



HAL
open science

Evaluation des stocks de sédiments fins au sein des retenues inhérentes aux barrages avant et après l'APAVÉR de mai 2021. OSR6 | Axe A - Action A3.2 | Rapport scientifique final

Thierry Winiarski, Anne Weit, Thierry Fretaud, Frederic Laplace, Brice Mourier

► **To cite this version:**

Thierry Winiarski, Anne Weit, Thierry Fretaud, Frederic Laplace, Brice Mourier. Evaluation des stocks de sédiments fins au sein des retenues inhérentes aux barrages avant et après l'APAVÉR de mai 2021. OSR6 | Axe A - Action A3.2 | Rapport scientifique final. [Rapport de recherche] ENTPE. 2022. hal-03750524

HAL Id: hal-03750524

<https://hal.science/hal-03750524>

Submitted on 12 Aug 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Observatoire
des Sédiments
du Rhône

Evaluation des stocks de sédiments fins au sein des retenues inhérentes aux barrages avant et après l'APAVÉR de mai 2021

Evaluation des stocks de sédiments fins au sein des retenues inhérentes aux barrages avant et après l'APAVER de mai 2021

Rapport scientifique final

Version du 08 avril 2022

Observatoire des Sédiments du Rhône – 6ème programme d'action

Axe A. Comprendre le fonctionnement hydrosédimentaire du fleuve

Action A3. Sédimentation des fines dans le lit, les retenues de barrage et les marges alluviales

Sous Action A3.2. Evaluer les stocks de sédiments fins au sein des retenues inhérentes aux barrages

Personnes impliquées

Thierry Winiarski (DR), ENTPE, Laboratoire LEHNA, équipe IAPHY

Anne Weit (Post doc), ENTPE, Laboratoire LEHNA, équipe IAPHY

Thierry Fretaud (Ingénieur), CNR.

Frederic Laplace (Technicien), CNR.

Brice Mourier (CR), ENTPE, Laboratoire LEHNA, équipe IAPHY

Pour citer ce rapport

Winiarski T., Weit A., Fretaud T. Laplace F., Mourier B. (2022). *Evaluation des stocks de sédiments fins au sein des retenues inhérentes aux barrages avant et après l'APAVER de mai 2021*. Rapport final. Observatoire des Sédiments du Rhône – 6^{ème} programme d'action. 19 p.

L'OSR est un dispositif animé par le Graie. Pour toute information vous pouvez contacter Bertrand Morandi (bertrand.morandi@graie.org)



Résumé

L'objectif de ce travail est d'évaluer les stocks de sédiments déposés dans la retenue de Génissiat et de Chautagne, suite à l'Abaissement PARTiel du barrage de VERbois (APAVER) du mois de mai 2021. La comparaison de profils géophysiques acquis par un sondeur de sédiment embarqué (Sub Bottom Profiler -SBP) avant et quelques semaines après l'événement, permet de montrer un dépôt non négligeable de sédiments. De plus, la méthode a permis de souligner des phases érosives plus anciennes (dragages, crues), des différentiels de sédimentation, des structures internes au dépôt, permettant, à terme, une interprétation efficace des phénomènes sédimentaires dans les retenues de barrage.

Mots-clés

Observatoire ; Sédiments ; Rhône amont ; Barrages ; Géophysique ; Génissiat ; Chautagne ; APAVER

Table des matières

1. Introduction.....	5
2. Matériels et méthode	6
2.1 Eléments de choix et principes.....	6
2.2 Déploiement de la méthode avant et après l'APAVER 2021.....	8
2.3 Localisation des profils	9
3. Résultats.....	12
3.1 Barrage de Génissiat.....	12
3.2 Barrage de Chautagne	14
4. Conclusion	17
5. Bibliographie	18

1. Introduction

La mise en place et la gestion des aménagements ont considérablement perturbé les régimes hydrologiques et sédimentaires des fleuves depuis 150 ans. Sur le Rhône, la présence de barrages de dérivation peut générer des stocks de sédiments qu'il faut alors gérer, et potentiellement remobiliser, dans un objectif de sûreté et de navigation. Sur le Rhône, un ensemble de barrages au fil de l'eau et de canaux de dérivation équipés d'usines et d'écluses ont été implémentés entre les années 1950 et 1986 dans le but de produire de l'hydroélectricité et de faciliter davantage la navigation. 19 barrages de la CNR sont installés, 18 de ces barrages sont des barrages au fil de l'eau (la majorité de dérivation) et un barrage à haute chute (Génissiat). La caractéristique des barrages de dérivation est que la quantité d'eau stockée et le temps de résidence des eaux sont relativement faibles, c'est-à-dire que le courant est maintenu. Ils présentent une basse chute et sont souvent couplés à une centrale hydro-électrique.

Un sujet très peu abordé concerne les sédiments accumulés en amont des barrages au fil de l'eau : bien que moins systématiques et volumineux que les sédiments des barrages-réservoir du fait de la relative « transparence sédimentaire », ces dépôts principalement situés sur les côtés du chenal sont susceptibles d'impacter le fonctionnement de l'ouvrage et constituent un enjeu émergent pour les gestionnaires concernés.

Dans le contexte du Haut Rhône, l'Arve charrie annuellement environ 700 000 m³ de sédiments, dont environ la moitié se dépose dans la retenue du barrage de Verbois (Suisse). Ces sédiments doivent être évacués pour prévenir les risques d'inondation dans le centre de Genève. C'est pourquoi tous les 3 à 4 ans, une opération d'Abaissement PARTiel de la retenue du barrage hydroélectrique de VERbois (APAVER) est menée conjointement par les exploitants industriels des barrages et centrales hydroélectriques situés sur cette partie du Haut-Rhône dans le cadre fixé par les autorités suisses et françaises. L'objectif est de faire transiter 1,2 million de m³ le plus loin possible sur le Rhône. Cette gestion mixte et concertée a pour objectif de faire transiter un volume contrôlé de sédiments, en essayant de minimiser les risques environnementaux. Pendant ces opérations, les niveaux d'eau des réservoirs des barrages de la CNR sont réduits de manière contrôlée pour permettre un flux de sédiments. Avec la diminution progressive de l'énergie de l'écoulement en aval, de grandes quantités de sédiments vont potentiellement se déposer en amont des barrages du haut Rhône.

Actuellement, la connaissance des stocks en présence, de leur nature et des facteurs responsables de leur mobilité n'est que partielle. Nous faisons l'hypothèse, qu'à l'échelle d'un barrage, ces stocks sédimentaires présentent de fortes hétérogénéités de taille, de forme et de nature et que leur organisation spatiale est contrôlée par des phénomènes naturels (crues) et des opérations de gestion sédimentaire liées aux ouvrages. C'est dans ce cadre que s'inscrit cette action.

A l'occasion de l'APAVER qui s'est déroulé entre le 18 et le 29 mai 2021, deux campagnes d'acquisition géophysique ont été réalisées avant et après cet événement dans les barrages de Génissiat et de Chautagne, tous deux situés en aval de la retenue Suisse de Verbois. L'objectif de ces mesures est d'avoir une première estimation du potentiel de cette méthode pour évaluer des sédiments stockés et/ou remobilisés au cours de cet événement.

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'une convention CNR-ENTPE et grâce au support d'un postdoc (financement hors OSR6).

2. Matériels et méthode

2.1 Eléments de choix et principes

L'utilisation de méthodes géophysiques dans les retenues de barrage est limitée par une faible profondeur d'eau et/ou une largeur étroite. Pour être applicable dans ces domaines, il est indispensable d'adapter l'instrumentation sur de petites embarcations et seules les méthodes adaptées aux eaux peu profondes peuvent être envisagées (Winiarski et al., 2017). Compte tenu de ces difficultés, il n'existe que peu d'études qui soulignent le déploiement de ces méthodes dans les masses d'eau continentales et notamment leur potentiel dans le contexte des barrages (Tableau 1).

Tableau 1 : Aperçu des méthodes géophysiques les plus couramment utilisées dans les eaux peu profondes, y compris leur application sur le terrain, la profondeur de pénétration, la méthode physique et l'applicabilité (Weit et al., 2020)

Méthode géophysique	Terrain	Profondeur d'investigation	Physique	Applicabilité
Multifaisceaux	Aquatique	~50 m	Acoustique	Bathymétrie, objets
SSS	Aquatique	-	Acoustique	Géomorphologie des surfaces, objets, érosion, déposition, dynamiques de sédimentation
SBP	Aquatique	5-200 m	Acoustique	Processus sédimentaires, structures internes sédiments
GPR	Terrestre/aquatique (limnique)	<4 m	Électromagnétique	vides, fissures, objets, structures et faciès sédimentaires

Le sondeur monofaisceau pour les mesures bathymétriques et le sonar à balayage latéral (side scan sonar, SSS) sont des méthodes acoustiques qui sont utilisées pour étudier la profondeur et la forme des fonds ainsi que les zones d'érosion ou d'accumulation (Rudowski, 2019). En combinant les caractéristiques d'imagerie du sonar à balayage latéral et les mesures de profondeur de l'échosondeur, il est possible d'obtenir des images très réalistes des microreliefs en surface, mais ces techniques ne pénètrent pas dans le sédiment.

Les structures sédimentaires internes, telles que les ondulations (rides), les dunes et autres faciès sédimentaires, peuvent être étudiées par un sondeur de sédiment (Sub Bottom Profiler - SBP) et/ou par un radar géologique (Ground Penetrating Radar - GPR) (Lin, 2009).

Le SBP, qui est également un instrument acoustique, est une sorte d'échosondeur à faisceau unique qui fonctionne à très basse fréquence pour pénétrer dans la colonne sédimentaire et balayer les couches sous-jacentes. De courtes impulsions sonores sont envoyées et sont réfléchies par les couches de sédiments. Les mesures de SBP sont préférentiellement utilisées pour l'étude des dépôts sédimentaires sous tranche d'eau importante et peuvent pénétrer jusqu'à plusieurs dizaines de mètres dans le sédiment. La présence de végétaux aquatiques ainsi que de gaz lié à la dégradation de la matière organique dans la colonne sédimentaire perturbent la pénétration, la diffusion et la réception du signal.

La technique du GPR est basée sur le rayonnement électromagnétique et utilise les impulsions radar pour obtenir des images du sous-sol. Cette méthode est habituellement utilisée en milieux terrestres, néanmoins son utilisation s'avère possible en milieu aquatique dans les cas des faibles tranches d'eau (quelques mètres). Elle permet d'obtenir des représentations à haute résolution des structures sédimentaires dans des sédiments grossiers à fins mais avec des difficultés pour pénétrer les sédiments strictement argileux.

Pour caractériser les sédiments en milieu lacustre ou fluvial, l'utilisation combinée du SBP et du GPR permet donc d'obtenir des résultats complémentaires sur les structures sédimentaires, en fonction de la hauteur d'eau (Figure 1 ; Weit et al., 2022 ; Vauclin et al., 2019 ; Lin, 2018).

Dans le cadre de cette étude de comparaison avant et après APAVER, et en raison de la profondeur des retenues, seule la méthode SBP a été utilisée.

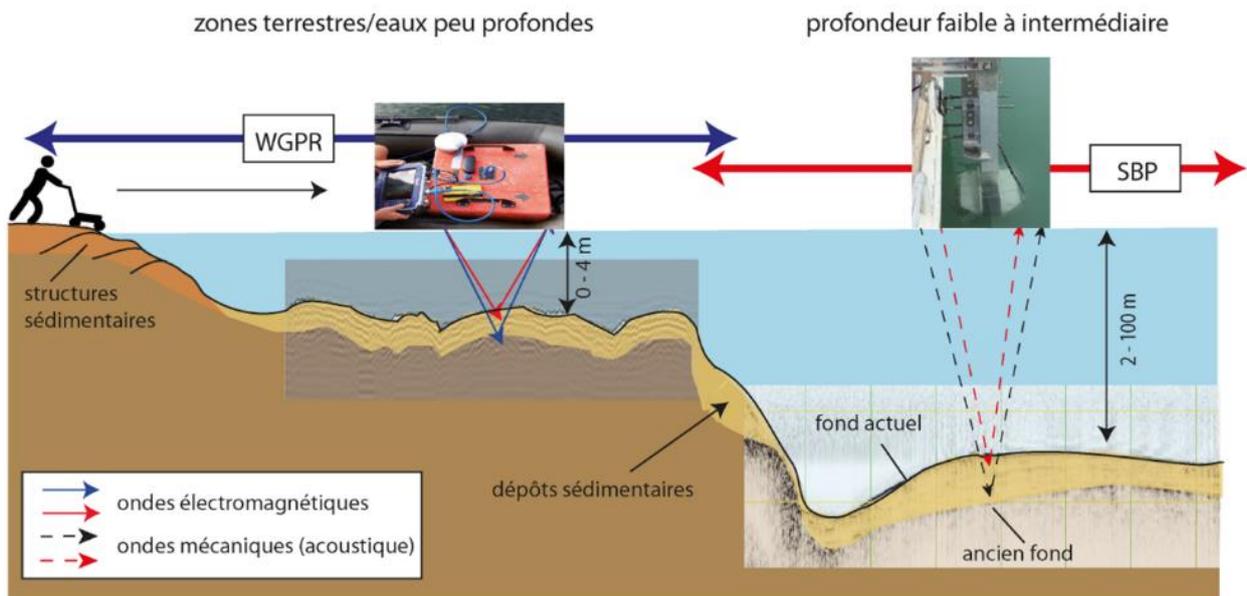


Figure 1 : Principes du sondeur de sédiments (SBP) et du radar géologique (GPR)

2.2 Déploiement de la méthode avant et après l'APAVER 2021

Pour ces essais, le sondeur de sédiment basse fréquence ECHOES 10 000 (© iXBlue) du laboratoire LEHNA de l'ENTPE (Figure 2 a/), couplé à un GPS Trimble mesurant la trace du cheminement, a été déployé en Mars et Juillet 2021 sur les retenues de Génissiat et de Chautagne. Les sondeurs de sédiments ECHOES sont basés sur une antenne acoustique utilisant les propriétés piézo-électriques de céramiques dans lesquelles est envoyé un fort courant dont la forme caractérise celle de l'onde acoustique émise (CHIRP). Grâce à ces propriétés piézo-électriques, cette même antenne peut être utilisée pour mesurer les ondes réfléchies. Le paramétrage et l'acquisition des profils se fait par l'intermédiaire du logiciel Delph acquisition (© iXblue). Les profils acquis sont ensuite traités et interprétés par le logiciel Delph interprétation (© iXBlue).

Afin que ce système puisse être embarqué sur plusieurs types d'embarcations, un support spécial avec un mat pivotant a été élaboré par la CNR (Figure 2 b/ et c/).

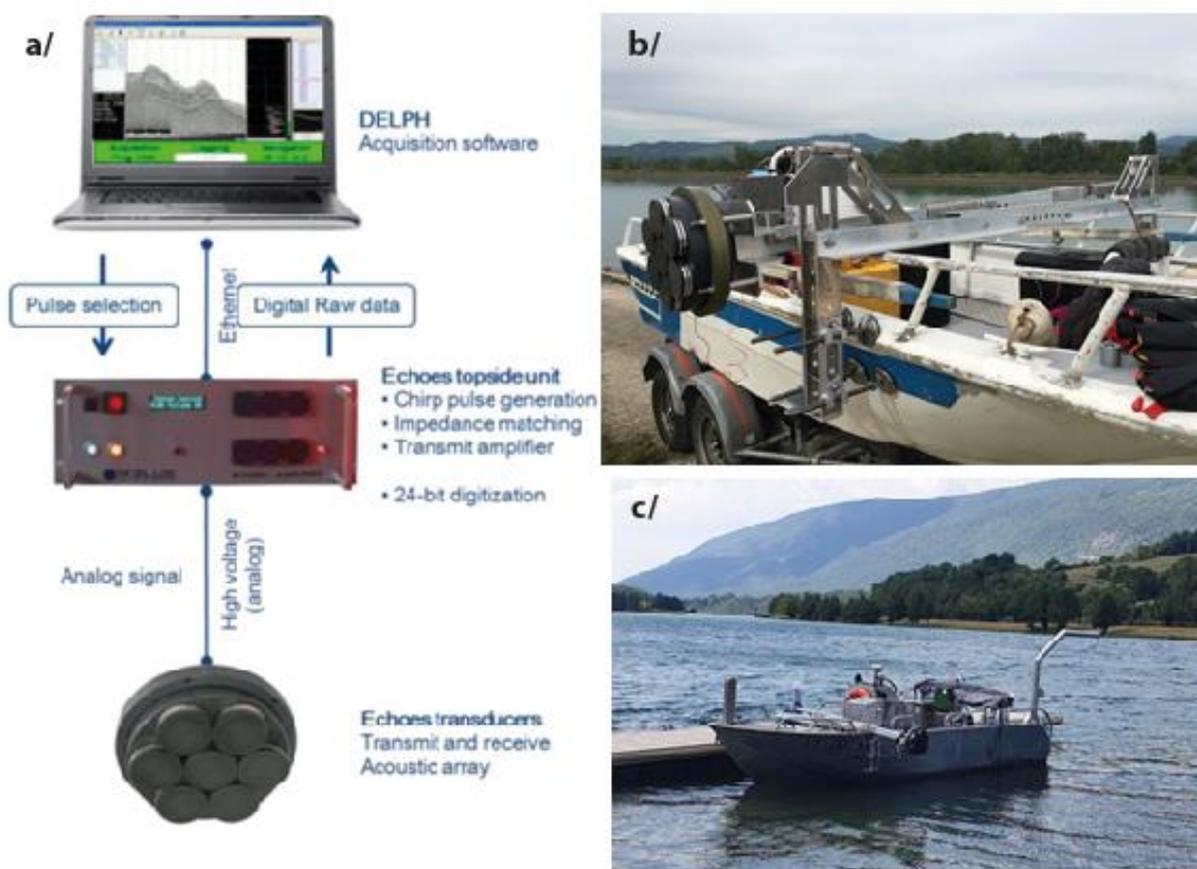


Figure 2 : a/ Chaîne d'acquisition du SBP ECHOES 10 000 ; b/ Support adaptable permettant l'utilisation du transducteur ECHOES 10 000 sur plusieurs types d'embarcation (Conception CNR) ; c/ Vue d'ensemble du dispositif.

2.3 Localisation des profils

Les deux barrages étudiés sont situés sur le Rhône à l'amont de Lyon et à l'Aval du barrage de Verbois (Figure 3).

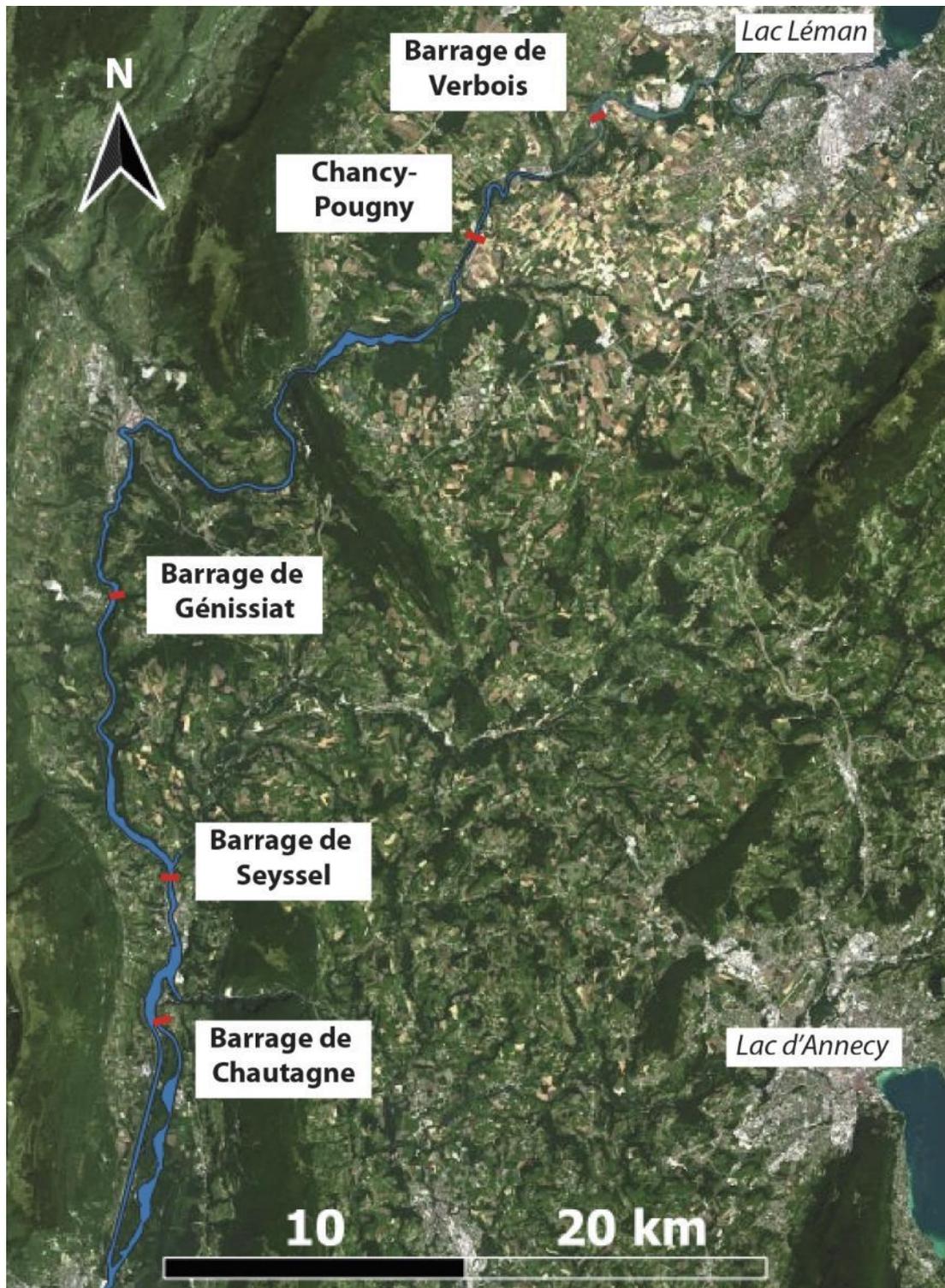


Figure 3 : Position des barrages entre Verbois (Suisse) et Chautagne (France).

Le **barrage de Génissiat** est situé sur le PK 162.200, il est de type poids et présente une hauteur de chute de 67 m ce qui en fait un barrage de haute chute. L'aménagement de Génissiat, incluant la retenue, a une longueur totale de 26 km avec des profondeurs d'eau importantes en aval (> 45 m à proximité du barrage). L'acquisition d'une cinquantaine de profils en Mars 2021 (avant APAVER) et d'une trentaine en Juillet 2021, permettra de faire quelques comparaisons (Figure 4).

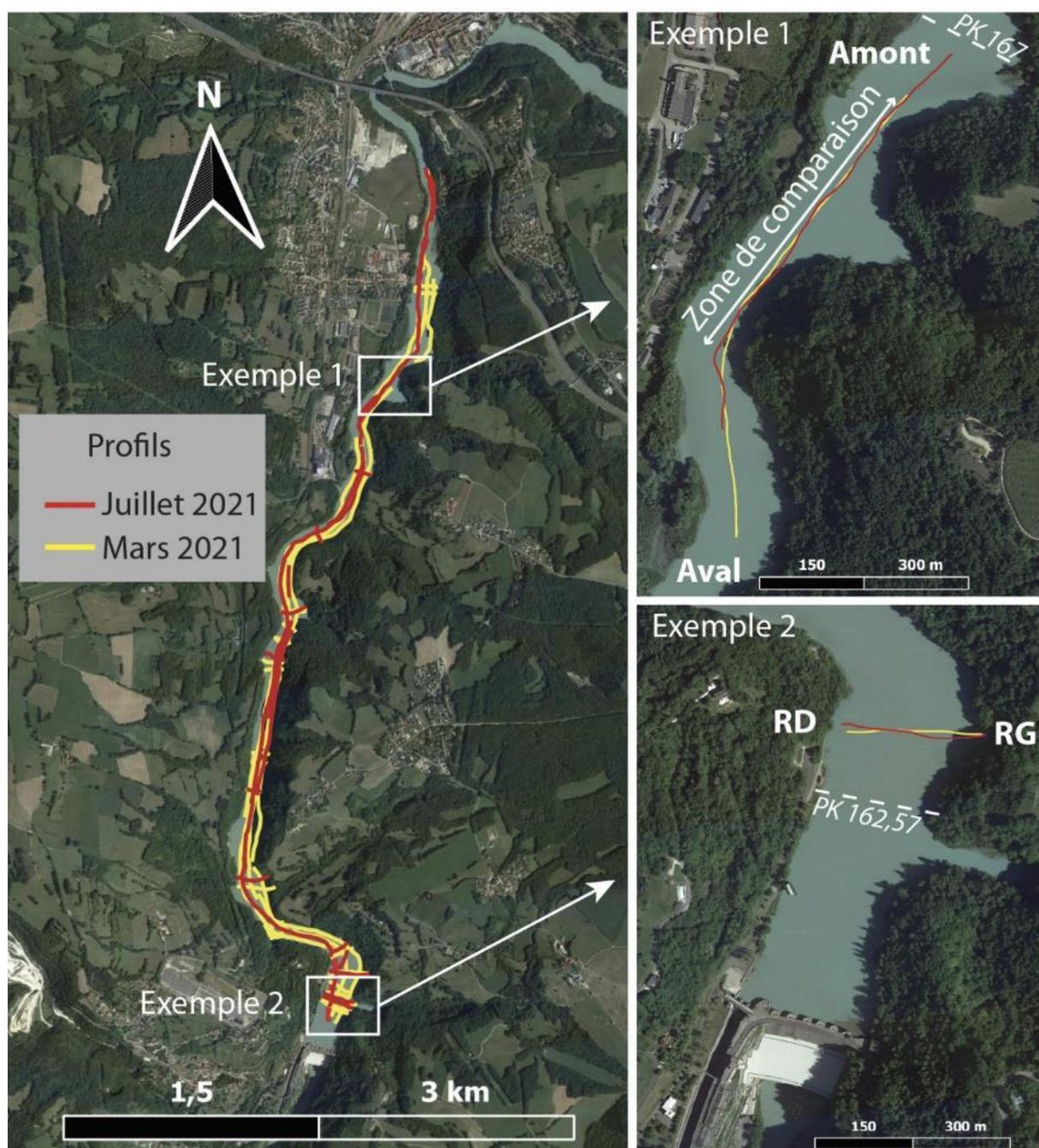


Figure 4 : Traces des profils SBP acquis sur la retenue de Génissiat avant et après l'APAVER de mai 2021. Positionnement des exemples 1 et 2.

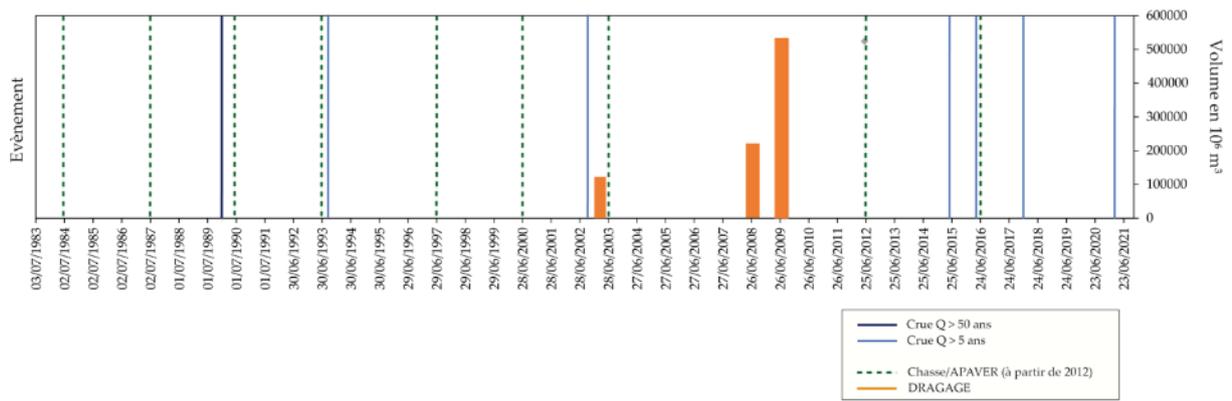


Figure 5 : Frise chronologique des événements depuis 1983 dans la retenue de Chautagne.

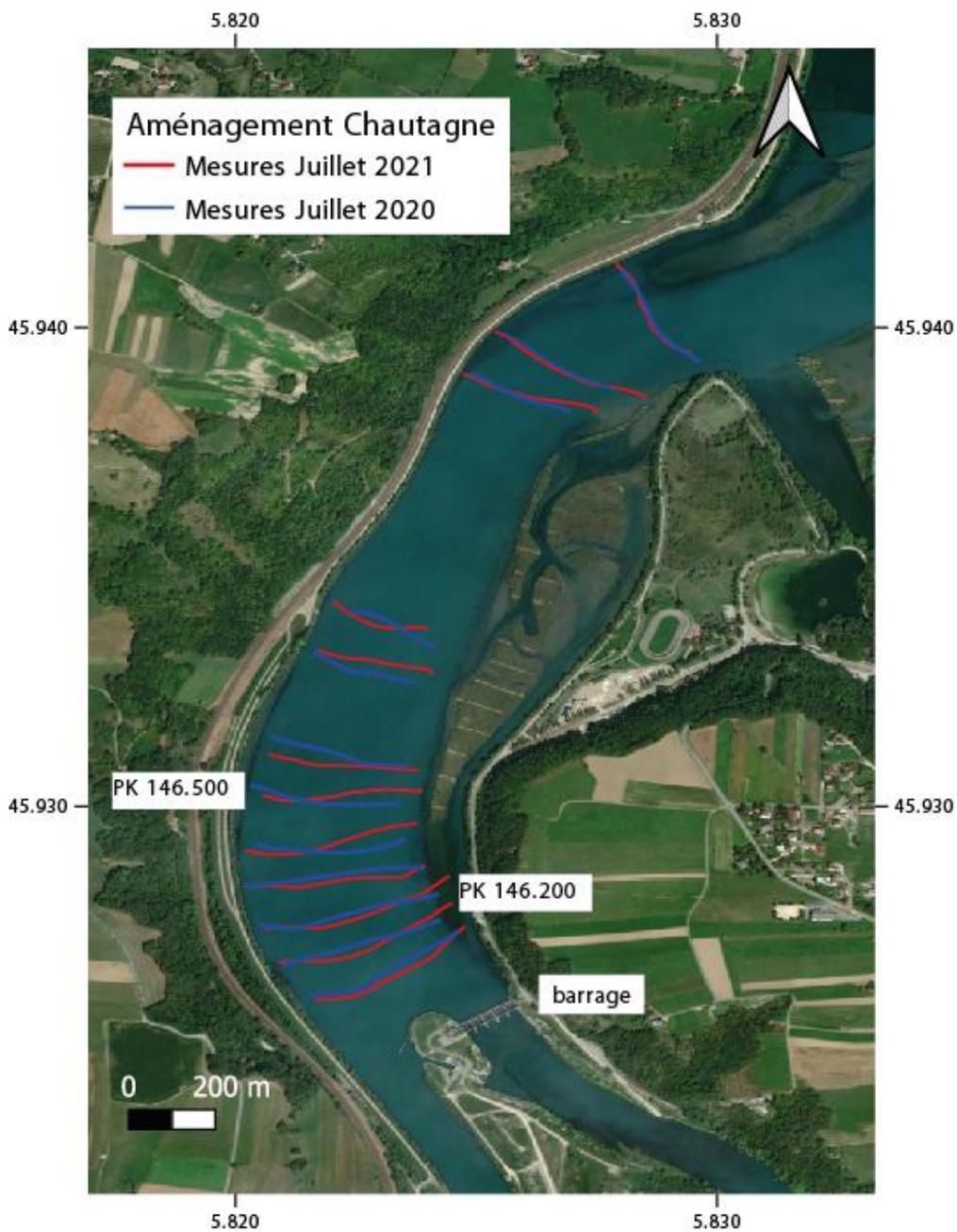


Figure 6 : Traces des profils SBP acquis sur la retenue de Chautagne avant et après l'APAVER de mai 2021

Le **barrage de Chautagne** est un barrage en dérivation qui a été mis en service en 1981. Depuis cette date, 10 chasses ou APAVER (appellation adoptée depuis 2012) ont été réalisés en 1984, 1987, 1990, 1993, 1997, 2000, 2003, 2012, 2016 et 2021. Sur la frise chronologique les crues, les APAVER ainsi que les dragages importants sont visualisés (Figure 5). Sept crues ont été enregistrées, dont l'une d'entre elles était une crue de $Q > 50$ ans (1990), le débit maximal était de $2855 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ et a duré 2 jours entre le 14 et le 16 février 1990. Plusieurs chantiers de dragages ont été réalisés sur cette retenue en 2003 puis entre 2008 et 2009 (Figure 5). Les volumes dragués entre 2008 et 2009 s'élèvent à plus de $750\,000 \text{ m}^3$, suite à cela la retenue a retrouvé son niveau bathymétrique de 1990 d'après le profil bathymétrique mesuré en 2010 (Weit et al., 2021). La Figure 6 représente la trace des 12 profils obtenus en juillet 2020 (Avant APAVER) et des 12 profils en juillet 2021 (Après l'APAVER).

Seuls quelques profils comparatifs seront présentés dans ce rapport. En effet, le nombre de profils est conséquent et le temps nécessaire à leurs traitements et interprétations demande un support en personnel non prévu dans le cadre de cette étude. Toutefois, l'ensemble des profils est conservé. Ils pourront être traités et interprétés ultérieurement.

3. Résultats

3.1 Barrage de Génissiat

Un premier exemple de profil longitudinal d'amont à l'aval (Figure 7) situé à environ 4,5 km du barrage (Figure 4, Exemple 1), montre une différence de faciès significative entre mars 2021 et Juillet 2021.

Avant l'APAVER, une faible pénétration des ondes est constatée, quelques faibles dépôts sédimentaires localisés sont néanmoins observables à 20 et 360 m. Après l'APAVER la présence de rides avec une amplitude de plusieurs dizaines de centimètres est constatée. La présence de ces formes très caractéristiques suggère une dynamique sédimentaire en lien avec une vitesse de fond importante, probablement due à l'APAVER de mai. En comparant les topographies du fond de mars 2021 à celle de juillet 2021 (Figure 7b), globalement la forme de la topographie du fond a peu changé : « les creux et les bosses » sont pratiquement aux mêmes endroits. En revanche le profil du fond de juillet 2021 s'est abaissé montrant une érosion significative due sans doute aux importantes vitesses de courant de fond lors de l'APAVER ou éventuellement aux crues de début juillet. En mars 2021, plusieurs causes peuvent expliquer l'absence de pénétration du signal : présence de gaz, sédiments amortissant le signal, absence de structure détectable... En juillet 2021, un réflecteur est détecté à une profondeur d'environ 1,5 m sous le fond. Plusieurs hypothèses peuvent l'expliquer ce qui a des conséquences sur l'épaisseur de la partie érodée.

La première hypothèse (h1) est que l'érosion a évacué une couche jusqu'au réflecteur rouge (Figure 7b) qui correspond alors à une surface d'érosion. Puis la vitesse diminue et des sédiments se déposent. L'épaisseur érodée est de 1,5 m à 2 m (Figure 7b, h1', h1'').

La deuxième hypothèse (h2) est que ce réflecteur existait auparavant, il n'était pas visible car la couche supérieure absorbait le signal, puis l'érosion évacue cette couche, il est alors possible de le détecter en juillet. L'épaisseur érodée est moins importante que précédemment, entre quelques centimètres et environ 1,5 m (Figure 7b, h2', h2'', h2''').

Un carottage afin d'effectuer une étude granulométrique de part et d'autre du réflecteur permettrait sans doute de faire un choix robuste car la méthode géophysique utilisée ne permet pas de connaître les caractéristiques de cette nouvelle couche.

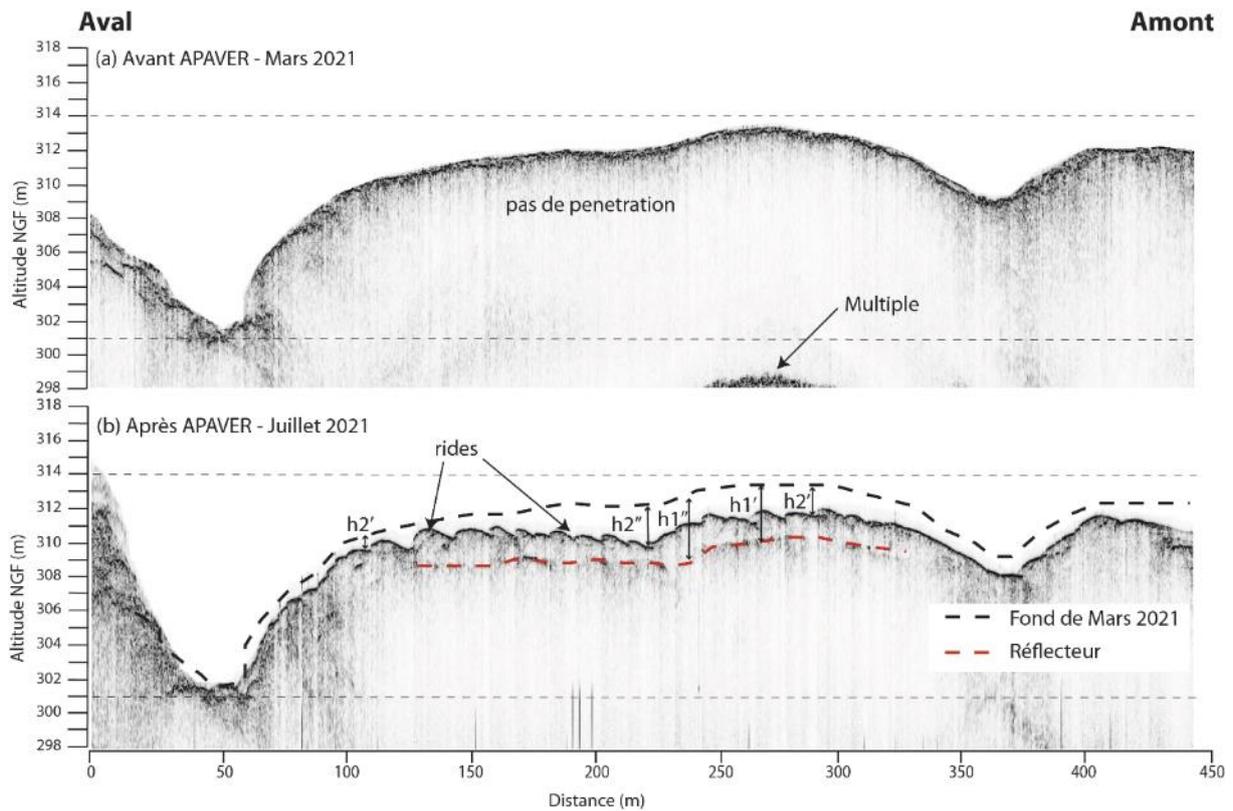


Figure 7 : profils longitudinaux, acquis à 4,5 km du barrage (Figure 4, exemple 1) avant et après l'APAVER 2021 (respectivement a/ et b/).

Un deuxième exemple de profil (Figure 8) situé à 450 m du barrage (Figure 4) ne montre pas de sédimentation de surface et ce, quel que soit le moment de l'acquisition. En mars 2021 et pour les mêmes raisons que précédemment, la pénétration est pratiquement inexistante. En juillet 2021, il est possible de distinguer plusieurs réflecteurs. De plus, en comparant la ligne de fond de mars 2021 à celle de Juillet 2021 (Figure 8), un dépôt d'environ 1 m d'épaisseur en rive droite (RD) à environ 5 m d'épaisseur au niveau du chenal central est apparu. Il s'agit donc d'un dépôt conséquent. La présence de réflecteurs R1 et R2 semble souligner l'ancien fond. Cela indique qu'il n'y a pas eu de phase érosive comme dans l'exemple précédent. Le réflecteur R3 pourrait correspondre soit à une phase de dépôt de matériaux différents, soit à une petite phase érosive. La rive gauche n'a pratiquement pas subi ni de phase érosive, ni de phase d'accumulation. Son profil a peu changé. Cette différence est sans doute due aux profils qui ne sont pas exactement positionnés l'un sur l'autre.

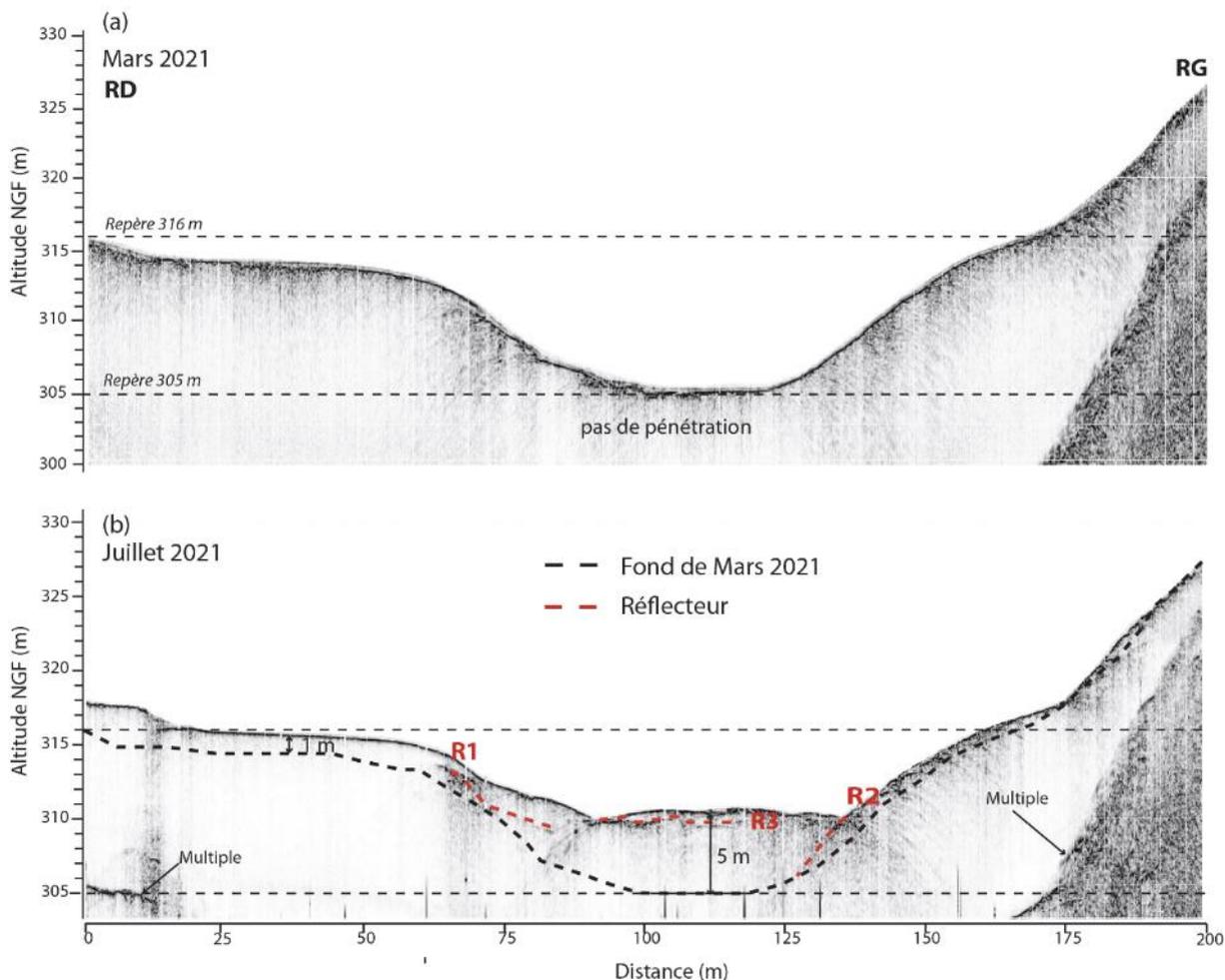


Figure 8 : profil transversal de direction RD-RG, acquis à 250 m à l’amont du barrage (localisation : Figure 4, exemple 2) avant et après l’APAVER 2021 (respectivement a/ et b/). La ligne pointillée bleue représente la topographie de surface du profil de mars 2021, les lignes rouges correspondent aux réflecteurs R1, R2 et R3.

3.2 Barrage de Chautagne

Un premier exemple de profil situé à 300 m du mur du barrage au niveau du PK 146,200 (Figure 9) montre que la forme du fond entre 2020 et 2021 est assez semblable. Le profil acquis après l’APAVER montre une sédimentation allant jusqu’à 1 m d’épaisseur (Figure 9b). Ce résultat est confirmé par un réflecteur R3, correspondant au fond de 2020 (Figure 9b) et à la forme du profil bathymétrique à la même époque. Le dépôt de sédiment relatif à l’évènement APAVER est noté Unité 3.

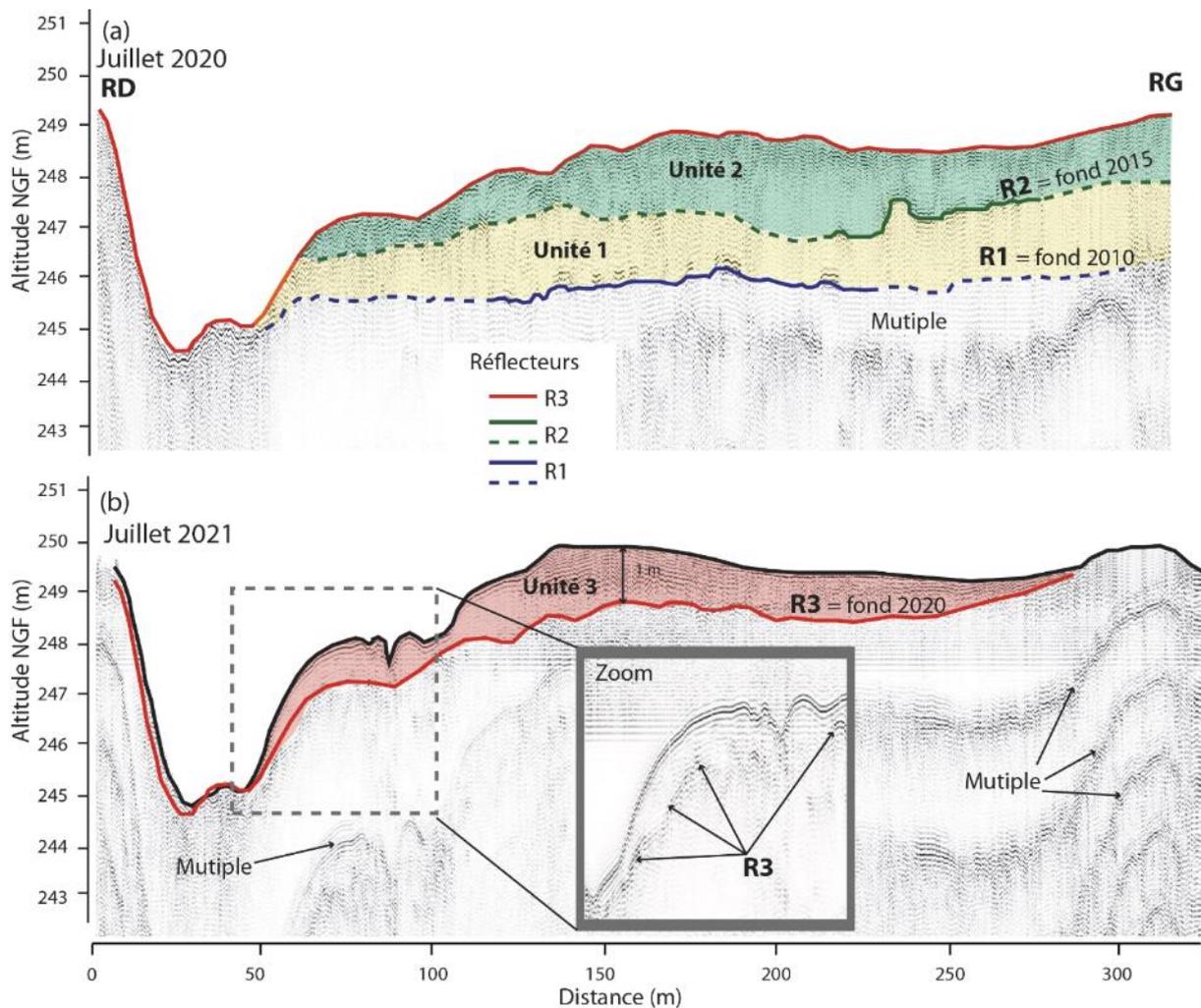


Figure 9 : profil transversal de direction RD-RG, acquis au PK 146,200 soit à 300 m du mur du barrage (localisation : Figure 6, PK 146,200) avant et après l’APAVER 2021 (respectivement a/ et b/). Le zoom permet de distinguer la présence du réflecteur du fond 2020.

Le deuxième exemple choisi se situe à 600 m du mur du barrage et à 300 m du profil précédent (Figure 6), il montre que la forme du fond en 2021 qui est très vallonnée, a un aspect différent de celle de juillet 2020 qui est plus aplatie. Une différence entre 2020 et 2010 est significative. Il y a une sédimentation plus importante allant jusqu’à 1,80 m d’épaisseur et pratiquement nulle dans les creux (Figure 10, b). Comme précédemment, ce résultat est confirmé par un réflecteur R3 correspondant au fond de 2020 (Figure 10, b) et à la forme du profil bathymétrique à la même époque. A l’intérieur de cette unité délimitée entre la surface du fond et R3, un réflecteur R4 se distingue entre 150 m et 200 m ce qui permet de penser que le sédiment ne s’est pas déposé en une seule fois mais en deux étapes : Unité 3.a puis Unité 3.b.

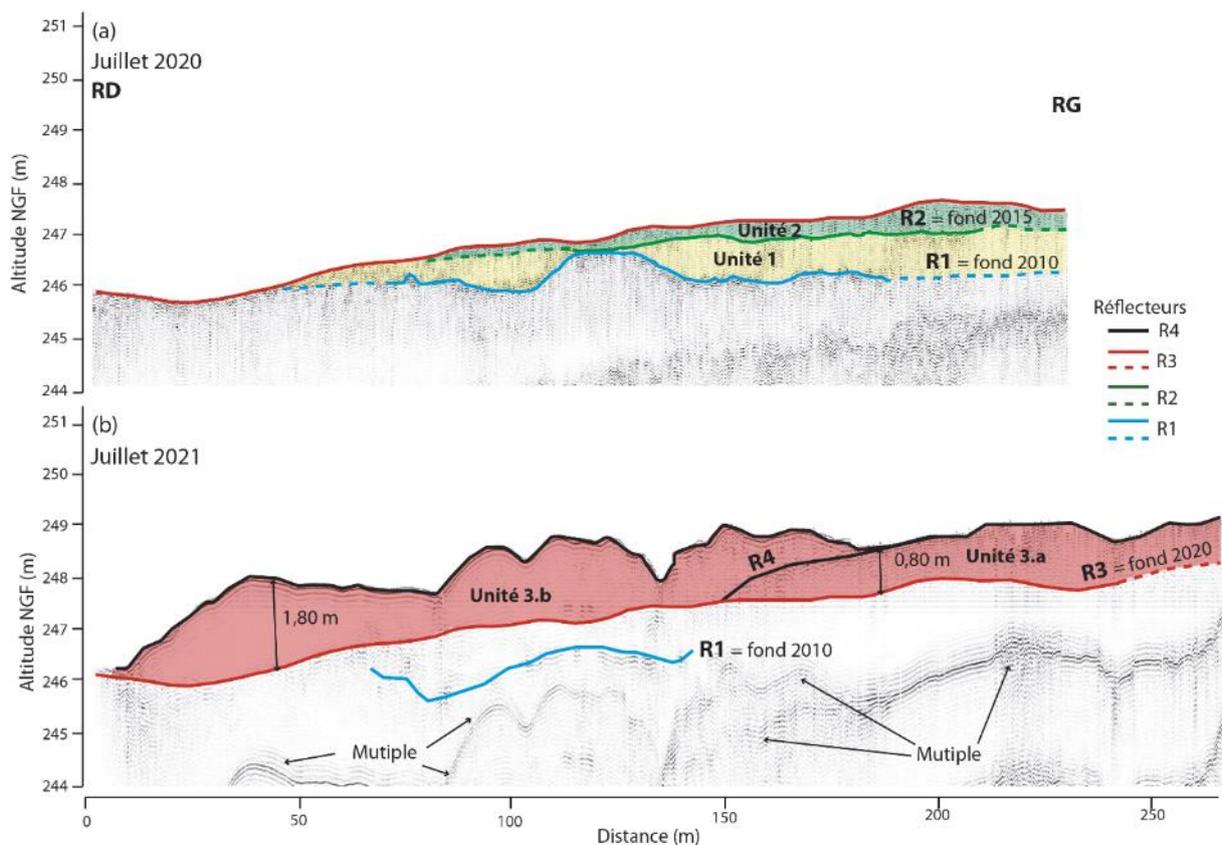


Figure 10 : profil transversal de direction RD-RG, acquis au PK 146,500 soit à 600 m du mur du barrage (localisation : Figure 6, PK 146,200) avant et après l'APAVER 2021 (respectivement a/ et b/). La ligne pointillée noire représente la topographie de surface du profil de juillet 2020.

Lors de précédents travaux effectués sur ce barrage, plusieurs réflecteurs et unités ont pu être observés sur ces deux profils (Figure 9, a et Figure 10, a ; Weit et al., 2021). L'analyse des réflecteurs provenant des profils SBP et des données bathymétriques correspondant à ces profils ont permis de dater un premier réflecteur R1 vers l'année 2010 ce qui correspond aux opérations de dragage de 2008-2009 (Figure 5). De même, un second réflecteur R2 a été daté grâce à la bathymétrie en 2015, qui a été mesurée avant l'APAVER de 2016. Le réflecteur ne provient donc pas d'un événement de dragage ni de sédiments fraîchement libérés pendant cet APAVER. En prenant en compte les informations sur les périodes de crue (Figure 5), une crue d'un débit maximal de $2000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ sur une durée de 3 jours a été identifiée en 2015 ($Q > 5$) qui aurait pu éroder les sédiments et former ainsi une surface d'érosion correspondant au réflecteur R2. Ce résultat a pu être observé sur 13 autres profils en travers entre le PK 148 et le PK 146,130. Ainsi seules les opérations de dragage de 2008-2009 et la crue de 2015 sont observées sous forme de réflecteurs. Elles ont permis la mise en place d'une surface d'érosion significative et la formation, en partie, des unités 1 et 2. L'unité 3 observée sur les profils de 2021 semble donc un apport conséquent. C'est ce phénomène d'accumulation qui semble être observé après l'APAVER de 2021.

4. Conclusion

Dans le contexte de l'APAVER 2021, la méthode proposée, basée sur l'utilisation d'un SBP embarqué, a donné des profils de dépôts sédimentaires d'une bonne qualité et exploitable. Il a donc été possible de comparer des acquisitions effectuées avant et après l'évènement. Globalement, l'étude des réflecteurs et des unités sédimentaires montre un dépôt de sédiments non négligeable dans les deux barrages étudiés quelques semaines après l'APAVER 2021.

L'étude des structures permet de souligner quelques mécanismes de sédimentation : apparition de rides et phase érosive dans le barrage de Génissiat, dépôt en plusieurs phases dans le barrage de Chautagne. De plus, la comparaison des résultats obtenus sur le barrage de Chautagne avec des travaux antérieurs, montre que les évènements structurants sont essentiellement les opérations de dragage et les crues. Les APAVER correspondent à une phase d'accumulation plus ou moins pérenne, phase supplémentaire parmi les mécanismes de sédimentation normalement observés dans une retenue.

L'analyse des autres profils et leur interpolation permettront d'estimer des volumes de sédiments déposés après l'APAVER, la comparaison de ceux-ci avec les mesures de MES pendant l'évènement permettra de mieux comprendre les phénomènes.

5. Bibliographie

- Lin, C., Lin, C., Hung, Y., Chung, C., Wu, P., & Liu, H. (2018). Application of geophysical methods in a dam project: Life cycle perspective and Taiwan experience. *Journal of Applied Geophysics*, 158, 82-92.
- Lin, Y., Schuettpelz, C. C., Wu, C. H., & Fratta, D. (2009). A combined acoustic and electromagnetic wave based techniques for bathymetry and subbottom profiling in shallow waters. *Journal of Applied Geophysics*, 68 (2), 203-218.
- Rudowski, S., Wróblewski, R., Dworniczak, J., Szeffler, K., Hac, B., & Gajewski, Ł. (2019). Subaqueous geomorphology: options, tasks, needs. *Bulletin of Geography. Physical Geography Series* 16 (1), 89-97.
- Vauclin, S, Mourier, B., & Winiarski, T. (2019). De l'intérêt de coupler méthodes géophysiques et carottages sédimentaires pour l'étude des sédiments fluviaux. *Techniques Sciences Méthodes*, (11) 33-50
- Weit A., Winiarski T., Mourier B., Fretaud T. (2022). Apport de la géophysique pour la caractérisation des dépôts sédimentaires dans les retenues de barrage. *Colloque TSMR – CFBR « Transport sédimentaire : rivières & barrages réservoirs »*, Saclay, du 15 au 17 mars 2022.
- Weit A., Winiarski T., Mourier B., Fretaud T. (2021). *Protocole de caractérisation des dépôts sédimentaires dans les retenues du Rhône*. Livrable 2a : Application de la méthodologie au barrage de Motz. Convention CNR/ENTPE, 46 pages.
- Weit A., Winiarski T., Mourier B., Fretaud T. (2020). *Protocole de caractérisation des dépôts sédimentaires dans les retenues du Rhône*. Livrable 1 : Bibliographie et Eléments de méthode, Convention CNR/ENTPE, 114 pages.
- Winiarski T., Mourier B. et Roux G. (2017). *Géophysique aquatique appliquée au milieu fluvial Radar Géologique Aquatique (GPR aquatique ou WPR – Water Penetrating Radar) et Sondeur de Sédiments (SBP-Sub-Bottom Profiler)*. Etude de faisabilité dans un contexte rhodanien. Rapport OSR4, 34 pages.



Observatoire
des Sédiments
du Rhône

Dispositifs scientifiques cadres



Partenaires scientifiques



Partenaires techniques et financiers

