aquatiques ;
- Un 2^{ème} calcul a été mené en considérant les fondations sur 2 files de 6 à 8 micropieux conformément aux documents d'exécution relatifs aux travaux de confortement des appuis et fondations menés en 2007.

Ce calcul n'a pas pris en compte les contacts et butées persistantes des massifs avec le sol, après réalisation des micropieux. Les résultats montrent des fondations très souples avec les seuls micropieux. Nous avons décidé - pour comparer les rotations théoriques aux rotations mesurées - de prendre en compte le cumul des raideurs des 2 systèmes de fondation avec $k_{total} = k_{massif} + k_{micropieux}$ (les micropieux viennent un peu raidir le système de massifs en butée).

Exemple pris sur la Pile P2

Des inclinomètres ont été installés en avril 2022. L'alimentation étant tombée en panne en mai 2022, les données sont limitées sur 1 mois environ.

Ces données sont intéressantes car elles couvrent une période où les variations de température diurnes observées ont été importantes. Par ailleurs, la pile P2 a été équipée et cette pile est assez éloignée du point fixe de l'ouvrage pour présenter des rotations d'appui théoriques, susceptibles d'être décelées par le capteur de rotation RY suivant l'axe longitudinale du pont.

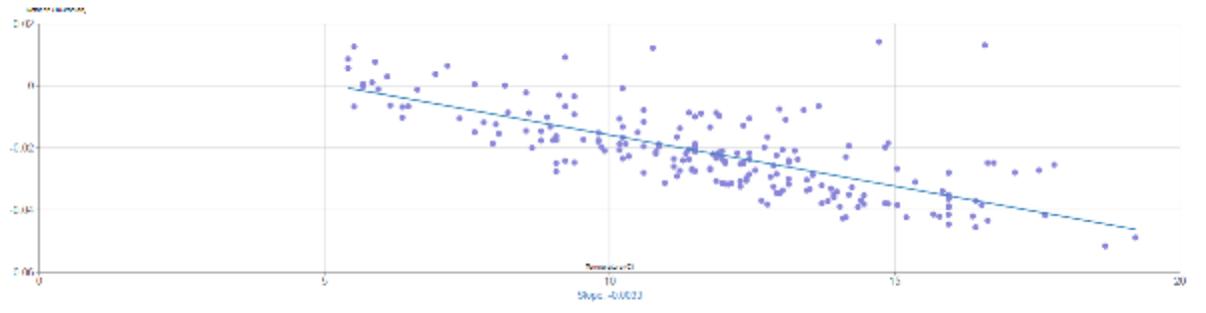


Variation des mesures fournies par les inclinomètres

L'analyse des résultats est la suivante :

- La courbe vert clair ci-dessus correspond aux rotations de la pile P3 suivant l'axe longitudinale du pont (RY) en fonction du temps (mesures toutes les heures) ;
- La courbe vert foncé ci-dessus correspond aux rotations de la pile P3 suivant l'axe perpendiculaire au pont (RX) en fonction du temps ;
- La courbe jaune ci-dessus correspond aux températures extérieures au niveau des inclinomètres sur pile P3 (Teta) ;
- la courbe $RY=f(t)$ est très corrélée (via une inversion de signe) à la courbe $Teta=g(t)$;
- les amplitudes des variations de la courbe $RY=f(t)$ sont plus importantes que celles de la courbe RX et sont bien corrélées aux amplitudes de la température.

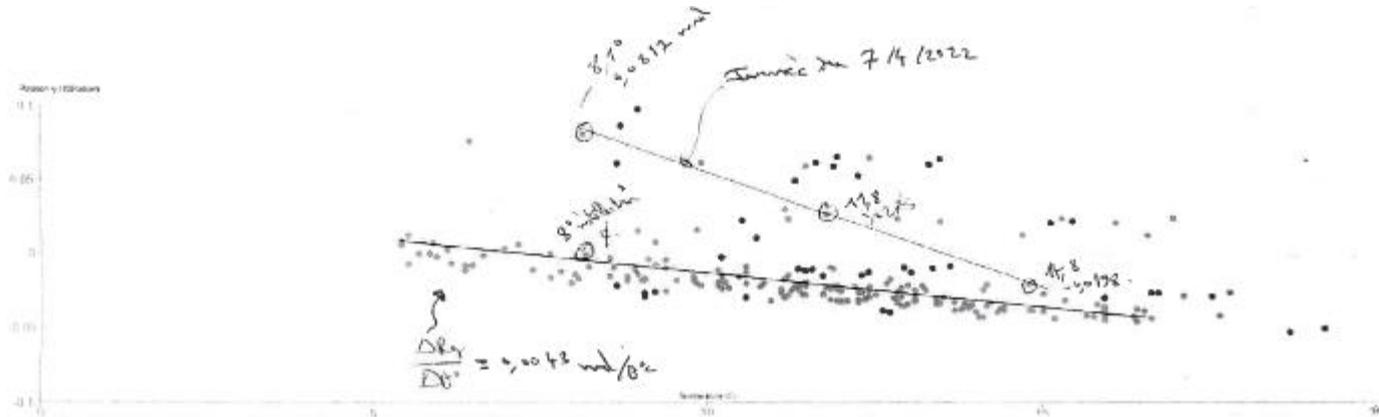
L'ouvrage étant droit et sur élastomère, les rotations RX théoriques sont nulles (on néglige les phénomènes de gradient transversal de température du tablier et des appuis). Les fluctuations correspondent à un bruit probablement lié à un manque d'isolation du capteur qui évolue aux grés de son échauffement propre.



Visualisation du nuage de points de l'inclinomètre RY fonction de la température

Le graphe ci-dessus représente l'ensemble des points $RY=f(Teta)$ (rotations longitudinales en fonction de la température). Sur cet ensemble de points, la régression linéaire donne une pente de $-0.0033 \cdot 10^{-3}$ radian/°C.

On voit des points assez éloignés de la droite de régression en partie haute du graphe. Ces points correspondent à des pics électriques non liés à la contraction-dilatation du pont. Si on écarte ces points, on obtient la régression linéaire ci-dessous.



Droites de régression à partir du nuage de points RY

La pente apparente de la droite de régression est alors de 0.0043 mrd/Teta°C

La pente théorique est calculée à partir des seuils :

- Pour les fondations sur massifs : $(RY \text{ max} - RY \text{ min})/\text{delta Teta}^\circ\text{C} = (0.603+0.5879)/70 = 0.017$ mrd/°C ;
- Pour les fondations sur micropieux : $(RY \text{ max} - RY \text{ min})/\text{delta Teta}^\circ\text{C} = (3.27+2.92)/70 = 0.088$;
- La souplesse en rotation résultante est alors $1/S=1/0.017+1/0.088$ soit $S=0.014$ mrd/Teta°C > 0.0043 (pente mesurée sur le graphe ci-dessus) ;
- La fondation théorique apparaît 3 fois plus souple (environ) que la fondation réelle ce qui peut s'expliquer par :
 - La butée majorée sur les massifs dans le calcul théorique selon la norme à 0.1 MPa est sans doute très sous-estimée ;
 - La présence d'enrochements n'est pas prise en compte (vient limiter les déplacements et rotations à la base des fûts).

On observe cependant très souvent de genre de ratio entre les rotations et/ou déplacements mesurés en tête de fondation et les rotations ou déplacements théoriques (2 à 3). On peut donc conclure que les rotations mesurées RY sont d'un ordre de grandeur similaire aux rotations théoriques.

En particulier, les seuils théoriques calculés permettent de fixer des limites cohérentes qui si elles sont dépassées génèrent une alerte. A noter que pour des températures très proches de la température d'installation (rotation RY zéro - origine), la sensibilité limitée de l'inclinomètre peut générer des rotations (bruit) au-delà des rotations théoriques d'alerte. Il peut être intéressant de calibrer ce bruit de

façon à augmenter les limites d’alerte autour du pont RY zéro : dans ce cas, on ne génère pas d’alerte inutilement.

Lignes par page: 25

Page 3 sur 15

Idéatic	Station	Valeur	Seuil théorique recalculé	Seuil	Valeur
1	3322-34-07-14-10-00	0.0248	-	0.0208	0.0208
2	3322-34-07-15-10-00	0.0142	-0.0208	0.0208	-0.0208
3	3322-34-07-16-10-00	0.024	-	-	-0.0208
4	3322-34-07-17-10-00	-0.023	0.0262	0.0262	0.0208
5	3322-34-07-17-30-00	-0.025	0.0262	0.0262	0.0208
6	3322-34-07-17-50-00	0.0218	-	-	0.0208
7	3322-34-07-18-10-00	-0.027	-0.0208	0.0208	-
8	3322-34-07-18-30-00	0.0294	-	-	0.0208
9	3322-34-07-18-50-00	0.0272	-	-	-0.0208
10	3322-34-07-19-10-00	0.0298	-	-	-0.0208
11	3322-34-07-19-30-00	-0.0228	-0.0208	0.0208	0.0208
12	3322-34-08-00-10-00	-0.0205	-0.0214	0.0214	-0.0208
13	3322-34-08-01-10-00	-0.0297	-0.0216	0.0216	-0.0212
14	3322-34-08-02-10-00	-0.0226	-0.0226	0.0226	-0.0208
15	3322-34-08-03-10-00	-0.0198	-0.0231	0.0231	-0.0208
16	3322-34-08-04-10-00	-0.0198	-0.0231	0.0231	0.0204
17	3322-34-08-05-10-00	-0.0228	-0.0247	0.0247	0.0206
18	3322-34-08-06-10-00	-0.0207	-0.0276	0.0276	0.0205
19	3322-34-08-07-10-00	-0.0206	-0.0277	0.0277	0.0206
20	3322-34-08-08-10-00	-0.0206	-0.0277	0.0277	0.0205
21	3322-34-08-09-10-00	0.0204	-	-	0.0205
22	3322-34-08-10-10-00	0.0204	-	-	-0.0205
23	3322-34-08-11-10-00	0.0204	-	-	-0.0207
24	3322-34-08-12-10-00	0.0213	-	-	-0.0212
25	3322-34-08-13-10-00	-0.0227	-0.0217	0.0217	-0.0205

Lignes par page: 25

Page 3 sur 15

Exemple de valeurs faibles mais dépassant les seuils théoriques recalculés (surlignage jaune)

Par ailleurs, la pente de la régression linéaire du graphe $RY=f(\text{Teta}^\circ)$ est un indicateur intéressant qui s’il augmente est caractéristique d’une souplesse en rotation apparente de fondation qui augmente qui peut être caractéristique d’un sol de fondation qui évolue (affouillement).

Il peut être également le signe en cas de variation, d’un déplacement du point fixe lié à des affouillements sur d’autres appuis.

A noter que sur cet ouvrage, la pile P2 est à priori la pile la plus exposée au risque d’affouillement. La pile P2 coïncidant avec le point fixe de l’ouvrage, aucun mouvement significatif de la pile n’est lié à la température. En conséquence, la détection d’affouillements sur cette pile à partir d’inclinomètres sur la pile n’est pas possible. (Bien sûr un petit mouvement de la pile lié à un phénomène d’affouillement se traduira par des pics de rotations visibles mais malheureusement sans doute trop tard pour intervenir en confortement avant la ruine de l’ouvrage).

A noter que des inclinomètres ont été positionnés en sous face de tablier. Les rotations décelées sont faibles et manifestement liées au phénomène de gradient thermique. Ces inclinomètres peuvent donner des renseignements sur des tassements d’appuis mais pas sur la détérioration des conditions de butée préalables aux tassements.

Interprétation des rotations fournies par les inclinomètres entre novembre 2022 et janvier 2023

De nouveaux inclinomètres ont été installés.

Les différences de température diurnes moins élevées ne permettent plus pour le moment de mettre en évidence les rotations des appuis sous température.

A. BOURG-CHAMPELLE

Lignes par page: 25 Page 1 sur 15

Cofis	Date/Heure	Rotation (µrad/m)		Température (°C)		Rotation (µrad/m)	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max
1	2022-04-05 15:10:00	0.1140	-	0.2105	-	0.4314	-
2	2022-04-05 15:27:00	0.2117	0.2141	0.2104	0.2141	0.4324	0.4324
3	2022-04-05 16:13:00	0.0758	-	0.2114	-	0.4319	0.4319
4	2022-04-05 16:13:00	0.3054	0.3073	0.2120	0.2173	0.4305	0.4305
5	2022-04-05 17:10:00	0.0185	-	0.2128	-	0.4371	0.4371
6	2022-04-05 18:10:00	-0.3003	-0.3029	-0.0215	0.0029	13.2275	13.2275
7	2022-04-05 18:23:00	0.0242	-	0.2100	-	13.5149	13.5149
8	2022-04-05 19:10:00	0.0122	-0.3067	0.2105	0.2147	13.7143	13.7143
9	2022-04-05 20:10:00	0.1010	-	0.2114	-	11.1194	11.1194
10	2022-04-05 21:10:00	0.1154	-	0.2119	-	0.2116	0.2116
11	2022-04-05 21:13:00	0.0031	0.2104	0.2107	0.2104	0.3144	0.3144
12	2022-04-05 20:10:00	0.0035	0.2103	0.2121	0.2103	7.6345	7.6345
13	2022-04-05 20:10:00	0.0030	-0.2102	0.2102	0.2102	0.5147	0.5147
14	2022-04-05 21:10:00	1.0170	-	0.2106	-	0.2121	0.2121
15	2022-04-05 20:10:00	0.0011	-0.2104	0.2104	0.2104	0.3126	0.3126
16	2022-04-05 20:10:00	0.0177	-0.2107	0.2107	0.2107	1.3109	1.3109
17	2022-04-05 21:10:00	0.2104	0.2104	0.2104	0.2104	1.1104	1.1104
18	2022-04-05 21:10:00	0.2104	0.2104	0.2104	0.2104	0.3104	0.3104
19	2022-04-05 20:10:00	0.2105	0.2105	0.2105	0.2105	0.4205	0.4205
20	2022-04-05 21:10:00	0.0780	-	0	-	0.4175	0.4175
21	2022-04-05 20:10:00	0.0275	-	0.21	-	0.4700	0.4700
22	2022-04-05 20:10:00	-0.2102	-0.2102	0.2102	0.2102	0.6206	0.6206
23	2022-04-05 19:10:00	0.2100	-	0.2108	-	7	7
24	2022-04-05 19:10:00	0.2107	-	0.2108	-	1.2107	1.2107
25	2022-04-05 19:10:00	0.2104	0.2104	0.2104	0.2104	0.2104	0.2104

Affichage des valeurs seuils

AVANCEMENT FINANCIER AU 31 DECEMBRE 2022

A la fin décembre 2022 :

QCSservices : la facturation des prestations représente un montant de 41 024,00€ € pour l'analyse morphologique ;

DYNAOPT : la facturation des prestations d'instrumentation et de suivi représentent un montant de 24 189,50 € ;

COREDIA : la facturation des prestations représente un montant de 43 500,00€.

Soit un total de 93 329,50 €.

PERSPECTIVES D'AVANCEMENT TECHNIQUE A MI 2023

Morphologie

L'analyse 3D sera menée. Elle a pour objectif de fournir des informations volumétriques à l'approche de déplacement. Cet objectif permettrait d'estimer les transferts de volumes autour de l'ouvrage et de définir des seuils de mise en danger (une vitesse plus lente et un volume faible en amont accompagnés d'un déplacement rapide avec un volume important en aval pouvant signifier un bilan sédimentaire négatif autour des piles et culées pouvant être à l'origine de la fragilisation de ces dernières en crue).

Une tentative de reconstitution 3D autour du pont d'Igon peut être tentée. Mais le cours d'eau est de petite taille (ceci pourrait permettre de tester les limites de la méthode).

Exploitation de lidar disponibles, si le Lidar HD est fourni sur une portion de territoire concernant nos ouvrages. Les fournitures initialement prévues pour le département des Pyrénées Atlantiques (par l'IGN) sont toujours en attente.

Les indicateurs de déplacement et de modification des formes devraient être conçus et intégrés dans Infranuage.

L'arbre décisionnel du choix des indicateurs et des fonctions à mettre en œuvre en fonction du cours d'eau devrait également être mis au point.

Une inconnue subsiste néanmoins. Les observations et mesures sur les bancs de gravier ayant démarré tardivement, un dépassement de date de fin est possible pour le projet, afin de traiter des données obtenues durant l'été 2023.

Instrumentation

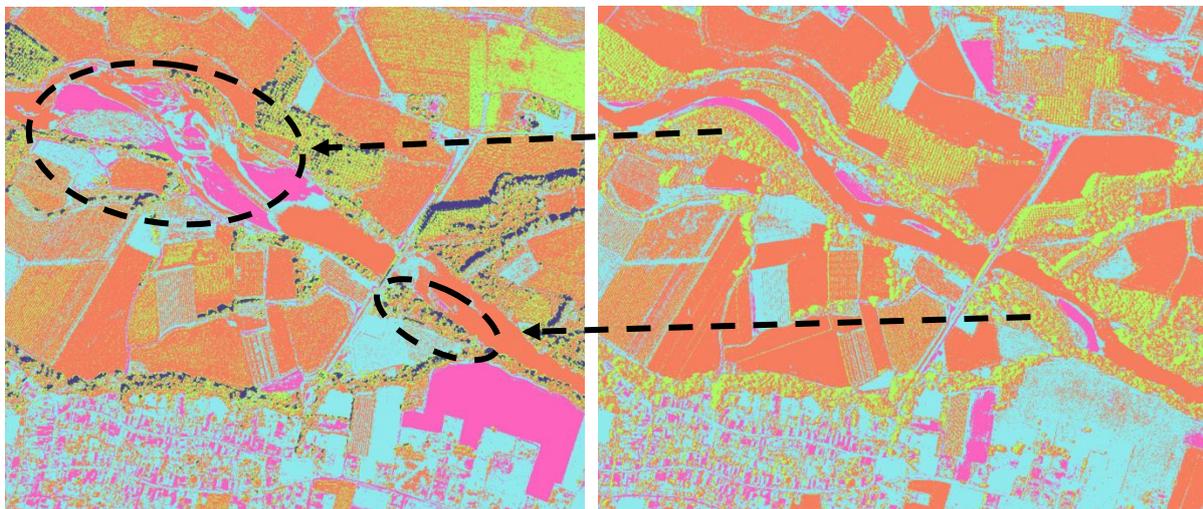
Le suivi des instruments se poursuit. La mise en place de protection d'isolation thermique des inclinomètres, ainsi que des améliorations sur les capteurs des scourmeters sont prévus.

Infranuage

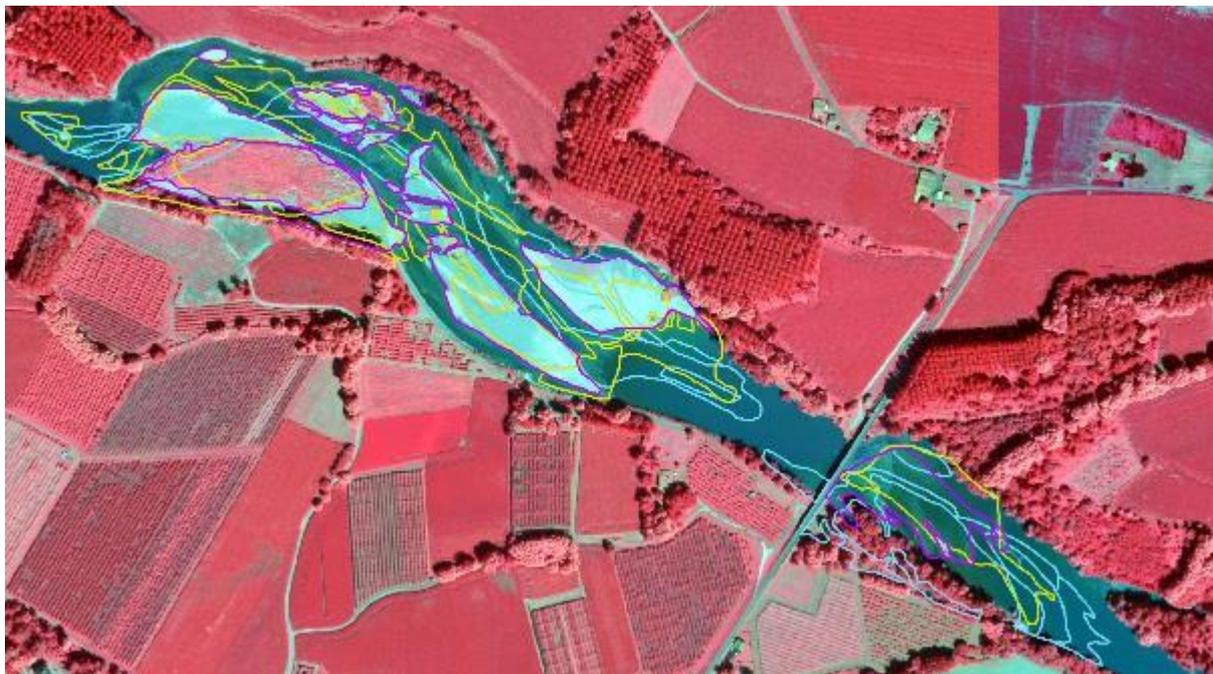
Les intégrations des nouvelles données fournies par les instruments et les mesures, et analyses morphologiques seront poursuivies.

QUELQUES ILLUSTRATIONS COMPLÉMENTAIRES

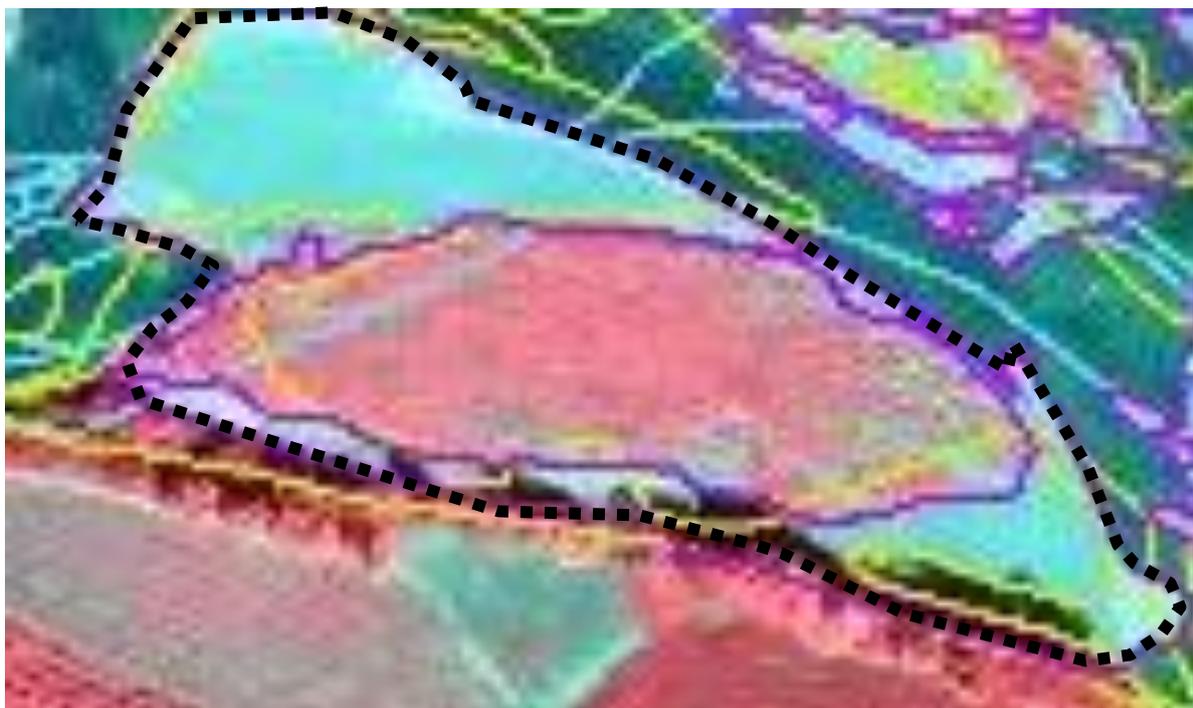
Analyse des formes morphologiques autour du pont de Lahontan.



Comparaison des tracé du lit mineur, 2018 (g), 2012(d). En violet, les bancs de graviers, le cours d'eau est en rouge, la partie des bancs encore sous l'eau en bleu. En pointillés des zones fortement érodées liées probablement au passage de la crue de 2013.



Délimitation des bancs de 2012, 2015, 2018, fond de plan de 2018.



Zoom sur une portion d'île en partie dévégétalisée lors de la crue de 2013



Figure 1 : Vue de profil (en long) du banc de graviers précédent, avec visualisation de la dune



Visualisation de barres amont et aval de bancs, IGN, 2006

Les lignes pointillées, matérialisent ces barres qui vont structurer les écoulements en période d'eaux banales.



Vue du banc en amont du pont de Lahontan



Variation granulométrique de la partie submergée d'un banc de graviers, armage sur Lahontan



Vue de l'instrumentation du pont (Scourmeter V2), Ustaritz



Pose des instruments sur le pont de Lescar