
Rapport de stage individuel

4^{ème} année

Géomorphologie fluviale et restauration de rivière

Universidad del País Vasco

Tomás y Valiente 01006 Vitoria-Gasteiz ESPAGNE



Tuteur entreprise :

Askoa Ibisate

Enseignante chercheuse en géographie physique

Tuteur académique :

Stéphane Rodrigues

Maxence Paris

IMA

2021-2022

Remerciements

Tout d'abord, je tiens à remercier chaleureusement Askoa Ibisate pour m'avoir pris en stage au sein de son équipe. Merci pour son accueil, sa bienveillance, son aide et ses enseignements. Cette expérience m'aura enrichi pour mes années futures.

Merci également à Anna Saenz de Olazagoitia pour son accueil, sa gentillesse et son aide apportée durant ce stage.

Je tiens aussi à remercier Josu, qui m'a accompagné durant toutes nos journées de terrain, qui m'a donné aides et conseils lorsque j'en avais besoin.

Table des matières

I. Introduction	5
I.1. Présentation de la structure d'accueil	5
I.2. Les missions réalisées	5
II. Présentation des missions	6
II.1. Etude granulométrique sur la Cariñena	6
II.2. Suivi du transport sédimentaire sur Leitzaran	7
II.3. Digitalisation des zones de sédiments dans le bassin de la Viar	10
III. Matériel et méthode	11
III.1. Etude granulométrique sur la Cariñena	11
III.2. Suivi du transport sédimentaire sur Leitzaran	13
III.3. Digitalisation des zones de sédiments dans le bassin de la Viar	16
IV. Résultats et hypothèses	18
IV.1. Etude granulométrique sur la Cariñena	18
IV.2. Suivi du transport sédimentaire sur Leitzaran	22
IV.3. Digitalisation des zones de sédiments dans le bassin de la Viar	24
V. Discussion	25
V.1. Etude granulométrique sur la Cariñena	25
V.2. Suivi du transport sédimentaire sur Leitzaran	25
V.3. Digitalisation des zones de sédiments dans le bassin de la Viar	26
Conclusion	27
Bibliographie	28
Annexes	29

Table des figures

Figure 1 : Localisation du stage

Figure 2 : Carte du bassin versant de l'Ebre

Figure 3 : Tomographie sur la section d'étude

Figure 4 : Carte du bassin de Leitzaran

Figure 5 : Photographies de l'évolution de l'arasement du barrage Olloki

Figure 6 : Photographies de l'évolution de l'arasement du barrage Inturia

Figure 7 : Carte du bassin versant de la rivière Viar

Figure 8a : Photographie du pipelane

Figure 8b : Centrale électrique du contre-réservoir

Figure 9a : Les axes de mesure d'une particule

Figure 9b : Outil de mesure d'angle

Figure 10 : Carte des zones des barrages sur Leitzaran

Figures 11a et 11b: Vues aériennes de zones de sédiments digitalisées sur le bassin de la Viar

Figure 12 : Bassin de la Viar modifié

Figure 13 : Tableau de calcul des distributions de tailles de grains pour le niveau 1

Figure 14 : Tableau comparatif des valeurs de D50 par niveau

Figure 15 : Comparaison des distributions de grains entre chaque niveau

Figure 16 : Placements des carottages sur la tomographie réalisée sur la section d'étude

Figure 17 : Profondeurs des couches observées sur la tomographie pour le carottage S3

Figure 18 : Carte des emplacements de traceurs sur Leitzaran

Figure 19 : Emplacement du 393^e traceur sur Leitzaran

Figure 20 : Carte des zones de production de sédiments sur le bassin de la rivière Viar

Table des tableaux

Tableau 1 : Profondeurs et masses des échantillons par niveau

Tableau 2 : Valeurs des D50 pour l'année 2016

I. Introduction

I.1. Présentation de la structure d'accueil

Ce stage, s'inscrivant dans la formation d'ingénieur en milieux aquatiques à Polytech Tours, s'est déroulé dans l'université des Pays Basque, située à Vitoria-Gasteiz, en Espagne, du 25 avril 2022 au 29 juillet 2022. (figure 1).

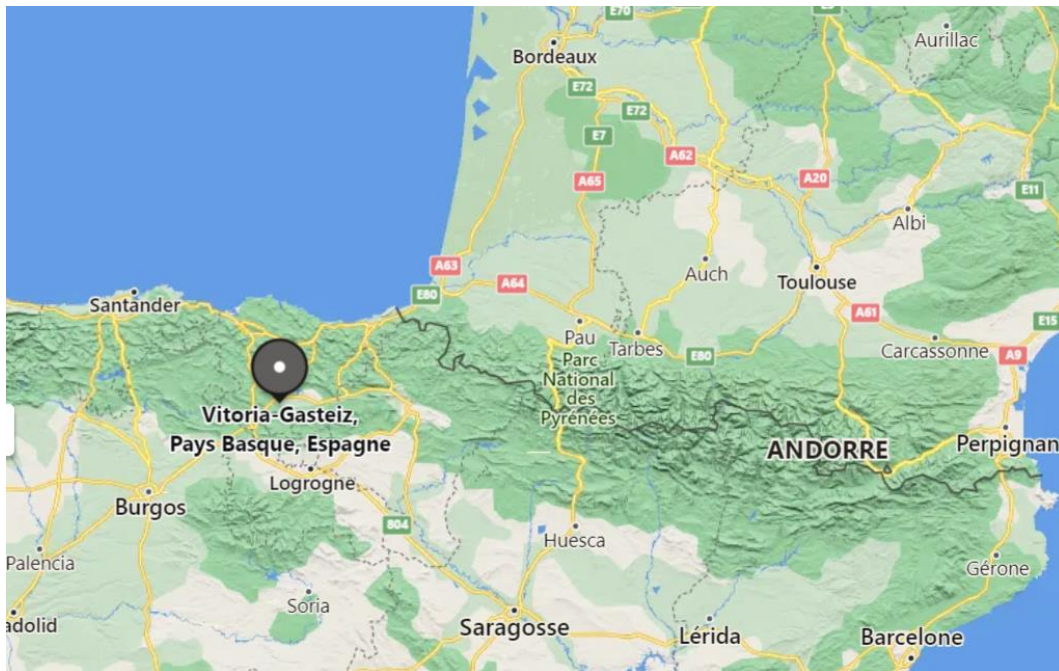


Figure 1 : Localisation du stage (Google maps)

Le stage a été réalisé au sein d'une équipe de chercheurs dans le département de Géographie, Préhistoire et Archéologie de l'université. Les recherches et projets sont principalement tournés vers des études géomorphologiques de rivières.

I.2. Les missions réalisées

A mon arrivée, j'ai d'abord eu un travail annexe qui visait à référencer un maximum de projets en lien avec le projet LIFE Dordogne (LIFE étant un instrument financier de la politique environnementale européenne) dans lequel l'équipe du pôle géographie est impliquée. Il s'agissait de trouver d'autres projets LIFE avec les mêmes thématiques d'objectifs ou de techniques utilisées, ou bien avec une rivière avec des caractéristiques similaires.

Par la suite, ce stage s'est surtout articulé autour de trois missions bien distinctes : un travail en laboratoire, un travail de terrain et un travail sur logiciel de SIG. Ces travaux sont réalisés sur des rivières et bassins versants différents, et n'ont pas les mêmes objectifs ni commanditaires.

La partie en laboratoire répond à un travail de recherche mené par l'équipe d'Askoa afin de mieux comprendre les rivières éphémères. Celui-ci avait pour but de classer les sédiments récupérés dans le lit d'une rivière éphémère.

Le terrain quant à lui, nullement en lien avec le travail en laboratoire, a permis d'explorer une rivière de montagne, bien différente des rivières du bassin de la Loire par sa dynamique et sa morphologie. Il s'agissait là de suivre le déplacement de sédiments dans le cours d'eau pendant les différentes phases d'arasement de barrages, et donc sur plusieurs années, afin d'en comprendre les

conséquences sur le transport sédimentaire. Tout ceci est effectué dans le cadre d'une demande de la province de Gipuzkoa.

Enfin, la mission sur SIG est un travail de digitalisation visant à répertorier les zones de production de sédiments sur le bassin de la Viar.

II. Présentation des missions

II.1. Etude granulométrique sur la Cariñena

La première des missions s'articule autour des rivières éphémères. Il s'agit d'un travail de recherche à l'initiative de l'équipe du pôle géographie de l'université, afin de mieux en comprendre le fonctionnement car encore trop peu d'éléments sont connus à ce jour.

Le cours d'eau pris comme sujet d'étude est la Cariñena, une rivière du bassin versant de l'Ebre (figure 1) (Ebro, en espagnol). Il s'agit d'un bassin de plus de 80 000 km² [1] situé au sud des Pyrénées dans la péninsule ibérique et dont le fleuve, l'Ebre, est considéré comme le deuxième plus grand fleuve de cette région.

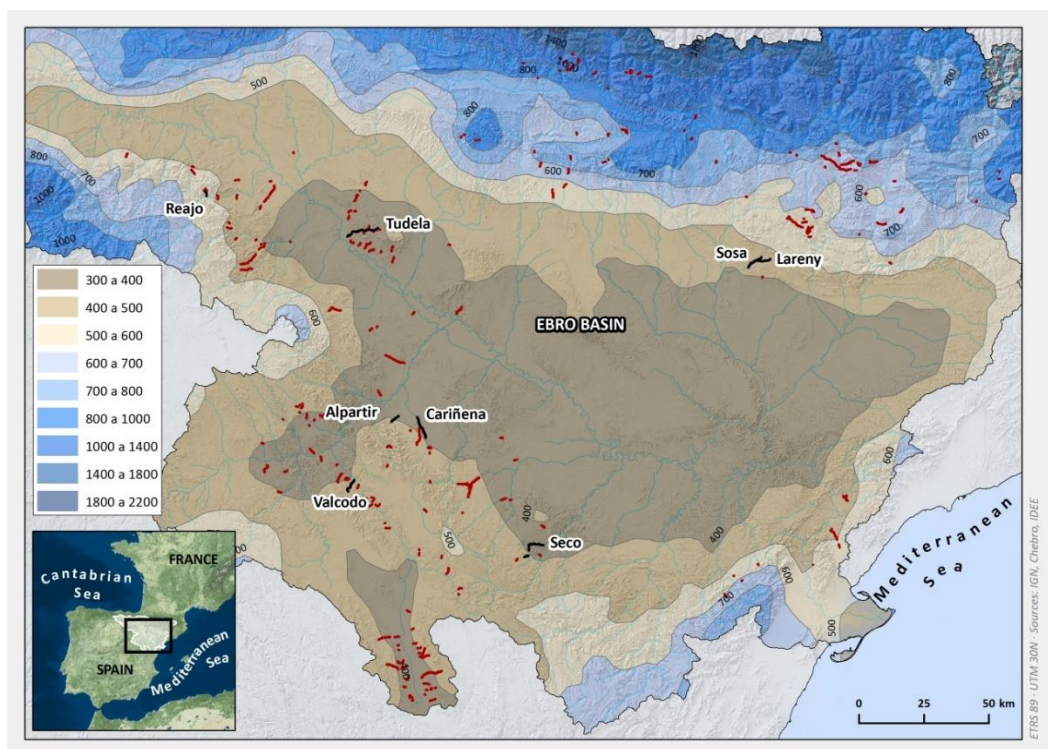


Figure 2 : Carte du bassin versant de l'Ebre (IGN, s. d.)

Le cours d'eau est situé au centre ouest du bassin, dans une zone qui reçoit le moins de précipitation avec 300 à 400 mm par mois. L'eau s'y écoule du Sud vers le Nord. Les cours d'eau, nommés et représentés en noir (figure 1), sont sujets d'études pour la communauté scientifique. Les cours d'eau représentés en rouge, quant à eux, sont seulement répertoriés.

Plusieurs sections ont été réalisées sur la Cariñena avant mon arrivée. L'une d'entre elles, située entre les deux autres, a été choisie pour y réaliser trois carottages (appelés S1, S2 et S3 pour sondero en espagnol), car le lit est situé entre deux barres fixées, ce qui a permis de faire un carottage directement dans le lit et les deux autres sur les barres.

Pour d'abord comprendre les enjeux de cette étude mais aussi le fonctionnement des rivières éphémères, qui diffère de celui des rivières permanentes, voici quelques éléments les concernant. En premier lieu, la principale caractéristique associée à une rivière éphémère est comme son nom l'indique sa nature non permanente. Cette nature désigne sa mise en eau, qui est seulement temporaire à l'inverse des autres cours d'eau. Un cours d'eau classique, relié à une source d'eau souterraine, possède un cycle hydrologique, d'une part, et d'autre part, les apports d'eau lui proviennent de l'atmosphère par ruissellement et de la nappe à laquelle il est relié. Un cours d'eau éphémère n'est souvent pas relié à un aquifère et se distingue donc des cours d'eau intermittents. Il ne possède pas non plus de cycle hydrologique bien défini puisque les apports en eau sont principalement dus au ruissellement et dépendent des épisodes pluvieux, de la fréquence et de l'intensité des crues. Il est donc difficile d'étudier ce type de cours d'eau, et peu d'informations existent encore à leur sujet, d'où l'intérêt porté par les chercheurs de l'université. La finalité de ces recherches sera de comparer les résultats obtenus sur la composition granulométrique de cette rivière et de les confronter à celle d'une rivière de la Mircia, afin d'identifier la structure et le transport sédimentaire qui y a lieu et de mieux en comprendre le fonctionnement. Les résultats pourront être mis en lien avec des tomographies effectuées auparavant sur les trois sections (figure 2).

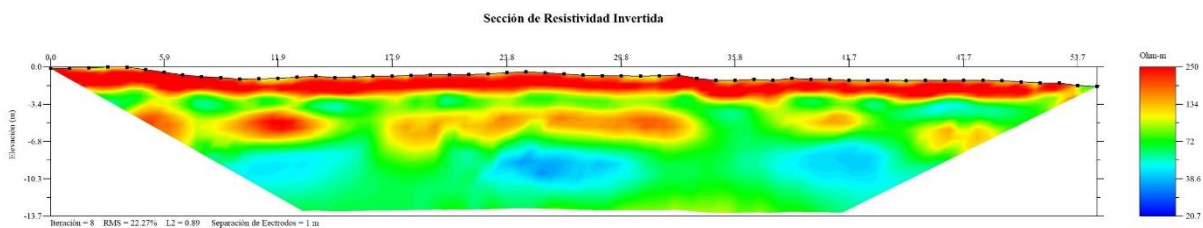


Figure 3 : Tomographie sur la section d'étude (2021)

Les sections observables par tomographie électrique (figure 2) rendent compte de la résistivité apparente, en ohm/m. Elle a pu être obtenue en plaçant des électrodes dans le sol, reliés à un résistivimètre lui-même relié à un ordinateur pour enregistrer les données. Cette résistivité apparente permet par la suite de déduire l'épaisseur des couches de sédiments en sous-sol. Une fois comparés avec les résultats obtenus à l'issue du travail en laboratoire, ces éléments permettront à l'équipe de tirer des conclusions quant au caractère compact des différentes couches de sédiments identifiées en sous-sol.

Mon travail a été effectué sur le carottage S3, d'une longueur de 10m, correspondant à la barre située en rive gauche de la section étudiée, et sera détaillé par la suite.

II.2. Suivi du transport sédimentaire sur Leitzaran

Ce travail de terrain, réalisé en parallèle du travail en laboratoire, se centre sur l'étude du transport sédimentaire dans une rivière permanente de montagne, appelée Leitzaran, dans la région de Navarre du Pays Basque (figure 3).

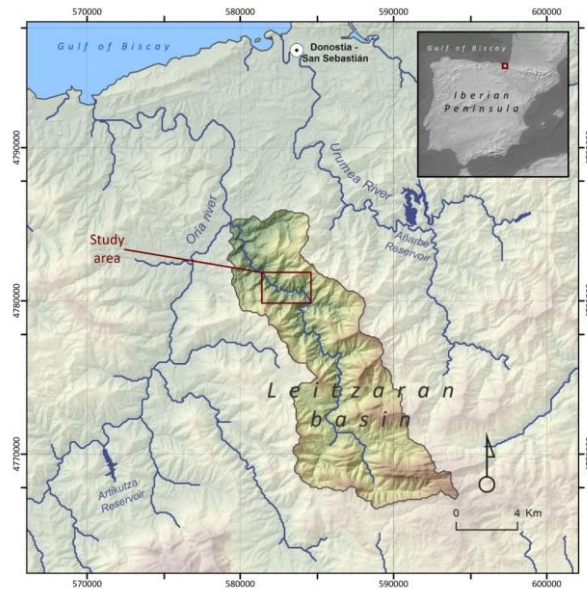


Figure 4 : Carte du bassin de Leizaran (s. d.)

C'est un affluent de l'Oria, dont la confluence se trouve dans la ville d'Andoain, avec des débits d'environ 4 m³/s, qui peuvent passer sous la barre du mètre cube par seconde dans les périodes les plus sèches. La rivière est située dans un bassin de 123,20 km² de superficie et 44,25 km de longueur. [2]

Il s'agit d'un cours d'eau classé ZEC (Zone Spéciale de Conservation) dans le réseau Natura 2000, mais aussi biotope protégé du fait de son caractère naturel et de la pureté de ses eaux. [3]

Parce qu'il s'agit d'un cours d'eau naturel, non anthropisé, sa dynamique n'a été que peu impactée et a laissé libre cours à la formation de méandres sur l'ensemble du linéaire. Néanmoins, La marque de l'Homme n'y est pas absente. En effet, plusieurs barrages y ont été implantés. On y trouvait plus en amont le barrage d'Oloki, puis celui d'Inturia, et enfin, plus en aval et toujours sur pieds, le barrage de Bertxin.

Les barrages d'Oloki et d'Inturia ont fait l'œuvre de travaux d'arasement. Oloki avait une hauteur d'environ 7 m, son arasement eu lieu par phase, la première s'est déroulée en 2018 et la seconde en 2019 (figure 4).



Figure 5 : Photographies de l'évolution de l'arasement du barrage Olloki (Askoa Ibisate)

Inturia, quant à lui, mesurait 12,5 m, avec une capacité de 300 000 m³ servant à alimenter le barrage hydroélectrique de Bertxin 1 km en aval [4]. Il s'est vu détruire en trois phases : 3m ont été retirés en 2013, trois autres en 2014 et les six derniers mètres en 2016 (figure 5).



Figure 6 : Photographies de l'évolution de l'arasement du barrage Inturia

L'intérêt d'un suivi sédimentaire sur ce cours d'eau est alors d'évaluer l'impact de chaque phase sur le transport sédimentaire. Ce suivi débuta en 2016 avec les premiers sédiments introduits dans le cours d'eau et a continué cette année 2022. Le Counti de Gipuzkoa veut ces données sur les résultats des arasements pour savoir s'il vaut mieux procéder par phases ou bien détruire les barrages d'un seul coup. D'autre part, ces diagnostics permettent de gérer le site classé biotope protégé et d'y améliorer l'habitat du saumon.

II.3. Digitalisation des zones de sédiments dans le bassin de la Viar

Ce troisième travail, réalisé sur le bassin du Viar, consistait en la digitalisation des zones de production de sédiments sur le bassin. La rivière Viar est un affluent de la rive droite du Guadalquivir d'une longueur d'environ 130 km. Il fait partie des trois affluents dépassant 700 m d'altitude à la source. Son bassin (figure 6) se situe dans le Sud-Ouest de l'Espagne, dans la région d'Andalousie.

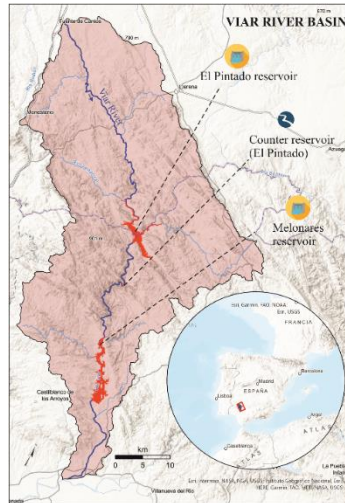


Figure 7 : Carte du bassin versant de la rivière Viar (s. d.)

Sur cette carte (figure 6) est visible le réservoir appelé El Pintado. Celui-ci se situe dans la partie Sud du bassin et constitue une annexe hydraulique de la rivière Viar. Plus au sud encore se trouve le contre-réservoir (figure 7b), connecté au réservoir principal El Pintado, il sert de retenu d'eau pour produire de l'électricité.



Figures 6a et 6b : Photographies du pipeline et de la centrale électrique du contre-réservoir (Centro de Estudios Paisaje y Territorio, s. d.)

Le pipeline visible en figure 7a est relié depuis El Pintado au contre-réservoir. Il permet le pompage de l'un des réservoir vers l'autre, et inversement, afin de produire de l'électricité pour la centrale (figure 7b)

Cependant, cette installation fait face à des contraintes physiques et météorologiques. En effet, le contre-réservoir s'est retrouvé partiellement rempli de sédiments issus du bassin versant. Ceci peut provenir de sources différentes, il peut s'agir de sédiments, fins pour la plupart, déjà stockés

dans le bassin. Ces zones de stockage peuvent être à nu, et donc fortement vulnérables à l'érosion. Alors, les sédiments présents sur ces zones pourront être mobilisés par ruissellement et éventuellement combler le contre-réservoir. Ces zones peuvent aussi être partiellement couvertes de végétation, les rendant aussi vulnérables à l'érosion car elles ne sont pas entièrement protégées de la battance, phénomène caractérisant les goûtes d'eau issues de la pluie s'écrasant directement sur le sol. C'est l'un des principaux phénomènes entrant en jeu dans l'érosion des sols. Un sol partiellement couvert par la végétation ne sera aussi que partiellement protégé du ruissellement. En outre, il n'existe pas seulement des sédiments déjà stockés sous cette forme, mais aussi des sédiments en devenir. On parle là de roches qui, sous des contraintes physiques, chimiques et biologiques, vont se météoriser, et produire des sédiments plus fins. De la même façon, ces sédiments pourront par la suite se déplacer dans le bassin versant par ruissellement et se retrouver dans le cours d'eau.

Par conséquent, si le réservoir est partiellement rempli de sédiments, le volume disponible pour accueillir de l'eau diminue, alors, la capacité de pompage et la production d'électricité se voient réduites elles aussi. C'est pourquoi une action massive de délocalisation des sédiments a été menée. Elle visait à retirer la barre sédimentaire s'étant installée dans le contre-réservoir et de la stocker en aval, juste à l'amont d'un barrage.

Pour éviter un tel désarroi, il est possible de prévoir le volume de sédiment entrant dans le réservoir afin de planifier le volume de pompage et donc la puissance à fournir. Pour ce faire, mon travail s'est organisé sur le logiciel d'information géographique Qgis et sera détaillé par la suite.

III. Matériel et méthode

III.1. Etude granulométrique sur la Cariñena

Pour commencer le travail sur le carottage S3, il est d'abord nécessaire de le casser, le réduire en morceaux, car celui-ci est fortement compact dû à la présence en grande quantité d'argile, et donc impossible à traiter à l'état brut. Pour ce faire il s'agissait simplement de se munir d'un marteau et de taper sur les échantillons afin d'en dégager les sédiments les plus grossiers et de diminuer au maximum les agglomérats de sédiments fins. Le carottage est stocké dans 4 grandes boîtes et disposé dans chacune d'entre elles sur 5 tranchées d'une longueur de 60cm. Pour ne perdre aucun sédiment mais surtout pour l'étape qui suit, il est impératif de casser le carottage immédiatement dans les boîtes sans les déplacer de leurs tranchées. Ne pas déplacer le carottage permet, après l'avoir concassé, d'y placer des niveaux en fonction des classes granulométriques observables. En effet, des couches sont distinguables après avoir cassé le carottage, se caractérisant par une plus forte proportion de sédiments plus ou moins grossiers à certaines profondeurs. Une fois les niveaux placés et leur profondeur mesurée, ils sont photographiés pour être comparés plus tard à la tomographie. Pour le carottage S3, dix niveaux ont été retenus.

A ce moment, chacun des niveaux est stocké dans des boîtes, pesé et mis en eau. Les mesures effectuées sont répertoriées tableau 1. Un total de 36 boîtes a été nécessaire pour stocker l'ensemble des niveaux.

Tableau 1 : Profondeurs et masses des échantillons par niveau (Maxence Paris, 2022)

Niveau	Profondeur (m)	Masse (g)
Niveau 1	0 - 0,41	3048
Niveau 2	0,41 - 1,29	7102
Niveau 3	1,29 - 2,80	13300
Niveau 4	2,80 - 3,04	2211
Niveau 5	3,04 - 4,30	10547
Niveau 6	4,30 - 6,15	12522
Niveau 7	6,15 - 6,93	4403
Niveau 8	6,93 - 7,20	1611
Niveau 9	7,20 - 9,06	10773
Niveau 10	9,06 - 10	5983

Dès lors, il est possible de passer à l'étape suivante. Le but étant de classer les sédiments, il n'est pas possible de le faire en tant que tel car les échantillons sont encore pleins d'argile et donc humides. Il est alors nécessaire d'enlever cette argile, qui sera comptabiliser par la suite en soustrayant la masse totale du niveau par la masse obtenue une fois l'argile éliminé. Pour s'en débarrasser, les boîtes contenant les sédiments sont remplies d'eau et stockées en laboratoire. Chaque jour, pendant environ une semaine, le contenu des boîtes est remué à la main, à l'aide de pinceaux, afin de mélanger au maximum l'argile à l'eau. Une fois la semaine écoulée, les boîtes sont récupérées et passées au tamis de taille de mailles de 0,05 mm à l'aide d'une douche afin d'évacuer l'argile. L'argile étant retiré des boîtes, celles-ci sont mises à sécher pour passer l'étape principale de ce travail : le tri des sédiments par classes granulométriques.

Les classes retenues vont des sédiments de plus de 20mm jusqu'à ceux inférieurs à 0,063 mm (sans compter l'argile déjà évacuée).

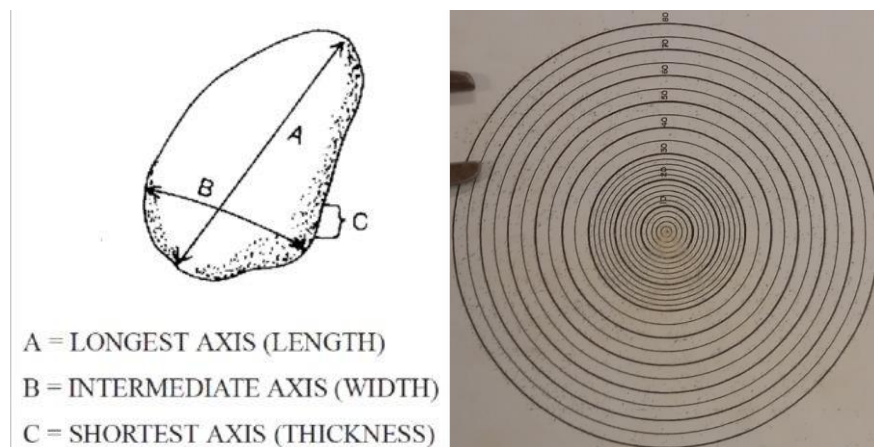
Le matériel à disposition pour réaliser les classes est le suivant :

- Onze tamis emboîtables allant de 10 mm à 0,063 mm, les tamis de 0,15 mm et 0,08mm sont de plus petite taille (Annexe 1)
- Deux machines tamiseuses vibrantes adaptées pour les deux tailles de tamis (Annexe 2)
- Deux machines à ultrasons (Annexe 3)
- Un pied à coulisse
- Des sachets de congélation
- Des étiquettes
- Une feuille de mesure d'angles
- Fond de tamis et couvercle

Le protocole requiert de réaliser le tri de façon décroissante, en commençant donc par les plus grandes tailles de mailles, de façon à pouvoir filtrer les sédiments sans pertes. Un maximum de quatre tamis est utilisé à la fois afin de favoriser le passage des sédiments et donc de ne pas avoir à répéter l'opérations plusieurs fois. Les tamis sont alors assemblés comme suit : 10 mm/2 mm/1,25 mm/0,8 mm ; 0,5 mm/0,4 mm/0,25 mm/0,2 mm ; 0,15 mm/0,08 mm ; 0,063 mm. Les tamis de 0,15 et 0,08mm sont regroupés car il s'agit des deux seuls tamis de plus petite taille. Afin de procéder au tamisage, les tamis sont introduits dans la tamiseuse adaptée et réglé suivant le nombre de boîte (amplitude de la vibration, temps, nombre de boîtes, paterne vibration/pause). La plupart du temps, le traitement d'un groupe de tamis, et ce pour une seule boîte, prend entre 10 et 20 minutes, avec

une amplitude réglée entre 1 et 1,9 selon le nombre de tamis et un pattern réglé sur 2 secondes de vibrations et 8 secondes de pause. Entre chaque tri de différents niveaux, les tamis sont lavés dans les machines à ultrasons préalablement remplies d'eau. Les sédiments sont stockés par classe granulométrique dans des sacs de congélation étiquetés « Cariñena S3 LEVEL n°x tailles xx mm – xx mm ». Le tamis de 10 mm sert à classer les sédiments compris entre 20 et 10 mm. En plus du tri des sédiments inférieurs à 20 mm, il est nécessaire de trier les sédiments supérieurs à 20 mm. Pour ce faire, un pied à coulisse réglé sur 2 cm permet d'identifier les cailloux dont l'axe médian est supérieur à cette valeur et les classer comme sédiments supérieurs à 20 mm.

Les sédiments supérieurs à 20 mm sont soumis à un processus de mesure appelé morphométrie. Les axes longs et médians sont mesurés, ainsi que l'épaisseur et l'angle le plus aigu (figures 8a et 8b). Une fois le niveau terminé d'être trié, chacune des classes obtenues est pesée.



Figures 9a et 9b : Les axes de mesure d'une particule [5] et outil de mesure d'angle (Maxence Paris, 2022)

Le travail requiert de l'organisation pour optimiser au mieux l'avancée du processus, car il est composé d'une grande variété de tâches à réaliser de façon simultanée. Par exemple, il est intéressant de procéder à la mesure des cailloux supérieurs à 20 mm, ou bien de préparer l'étiquetage pendant que des tamis sont en cours de traitement dans la tamiseuse. Il est aussi possible de lancer le traitement de la tamiseuse pour le niveau suivant lorsqu'il vient le moment d'utiliser les plus petits tamis pour le niveau en cours. Les niveaux avec beaucoup de boîtes sont traités afin de gagner du temps et d'éviter de perdre des sédiments ou d'encombrer les tamis. Et pour cause, après quelques passages dans la tamiseuse (et donc plusieurs boîtes traitées), les classes de sédiments obtenues sont stockées dans des boîtes intermédiaires, de même pour le fond du tamis, qui contient les sédiments encore non classés des tailles inférieures.

Enfin, l'ensemble des données est répertorié sur un fichier Excel et pourra être analysé afin d'en tirer des conclusions.

III.2. Suivi du transport sédimentaire sur Leitzaran

La méthode mise en œuvre pour réaliser le suivi sédimentaire est celle des traceurs (Annexe 4). Ces traceurs, modèle RFID (Radio Frequency Identification), sont insérés dans des sédiments puis libérés dans le cours d'eau à différents endroits d'intérêt. Chaque année, à la période de basses eaux, les traceurs sont recherchés à l'aide d'un radar (Annexe 5) pour en déterminer la position et donc la distance parcourue en une année.

Plus en détails dorénavant, voici la méthode suivie dans le cadre de ce travail. Tout d'abord, avant d'insérer les traceurs dans les sédiments, il est nécessaire de choisir les sédiments. Pour cela, la méthode de Wollman a été utilisée sur le cours d'eau aux points censés faire office de point de contrôle des sédiments. Elle consiste à ramasser au hasard des sédiments sur une certaine distance, 100 sédiments sur 50 m par exemple, et d'en déterminer la longueur de l'axe médiant selon les critères de Wollman. A partir de cela sont calculés les D50 (tableau 2), permettant de choisir des sédiments compris dans ces intervalles de mesure.

Tableau 2 : Valeurs des D50 pour l'année 2016 (Askoa Ibisate, 2016)

ID	Intervalos Wentworth (2016)		
	Inferior d_{50}	d_{50}	Superior d_{50}
PM-1	$45,3 \geq \emptyset < 64$	$64 \geq \emptyset < 90,5$	$90,5 \geq \emptyset < 126$
PM-2	$45,3 \geq \emptyset < 64$	$64 \geq \emptyset < 90,5$	$90,5 \geq \emptyset < 126$
PM-3	$64 \geq \emptyset < 90,5$	$90,5 \geq \emptyset < 126$	$126 \geq \emptyset < 25$

Sur ce tableau (tableau) sont présentés les valeurs d'intervalles de D50 obtenus pour l'année 2016. Ces valeurs permettent d'avoir les tailles moyennes présentes dans le cours d'eau afin de sélectionner des échantillons les plus représentatifs possibles pour s'approcher au mieux de la réalité du transport occurrent dans le cours d'eau. Une fois les sédiments sélectionnés, il est possible d'y insérer les traceurs. Il faut d'abord effectuer un trou dans le minéral à l'aide d'une perceuse. Pour que le traceur ne se déloge pas du trou, une résine est appliquée, un fois sèche, les sédiments sont prêts à être introduits. Chaque année, 300 traceurs sont lâchés, dont 100 à chaque point de contrôle. 180 sédiments sont récupérés à chaque point car beaucoup d'entre eux se brisent lors du perçage.

Cette année, aucun sédiment n'a été libéré dans le cours d'eau, mon travail aura donc uniquement consisté à rechercher les sédiments, lâchés les années précédentes, à l'aide du radar. Le suivi ayant commencé en 2016, 1800 traceurs sont présents dans le cours d'eau en cette année 2022.

Les sédiments sont choisis dans les zones où ils seront libérés. Ces zones ont-elles-mêmes été choisies pour leur intérêt vis-à-vis de l'objectif, qui est de connaître l'impact de l'arasement progressif des barrages sur le transport sédimentaire. Deux des trois points de contrôle se situent, l'un en amont d'Olloki, l'autre en amont d'Inturia (figure 9).

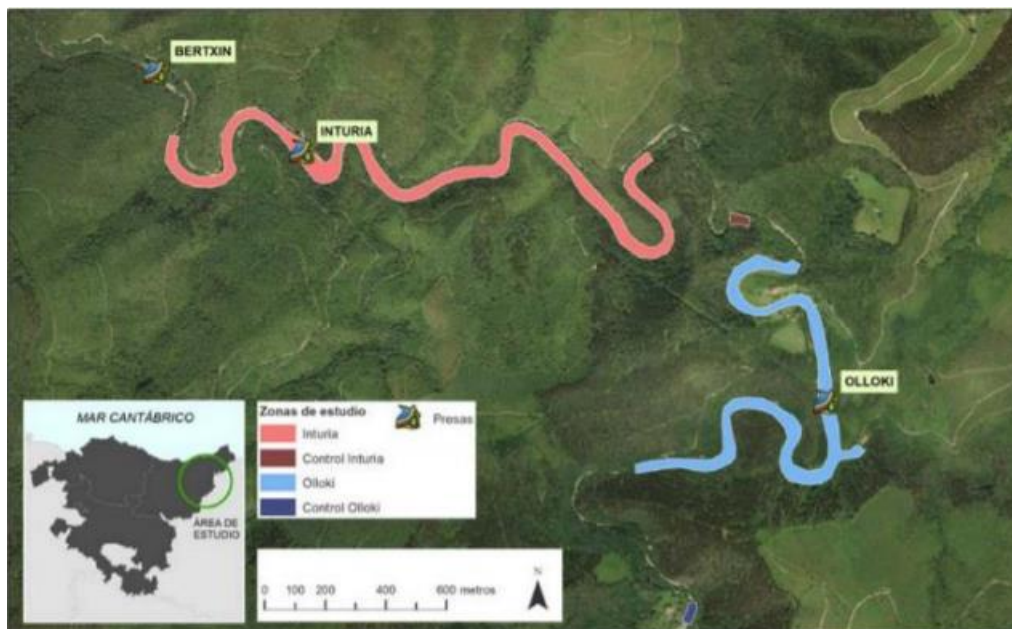


Figure 10 : Carte des zones des barrages sur Leizaran (s. d.)

Sur cette carte (figure 9) sont visibles les deux points de contrôle cités précédemment (en bleu foncé et rouge foncé). Les zones en bleu clair et rouge clair sont les zones d'influence des barrages. Les points de contrôle ont été choisis hors de ces zones d'influence.

Une fois les sédiments choisis et relâchés, ils sont traqués l'année suivante à l'aide d'un radar. Il est composé d'un détecteur ou antenne, réceptionnant les signaux émis par les traceurs, ainsi que d'un boîtier permettant de paramétrer la réception mais surtout de récolter les données. Chaque traceur possède un identifiant composé d'un code commun suivant l'année d'introduction, et d'un code unique permettant de les distinguer. Chaque enregistrement de traceur sur le boîtier récepteur donne le code, ainsi que les coordonnées et la date précise d'acquisition. Le modèle de radar utilisé cette année possède une portée plus faible que le radar utilisé précédemment, ne permettant donc pas de détecter d'éventuels sédiments enfouis plus profondément que la portée maximale de détection. Il est néanmoins plus petit et plus léger et est donc plus facile à manier. Pour réaliser la détection de manière efficace, il faut partir d'une rive et progresser de manière rectiligne sur la largeur du cours d'eau en balayant de droite à gauche le radar. Une fois une largeur effectuée, l'utilisateur se décale de quelques pas sur le côté et effectue la même chose de cette rive à l'autre, tout ceci d'amont en aval sur l'ensemble du linéaire. Ce travail démarre au point de contrôle en amont d'Olloki et se termine en aval de Bertxin 500 m après avoir trouvé le dernier traceur.

Le passage dans le cours d'eau se fait à l'aide d'une paire de wadders, permettant en théorie de pénétrer l'eau jusqu'au torse, cependant, le boîtier relié au radar nécessite l'utilisation d'un sac à dos rendant impossible le passage dans l'eau au-delà de la taille. Alors, beaucoup de parties du cours d'eau sont à ignorer ce qui cause forcément des pertes de données.

L'ensemble des enregistrements sont réalisés sur une journée de 6 h, correspondant à la capacité de la batterie du dispositif. De telles journées sont nécessaires pour rentabiliser le temps de trajets s'élevant à 2 h allé et 2 h retour. Chaque enregistrement s'effectue sur un fichier unique donnant lieu à un tableau Excel répertoriant les dates et heures d'obtention, les coordonnées et les codes des traceurs.

Il suffit pour finir d'utiliser un logiciel d'information géographique tel que Qgis par exemple pour localiser sur une carte les traceurs, et ainsi comparer l'avancée des traceurs par année et par point de contrôle.

III.3. Digitalisation des zones de sédiments dans le bassin de la Viar

Afin de répertorier les zones de production de sédiments sur le bassin de la rivière Viar, il est d'abord nécessaire de se munir d'une orthophotographie récente. L'orthophotographie de 2021, avec une qualité maximale, a été choisie.

Ensuite, la méthode consiste en la création de polygones, un par un, sur les zones identifiées comme zones de production. Trois types de zones ont été distinguées :

- Les zones de sédiments, il s'agit des zones à nu, contenant des sédiments plus ou moins grossiers. Il peut s'agir de petites zones (de l'ordre de la dizaine ou centaine de mètres carrés) (figure 10a), ou encore de vastes zones de plusieurs centaines ou milliers d'hectares identifiées comme étant majoritairement couvertes de sédiments à nu (figure 10b).



Figures 11a et 11b : Vues aériennes de zones de sédiments digitalisées sur le bassin de la Viar (Maxence Paris, 2022)

Les zones identifiées comme sédiments à nu, comme figuré ci-dessus (figures 10a et 10b), sont représentées en beige sur la carte.

- Les zones de végétation partielle, elles correspondent aux polygones verts sur la carte (exemple figure 10b)
- Les roches pouvant potentiellement se météoriser (en marron sur la carte, voir partie IV.3.).

Ainsi, pour chaque polygone créé est renseigné l'identifiant, le type de sol parmi les trois cités précédemment, et éventuellement la taille de la zone (large, moyenne ou petite) qui est admise de façon subjective.

Pour réaliser cette carte, le bassin versant de la Viar a dû être modifié pour considérer le contre-réservoir comme exutoire (figure 11).

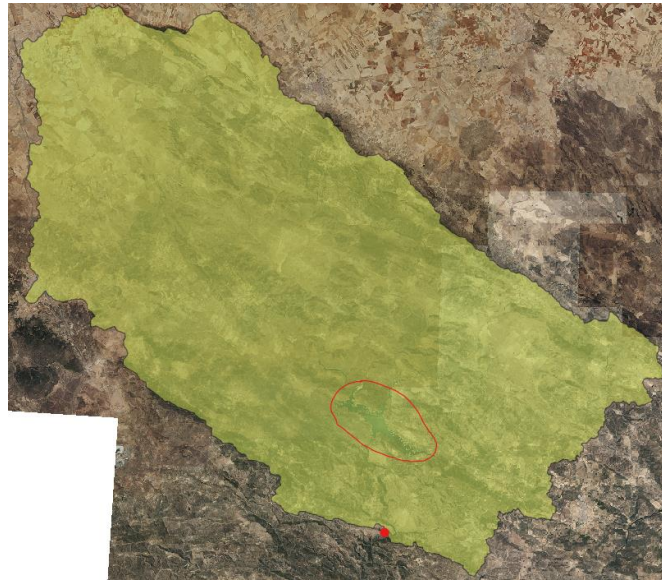


Figure 12 : Bassin de la Viar modifié (Maxence Paris, 2022)

Le réservoir El Pintado est ici entouré en rouge (figure 11), le contre-réservoir se trouve lui au sud, en rouge. L'ensemble de ce nouveau bassin est considéré pour la digitalisation des zones de sédiments. Les zones pouvant être reliées au cours d'eau se trouvant entre les deux réservoirs sont à distinguer par la suite.

A l'issue de la digitalisation, la méthode USLE sera utilisée par l'équipe de chercheurs afin de calculer la quantité de sédiments produite et pouvant alimenter le contre-réservoir. Il s'agit de l'équation universelle des pertes en terre [6] (ou taux annuel moyen d'érosion à long terme). Elle s'exprime de cette façon :

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

Avec :

- A : les pertes en terre annuelles moyennes possibles à long terme (tonnes/hectare)
- R : facteur de pluie et de ruissellement par secteur géographique
- K : facteur d'érodibilité du sol
- LS : facteur de longueur et d'inclinaison de la pente
- C : facteur culture-végétation et gestion
- P : facteur de pratique de conservation

Les résultats de cette méthode ne seront pas connus et donc pas traités lors de la rédaction de ce rapport.

IV. Résultats et hypothèses

IV.1. Etude granulométrique sur la Cariñena

Les données obtenues lors du travail en laboratoire permettent calculer divers indices. Pour commencer, il est nécessaire de calculer le pourcentage de la masse de chaque classe par rapport à la masse totale du niveau. Ce pourcentage permet de calculer les pourcentages cumulés de matériaux passant à travers les tamis. Ces pourcentages sont utilisés pour déterminer les valeurs de la distribution de la taille des grains. Les valeurs sont : D10, D16, D20, D50, D84 et D90. La valeur D10, par exemple, indique que 10 % des grains ont une taille inférieure à cette valeur. Pour obtenir ces résultats, la formule suivante est utilisée :

$$Dx = L1 + \frac{x - P1}{P2 - P1} \times (L2 - L1)$$

Avec x la valeur de la distribution calculée, [P1 ; P2] l'intervalle des pourcentages cumulés contenant x, [L1 ; L2] l'intervalle de taille correspondant à [P1 ; P2].

A titre d'exemple, voici les résultats obtenus pour le niveau 1 (figure 12)

D10	0.022		
D16	0.036		
D20	0.045		
D50	=N23+((50-Q23)/(Q24-Q23))*(N24-N23)		
D84	20.617		
D90	27.136		
size (mm)	Weight (g)	%	%passing
0	682	22.4	
0.05	2	0.1	22
0.063	3	0.1	22
0.08	40	1.3	23
0.15	477	15.6	24
0.2	87	2.9	40
0.25	101	3.3	42
0.4	16	0.5	46
0.5	70	2.3	46
0.8	63	2.1	48
1.25	98	3.2	51
2	552	18.1	54
10	352	11.5	72
20	505	16.6	83
38			100
TOTAL	3048.00		

Figure 13 : Tableau de calcul des distributions de tailles de grains pour le niveau 1 (Maxence Paris, 2022)

Les tableaux des résultats du niveau 1 (figure 1) permettent de mieux comprendre la formule utilisée, ici pour le D50. Les résultats sont techniquement à prendre avec deux chiffres significatifs, car la précision la plus basse dans les mesures (les valeurs des tailles de tamis sont indiquées au centième de millimètre près). Ainsi, la valeur du D50 s'élève à 1,1 mm, ce qui veut dire qu'une moitié des sédiments du niveau est inférieure à 1,1 mm et l'autre moitié est supérieure à 1,1 mm.

Il peut être intéressant de comparer certaines valeurs de distribution, la plus utilisée en géomorphologie fluviale est la valeur du D50. Un graphe comparatif (figure 13) est réalisé pour confronter les différents niveaux. Il n'a pas été possible d'obtenir des valeurs concluantes pour le niveau 7 car celui-ci a subi une erreur de pesée lors de la mise en boîte.

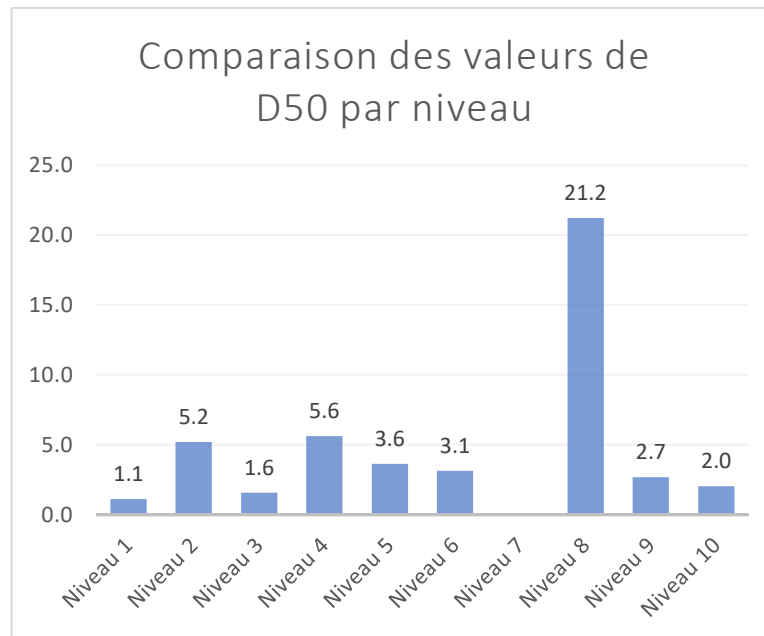


Figure 14 : Tableau comparatif des valeurs de D50 par niveau (Maxence Paris, 2022)

Le premier élément qui apparaît est la valeur du D50 pour le niveau 8, qui est nettement supérieure à celle des autres niveaux puisque quasiment le quadruple de la deuxième valeur la plus élevée. Cependant, les résultats obtenus au niveau 8 sont à relativiser car il s'agit d'un niveau avec peu de sédiments (stocké dans une seule boîte) et contenant les cailloux de plus de 20 mm avec les masses mesurées les plus élevées. Pour le reste des valeurs, les niveaux 2 et 4 se distinguent des autres avec des tailles de grains respectivement de 5,2 et 5,6 mm, ce qui caractérise une proportion de particules fines relativement faible en comparaison des autres niveaux. A l'inverse, les niveaux 1 et 3 semblent contenir de grandes quantités de particules fines avec des valeurs de D50 s'élevant respectivement à 1,1 et 1,6 mm. Ces valeurs de D50 peuvent être mises en corrélation avec la distribution des grains observée.

Les calculs des pourcentages cumulés passant à travers les mailles, permettent également de les observer en fonction de la taille de grain, à l'aide de graphiques. Pour chacun des niveaux est réalisé un graphique avec courbe lissée afin de se rapprocher de la réalité et parce que toutes les tailles ne sont pas représentées. L'ensemble des courbes, chacune correspondant à un niveau, est comparé sur un même graphique (figure 14).

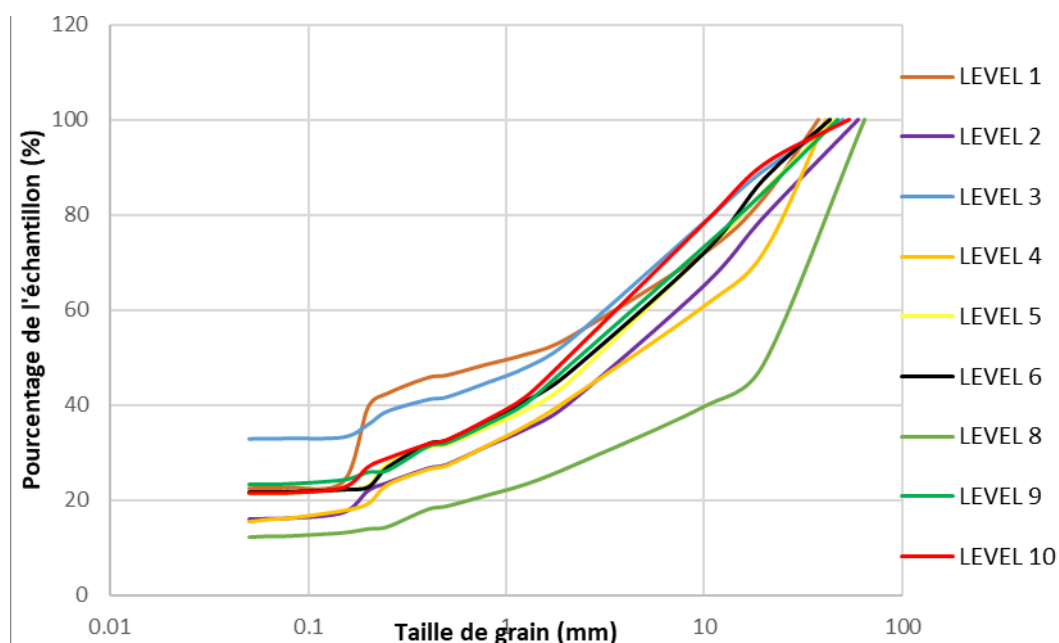


Figure 15 : Comparaison des distributions de grains entre chaque niveau (Maxence Paris, 2022)

Dans un premier temps, l'observation du graphique (figure 14) permet de confirmer l'analyse des valeurs des D50. En effet, outre la valeur du niveau 8, les pourcentages observés pour des faibles tailles de grains sont inférieurs à 20 % pour les niveaux 2 et 4 ce qui indique que moins d'un grain sur cinq est inférieur à environ 0,3 mm. L'observation inverse peut-être fait pour les niveaux 1 et 3, confirmant également que les tailles de grains plus faibles sont présentes en plus grande proportion. Néanmoins, ce graphique (figure 14) apporte des précisions supplémentaires. De fait, même si ces deux niveaux ont des valeurs de D50 très proches, des différences sont exhibées ici : plus de 30 % des sédiments du niveau 3 sont de tailles inférieures à environ 0,2 mm, or, seuls un peu plus de 20 % de ceux du niveau 2 se situent sous cette valeur. En outre, sur la plupart des courbes est visible un « palier » caractérisant une augmentation subite de la population de grain représentée. Ce qui veut dire qu'une grosse proportion de grains de la classe supérieure est présente. Ces paliers sont observables pour des tailles de grains relativement faibles comprises entre environ 0,2 et 0,6 mm. Il s'avère que cette augmentation apparaît pour la taille de 0,2 mm pour les niveaux 1 et 3. Toutefois, l'élévation de la taille de grain représentée est bien plus forte pour le niveau 1 passant d'environ 23 % inférieure à 0,2 mm à plus de 40 % pour une taille de grain presque identique.

En se basant sur les valeurs de D50 et l'observation de ce graphique, les tendances des niveaux 1 et 3 peuvent être supposées comme étant proches, de même pour les niveaux 2 et 4 ainsi que les niveaux 5, 6, 9 et 10.

Les corrélations établies sur la base du D50 sont les mêmes que celles qui auraient pu être faites avec les valeurs du D16 et D84 (Annexe 6) car les similitudes admises sont sensiblement les mêmes. Le D50 a ici été retenu car le graphique obtenu est plus marqué et lisible pour l'interprétation, de plus, il s'agit de la valeur médiane et donc d'une valeur importante pour un échantillon.

L'intérêt serait maintenant de comparer ces résultats à la tomographie réalisée. L'information quant à la position du carottage sur la section étant inconnue, il est impossible de réaliser une réelle analyse, la position sera donc supposée (figure 15), afin d'établir des liens hypothétiques dans l'intérêt de l'exercice.

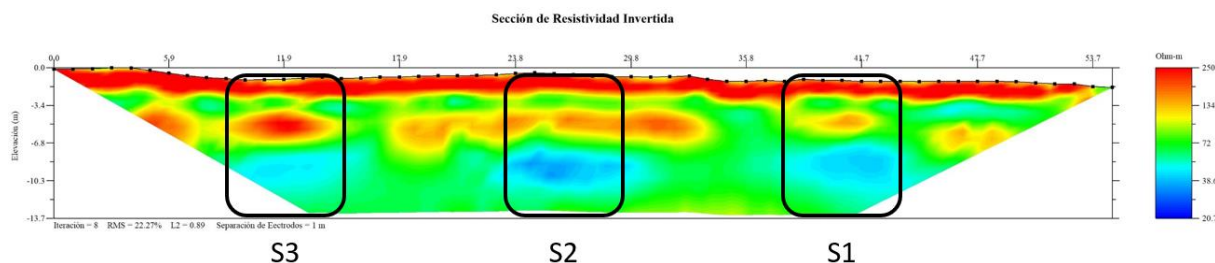


Figure 16 : Placements des carottages sur la tomographie réalisée sur la section d'étude (s. d.)

Les carottages S1, S2 et S3 (figure 15) sont théoriques et permettrons l'analyse qui suit. Ils sont déterminés d'une part connaissant leur placement sur la section (rive gauche, droite et centre du cours d'eau) et d'autre part, à la vue des différentes couches observables sur la tomographie. Les résistivités seront, dans ce cas, mesurées pour le carottage S3 (figure 16).

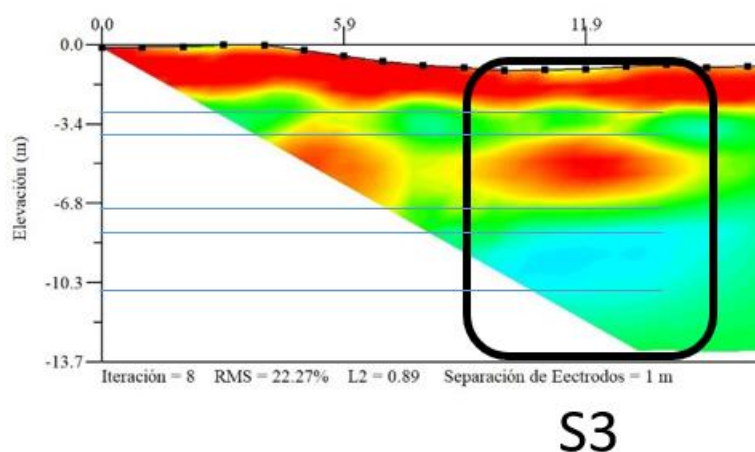


Figure 17 : Profondeurs des couches observées sur la tomographie pour le carottage S3 (Maxence Paris, 2022)

Les résistivités les plus élevées sont observées (figure 16) pour des profondeurs comprises entre 0 et 3 m et entre 3,8 et 7 m. Les résistivités les plus faibles ont-elles été enregistrées entre 8 et 10,7 m environ. Le reste du milieu s'accorde à une résistivité moyenne autour de 72 ohm/m. Les niveaux peuvent alors être regroupés selon ces profondeurs. Mais, il s'avère qu'aucune conclusion ne peut être tirée en tentant de corréliser avec les données de la granulométrie.

En plus de cela, la morphométrie vient apporter des éléments supplémentaires permettant de décrire ce cours d'eau. Ce procédé a pour but de caractériser la forme des cailloux présents dans les différents niveaux. Des formes plus arrondies, identifiées pour des valeurs d'angle plus élevées, témoignent d'un temps de transport plus important. En effet, plus longtemps un grain sera transporté, plus il sera façonné, poli sous l'action de l'eau et des sédiments fins. Une moyenne de 6 est obtenue pour la valeur des angles pour chaque niveau, hormis pour le niveau 2 avec une moyenne de 8 et le niveau 9 avec une moyenne de 4. Ces faibles différences ne permettent pas de distinguer les niveaux les uns des autres, cependant, cela permet d'imaginer que les sédiments se sont peu déplacés.

IV.2. Suivi du transport sédimentaire sur Leitzaran

A l'issue de cette année, 511 traceurs ont été trouvés sur les 1800 actuellement dans le cours d'eau, soit 28,4% des traceurs. En comparaison des autres années, ce ratio est assez faible, mais il reste satisfaisant car au bout de 6 ans pour les plus anciens, les traceurs ont eu le temps de se disperser d'avantage et sont donc plus difficile à trouver. D'autant plus que plusieurs contraintes entrent en jeu dans la détection des traceurs. En effet, la végétation vient souvent obstruer le passage du radar ou même la traverser du cours d'eau. Cela peut aller de simples branches ou feuillages provenant de la ripisylve qui recouvrent une partie du cours d'eau, jusqu'aux troncs d'arbres en travers de celui-ci. De plus, le caractère sauvage et montagneux du cours d'eau implique la forte présence de blocs et rochers de plusieurs tonnes. Ceux-ci empêchent le passage du radar dans ces zones ou simplement rendent trop périlleux le passage à pied. Enfin, la forte fréquence d'alternance de radiers et mouilles rend souvent impossible le passage dans l'eau à cause du matériel transporté.

La carte obtenue pour 2022 (figure 17) rend compte des 511 traceurs trouvés jusqu'au 14 juillet 2022 pour les deux derniers. Trois autres traceurs ont été trouvés par l'équipe après notre dernier passage.

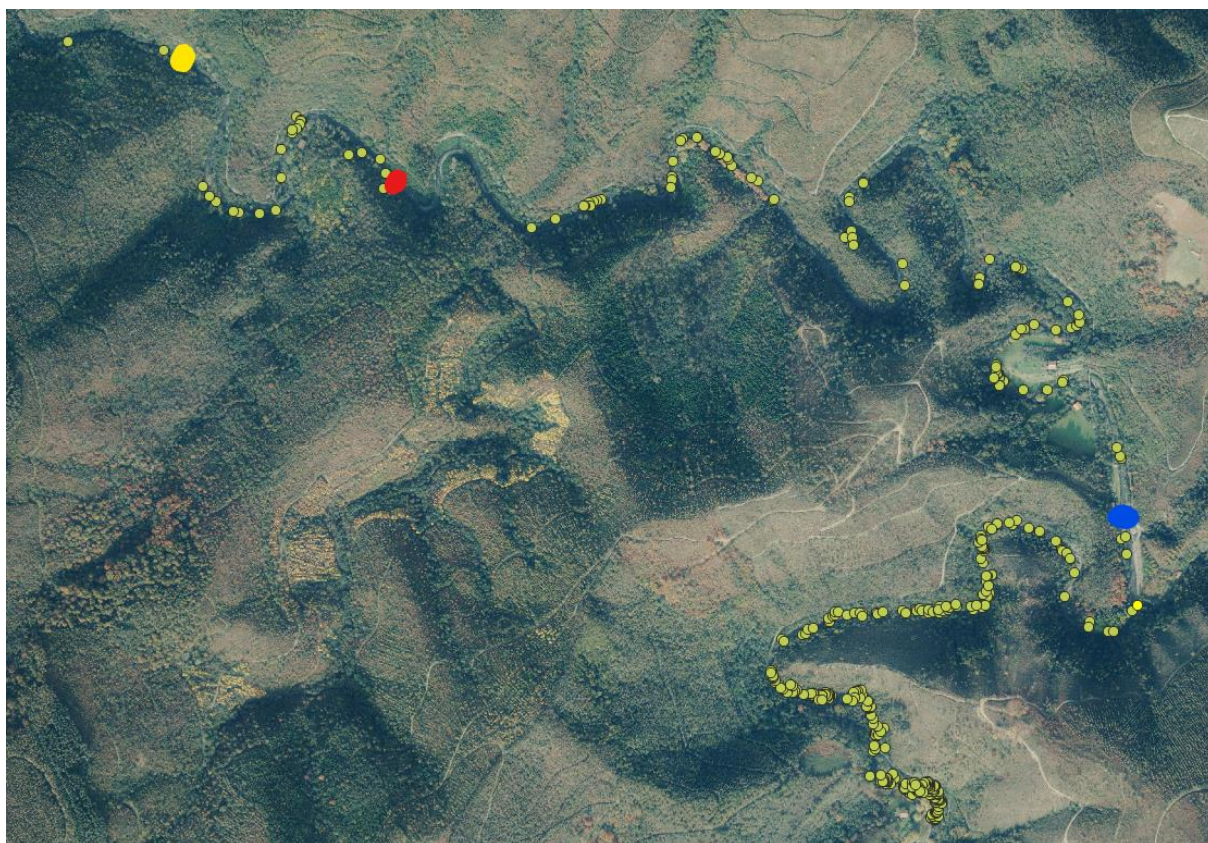


Figure 18 : Carte des emplacements de traceurs sur Leitzaran (Maxence Paris, 2022)

Sur cette carte (figure 17) sont répertoriés l'ensemble des traceurs trouvés en 2022 ainsi que l'emplacement des trois barrages, Olluki en bleu, Inturia en rouge et Bertxin en jaune qui est le seul à ce jour encore présent et en fonctionnement. D'abord, il est frappant que la majeure partie des traceurs semble se trouver sur la partie la plus amont du cours d'eau. Cela peut être vérifié en regardant de plus près les données sur Qgis (figure 18).

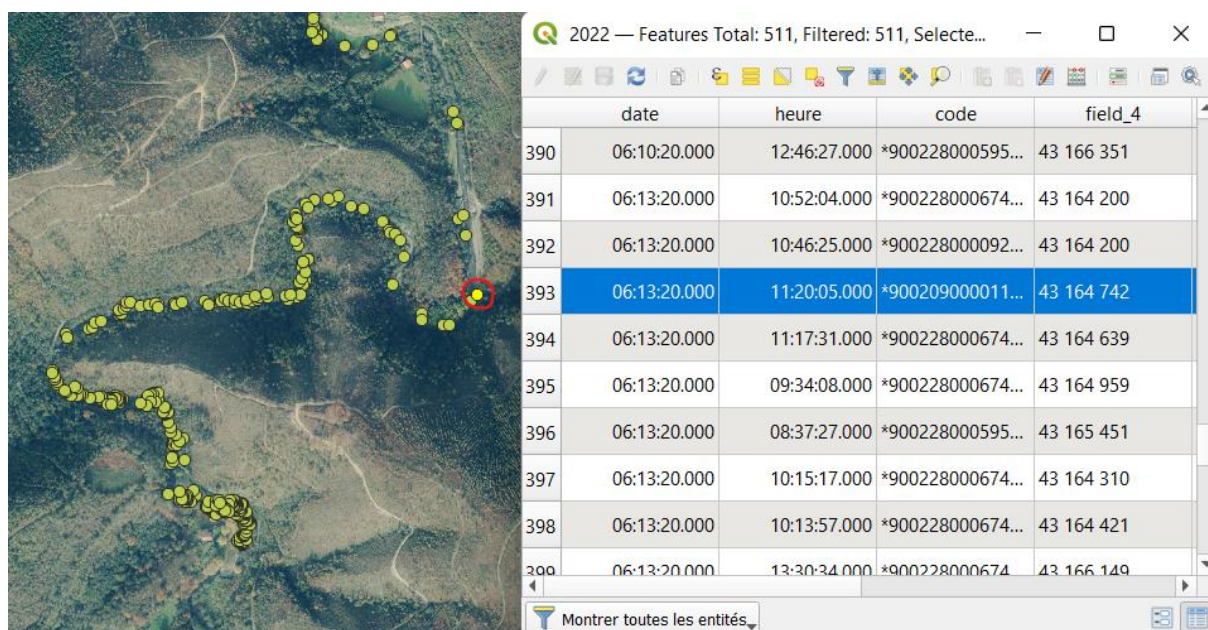


Figure 19 : Emplacement du 393^e traceur sur Leitzaran (Maxence Paris, 2022)

Subjectivement, le point sélectionné (figure 18) est considéré comme étant le dernier du gros groupe de points le plus en amont. Comme présumé, la concentration de traceurs est extrêmement importante dans cette partie du cours d'eau, qui peut être approximée comme représentant environ un quart du linéaire. En effet, 393 traceurs parmi les 511 trouvés au total sont présents dans cette zone, ce qui compte pour 77 % du nombre total de traceurs. Etant donné qu'aucun autre traceur ne sera introduit dans le cours d'eau, cette année peut être prise comme bilan de ces 6 ans de suivi. Même s'il serait nécessaire de continuer le suivi sur plusieurs années encore, il est possible de penser que le transport sédimentaire n'est pas très conséquent en amont du cours d'eau. Cependant, en comparant avec la carte précédente (figure 17), il semble que ce cumule se soit fait parfaitement en amont d'Olloki puisque que le 393^e traceur a été choisi sans tenir compte de la position du barrage. Et pourtant, celui-ci se trouve seulement quelques dizaines de mètres en amont du barrage. Il semblerait donc que la zone amont du barrage exerce une influence sur le transport sédimentaire. Pour en être sûr, ou du moins, en mesurer l'impact, il faudrait évaluer les parts de traceurs par années. Puisque Olloki a fini d'être détruit en 2019, si les proportions de traceurs introduits en 2020 et 2021 sont plus faibles que les proportions des précédentes années, pour un même temps de transport (il suffit de comparer par exemple les résultats de 2021 pour 2020 avec les résultats de 2017 pour 2016), alors, il serait possible d'établir des liens entre la présence du barrage et le transport sédimentaire. Sans surprise, la vitesse de transport aurait été réduite par la présence du barrage. De la même façon, et pour conclure quant à l'utilité de détruire les barrages par phase, il est nécessaire de comparer ces proportions par année et cette fois pour les années 2018 et 2019. Le suivi est ici plus complet car 2 années suivent et précèdent la période d'arasement du barrage.

En ce qui concerne le deuxième barrage, 481 traceurs ont été trouvés en amont d'Inturia, correspondant à 94 % du total. Finalement, seuls 6 % des traceurs trouvés se situent après Inturia, soit 30 traceurs, dont 2 se trouvent après Bertxin. Ces deux traceurs sont ceux ayant été trouvés au plus loin jusqu'à ce jour. Il s'agit de traceurs ayant été introduit en 2016, ils témoignent, contrairement à ce qui a été dit précédemment, d'une grande capacité de transport sédimentaire et ce malgré les contraintes physiques rencontrées sur le terrain. En effet, le cours d'eau est comme dit auparavant, jonché de blocs et énormes rochers rendant difficile le passage des sédiments. Cela est d'autant plus vrai plus en aval du cours d'eau. Car justement, si aucun sédiment n'a été découvert

entre les deux derniers traceurs, c'est parce qu'il s'agit d'une zone impraticable qui a donc dû être sautée. Trouver un sédiment aussi loin dans le cours d'eau, surtout après le barrage de Bertxin, est très encourageant pour l'équipe de recherche. Cela laisse présumer une capacité qui sera potentiellement observée sur le long terme.

IV.3. Digitalisation des zones de sédiments dans le bassin de la Viar

Finalement, l'application de cette méthode de digitalisation a mené la création d'une carte partiellement couverte (figure 19).

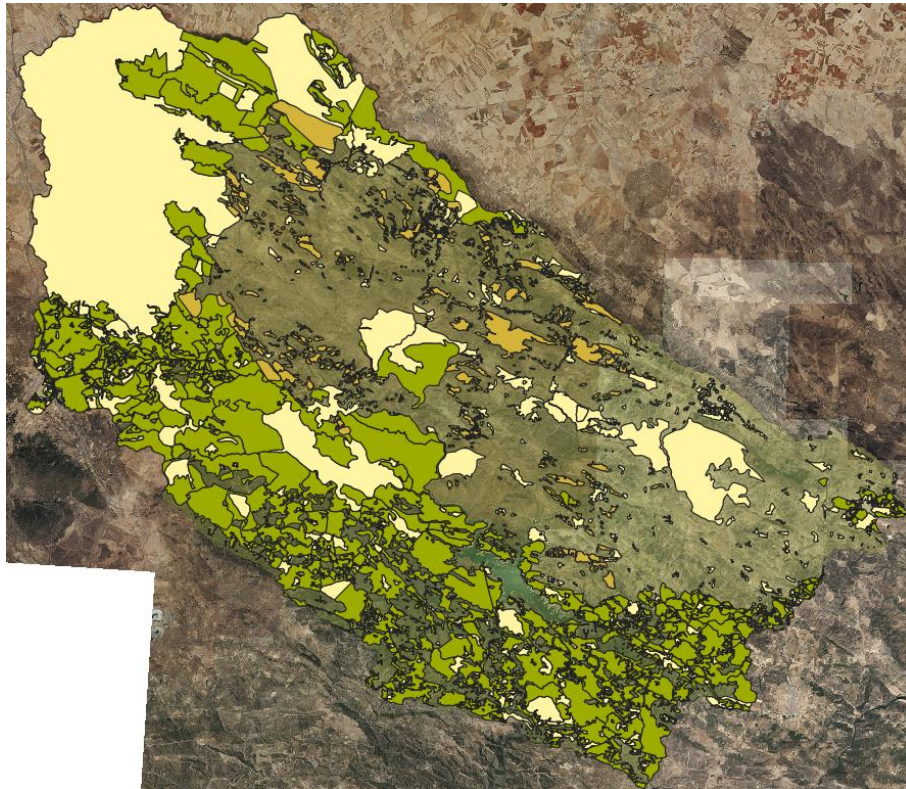


Figure 20 : Carte des zones de production de sédiments sur le bassin de la rivière Viar (Maxence Paris, 2022)

Tel qu'il a été dit précédemment, les trois types de sols ont été répertoriés, en beige, vert et marron. Cependant, comme il peut être observé sur la carte finale (figure), une couleur jaune est aussi visible. Il s'agit des zones ne pouvant pas être considérées comme zones de production de sédiment. Cela peut être des forêts, des zones urbaines, des zones imperméabilisées, etc. Répertorier ces zones est en effet plus rapide que de répertorier les zones de sédiments. Cela demande par la suite de réaliser un découpage à l'aide d'outils sur Qgis afin de récupérer un seul polygone sur la zone restante, sans les polygones découpés. Néanmoins, aucune zone dans ce polygone ne sera discriminée ce qui ne permet pas de distinguer une zone de végétation partielle d'une zone à nu.

Sur cette carte, un total de 3100 polygones a été tracé, dont 1887 polygones catégorisés comme zones de production de sédiments. Cette carte pourra être utilisée par la suite par l'équipe de chercheurs afin de calculer les pertes en terre annuelles moyennes possibles à long terme avec la méthode USLE.

V. Discussion

V.1. Etude granulométrique sur la Cariñena

Le travail en laboratoire m'aura permis de traiter de manière complète l'échantillon de la Cariñena, depuis la destruction du carottage, en passant par le tri des sédiments, jusqu'aux analyses des résultats. Ces analyses sont supposées permettre de tirer des conclusions quant à la composition du carottage. En effet, il est censé permettre d'y distinguer des couches, plus ou moins compactes. Ceci peut être vérifié à l'aide des tomographies réalisées sur la même section. Cependant, la localisation du carottage sur cette section ne m'était pas connue, rendant difficile la mise en parallèle avec la tomographie. De plus, le principe de la tomographie n'est pas dans mes compétences et l'équipe l'ayant réalisé n'était pas sur place. Il a donc été difficile de tirer des conclusions avec les résultats en ma possession.

Dater les échantillons aurait pu être intéressant pour apporter des éléments pour comprendre le fonctionnement du cours d'eau. Cela aurait permis d'approximer les périodes effectives des couches présentes dans le carottage. Cependant, pour une telle chose, il est nécessaire de trouver de la matière organique en quantité suffisante afin de procéder à une datation au carbone 14. Il y avait bel et bien de la matière organique dans les échantillons, mais surtout pour les niveaux les plus proches du niveau du sol, soit aux niveaux 1 et 2, et en quantité trop faible.

Outre les conclusions, cela m'aura permis de réaliser un travail de recherche en laboratoire au complet et d'utiliser des outils que je n'avais jamais manipulés comme les tamis, ou bien que je ne connaissais pas, tels que les tamiseuses. J'ai pu effectuer ce travail en parfaite autonomie, ce qui m'aura appris à gérer mon temps et organiser mes tâches de la journée voire de la semaine.

V.2. Suivi du transport sédimentaire sur Leitzaran

Finalement, l'ensemble du travail de terrain sur la rivière Leitzaran aura pu être mené à bien cette année 2022. Il permettra une comparaison avec les années précédentes afin de connaître l'évolution du transport sédimentaire au cours des différentes phases d'arasement des barrages.

Au-delà des difficultés de terrain rencontrer pour la collecte des données, si un plus faible taux de transport est observé, il peut être expliqué par les contraintes hydrologiques annuelles. En effet, il s'avère que les volumes de crues moyens annuels s'élèvent à 170 m³, or en 2021, ceux-ci ont seulement atteint 140 m³. Une diminution qui peut permettre de comprendre en partie le manque de mobilisation des sédiments sur Leitzaran.

Au-delà des résultats obtenus, cette expérience m'aura permis de vivre et de connaître ce qu'est un travail de terrain régulier et intensif. Il m'aura appris à me servir d'un dispositif de radar et à pratiquer à pied dans un cours d'eau à courant rapide et jonchés d'embûches. J'aurais pu observer une morphologie de cours d'eau particulièrement marquée de méandres, de fortes alternances de radiers et de moulins, avec énormément de blocs et rochers, choses que je n'ai pas pu étudier ni observer dans le bassin de la Loire. J'ai eu la chance de me trouver dans un cours d'eau naturel et peu pollué et d'observer nombre d'espèces invertébrés.

V.3. Digitalisation des zones de sédiments dans le bassin de la Viar

Ce travail de digitalisation, bien que non abouti, ou du moins, ne m'ayant pas permis d'utiliser la méthode de calcul finale, aura pu me faire utiliser mes connaissances techniques sur les logiciels d'information géographique et donc de travailler en autonomie. De plus, la méthode USLE évoquée précédemment s'apparente au modèle MESALES que j'ai pu utiliser pendant mes études en ingénierie des milieux aquatiques. Cela pourra me permettre d'en comprendre les rouages par moi-même. Il n'est malheureusement pas possible de conclure quant au travail produit pour cette mission, je peux néanmoins me réjouir sur le fait que le travail fourni aura une utilité dans le projet en cours sur le contre-réservoir d'El Pintado.

Conclusion

Finalement, ce stage m'a proposé trois missions bien distinctes. Cela est une force pour moi puisqu'elles m'auront permis de travailler dans trois environnements distincts, avec des outils différents. Elles m'auront permis ce qu'une mission unique n'aurait peut-être pas pu : effectuer un travail de laboratoire, de terrain et de bureau, en travaillant à la fois avec un radar, du matériel d'analyse granulométrique ou encore un logiciel d'information géographique. L'ensemble des méthodes utilisées durant ces 3 mois ont pu être comprises grâce à mes connaissances issues de ma formation, mais viennent aussi les compléter. Toutes les missions n'ont pas nécessairement pu se solder par un résultat ou une solution, mais chacune d'entre elle m'aura apporté un savoir-faire et à des données utilisables à l'équipe pour mener à bien leurs projets. J'ai pu réaliser ce stage en parfaite autonomie, ce qui m'aidera beaucoup pour le futur, mais néanmoins ma maîtresse de stage et son équipe étaient disponibles pour me faire avancer dans mes travaux.

Bibliographie

- [1] Le site Wikipedia, 2020, Ebro Basin, [en ligne] disponible sur : [Ebro Basin - Wikipedia](#) consulté le 02/08/2022
- [2] Gonzalo R. S. et Javier G. R., 2016, An analysis of river fragmentation in the Spanish river basins
- [3] Le site irekibai, 2017, ES2120013 Leitzaran Ibaia / Río Leitzaran, [en ligne] disponible sur : <https://www.irekibai.eu/es2120013-leitzaran-ibaia-río-leitzaran/> consulté le 27/07/2022
- [4] Augustin A. M. et al., 2012, Los paisajes fluviales de la cuenca del guadalquivir
- [5] Jacob Michael Bateman McDonald, 2018, Southeast Coast Network Standard Operating Procedure 1.2.16 Wadeable Stream Reach-Scale Field Data Collection-Version 1.0, DOI:10.13140/RG.2.2.33483.23848
- [6] Le site du Ministère de l'agriculture, de l'alimentation et des affaires rurales, 2012, disponible sur : [Équation universelle des pertes en terre \(USLE\) \(gov.on.ca\)](#) consulté le 03/08/2022

Annexes



Annexe 1 : Ensemble des 11 tamis utilisés pour l'analyse granulométrique



Annexe 2 : Les deux machines tamiseuses vibrantes



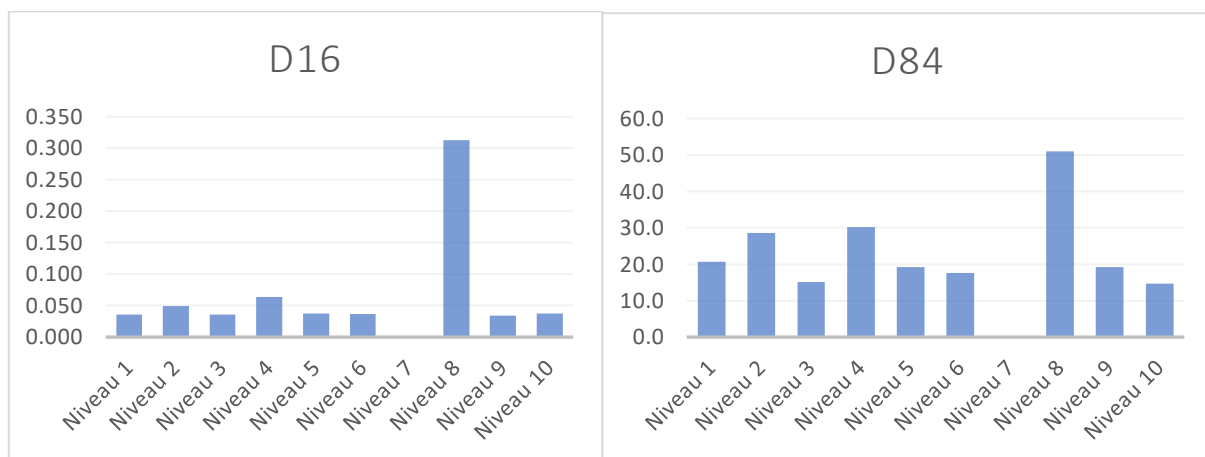
Annexe 3 : Les deux machines à ultrasons



Annexe 4 : traceur RFID (Mathieu Rambaud, 2021)



Annexe 5 : Radar utilisé sur Leitzaran



Annexe 6 : Comparaisons des valeurs de D16 et D84 pour les différents niveaux



POLYTECH[®]
TOURS

35 ALLÉE FERDINAND DE LESSEPS
37200 TOURS

Maxence Paris

2021-2022

Titre : Géomorphologie fluviale et restauration de rivières

Résumé : Des analyses granulométriques en laboratoire sont menées sur des carottages issus de la rivière éphémère Cariñena. Il s'agit d'un projet de recherche visant à mieux comprendre le fonctionnement de ce type de rivière.

Un travail de collecte de données est réalisé sur la rivière Leitzaran, sur laquelle des barrages ont été arasés par phase. Le suivi du transport sédimentaire à l'aide de traceurs permet de mesurer l'impact et l'efficacité de tels travaux.

Les zones de productions de sédiments sont répertoriées sur logiciel d'information géographique, sur le bassin versant de la Viar, afin d'évaluer la quantité de sédiments disponible.

Mots Clés : géomorphologie, barrage, arasement, diagnostic, transport sédimentaire, restauration, granulométrie, SIG,

Universidad del País Vasco :

Tomás y Valiente 01006 Vitoria-Gasteiz ESPAGNE

Tuteur entreprise :

Askia Ibisate Enseignante chercheuse en géographie physique

Tuteur académique :

Stéphane Rodrigues