
Rapport de stage individuel

4^{ème} année

Géomorphologie fluviale et restauration des rivières

Universidad du Pays basque
Tomás y Valiente 01006 Vitoria-Gasteiz Espagne



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

Tuteur entreprise :
Askoka Ibisate
Enseignante chercheuse en géographie physique

Mattéo Mingotaud
IMA
2021 - 2022

Tuteur académique :
Stéphane Rodrigues

Remerciements

Je tenais à remercier Askoa Ibisate pour m'avoir acceptée en stage avec elle à l'université du Pays basque. Je souhaite la remercier également pour l'accueil, l'aide et sa présence tout au long de ces 3 mois. Elle m'a permis de voir et d'apprendre des choses grâce aux projets auxquels j'ai pu participer.

Je souhaite également remercier Josu, avec qui j'ai passé beaucoup de temps sur le terrain pour le suivi sédimentaire sur la rivière Leitzaran. Mais aussi pour son aide et ses explications pour les différents travaux de laboratoire.

Merci également à Ana pour l'accueil du premier jour et pour son aide ainsi que les discussions que nous avons eu tout au long du stage.

Enfin, je tiens à remercier Maxence Paris (élève de 4A IMA) avec qui je suis parti en stage et avec qui j'ai passé de bons moments au long de ces 3 mois.

Table des matières

I.	Introduction	5
I.1	Présentation de la structure d'accueil	5
I.2	Présentation de la mission	5
II.	Matériel et méthodes	7
II.1	Pré-traitement des carottages	7
II.2	Traitement granulométrique	8
II.3	Analyse statistique	11
II.4	Interprétations	14
II.4	Discussion	16
	Bibliographie	17
	Annexes	18

Table des figures

Figure 1 : Localisation de la structure d'accueil	5
Figure 2 : Bassin de l'Ebre (Ebro Basin)	6
Figure 3 : Tomographie de la section de prélèvement	7
Figure 4 : Carottage Cariñena S - 1 avec les différents niveaux marqués.....	7
Figure 5 : Niveaux du carottage Cariñena S - 3 après mouillage	8
Figure 6 : Echelle granulométrique de Wentworth (Bunte & Abt, 2001, p18)	9
Figure 7 : Tamiseuses vibrantes pour les grands tamis (a) et pour les petits tamis (b).....	9
Figure 8 : Outils pour la morphométrie	10
Figure 9 : Courbe granulométrique du niveau 1	12
Figure 10 : Résultat du niveau 1 (fichier Excel Ohio)	12
Figure 11 : Courbes granulométriques des niveaux du carottage S - 1	14
Figure 12 : Comparaison des D50 de chaque niveau	14
Figure 13 : Dispersion des différents niveaux	15
Figure 14 : Estimation de la position du carottage S - 1	15

Table des tableaux

Tableau 1 : Tableau de l'analyse granulométrique (exemple niveau 1)	11
Tableau 2 : Valeurs des différents percentiles du niveau 1	13
Tableau 3 : Valeurs des différents percentiles du niveau	13
Tableau 4 : Profondeur des différents niveaux.....	15

Table des annexes

Annexe 1 : Carottage Cariñena S - 1.....	18
Annexe 2 : Tableau de l'analyse granulométrique du niveau 2	18
Annexe 3 : Tableau de l'analyse granulométrique du niveau 3	19
Annexe 4 : Tableau de l'analyse granulométrique du niveau 4	19
Annexe 5 : Tableau de l'analyse granulométrique du niveau 5.....	20
Annexe 6 : Tableau de l'analyse granulométrique du niveau 6	20
Annexe 7 : Tableau de l'analyse granulométrique du niveau 7	21
Annexe 8 : Courbe granulométrique du niveau 2	21
Annexe 9 : Courbe granulométrique du niveau 3	22
Annexe 10 : Courbe granulométrique du niveau 4.....	22
Annexe 11 : Courbe granulométrique du niveau 5.....	23
Annexe 12 : Courbe granulométrique du niveau 6.....	23
Annexe 13 : Courbe granulométrique du niveau 7	24
Annexe 14 : Valeurs des différents percentiles du niveau 2.....	24
Annexe 15 : Valeurs des différents percentiles du niveau 3.....	24
Annexe 16 : Valeurs des différents percentiles du niveau 5.....	25
Annexe 17 : Valeurs des différents percentiles du niveau 6.....	25
Annexe 18 : Valeurs des différents percentiles du niveau 7.....	25

I. Introduction

I.1 Présentation de la structure d'accueil

Ce stage a été réalisé dans le cadre de la formation d'Ingénieur en Milieux Aquatiques du département Aménagement et Environnement de Polytech Tours. Il s'est déroulé entre le 25 avril et le 29 juillet 2022. C'est un stage de fin de 4^e année qui a été effectué dans l'université du Pays basque en Espagne.

Cette université est répartie sur trois villes ayant chacune leur campus : Bilbao, San Sébastien et Vitoria-Gasteiz. Pour ma part, j'ai été accueilli dans la dernière. Le campus est situé au sud de la ville (*Figure 1*) et regroupe de nombreuses formations (Lettres, Pharmacie, Ingénierie). J'ai travaillé dans le département de Géographie, Préhistoire et Archéologie dans une petite équipe spécialisée dans l'étude des rivières.

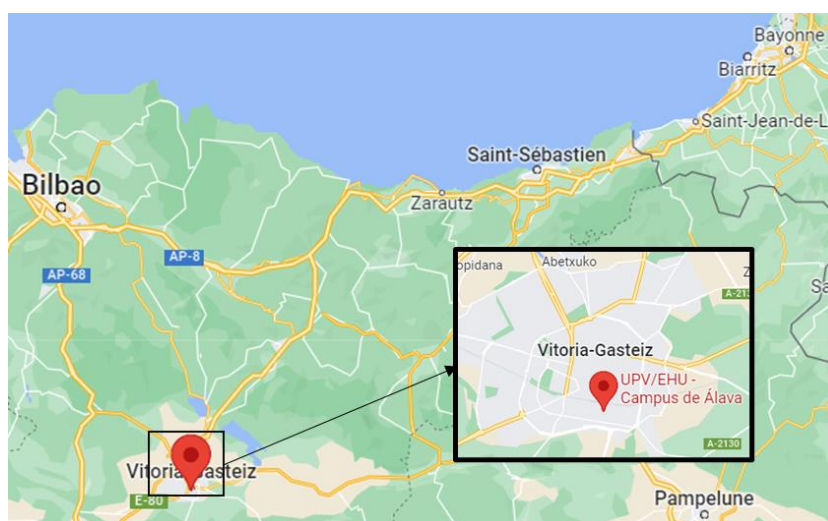


Figure 1 : Localisation de la structure d'accueil

Les projets auxquels participe le département sont variés. Il peut s'agir d'état des lieux de rivières, de projets de restauration comme les projets LIFE IrekiBAI (projet de restauration de la rivière Leizaran) ou actuellement le projet LIFE Dordogne. Ils participent aussi à des suivis après projet comme sur la rivière Leizaran pour étudier le transport sédimentaire et les changements géomorphologiques de la rivière après l'arasement de deux barrages. L'apport de connaissance fait aussi partie de leurs missions afin de comprendre davantage comment préserver et restaurer les cours d'eau en mauvais état actuellement et visé par la DCE (Directive Cadre sur l'Eau : loi fixant des objectifs de bon état des cours d'eau). Cependant, ils s'intéressent aussi à un sujet peu connu que sont les rivières éphémères et sur lesquels j'ai pu travailler durant ce stage. Ces rivières ne sont pour l'instant pas prises en compte par la DCE étant donné le peu d'information que l'on a sur elle, mais aussi la charge de travail que représente le bon état des cours d'eau permanents et intermittents.

I.2 Présentation de la mission

Comme dit précédemment, les rivières éphémères sont peu connues et peu étudiées. La Directive Cadre sur l'Eau impose depuis 2000 des objectifs de bon état des masses d'eaux aux pays européens. Cela représente un travail colossal à réaliser pour chaque pays, mais c'est une chose inévitable si l'on veut préserver ces milieux naturels. Les plus préoccupants sont les grands cours d'eau de chaque pays ainsi que leurs bassins-versants comme la Loire en France par exemple. Ce sont des rivières permanentes et intermittentes qui sont traitées

et restaurées. Mais le sujet de recherche auquel j'ai participé s'intéressait à un type de rivière bien différent de ceux-ci : les rivières éphémères.

Leur nom pourrait faire penser à un cours d'eau intermittent, mais ces deux types de rivières sont différents sur plusieurs aspects. Les cours d'eau intermittents (non-perennial rivers) sont, comme leurs noms l'indiquent, en eau que pendant une certaine période de l'année généralement les périodes pluvieuses. Elles représentent environ 50 % du réseau fluvial mondial et encore plus dans certains bassins méditerranéens. (Skoulikidis et al., 2017 ; Calle, 2018 ; Messenger et al., 2021). Elles ne présentent pas les caractéristiques communes aux rivières permanentes d'un point de vue hydrologique, géomorphologique et écologique, mais elles partagent tout de même les problèmes dus aux extractions de granulats (Rinaldi et al., 2005 ; Sanchis et al., 2017 ; Calle et al., 2017), les constructions de barrages etc. Mais les cours d'eau éphémères peuvent se définir comme des systèmes fluviaux dans lesquels seul l'eau de surface circule dans des chemins sporadiques ou de passage, dans la plupart des cas car elles sont déconnectées de l'aquifère. Elles transportent donc l'eau provenant des précipitations (Levick et al., 2008).

En raison de leur type, il est donc très compliqué de comprendre comment elles fonctionnent et les analyses réalisées sur les autres rivières sont compliquées à mettre en place sur ce type de rivière à cause de leurs différences et de leur irrégularité. Ces rivières sont peu reconnues pour le moment en Europe, car elles sont surtout présentes sur le bassin Méditerranéen. De plus, depuis la Directive Cadre sur l'Eau de 2000, les Etats ont beaucoup de travail à fournir concernant les rivières permanentes et intermittentes, laissant de côté les rivières éphémères. Elles sont donc peu étudiées pour le moment, ce qui est la raison pour laquelle ce projet est d'autant plus intéressant et enrichissant. L'objectif principal de ce type d'étude est de promouvoir les rivières éphémères au sein de l'Europe afin qu'elles soient reconnues et considérées lors des échanges concernant les milieux aquatiques. Pour essayer de mieux comprendre leur fonctionnement notamment au niveau du transport sédimentaire, la réalisation de trois carottages a été effectuée sur une rivière éphémère nommée Cariñena. Cette rivière fait partie du bassin de l'Ebre (Ebro river) et se situe dans une zone peu pluvieuse (Figure 2).

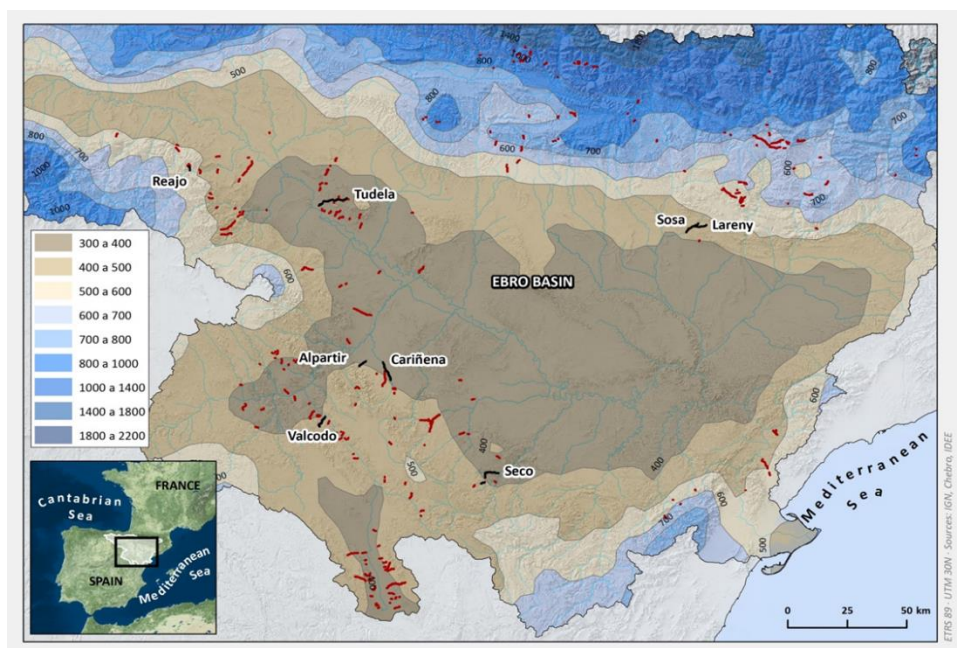


Figure 2 : Bassin de l'Ebre (Ebro Basin)

Des prélèvements ont été faits sur la même section du cours d'eau et sur une profondeur de 10 m, malheureusement ils n'ont pas pu aller plus loin par manque de moyens financiers. Ces carottages ont été prélevés à trois endroits différents : un sur la rive droite (S - 1), un dans le

chenal (S - 2) et un sur la rive gauche (S - 3). Le S provenant du mot sondeo qui signifie sondage en espagnol. En plus de ces carottages, une étude tomographique (*Figure 3*) par résistivité électrique a été réalisée afin de sonder le sol et d'identifier les endroits les plus durs et les plus poreux.

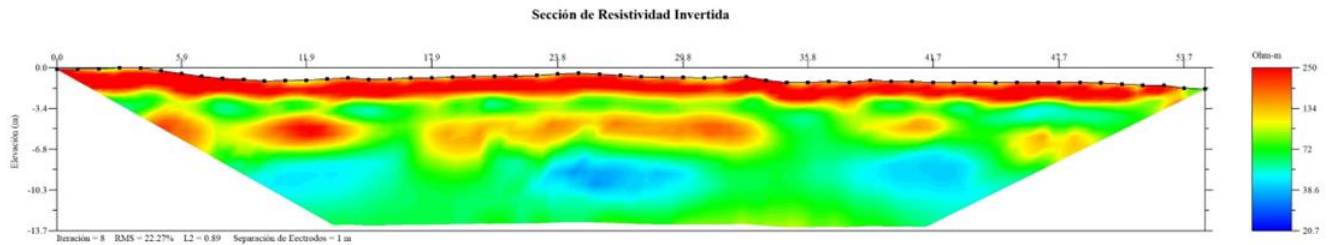


Figure 3 : Tomographie de la section de prélèvement

Notre objectif est donc d'identifier quelles parties des carottages correspondent aux différentes couches que l'on peut observer sur la tomographie.

II. Matériel et méthodes

II.1 Pré-traitement des carottages

Lors de ce stage, j'ai traité le carottage S - 1. Après leurs extractions, chacun des carottages a été placé dans plusieurs boîtes contenant chacune 3 mètres de prélèvements (donc 4 boîtes par carottage (*Annexe 1*)). La première étape consistait à casser les 10 m de prélèvements à l'aide d'un marteau afin de faciliter la maniabilité.

À partir de ces boîtes, plusieurs niveaux ont été décelés dans chaque carottage, en ce qui concerne le S - 1 il y en avait 7 (repérés par les traits orange) (*Figure 4*). Ces différents niveaux ont été déterminés visuellement en observant les différences dans le prélèvement (changement de couleurs, taille de granulats...).



Figure 4 : Carottage Cariñena S - 1 avec les différents niveaux marqués

Une fois ces niveaux identifiés, ils sont mesurés puis répartis dans d'autres boîtes qui seront étiquetées. Par exemple, le niveau 1 du carottage que j'ai traité était étiqueté de la manière suivante : S-1 Cariñena Level 1. Ensuite, nous les avons pesés afin d'avoir le poids total de

chaque niveau avant traitement. Enfin, toutes les boîtes sont mouillées (*Figure 5*) afin de désolidariser l'argile du reste des sédiments.



Figure 5 : Niveaux du carottage Cariñena S - 3 après mouillage

La première étape consiste à nettoyer tous les niveaux pour enlever l'argile et les limons présents. Pour cela, j'étais équipé d'un pinceau et d'un tamis avec un maillage de 0.05 mm ce qui permet de laisser passer l'eau ainsi que l'argile et les limons tout en gardant les autres sédiments. Sachant que l'argile a une taille granulométrique inférieure à 2 μm , 2 - 20 μm pour les limons fins et 20-50 μm (0.02 - 0.05 mm) pour les limons grossiers. Pour réaliser cette opération, j'ai été dans un laboratoire de l'université spécialement prévu pour ce type de traitement. Le processus est simple, il suffit de verser une partie de la boîte dans le tamis puis d'y ajouter de l'eau pour nettoyer les sédiments. Le nettoyage se fait avec un pinceau avec lequel on remue les sédiments afin de mélanger l'argile et les limons à l'eau pour qu'ils passent à travers le tamis et on rajoute de l'eau tant qu'il y en aura. Cependant, le tamis ayant un maillage très petit, il est très fragile. Il faut donc mettre peu de sédiments pour éviter un trop gros poids à remuer, mais aussi ne pas mettre trop d'eau car si elle déborde en remuant, des sédiments plus grossiers que l'argile et les limons seront perdus. Donc, pour une boîte en général le processus de nettoyage se fait en 2 ou 3 fois. Une fois que l'argile et les limons ont été retirés, les sédiments restants sont replacés dans leur boîte (qui a été nettoyée elle aussi) puis sont laissés dans le laboratoire pour les faire sécher avant de passer à l'étape suivante.

II.2 Traitement granulométrique

Une fois qu'ils sont complètement secs, le traitement granulométrique peut commencer. Ce traitement s'effectue niveau par niveau et pour chacun d'entre eux les sédiments sont traités selon 13 tailles (*Tableau 1*) allant de > 20 mm jusqu'à < 0.063 mm (sédiment les plus fins n'ayant pas traversé le tamis lors du nettoyage). Les tailles utilisées correspondent approximativement à celles de l'échelle de Wentworth (*Figure 6*). La taille < 0.05 mm correspond au poids de l'argile et des limons enlevés lors du nettoyage et que nous calculerons plus tard.

Grain Diameter			Wentworth Size Class	
millimeters	microns	phi		
— 256		-8.0	Boulder	Gravel
— 64		-6.0	Cobble	
— 4.0	4000	-2.0	Pebble	
— 2.0	2000	-1.0	Granule	
1.41	1410	-0.5	vcU	Sand
— 1.0	1000	0.0	vcL	
.71	710	0.5	cU	
— 0.5	500	1.0	cL	
0.35	350	1.5	mU	
— 0.25	250	2.0	mL	
0.177	177	2.5	fU	
— 0.125	125	3.0	fL	
0.088	88	3.5	vfU	
— 0.0625	62.5	4.0	vfL	
— 0.002	2.0	9.0	Silt	Mud
			Clay	

Figure 6 : Echelle granulométrique de Wentworth (Bunte & Abt, 2001, p18)

Pour cela, j'ai utilisé deux tamiseuses vibrantes, une pour les grands tamis (Figure 7a) et une seconde pour les plus petits (Figure 7b). En effet, pour les différentes tailles à traiter nous avons la plupart des grands tamis dans le laboratoire sauf pour les tailles 0.15 mm et 0.08 mm pour lesquelles j'ai dû utiliser des tamis plus petits et donc utiliser une seconde tamiseuse.



a



b

Figure 7 : Tamiseuses vibrantes pour les grands tamis (a) et pour les petits tamis (b)

En plus de tous ces tamis, il faut à chaque fois mettre un fond sous pour récupérer les sédiments qui passent à travers tous les tamis. Pour réaliser le triage, je ne pouvais pas utiliser tous les tamis d'un seul coup, premièrement parce que la machine ne peut supporter que jusqu'à huit tamis et deuxièmement en mettre moins nous permet d'avoir un meilleur résultat car les vibrations sont plus fortes. Je commence donc par utiliser les tamis de 10, 2, 1.25 et 0.8 mm dans lesquels je vais verser une boîte entière d'un niveau. Ensuite, je règle la machine sur le nombre de tamis correspondant. Ici, il y en a cinq (les quatre plus le fond) cependant la machine ne se règle que de deux en deux donc je décide de la régler sur 6 tamis avec une amplitude de 1.9 (le maximum étant 2) pour permettre de bien faire vibrer tous les tamis. Ensuite, je pose le couvercle puis je viens bloquer les tamis à l'aide d'une barre métallique et de deux vis (Figure 7a) afin qu'ils ne bougent pas lors du tamisage, puis je peux démarrer la machine et je commence un programme de 10 minutes. Ensuite, je récupère le contenant des tamis que je viens placer dans des boîtes étiquetées de la manière suivante : S-1 Cariñena L- 1, 2 - 1,25 mm, pour les sédiments du niveau 1 restants dans le tamis de maillage 1,25 mm. Une fois les sédiments récupérés, je répète l'opération pour toutes les autres boîtes du niveau s'il y en a d'autres. Les sédiments de taille supérieure à 10 mm sont mis à part, car parmi eux, on extrait les sédiments supérieurs à 20 mm. Pour cela, on utilise un pied à coulisse (Figure 8) avec une ouverture de 2 cm à l'aide duquel j'ai mesuré l'axe médian de chacun des sédiments supérieurs à 10 mm pour les classer en deux catégories : > 20 mm et 20-10 mm. Les sédiments de la seconde catégorie sont placés dans une boîte tandis que pour ceux de la première, il m'a été demandé de mesurer la taille de l'axe médian (b), la longueur (a) et l'épaisseur (c), le plus petit rayon du sédiment grâce à une feuille de mesure (Figure 8) ainsi que le poids.

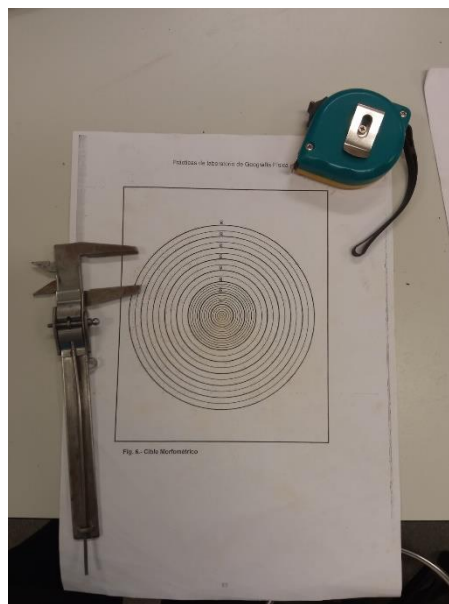


Figure 8 : Outils pour la morphométrie

Ce genre de mesure s'appelle la morphométrie. Un sédiment plus arrondi laisse penser qu'il a subi beaucoup de chocs lors du roulement quand il se faisait transporter par le courant et donc qu'il a parcouru une grande distance au contraire, plus il y a d'angles moins il aurait été transporté par la rivière. En effet, lorsque les sédiments sont transportés, ils s'entrechoquent et le roulement des sédiments sur le fond du lit leur donne une forme plus arrondie. Cette étude permet donc de voir si les sédiments ont parcouru ou non de grandes distances et par la même occasion déterminer si la rivière peut les transporter sur ces distances.

Le deuxième montage comporte les tamis de 0.5, 0.4, 0.25 et 0.2 mm pour lesquels je répète la même opération avec les mêmes réglages (6 tamis et amplitude de 1.9) en utilisant les

sédiments restants dans le fond de l'ancien montage. Une fois cela terminé, vient le moment d'utiliser les petits tamis de 0.15 et 0.08 mm pour lesquels j'utilise donc une autre tamiseuse (*Figure 7b*) mais le principe reste le même. Cependant, généralement comme ces tamis sont plus petits, il convient de passer les sédiments restants du deuxième montage en plusieurs fois, car tout mettre d'un coup n'est parfois pas possible, mais aussi risque de colmater les tamis et donc ne pas laisser des sédiments qui seraient pourtant inférieurs à 0.15 ou 0.08 mm. La deuxième tamiseuse n'ayant pas de réglage spécifique, je programme juste une opération de 10 minutes pour chaque passage dans les tamis. Une fois les sédiments tamisés, je repasse sur la première machine afin de faire un dernier tamisage à 0.063 mm ce qui correspond à la limite entre le sable très fin et les limons. Pour cette dernière opération, je modifie le réglage des tamis à 2 et l'amplitude à 1.2 car ce n'est pas très utile de mettre une plus forte puissance étant donné le peu de sédiment présent et le nombre faible de tamis, de plus c'est ce qui m'a été conseillé par les tuteurs.

Une fois le triage terminé, la dernière étape est la pesée des différentes tailles ce qui va nous permettre d'obtenir le poids total du niveau après traitement et donc en soustrayant ce poids au poids recensé avant nettoyage, on obtiendra le poids de l'argile et des limons qui étaient présents. Grâce à toutes ces informations (*Tableau 1 et Annexe 2-7*), j'ai pu démarrer l'analyse statistique.

Size (mm)	Weight (g)					Total	%
> 20	1722					1722.00	34.99
10 - 20 mm	922					922.00	18.74
2 - 10 mm	597	747				1344.00	27.31
1.25 - 2 mm	259.75					259.75	5.28
0.8 - 1.25 mm	127					127.28	2.59
0.5 - 0.8	104.79					104.79	2.13
0.4 - 0.5	17.145					17.15	0.35
0.25 - 0.4	83					83.00	1.69
0.2 - 0.25	35.24					35.24	0.72
0.15 - 0.2	63.71					63.71	1.29
0.08 - 0.15	40.76					40.76	0.83
0.063 - 0.08	0.38					0.38	0.01
< 0.063 mm	0.4					0.40	0.01
<0,05 mm	200.545					200.55	4.08
						4921.00	100.00

Tableau 1 : Tableau de l'analyse granulométrique du niveau 1

II.3 Analyse statistique

La première chose que l'on m'a demandée était de calculer les valeurs médianes et moyennes de chaque donnée mesurée sur les sédiments de plus de 20 mm. Ensuite, l'obtention des pourcentages de chacune des classes granulométriques. Puis grâce à ces pourcentages, j'ai pu obtenir les pourcentages cumulés croissants qui sont des données indispensables pour pouvoir représenter la série de données sous forme d'une courbe granulométrique (*Figure 9*). Pour cela, j'ai donc réalisé pour chaque niveau (*Annexes 8-13*) une courbe grâce aux pourcentages cumulés croissants sans oublier de modifier l'échelle des abscisses qui doit être sous forme logarithmique lors d'une analyse granulométrique.

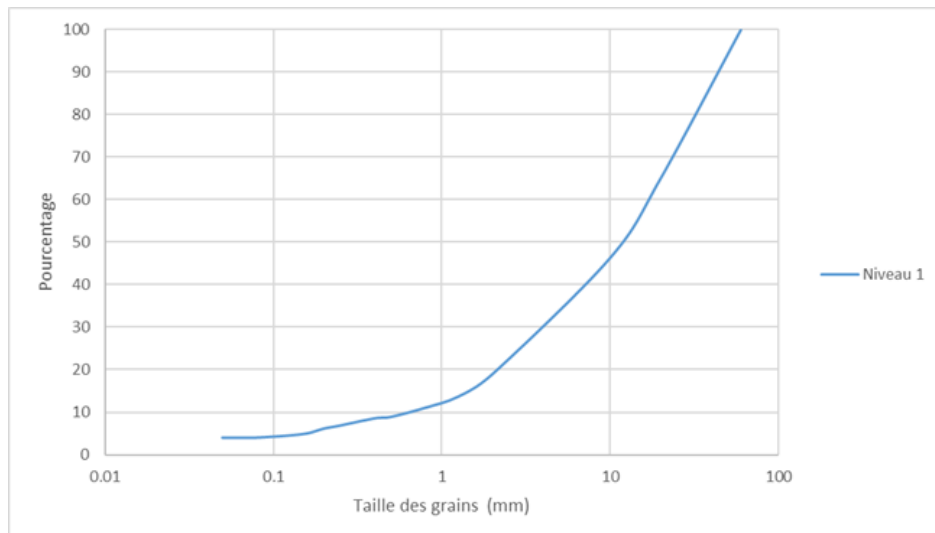


Figure 9 : Courbe granulométrique du niveau 1

Grâce à cette courbe, on a une meilleure idée de la répartition des grains selon les tailles et l'étape suivante était donc de calculer des paramètres que l'on utilise beaucoup en granulométries : les percentiles. Les six percentiles demandés par ma tutrice sont : D10, D16, D20, D50, D84 et D90. Le D50 représentant le diamètre médian (50 % des grains ont une taille inférieure au D50), le D16 la fraction fine et le D84 la fraction grossière. Ils sont souvent utilisés pour calculer des paramètres de dispersions qui permettent de caractériser "l'étendue" de la courbe granulométrique (Alain RECKING V. 01/03/2017). Pour calculer ces percentiles, Mme Ibisate m'avait procuré un fichier Excel réalisé par des chercheurs de l'Ohio dans lequel il me suffisait de rentrer les poids que j'avais obtenu et le fichier effectuait le reste des calculs ainsi que la courbe granulométrique (Figure 10).

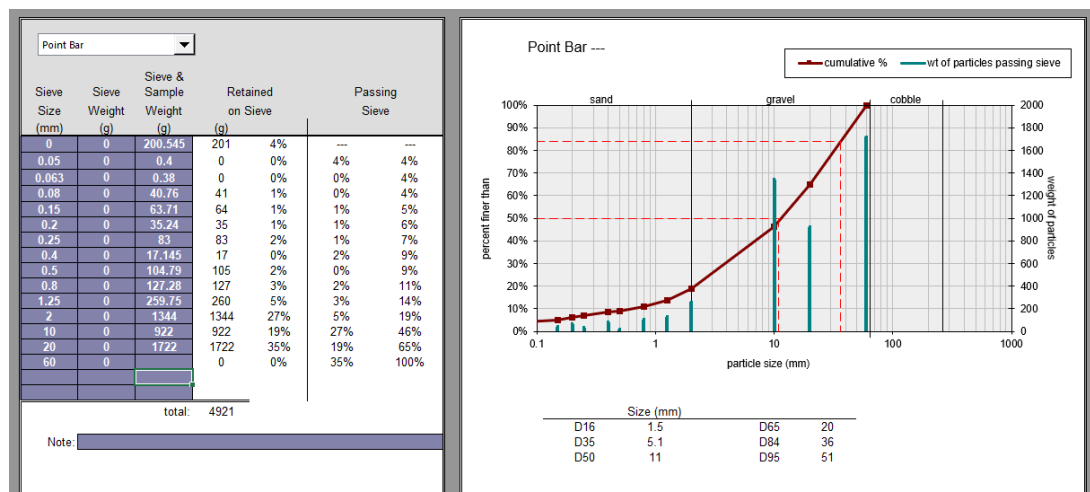


Figure 10 : Résultat du niveau 1 (fichier Excel Ohio)

Cependant, le problème avec ce fichier est que l'on ne peut choisir les percentiles que nous voulons obtenir. Comme on peut le voir sur cette image, le D10, D20 ainsi que le D90 ne sont pas présents. Pour les obtenir, j'ai donc utilisé la formule d'interpolation vue lors des cours de transport solide. Pour cette formule, on utilise les valeurs des pourcentages encadrant le 20 donc ici 19 et 46 et leurs tailles de grains respectivement 2 et 10. Voici donc un exemple avec le D20 du niveau 1 :

$$D20 = 2 + \left(\frac{(20 - 19)}{(46 - 19)} \right) * (10 - 2) = 2,30 \text{ mm} \quad (1)$$

Pour éviter de mélanger les valeurs, j'ai recensé (*Tableau 2, Tableau 3 et Annexes 14-18*) à gauche les valeurs provenant du fichier Excel fourni par ma tutrice et à droite les valeurs que j'ai calculées via la formule de l'interpolation.

	Level 1	
	Size (mm) (Ohio Excel)	Size (mm)
D10		0.65
D16	1.5	1.55
D20		2.30
D50	11	11.99
D84	36	41.71
D90		48.57

Tableau 2 : Valeurs des différents percentiles du niveau 1

Ce que l'on peut voir en bleu sont les valeurs que j'ai pu à la fois récupérer sur l'Excel et calculé par interpolation. On remarque que pour les particules fines donc le D16 et le D50 les valeurs sont très proches, mais que pour les particules grossières en revanche l'écart est plus important. De plus, sur les niveaux suivants, le taux d'argile dépassait souvent les 16 voire les 20 % ce qui rend difficile le calcul des trois premiers percentiles demandés. À partir de l'Excel des chercheurs de l'Ohio, aucune valeur n'apparaissait et par la méthode d'interpolation, j'ai réussi à obtenir des valeurs (*Tableau 3*) mais celles-ci ne sont pas extrêmement précises, à cause du manque d'information.

	Level 4	
	Size (mm) (Ohio Excel)	Size (mm)
D10		0.02
D16		0.03
D20		0.04
D50	1.4	0.49
D84	12	13.05
D90		18.40

Tableau 3 : Valeurs des différents percentiles du niveau 4

Ensuite grâce aux données des percentiles D16 et D84 j'ai pu obtenir la dispersion de chaque niveau grâce à la formule suivante :

$$\sigma = \sqrt{(D84/D16)} \quad (\text{Bunte \& Abt, 2001, p58}) \quad (2)$$

Ce qui donne par exemple pour le niveau 1 :

$$\sigma = \sqrt{(41.71/1.55)} = 5.19 \quad (3)$$

J'ai donc répété cette analyse pour chaque niveau afin d'obtenir toutes les statistiques nécessaires ainsi que les courbes granulométriques de chaque niveau pour pouvoir les comparer. Mettre en relation les différentes couches du prélèvement permet de mieux comprendre le fonctionnement de ce genre de rivière.

II.4 Interprétations

Une fois les données établies pour chacun des niveaux, j'ai pu commencer à les regrouper pour pouvoir comparer tous les niveaux entre eux et en faire ressortir des relations.

Tout d'abord, j'ai regroupé sur le même graphique toutes les courbes granulométriques des différents niveaux (*Figure 11*).

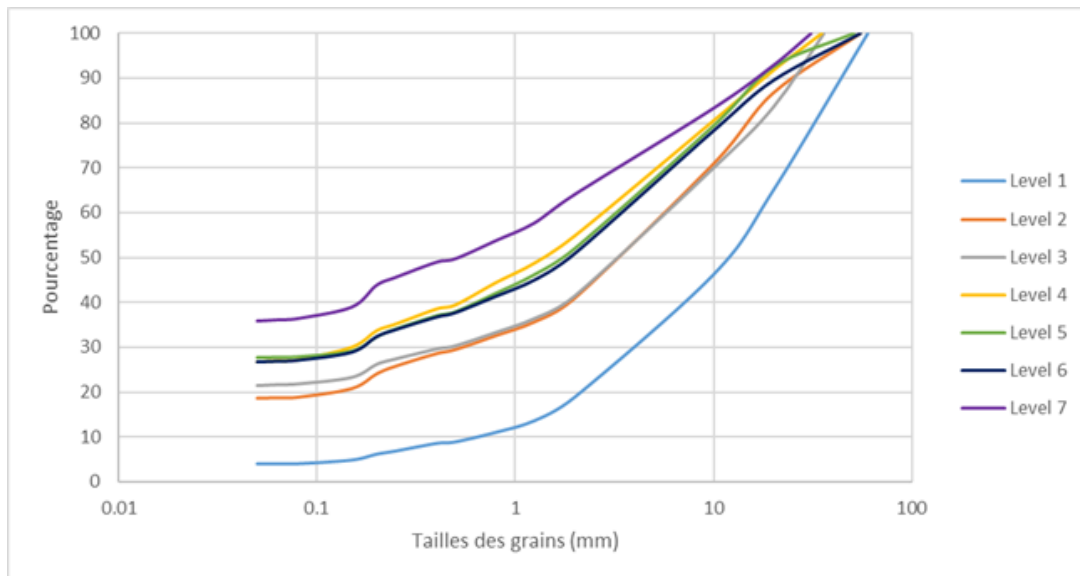


Figure 11 : Courbes granulométriques des niveaux du carottage S - 1

Ce que j'ai remarqué graphiquement est que le niveau 1 est très différent des autres. Il possède moins de particules fines et beaucoup plus de particules grossières que les autres niveaux. Ce qui est plutôt logique étant donné que le niveau 1 est le niveau le plus en surface et donc possédant les derniers dépôts. Ce niveau est généralement plus grossier que les autres et cela se confirme avec le graphique. Ensuite, j'ai remarqué que les niveaux suivants étaient très similaires, mais qu'il semblerait qu'il y ait trois phases dans le dégrossissement des particules. La première concerne le niveau 2 et 3, la seconde les niveaux 4, 5 et 6 enfin la troisième le niveau 7. Ces phases suivent la logique que l'on retrouve sur la plupart des cours d'eau à savoir que plus on descend en profondeur plus il y a de sédiments fins. Cela se confirme avec la comparaison des D50 de chaque niveau (*Figure 12*).

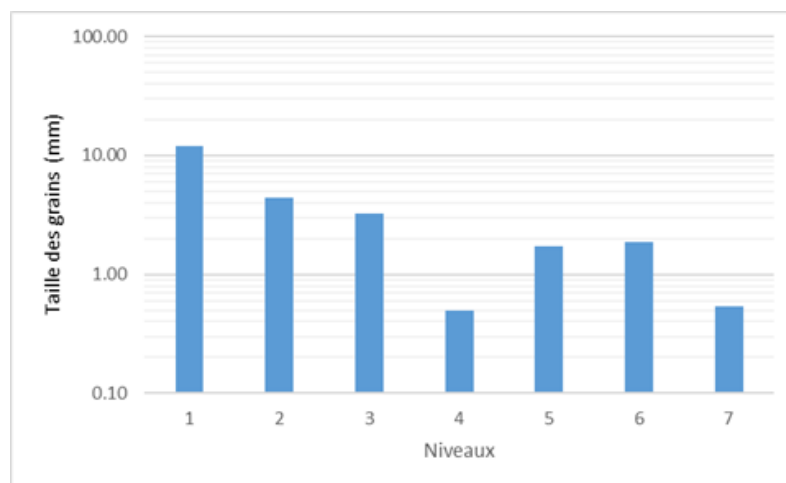


Figure 12 : Comparaison des D50 de chaque niveau

On remarque que le niveau 4 possède un D50 similaire à celui du niveau 7 ce qui laisse penser que lorsque les sédiments de ce niveau se sont déposés, il y a eu un événement de faibles intempéries ne permettant pas une puissance suffisante pour transporter les mêmes sédiments que pour les niveaux 3 et 5 entraînant une plus grande proportion de particules fines.

Ensuite, concernant la dispersion des différents niveaux (Figure 13), il n'y a pas grand-chose à dire si ce n'est que la dispersion du premier niveau est plus faible que pour les suivants. Cela vient du fait qu'il est le dernier à avoir été déposé et qu'il est moins trié que les suivants.

	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	Level 7
σ	5.19	20.58	23.37	20.83	21.59	22.48	21.89

Figure 13 : Dispersion des différents niveaux

Avec tout ce que j'ai pu déterminer grâce à ces informations, et étant donné que je n'ai pas eu accès à la position exacte du prélèvement sur le transect, j'ai donc voulu émettre une hypothèse concernant la position du prélèvement sur la tomographie (Figure 3). Grâce à une comparaison des profondeurs des différents niveaux (Tableau 4) j'ai essayé de déterminer les différentes couches de la tomographie. Le positionnement du carottage sera une estimation, car je n'ai pas pu récupérer la position exacte, la personne ayant les données n'étant pas disponible.

Niveau	Profondeur (m)
1	0 - 0.6
2	0,6 - 1,8
3	1,8 - 2,78
4	2.78-3.75
5	3.75 - 6.34
6	6.34 - 8.85
7	8.85 - 10

Tableau 4 : Profondeur des différents niveaux

Plus les sédiments sont grossiers, plus leur résistance électrique est élevée. En comparant donc les profondeurs de chaque niveau avec les valeurs des d50 obtenues précédemment (Figure 12) j'en déduis que sur la tomographie, il faut chercher un endroit sur lequel la résistivité électrique diminue sur les 4 premiers mètres puis redevient très élevée jusqu'à 7-8 m pour devient enfin très faible autour des 10 m. J'ai donc réussi à identifier une zone qui coïncidait avec les observations réalisées. De plus, la rive droite a été la première réalisée et donc se trouve sur la partie gauche de la tomographie. J'obtiens donc une estimation de la localisation entre 11 et 12,5 m (Figure 13).

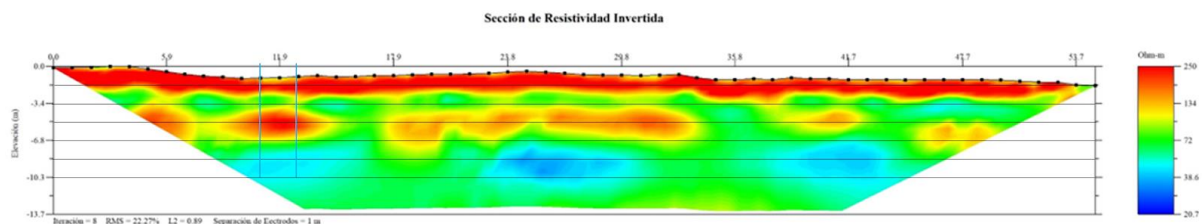


Figure 14 : Estimation de la position du carottage S - 1

Les niveaux 1, 2 et 3 représentent la partie rouge la plus haute, puis en vert se trouverait le niveau 4. Ensuite le niveau 5 représenterait la plus grande partie de la tache rouge puis la fin de cette partie ainsi que la zone verte en dessous correspondrait au niveau 6. Enfin, le niveau 7 représente la partie bleue entre 9 et 10 m.

II.4 Discussion

Ce projet sur les rivières éphémères est très intéressant surtout compte tenu des manques de données sur ce type de rivière. L'étude granulométrique nous permet d'en savoir davantage sur la capacité de transport de la rivière, et ce, sur plusieurs niveaux ce qui permet d'émettre des hypothèses sur les événements survenus comme une diminution des intempéries pour le niveau 4.

On pourrait calculer la valeur du seuil critique de mise en mouvement de chaque niveau grâce à ces informations sur les D50 en utilisant la formule suivante :

$$\tau_c = 0.045 * (\rho_s - \rho_w) * g * D_{50} \quad (4)$$

Avec τ_c le seuil critique de mise en mouvement, ρ_s la masse volumique du solide, ρ_w la masse volumique de l'eau (1 kg.m³), g l'accélération de la pesanteur (9,81 N.kg⁻¹). La valeur de la masse volumique d'une roche utilisée sera de 2650 kg.m³. On obtient donc pour le niveau 1 :

$$\tau_c = 0.045 * (2650 - 1000) * 9,87 * 11,99 = 8786,84 \text{ N.kg}^{-1} \quad (5)$$

Cependant, le manque d'information supplémentaire ne permet pas de procéder à une analyse plus complète. De plus, après une discussion avec Mme Ibisate, il en est ressorti que déterminer la valeur du courant de la rivière est vraiment compliqué vu le peu d'information dont nous disposons. Pour pouvoir obtenir de plus amples informations, il faudrait arriver à dater les prélèvements afin de savoir de quelles périodes proviennent les différentes couches composant le carottage. Cependant, le manque de matière organique dans les prélèvements ne permet pas de faire une datation au carbone 14 comme il serait judicieux de faire ce qui complique encore plus l'étude de ce type de rivière.

Enfin, un autre problème de ce genre de rivière est que les sédiments présents sont arrivés par vague à la suite d'intempéries ce qui ne permet pas à la rivière d'effectuer un tri granulométrique comme on pourrait retrouver sur les cours d'eau permanent ou intermittent. Les analyses granulométriques sont donc elles aussi très compliquées à exploiter pour pouvoir donner de vraies interprétations sur la rivière et son fonctionnement.

Bibliographie

Skoulidakis, N.T., Sabater, S., Datry, T., Morais, M.M., Buffagni, A., Dörflinger, G., Zogaris, S., Sánchez Montoya, M.M., Bonada, N., Kalogianni, E., Rosado, J., Vardakas, L., De Girolamo, A.M., Tockner, K. (2016) Non-perennial Mediterranean rivers in Europe : status, pressures, and challenges for research and management. *Science of the Total Environment*, 577 : 1-18

Calle, M. (2018) Morphosedimentary dynamics of ephemeral rivers affected by gravel mining: GIS mapping and geomorphic change detection. PhD Thesis, Universidad Complutense de Madrid.

Messenger, M.L., Lehner, B., Cockburn, C., Lamouroux, N., Pella, H., Snelder, T., Tockner, K., Trautmann, T., Watt, C., Datry, T. (2021) Global prevalence of non-perennial rivers and streams. *Nature*, 594, doi 10.1038/s41586-021-03565-5

Rinaldi, M., Wyżga, B., Surian, N. (2005) Sediment mining in alluvial channels: physical effects and management perspectives. *River Research and Applications*, 21(7) 805-828.

Sanchis, C., Segura, F., Almonacid, J. (2017) Channel forms recovery in an ephemeral river after gravel mining (Palancia River, Eastern Spain). *Catena*, 158 : 357-370.

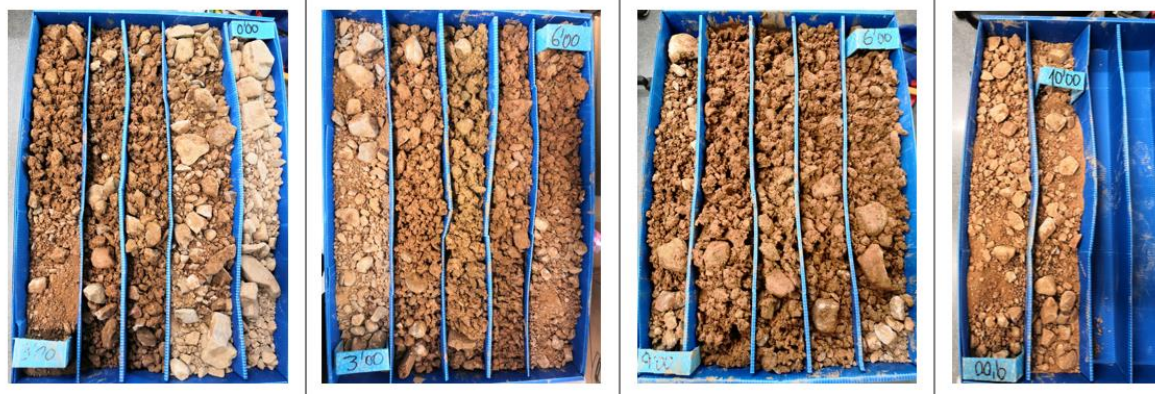
Calle, M., Alho, P., Benito, G. (2017) Channel dynamics and geomorphic resilience in an ephemeral mediterranean river affected by gravel mining. *Geomorphology*, 285 : 333-346.

Levick, L.R., Goodrich, D.C., Hernández, M., Fonseca, J., Semmens, D.J., Stromberg, J., Tluczek, M., Leidy, R.A., Scianni, M., Guertin, D.P., Kepner, W.G. (2008) The ecological and hydrological significance of ephemeral and intermittent streams in the arid and semiarid American Southwest. U.S. Washington: Environmental Protection Agency and USDA/ARS Southwest Watershed Research Center.

Bunte, Kristin, et Steven R. Abt. « Sampling Surface and Subsurface Particle-Size Distributions in Wadable Gravel-and Cobble-Bed Streams for Analyses in Sediment Transport, Hydraulics, and Streambed Monitoring ». Ft. Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 2001. <https://doi.org/10.2737/RMRS-GTR-74>.

Alain RECKING V. « ELEMENTS DE GEOMORPHOLOGIE FLUVIALE Cahier 2 : La granulométrie des cours d'eau (et sa mesure) », 01/03/2017. <https://en.bedloadweb.com/Granulometrie.pdf>

Annexes



Annexe 1 : Carottage Cariñena S - 1

Size (mm)	Weight (g)					Total	%
> 20	1219					1219.00	13.30
10 - 20 mm	660	788				1448.00	15.80
2 - 10 mm	1108	861	780			2749.00	30.00
1.25 - 2 mm	488					488.00	5.33
0.8 - 1.25 mm	280					280.00	3.06
0.5 - 0.8	285					285.00	3.11
0.4 - 0.5	85					85.00	0.93
0.25 - 0.4	255					255.00	2.78
0.2 - 0.25	158					158.00	1.72
0.15 - 0.2	301.1					301.10	3.29
0.08 - 0.15	178.18					178.18	1.94
0.063 - 0.08	10.28					10.28	0.11
< 0.063 mm	9.87					9.87	0.11
0.05 mm	1697.57					1697.57	18.52
						9164	100.00

Annexe 2 : Tableau de l'analyse granulométrique du niveau 2

Size (mm)	Weight (g)					Total	%
> 20	952					952.00	16.47
10 - 20 mm	784					784.00	13.56
2 - 10 mm	583	1067				1650.00	28.54
1.25 - 2 mm	293					293.00	5.07
0.8 - 1.25 mm	179					179.00	3.10
0.5 - 0.8	173					173.00	2.99
0.4 - 0.5	43					43.00	0.74
0.25 - 0.4	127					127.00	2.20
0.2 - 0.25	70					70.00	1.21
0.15 - 0.2	168.57					168.57	2.92
0.08 - 0.15	84.36					84.36	1.46
0.063 - 0.08	10.03					10.03	0.17
< 0.063 mm	12.09					12.09	0.21
0.05 mm	1234.95					1234.95	21.36
						5781	100.00

Annexe 3 : Tableau de l'analyse granulométrique du niveau 3

Size (mm)	Weight (g)					Total	%
> 20	451					451.00	8.20
10 - 20 mm	617					617.00	11.22
2 - 10 mm	535	880				1415.00	25.73
1.25 - 2 mm	337.52					337.52	6.14
0.8 - 1.25 mm	239					239.27	4.35
0.5 - 0.8	273.84					273.84	4.98
0.4 - 0.5	51.76					51.76	0.94
0.25 - 0.4	183.8					183.80	3.34
0.2 - 0.25	82.36					82.36	1.50
0.15 - 0.2	202.49					202.49	3.68
0.08 - 0.15	155.26					155.26	2.82
0.063 - 0.08	12.56					12.56	0.23
< 0.063 mm	13.74					13.74	0.25
0.05 mm	1463.4					1463.40	26.61
						5499	100.00

Annexe 4 : Tableau de l'analyse granulométrique du niveau 4

Size (mm)	Weight (g)					Total	%
> 20	1322					1322.00	7.45
10 - 20 mm	2329					2329.00	13.13
2 - 10 mm	2442	2414				4856.00	27.38
1.25 - 2 mm	1039					1039.00	5.86
0.8 - 1.25 mm	732					732.00	4.13
0.5 - 0.8	734					734.00	4.14
0.4 - 0.5	162					162.00	0.91
0.25 - 0.4	519					519.00	2.93
0.2 - 0.25	316					316.00	1.78
0.15 - 0.2	563					563.00	3.17
0.08 - 0.15	223					223.00	1.26
0.063 - 0.08	21					21.00	0.12
< 0.063 mm	16					16.00	0.09
0.05 mm	4904					4904.00	27.65
						17736	100.00

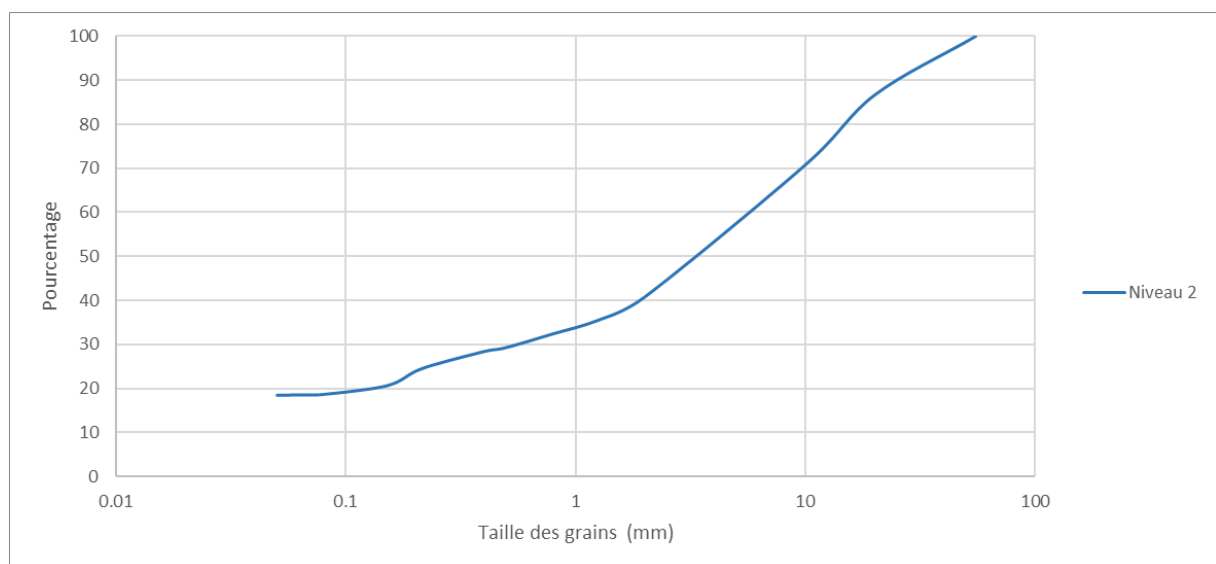
Annexe 5 : Tableau de l'analyse granulométrique du niveau 5

Size (mm)	Weight (g)					Total	%
> 20	1754					1754.00	10.48
10 - 20 mm	1874					1874.00	11.20
2 - 10 mm	870	3705				4575.00	27.34
1.25 - 2 mm	989					989.00	5.91
0.8 - 1.25 mm	606					606.00	3.62
0.5 - 0.8	611					611.00	3.65
0.4 - 0.5	167					167.00	1.00
0.25 - 0.4	465					465.00	2.78
0.2 - 0.25	264					264.00	1.58
0.15 - 0.2	579					579.00	3.46
0.08 - 0.15	302					302.00	1.80
0.063 - 0.08	35					35.00	0.21
< 0.063 mm	26					26.00	0.16
0.05 mm	4489					4489.00	26.82
						16736	100.00

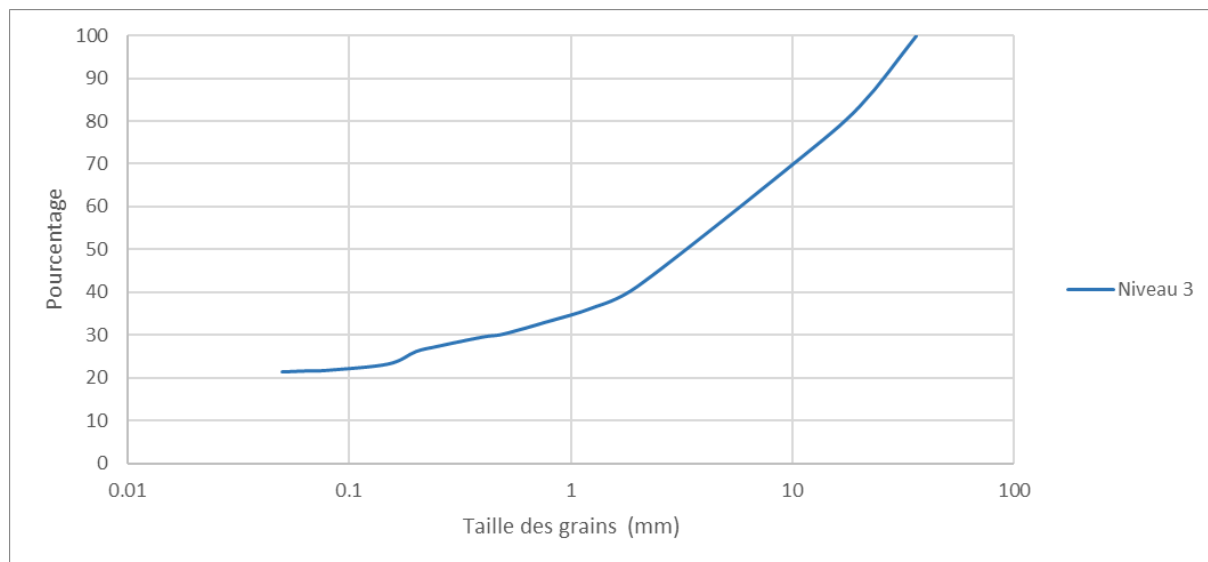
Annexe 6 : Tableau de l'analyse granulométrique du niveau 6

Size (mm)	Weight (g)					Total	%
> 20	562					562.00	7.12
10 - 20 mm	755					755.00	9.57
2 - 10 mm	1517					1517.00	19.22
1.25 - 2 mm	506					506.00	6.41
0.8 - 1.25 mm	311					311.35	3.94
0.5 - 0.8	318.62					318.62	4.04
0.4 - 0.5	62.67					62.67	0.79
0.25 - 0.4	264.61					264.61	3.35
0.2 - 0.25	139.97					139.97	1.77
0.15 - 0.2	385.45					385.45	4.88
0.08 - 0.15	203.55					203.55	2.58
0.063 - 0.08	22.13					22.13	0.28
< 0.063 mm	21.06					21.06	0.27
0.05 mm	2823.59					2823.59	35.77
						7893	100.00

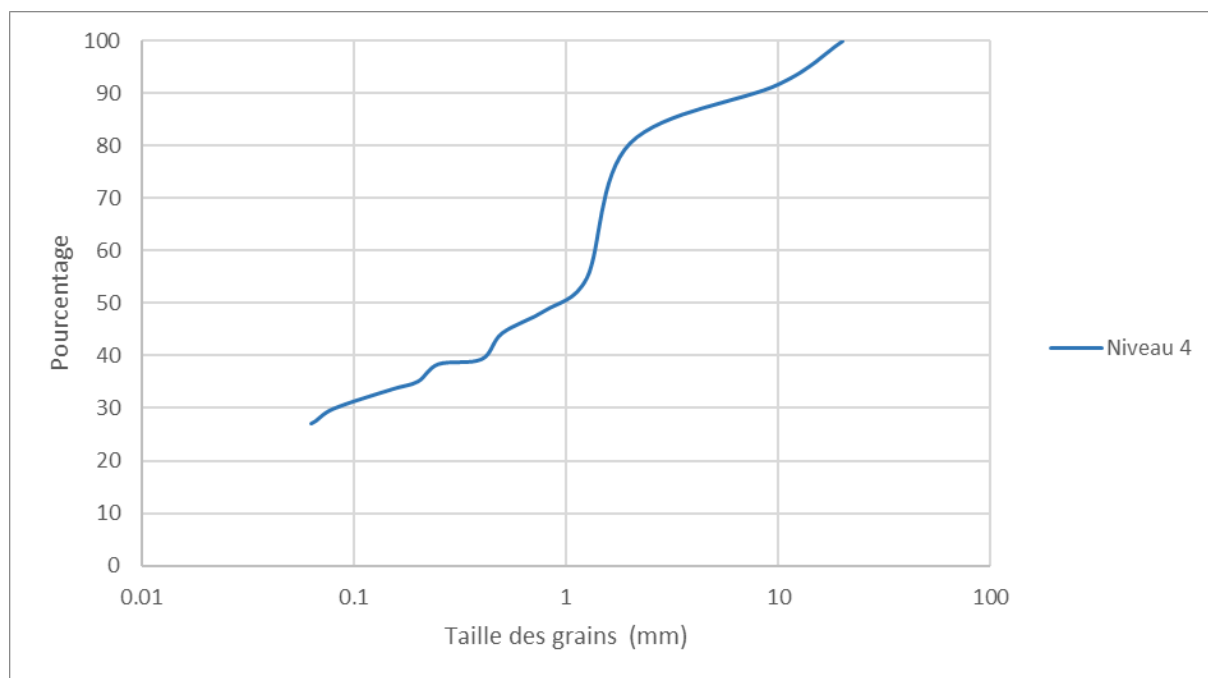
Annexe 7 : Tableau de l'analyse granulométrique du niveau 7



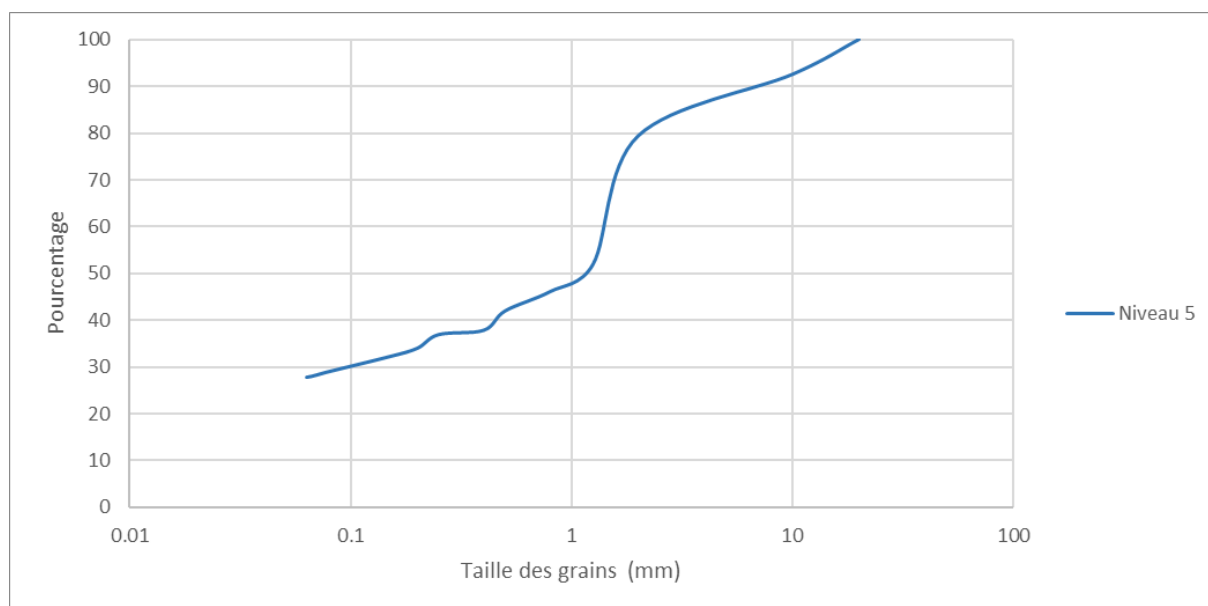
Annexe 8 : Courbe granulométrique du niveau 2



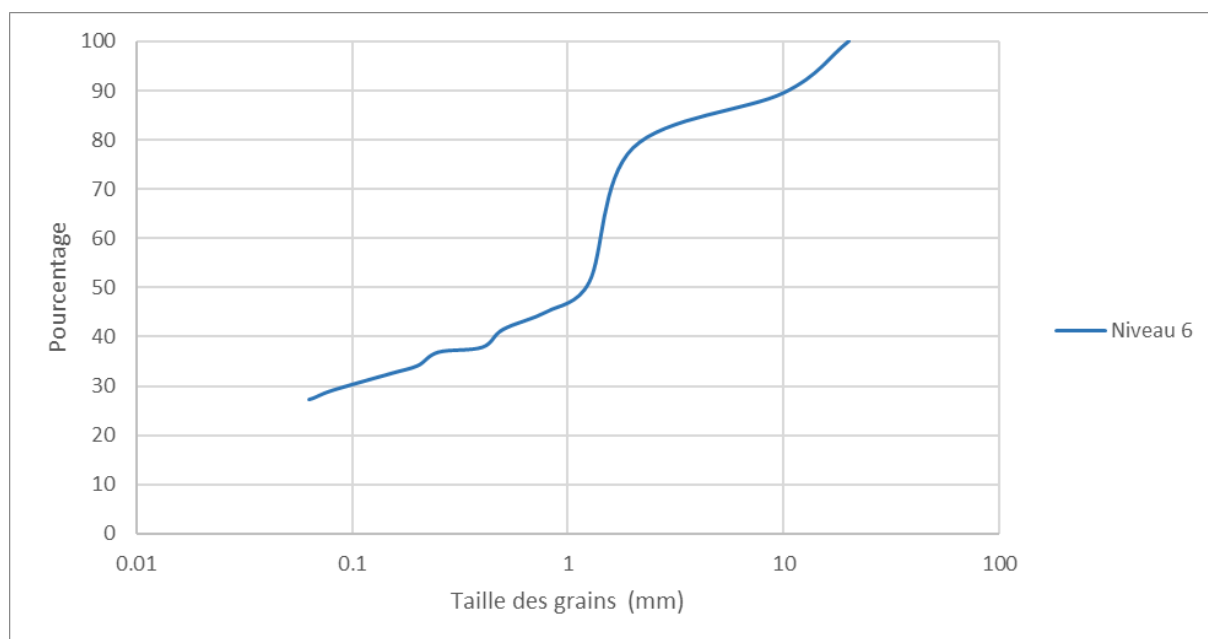
Annexe 9 : Courbe granulométrique du niveau 3



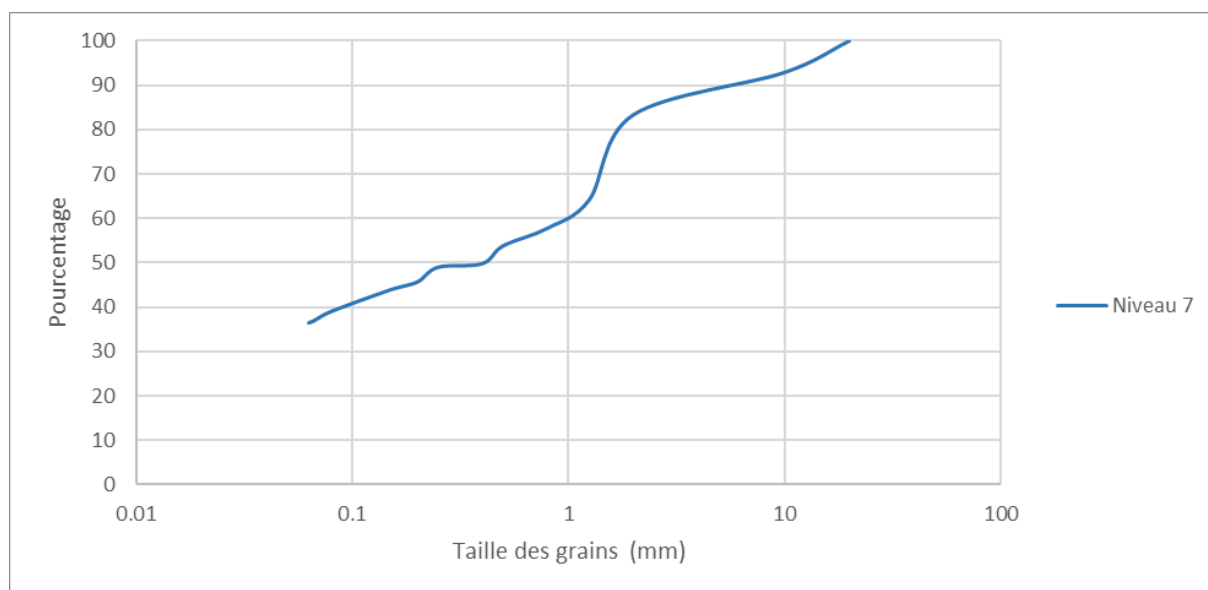
Annexe 10 : Courbe granulométrique du niveau 4



Annexe 11 : Courbe granulométrique du niveau 5



Annexe 12 : Courbe granulométrique du niveau 6



Annexe 13 : Courbe granulométrique du niveau 7

	Level 2	
	Size (mm) (Ohio Excel)	Size (mm)
D10		0.03
D16		0.04
D20		0.13
D50	3.3	4.43
D84	18	18.29
D90		28.69

Annexe 14 : Valeurs des différents percentiles du niveau 2

	Level 3	
	Size (mm) (Ohio Excel)	Size (mm)
D10		0.02
D16		0.04
D20		0.05
D50	3.2	3.27
D84	21	20.45
D90		26.28

Annexe 15 : Valeurs des différents percentiles du niveau 3

	Level 5	
	Size (mm) (Ohio Excel)	Size (mm)
D10		0.02
D16		0.03
D20		0.04
D50	1.7	1.74
D84	13	13.49
D90		18.06

Annexe 16 : Valeurs des différents percentiles du niveau 5

	Level 6	
	Size (mm) (Ohio Excel)	Size (mm)
D10		0.02
D16		0.03
D20		0.04
D50	1.8	1.87
D84	14	15.07
D90		21.60

Annexe 17 : Valeurs des différents percentiles du niveau 6

	Level 7	
	Size (mm) (Ohio Excel)	Size (mm)
D10		0.01
D16		0.02
D20		0.03
D50	0.52	0.54
D84	11	10.72
D90		16.99

Annexe 18 : Valeurs des différents percentiles du niveau 7



Titre : Géomorphologie fluviale et restauration des rivières

Résumé :

Les rivières éphémères sont des cours d'eau peu connus à l'heure actuelle étant donné les enjeux autour de la restauration des cours d'eau intermittent et permanent. L'objectif de ce sujet de recherche est de faire valoir ce type de rivière pour qu'elles soient considérées davantage dans les prises de décision concernant les écosystèmes. Pour cela, une analyse granulométrique à partir de carottage couplé à une étude tomographique est menée afin de comprendre comment a évolué le transport sédimentaire grâce aux différentes couches.

Abstract :

Ephemeral rivers are little known currently given the issues surrounding the restoration of intermittent and permanent rivers. The objective of this research topic is to highlight this type of river so that they can be given greater consideration in decision-making concerning ecosystems. To do this, a granulometric analysis based on coring coupled with a tomographic study was carried out in order to understand how sediment transport has evolved through the different layers.

Mots Clés : rivières éphémères, granulométrie, tomographie

Keywords : ephemeral rivers, granulometry, tomography

Université du Pays basque :

Tomás y Valiente 01006 Vitoria-Gasteiz ESPAGNE

Tuteur entreprise :

Askia Ibisate

Enseignante chercheuse en géographie physique

Tuteur académique :

Stéphane Rodrigues