



etuRESCIF
Réseau d'excellence
des sciences de l'ingénieur
de la Francophonie

UCLouvain
Institute of Mechanics,
Materials and Civil Engineering



ÉCOLE NATIONALE D'INGÉNIEURS DE TUNIS

Département Génie Civil

Stage Ingénieur

Stage de Recherche

RiverApp : Mesure de débit de rivière par imagerie digitale

Elaboré par :

Firas Ghali 2ème année G H E

Encadré par :

Dr. Pierre-Yves Gousenbourger

Prof. Sandra Soares Frazao

Prof. Emna Gargourie

Année universitaire : 2021/2022

Remerciement

Je tiens en premier lieu à remercier toutes les personnes grâce auxquelles ce stage fut possible, à savoir madame Nathalie Sergoigne, qui m'a apporté son aide tout au long du processus en Tunisie, et n'a eu de cesse de m'aider même une fois arrivé en Belgique. Sans oublier madame Rim Kalai, ainsi que madame Lamia Guellouz, qui ont fait tout leur possible pour que je puisse saisir cette opportunité.

Je tiens aussi à remercier la Fondation etuRESCIF et le Prof. Sandra Soares Frazao, pour m'avoir proposé ce stage ainsi que ce sujet incroyablement intéressant et novateur. Leur encadrements m'ont aussi permis de développer de nouvelles compétences, que ce soit en soft ou hard skills. Le Prof. Sandra Soares Frazao m'a ainsi permis de pleinement profiter de mon stage d'ingénieur et de le faire dans un institut de recherche à la pointe de la technologie, à savoir l'iMMC. Elle n'a eu de cesse d'essayer de m'intégrer pleinement à l'équipe, en faisant de moi un membre à part entière de son équipe.

Je n'oublie pas non plus le Dr. Pierre-Yves Gousenbourger, qui m'a réellement pris sous son aile, sa patience et sa pédagogie n'ont eu de cesse de me soutenir dans mon travail. Le Dr. Pierre-Yves Gousenbourger m'a ainsi permis de m'adapter à des domaines qui ne me sont pas familiers, il m'a inculqué une méthode de travail ordonné et réfléchis me permettant alors de m'appropriier chaque sujet, et de le mener à bien. Le Dr. Pierre-Yves Gousenbourger n'a eu de cesse de me conseiller et de m'aider tout au long de ce stage, et pour tout cela je lui en suis infiniment reconnaissant.

Enfin je tiens aussi à remercier le Prof. Emna Gargouri, qui a tout de suite accepté d'être mon encadrante, et qui de fait a permis à ce stage de se réaliser. Le Prof. Emna Gargouri s'est montrée en tout temps disponible et prête à m'aider, me suivant alors du début à la fin. Je la remercie aussi pour tous ses efforts, et notamment lors des prises de mesures sur la Majerda.

Ghali Firas.

Résumé

Le présent travail porte sur l'étude de la mesure de débit par imagerie digitale.

Nous commencerons par introduire et décrire le laboratoire de recherche dans lequel s'est déroulé mon stage de recherche, introduire le sujet de recherche sur lequel j'ai eu l'occasion de travailler, la technologie utilisée, son fonctionnement, ainsi que son développement.

Nous essaierons de faire le point sur l'avancement actuel du développement de l'application, de son utilisation et de son interface graphique, ainsi que des pré-requis pour l'obtention d'un débit final.

Ensuite, nous verrons en détail le travail que j'ai effectué et qui s'articule en 5 points : la compréhension du fonctionnement de l'application et de sa prise en main, le répertoriage des différents bugs, le développement de nouvelles fonctionnalités, la prise de mesures sur terrain, et enfin l'analyse des data et leur interprétation.

Nous nous attarderons enfin à l'étude des différents paramètres impactant directement le débit final obtenu, et des conclusions pertinentes qui peuvent en être tirées.

Mots clés : PIV, Débit, Développement, Application, Imagerie digitale

Abstract

The present work concerns the study of the flow measurement by digital imaging.

We will begin by introducing and describing the research laboratory in which my research internship took place, introducing the research subject on which I had the opportunity to work, the technology used, its operation, as well as its development.

We will try to make a point on the current progress of the development of the application, its use and its graphic interface, as well as the prerequisites for obtaining a final output.

Then, we will see in detail the work that I have done and which is articulated in 5 points : the understanding of the functioning of the application and its handling, the listing of the various bugs, the development of new functionalities, the taking of measurements in the field, and finally the analysis of the data and their interpretation.

Finally, we will study the different parameters directly impacting the final flow rate obtained, and the relevant conclusions that can be drawn from it.

Key words : PIV, Flow, Development, Application, Digital Imaging

Table des matières

Table des figures	8
Liste des tableaux	11
Introduction	1
I Présentation de l'iMMC	2
I.1 Introduction	2
I.2 Présentation de laboratoire d'accueil.	2
I.3 Logistique du laboratoire.	3
I.4 Présentation de l'équipe d'accueil.	3
I.5 Conclusion	4
II Contexte du stage et Revue bibliographique	5
II.1 Introduction	5
II.2 Fonctionnement de l'application	6
II.2.1 Analyse PIV	6
II.2.2 Analyse LSPIV	7
II.3 Interface graphique de l'application	8
II.3.1 Bathymétrie	10
II.3.2 Sélection de la vidéo.	12
II.3.3 Calibration.	13
II.3.4 Orthorectification.	14

II.3.5	Niveau d'eau	17
II.3.6	Sélection du ROI et des masques	18
II.3.7	Sélection des filtres	19
II.3.8	Analyse PIV	20
II.3.9	Section d'intérêt	23
II.3.10	Détermination du débit	26
II.4	Conclusion	28
III	Travail effectué	29
III.1	Introduction	29
III.2	Répertoire des différents bugs	29
III.3	Codage de nouvelles fonctionnalités	30
III.4	État des lieux de la data	31
III.5	Les Paramètres à tester	32
III.5.1	Stabilisation	32
III.5.2	Le KIT	33
III.5.3	Nombre d'images par seconde	33
III.5.4	Qualité de la vidéo	33
III.5.5	Les traceurs	33
III.5.6	Météo	34
III.5.7	Végétation	34
III.6	Matériel	34
III.6.1	Caméras	35
III.6.2	Trépied	36
III.6.3	GCP	37
III.6.4	KIT	38
III.6.5	Traceurs	39
III.6.6	Protocole d'acquisition de données	40
III.6.7	Reste du matériel	41

III.7 Méthode	41
III.7.1 Présentation des rivières étudiées.	41
III.7.2 Protocole d'étude des paramètres	45
IV Résultats et interprétations	50
IV.1 Introduction	50
IV.2 Résultats et interprétations.	51
IV.2.1 Tests de l'influence de la qualité des vidéos.	51
IV.2.2 Tests de l'influence des copeaux.	53
IV.2.3 Tests du KIT.	56
IV.2.4 Test de la stabilisation	59
IV.3 Conclusion	64
Conclusion	65
Bibliographie	66

Table des figures

II.1	Principe de l'autocorrelation.	7
II.2	FlowChart de RiverApp par E de Grand Ry.[1]	9
II.3	Interface graphique de RiverApp : Sélection de la bathymétrie. . .	10
II.4	Interface graphique de RiverApp : Sélection de la bathymétrie. . .	11
II.5	Interface graphique de RiverApp : Sélection de la vidéo.	12
II.6	Interface graphique de RiverApp : Stabilisation de la vidéo. . . .	13
II.7	Interface graphique de RiverApp : Sélection des points d'ortho- rectification.	14
II.8	Interface graphique de RiverApp : Sélection des distances entres les GCP.	15
II.9	Interface graphique de RiverApp : Sélection du masque.	16
II.10	Interface graphique de RiverApp : Sélection de la méthode de determination du niveau d'eau.	17
II.11	Interface graphique de RiverApp : Sélection du niveau d'eau. . .	17
II.12	Interface graphique de RiverApp : Sélection du ROI et des masques.	18
II.13	Interface graphique de RiverApp : Sélection des filtres.	19
II.14	Interface graphique de RiverApp : Sélection paramètres de l'ana- lyse PIV	20
II.15	Interface graphique de RiverApp : Chargement de l'analyse PIV .	21
II.16	Interface graphique de RiverApp : Affichage des vecteurs.	22
II.17	Interface graphique de RiverApp : Sélection de la section d'intérêt.	23
II.18	Interface graphique de RiverApp : Sélection du nombre de sous- sections.	24

II.19 Interface graphique de RiverApp : Affichage des vecteurs le long de la section d'intérêt.	25
II.20 Interface graphique de RiverApp : Sélection du vecteur α	26
II.21 Interface graphique de RiverApp : Obtention du débit.	27
III.1 Caméra utilisé : GoPro Hero 9.	35
III.2 Trépied utilisé	36
III.3 Template des GCP utilisés	37
III.4 KIT confectionné par Célestin Dufromont.	38
III.5 KIT flottant placé dans une rivière.	38
III.6 Copeaux de bois.	39
III.7 Copeaux de bois.	39
III.8 Template du protocole fait par Celestin Duformont et Pierre Laurent	40
III.9 Image satellite du site de Noirhat.	42
III.10 Photo du site de Noirhat.	42
III.11 Photo du site de Noirhat.	42
III.12 Image satellite du site de Noirhat.	43
III.13 Photo du site de Suzeryl.	43
III.14 Photo du site de Suzeryl.	43
III.15 Image satellite du site de Limelette.	44
III.16 Photo du site de Limelette.	44
III.17 Photo du site de Limelette.	44
III.18 KIT placé en amont.	46
III.19 KIT placé au centre.	46
III.20 KIT placé en aval.	46
III.21 Vidéo sans Copeaux.	47
III.22 Vidéo avec faible densité de copeaux.	47
III.23 Vidéo avec moyenne densité de copeaux.	47
III.24 Vidéo avec forte densité de copeaux.	47

III.25 Schéma explicatif de l'angle de vue.	48
IV.1 Impact de la qualité vidéo sur le pourcentage d'erreur.	52
IV.2 Influence de la densité des copeaux dans le site de Noirhat.	54
IV.3 Influence de la densité des copeaux dans le site de Limelette.	54
IV.4 Pourcentage d'erreur du débit en fonction de la densité de copeaux à Noirhat.	55
IV.5 Pourcentage d'erreur du débit en fonction de la densité de copeaux à Limelette.	55
IV.6 Comparaison des résultats avec et sans KIT -Limelette.	57
IV.7 Comparaison des résultats avec et sans KIT -Noirhat.	57
IV.8 Aperçu des vecteurs obtenu sans le paramètre stabilisation de l'application.	59
IV.9 Aperçu des vecteurs obtenu avec le paramètre stabilisation de l'application.	59
IV.10 Étude de la stabilisation -Limelette	60
IV.11 Étude de la stabilisation -Noirhat.	61
IV.12 Allure des vecteurs chaotiques obtenu après analyse faite avec stabilisation.	61

Liste des tableaux

IV.1 Test Qualité de vidéo	51
IV.2 Test Copeaux	53
IV.3 Test du Kit	56
IV.4 Test Stabilisation	60
IV.5 Test angle	63

Introduction

RiverApp est une application développée dans le laboratoire de recherche de l'IMMC à l'UCLouvain, au sein de l'équipe de recherche du Prof. Sandra Soares Frazao.

Cette application consiste en la détermination d'un débit de rivière par imagerie digitale. Basé sur des analyses PIV (Particule Image Velocimetry), et LSPIV (Large Scale Particle Image Velocimetry).

Mesurer le débit d'un cours d'eau avec fidélité est essentiel, et cela dans plusieurs domaines, telle la maîtrise des crues, la distribution d'eau, la conception d'ouvrages d'art ou même la navigation. C'est ainsi dans ce contexte que s'inscrit le développement de RiverApp.

Ainsi le **Input** est une vidéo de ladite rivière et le **Ouput** est évidemment le débit de celle-ci.

Naturellement entre ces deux étapes, il y'a une série de processus qui permettront ou non d'avoir une valeur du débit sensiblement proche de la réalité.

Le développement de l'application étant déjà à un stade avancé, la phase de test de l'application a ainsi débuté.

Pour pouvoir étudier les différents impacts et aspects de ces différents processus, que ce soit lors de la prise de vidéo ou bien lors du traitement de la vidéo via l'application, plusieurs sorties sur terrain ont été réalisées.

Chapitre I

Présentation de l'iMMC

I.1 Introduction

Ce présent travail a été effectué à l'Institute of Mechanics, Materials and Civil Engineering (iMMC) sous l'encadrement du Professeur Sandra Soares Frazao, du docteur Pierre-Yves Gousenbourger et du Professeur Emna Gargourie.

Dans le cadre de ce premier chapitre je vais commencer par présenter le laboratoire de recherche où s'est effectué mon stage.

I.2 Présentation de laboratoire d'accueil.

L'Institut de mécanique, des matériaux et du génie civil (iMMC) de l'Université catholique de Louvain (UCLouvain), avec quatre subventions ERC accordées en 2016 et 2017, une panoplie d'entreprises spin-off à succès telles que eX-Stream, Axinesis, Polyflow et WaPT et plusieurs scientifiques de renommée mondiale, est un centre international de premier plan pour la recherche en ingénierie. Ses points forts couvrent plusieurs des principales disciplines de l'ingénierie, notamment l'énergie, la thermodynamique, l'ingénierie chimique et environnementale, les matériaux et les processus, l'ingénierie structurelle, la géomécanique, la fabrication, la mécanique des fluides, la mécatronique, la robotique, la biomécanique et les sciences numériques et informatiques.

Les membres d'iMMC sont fortement impliqués dans la formation des ingénieurs de l'Ecole Polytechnique de Louvain (EPL). Ils contribuent à former une nouvelle génération d'ingénieurs et d'étudiants diplômés qui transcendent les di-

visions traditionnelles de l'ingénierie et sont préparés et engagés à répondre aux besoins changeants de notre société et à forger un avenir durable. La recherche de l'Institut s'engage à soutenir l'économie et l'industrie dans les domaines de l'aéronautique, des transports, de la conversion d'énergie, des nouvelles technologies nucléaires, du génie civil, du génie chimique, des procédés chimiques et biologiques, de la métallurgie, des revêtements et des composites, des systèmes mécatroniques et de la robotique, et des logiciels de simulation.

L'Institut offre un environnement intégré pour le progrès de l'ingénierie, en mettant l'accent sur la créativité et la résolution de problèmes, et en comblant le fossé entre la recherche fondamentale et la recherche appliquée par une approche collective. C'est dans cette volonté de réunir la recherche fondamentale et la recherche appliquée que mon stage s'inscrit.

I.3 Logistique du laboratoire.

L'Institut compte environ 30 membres du corps professoral, 130 chercheurs (dont environ 90 doctorants) et 50 membres du personnel technique et administratif pour effectuer des recherches tant en expérimentation qu'en modélisation. Le soutien scientifique comprend un logisticien de recherche à plein temps pour le soutien au calcul scientifique. Le personnel administratif comprend un responsable de la recherche pour aider à la préparation des propositions, un spécialiste de la communication et un webmaster, 5 assistants administratifs et comptables. En 2017, iMMC a obtenu environ 10 M€ de financement de la recherche aux niveaux européen, américain, belge et wallon.

Ainsi l'institut possède d'une part un environnement scientifique et administratif idéal et d'autre part possède les moyens de ses ambitions.

I.4 Présentation de l'équipe d'accueil.

Au sein de l'iMMC, plusieurs équipes distinctes sont présentes, dont celle traitant des problématiques liées à l'hydraulique et présidée par le Professeur Sandra Soares Frazao. L'équipe travaille, entre autres, actuellement sur le développement de deux applications, l'une liée à la caractérisation hydrologique de bassins versants dans l'idée de déterminer leur vulnérabilité face aux crues dues aux fortes précipitations, et l'autre liée à la mesure de débit de rivière par imagerie digitale.

Ayant eu le choix de travailler sur l'une des deux thématique c'est celle de la mesure de débit de rivière par imagerie digitale que je choisis.

Pendant la période dans laquelle s'est effectué mon stage, nous étions ainsi une équipe de cinq personnes travaillant sur l'application "RiverApp", à savoir le Professeur Sandra Soares Frazao, le docteur Pierre-Yves Gousenbourger, ainsi que trois élèves ingénieurs : Celestin Dufromont et Pierre Laurent dans le cadre de leur TFE, et moi-même dans le cadre de mon stage ingénieur.

I.5 Conclusion

Durant la période de mon stage de recherche au de l'Institute of Mechanics, Materials and Civil Engineering, j'ai eu l'occasion de travailler dans un environnement à la pointe de la recherche, et ayant les moyens logistiques et financier nécessaire pour permettre à la recherche de pleinement se développer.

Cet environnement permet ainsi aux thésards et stagiaires de profiter d'un encadrement d'une qualité de qualité sans équivoque.

Chapitre II

Contexte du stage et Revue bibliographique

II.1 Introduction

Mesurer le débit d'un cours d'eau avec fidélité est essentiel, et cela dans plusieurs domaines, telle la maîtrise des crues, la distribution d'eau, la conception d'ouvrages d'art ou même la navigation.

La norme aujourd'hui et depuis toujours sont les appareils nécessitant un contact avec la surface de l'eau, ces types de techniques sont dites intrusives. Cependant ces techniques possèdent un très grand inconvénient, celui d'être inadapté face aux événements extrêmes. En effet, pendant les périodes de crues les appareils ne sont pas utilisables, car trop fragiles et dans les périodes d'étiages, les appareils ne sont pas assez sensibles.

Pour cette raison, des méthodes dites non intrusives sont ainsi en développement partout dans le monde. Ces méthodes limitent au maximum le contact entre l'eau et l'appareil de mesure.

Dans ce contexte l'application RiverApp fut développée par l'équipe du Professeur Sandra Soares Frazao, en collaboration avec des étudiants de l'UCLouvain dans le cadre de thèses et de TFE. Nous pouvons ainsi entre autres citer les travaux d'Edouard deGrandy[1] ou de Simon Renard[2], qui ont grandement contribué au développement de l'application RiverApp.

Mon stage de recherche consistait ainsi à prendre en main l'application déjà développée, comprendre son fonctionnement et ses limites, continuer son développement, et démarrer la phase de test.

II.2 Fonctionnement de l'application

Le propos de cette partie, n'est pas de détailler le fonctionnement complet de l'application, qui est disponible dans les thèse de deGrandy[1] et Renard[2], mais plutôt de comprendre la théorie qui est derrière celle-ci.

II.2.1 Analyse PIV

D'une manière générale, la technique de PIV consiste à suivre le mouvement de traceurs dispersés dans le fluide, selon une vision Lagrangienne de l'écoulement. Ainsi l'analyse PIV (Particule Image Velocimetry) est une technique qui permet de calculer un champ de vitesses instantanées d'une surface à partir d'images consécutives d'un cours d'eau.

Les images sont analysées par paires. Le cours d'eau en question est encensé de particules dont les déplacements sont suivis via la technique de corrélation entre les paires d'images successives. Puisque le temps entre deux images et les déplacements sont connus, les vitesses peuvent donc être déduites.

$$\vec{V} = \frac{\Delta \vec{X}}{\Delta t} \quad (\text{II.2.1})$$

En connaissant la bathymétrie, en plus de la vitesse de surface que nous venons de mesurer, le débit peut être obtenu.

L'analyse PIV est une technique qui voit le jour dans les années 1970 et dans un premier temps en raison des limites matériel et logistique sont développement se fait très discret.[3]

Cependant avec l'ascension de l'informatique et de l'amélioration du matériel audio-visuel, en particulier les caméras à haute résolution, couplées aux besoins des laboratoires souhaitant connaître de manière rapide et efficace l'ensemble d'un champ de vitesse, le développement du PIV a très vite accéléré. Ainsi le PIV est avant tout une technique utilisée exclusivement en laboratoire.

On peut aisément décomposer la méthode PIV en deux étapes distinctes : l'acquisition d'images et son analyse. Pendant l'acquisition, nous obtenons un ensemble d'images où des particules se déplacent alors dans un fluide, qui sont ensuite analysées soit par auto-corrélation, soit par inter-corrélation. Dû aux limites technologiques, les premiers travaux ont d'abord utilisé les méthodes d'auto-corrélations.

Son principe est simple : comparer un groupe de particules entre deux images consécutives, dont le pas de temps Δt est connu, et de déterminer le $d\Delta x$, ainsi la vitesse peut être connue.[4]

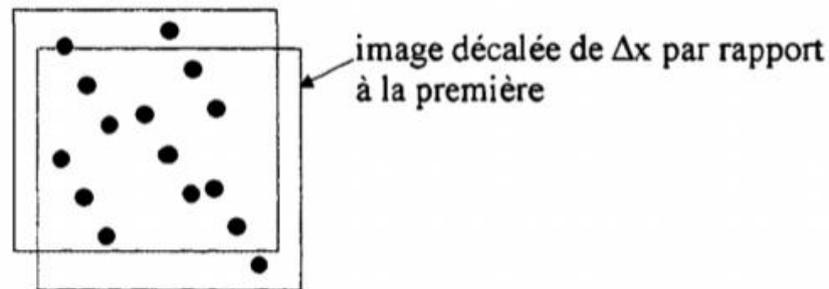


FIGURE II.1 – Principe de l'autocorrelation.

II.2.2 Analyse LSPIV

Comme nous l'avons vu, le PIV est une méthode pensée et développée pour une utilisation en laboratoire. Dans une volonté de passer de la recherche fondamentale à la recherche appliquée, et donc de l'utiliser sur des espaces plus grands, telles que des rivières, fleuve ou oued, une méthode plus adaptée a vu le jour : la méthode LSPIV. La méthode LSPIV ou "Large Scale Particle Image Velocimetry" est donc la continuité naturelle de la méthode PIV.

D'après Jodeau et Bercovitz (2017), la méthode LSPIV se décompose en quatre étapes :

1. L'acquisition d'une séquence d'images dont la différence de temps, t , est connu entre chacune d'elles.
2. La rectification géométrique de ces images. Le but est de corriger les distorsions dues aux effets de perspectives. C'est l'étape d'orthorectification.
3. Le calcul en tant que tel des déplacements, x entre chaque image, basé sur une analyse statistique de corrélation. C'est l'étape clef de l'analyse.
4. L'analyse post-processing des données de vitesses obtenues. Il s'agit de moyennes effectuées sur les vitesses et de l'estimation du débit.

Cette technique permet ainsi d'obtenir la moyenne de la vitesse en surface de la rivière puisque nous connaissant les mouvement de l'eau entre chaque paire d'image, ainsi en connaissant la bathymétrie de la rivière le débit peut aisément être calculé. RiverApp base alors son code sur la méthode LSPIV.

II.3 Interface graphique de l'application

RiverApp possède une interface très riche et simple d'utilisation qui a été développé dans le but d'être le plus "UserFriendly" ¹ possible.

Avant de commencer l'étude de quoi que ce soit, il est pertinent de comprendre le fonctionnement exact de l'application ou au moins dans une moindre mesure les processus qui le composent. Commençons ainsi par les processus qui composent l'application en elle-même. La structure de l'application est schématisé à l'aide d'un flowchart.[1] Nous pouvons y retrouver les trois grandes parties de l'application, à savoir : le pré-processing, l'analyse PIV et enfin le post-processing.

1. "User friendly" qui correspond donc à l'utilisabilité, ou encore à aptitude à l'utilisation est définie par la norme ISO 9241-11 comme « le degré selon lequel un produit peut être utilisé, par des utilisateurs identifiés, pour atteindre des buts définis avec efficacité, efficience et satisfaction, dans un contexte d'utilisation spécifié »

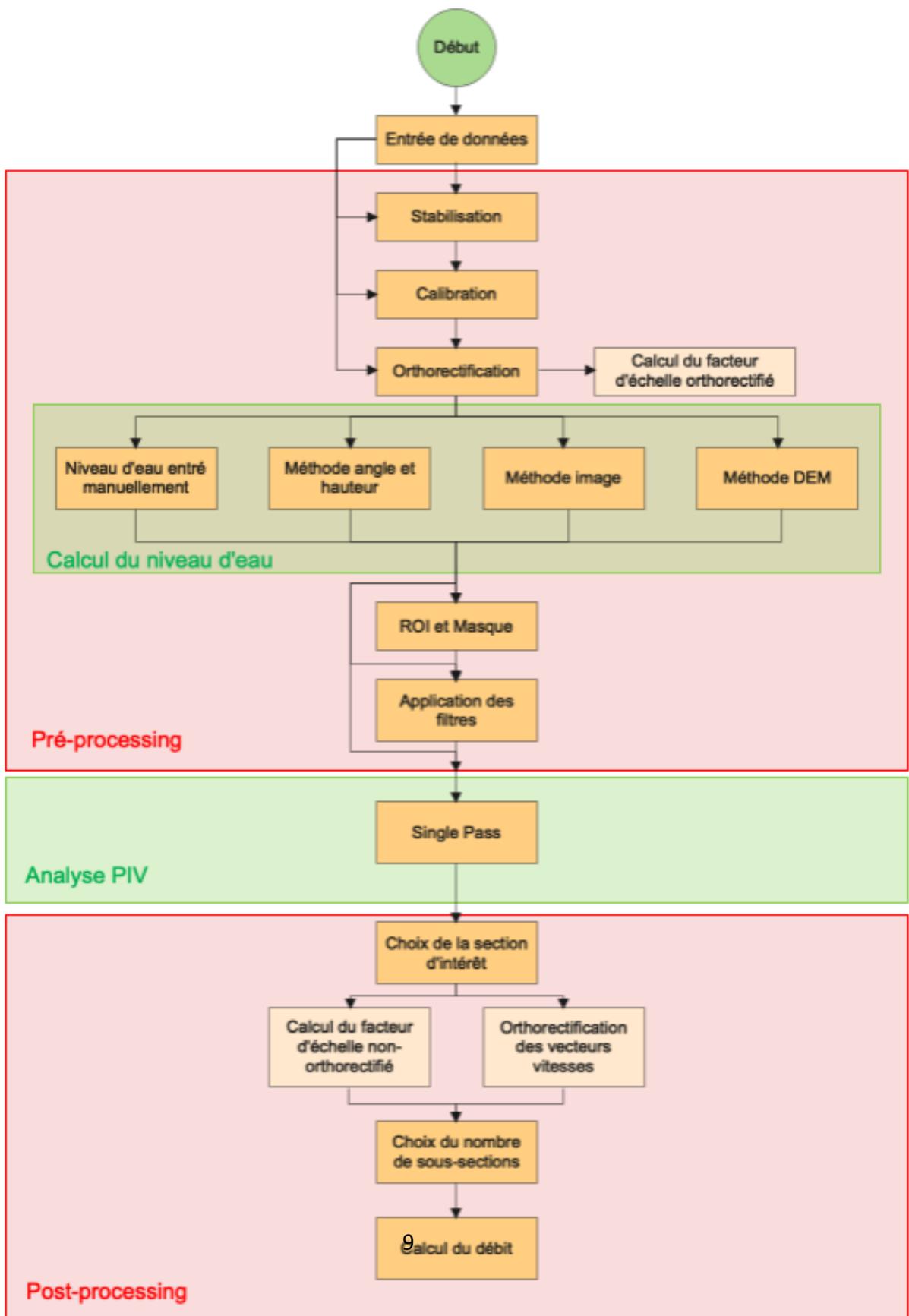


FIGURE II.2 – FlowChart de RiverApp par E de Grand Ry.[1]

C'est dans la partie du Pré-Processing que l'utilisateur a le plus d'influence sur la qualité des résultats obtenus. Cette partie dépend directement des conditions dans lesquelles ont été prises les vidéos des rivières à analyser.

La stabilisation, la visibilité des GCP, l'angle de vue de la caméra, la luminosité sont d'autant de facteurs à prendre en compte puisqu'ils sont directement corrélés à la qualité du résultat trouvé. Ces facteurs seront étudiés en profondeur dans les parties suivantes.

II.3.1 Bathymétrie

La première fenêtre qui apparaît lors de l'exécution de l'application est la fenêtre relative à la bathymétrie² de la rivière à étudier. L'interface nous propose alors d'utiliser un fichier déjà existant ou alors d'en créer un nouveau.

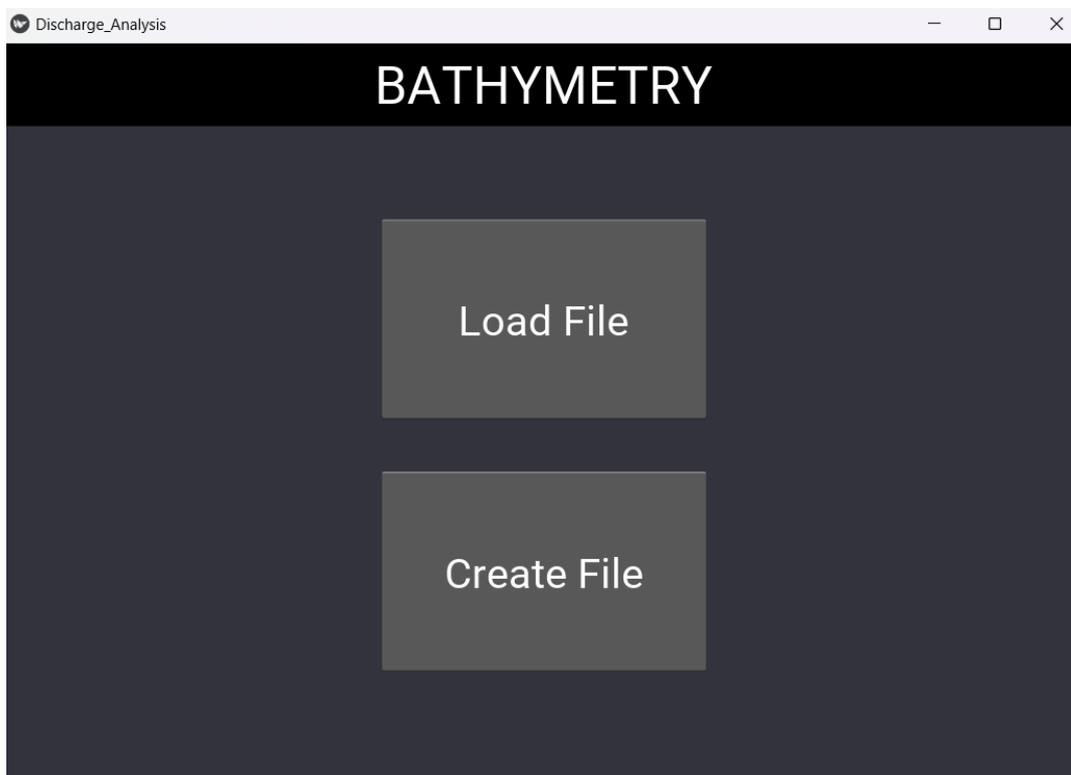


FIGURE II.3 – Interface graphique de RiverApp : Sélection de la bathymétrie.

2. La bathymétrie est la science de la mesure des profondeurs et du relief des milieux sub-aquatiques pour en déterminer la topographie du sol.

Une fois le fichier de la bathymétrie sélectionné, l'application nous montre la courbe relative à celle-ci, permettant ainsi à l'utilisateur d'être sûr d'avoir choisi le bon fichier.

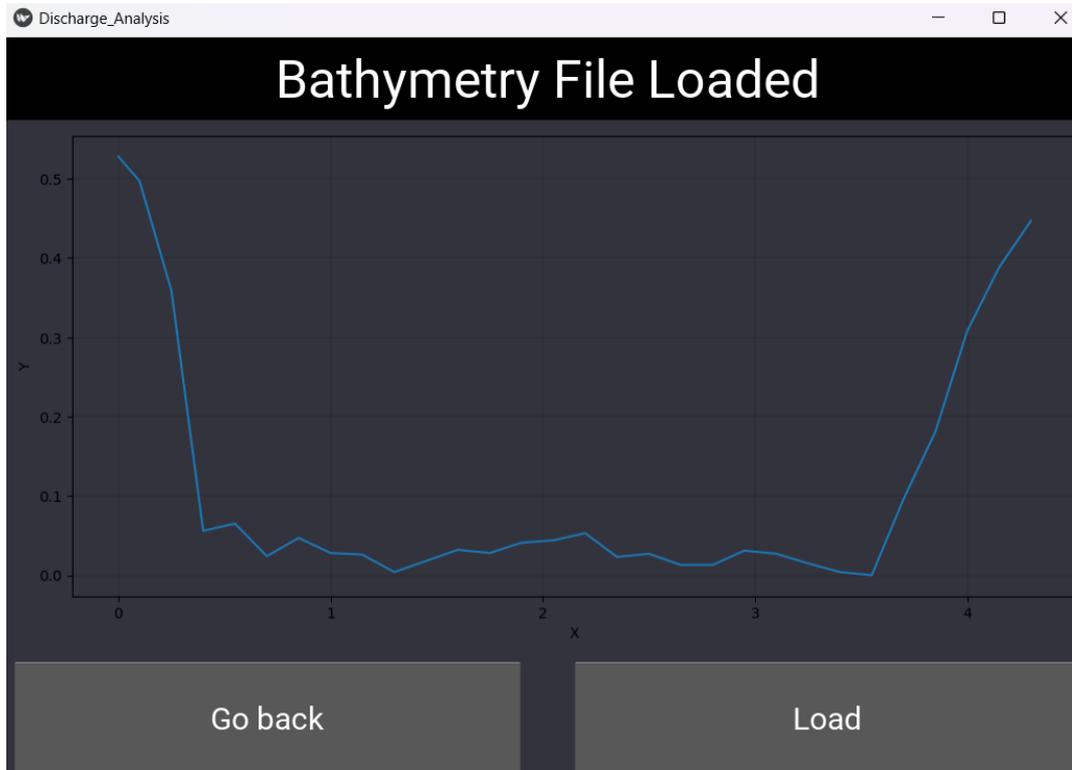


FIGURE II.4 – Interface graphique de RiverApp : Sélection de la bathymétrie.

II.3.2 Sélection de la vidéo.

Une fois le fichier de bathymétrie chargé avec succès, il faut maintenant sélectionner le fichier vidéo, puis choisir le pas d'image ainsi que l'intervalle de temps sur lequel l'utilisateur désire traiter la vidéo pour en déterminer le débit.

Si lors de la prise de la vidéo la caméra n'était pas initialement stable, l'utilisateur peut stabiliser la vidéo en cochant "on" sur "Stabilization for video". Il devra ainsi sélectionner 4 points fixes connu par l'utilisateur, généralement les 4 points fixes choisis seront les GCP.

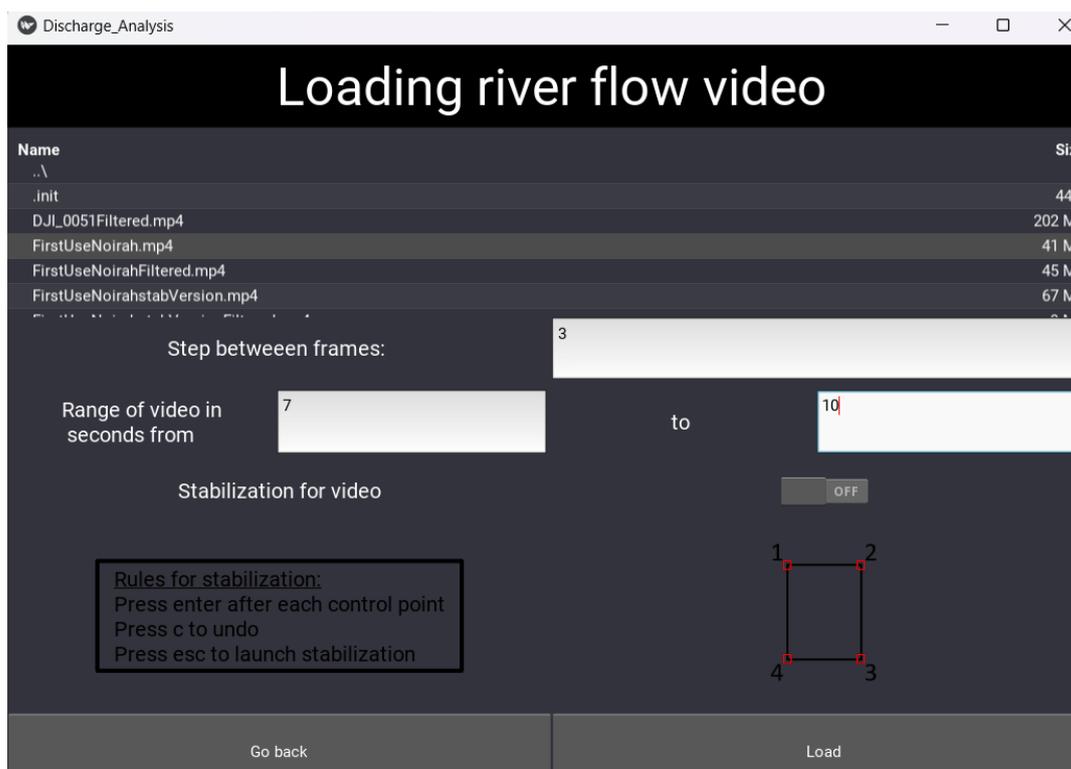


FIGURE II.5 – Interface graphique de RiverApp : Sélection de la vidéo.

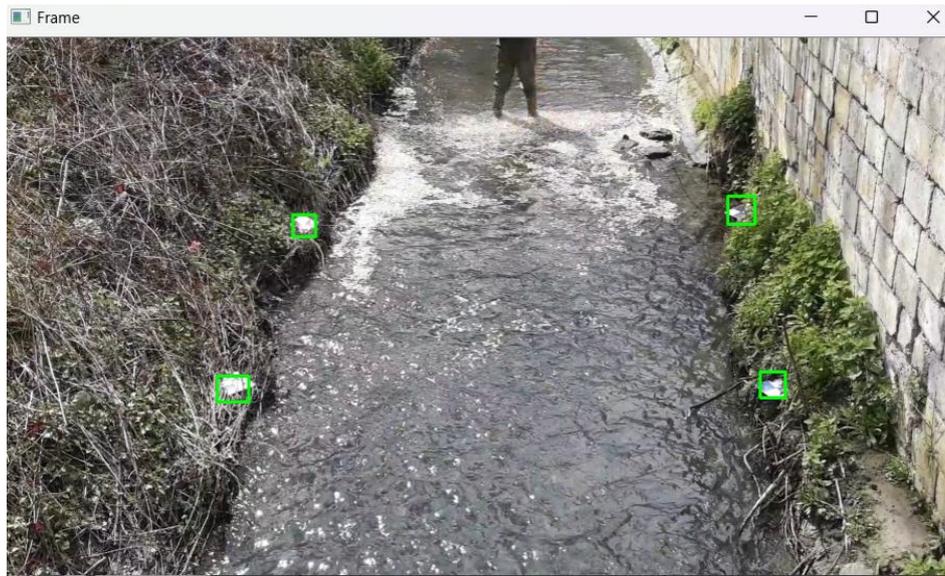


FIGURE II.6 – Interface graphique de RiverApp : Stabilisation de la vidéo.

II.3.3 Calibration.

Vient ensuite l'option "calibration de la caméra", option que je n'ai jamais eu l'occasion de tester lors de mon stage et du traitement des données.

Concrètement cette étape n'est pas obligatoire mais elle permet de corriger les distorsions occasionnées par la caméra et d'obtenir les paramètres intrinsèques et extrinsèques de la caméra.

II.3.4 Orthorectification.

L'orthorectification est généralement l'une des étapes les plus importantes dans le cas où la vidéo n'a pas initialement été filmée perpendiculairement à la rivière.

Elle se divise en 3 étapes distinctes à savoir : La sélection des points d'orthorectification, l'établissement des distances entre ces points et enfin le masque à appliquer. c'est-à-dire la sélection de la région de la vidéo qui sera orthorectifiée. Ce masque permet d'accélérer le processus d'orthorectification en éliminant les régions qui n'ont pas d'intérêt à être orthorectifiées.

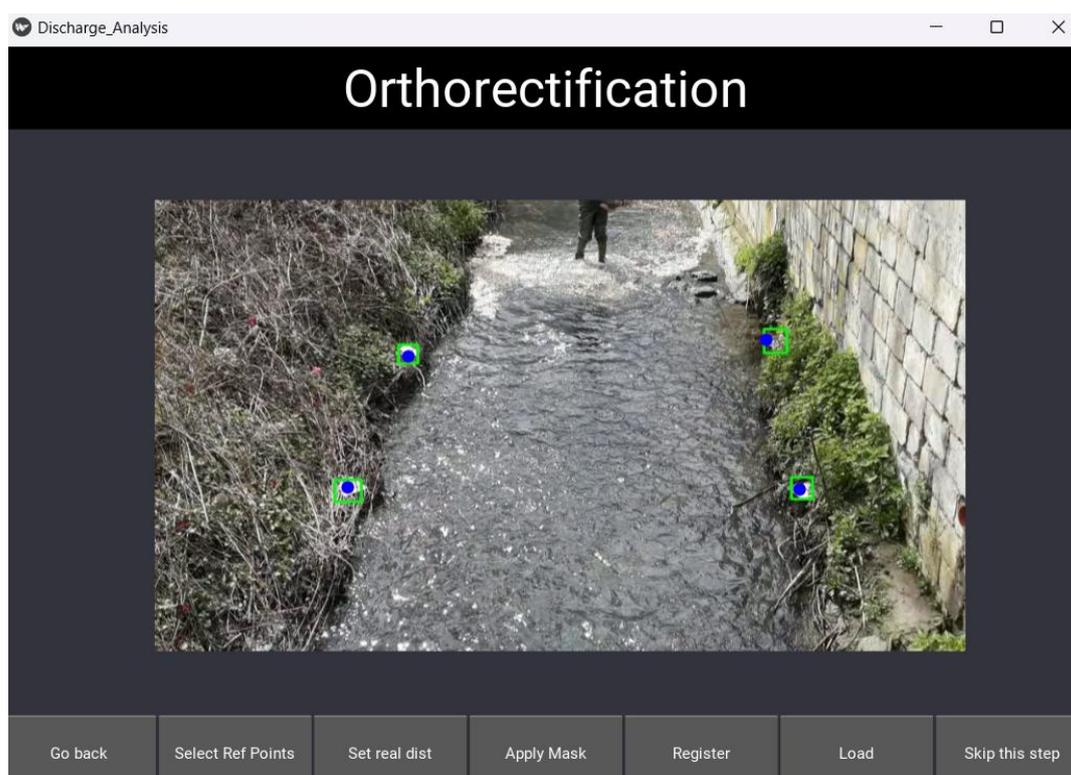


FIGURE II.7 – Interface graphique de RiverApp : Sélection des points d'orthorectification.

La sélection des points d'orthorectification, ces points sont généralement les GCP placés par la personne qui a pris la vidéo.

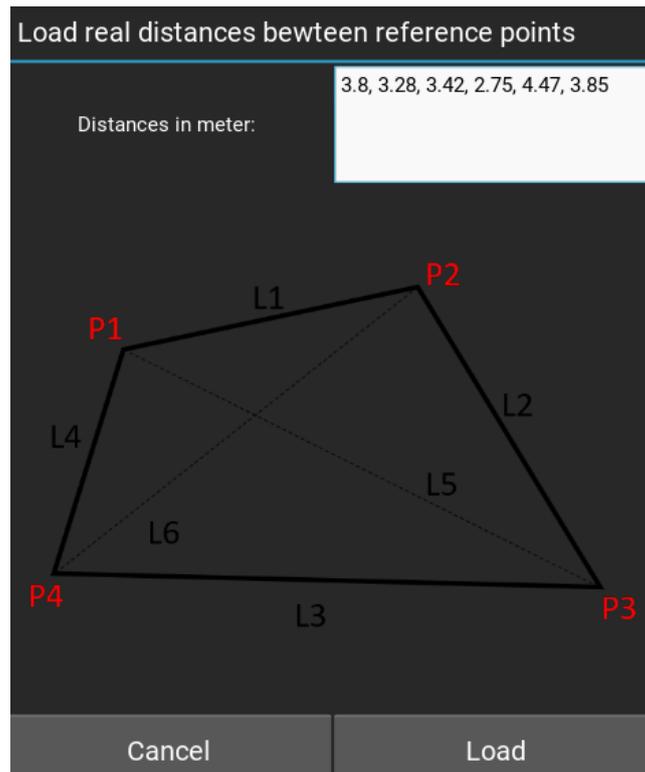


FIGURE II.8 – Interface graphique de RiverApp : Sélection des distances entre les GCP.

L'utilisateur doit ensuite entrer les distances en mètres entre ces GCP, il faut cependant faire attention à les écrire dans l'ordre, en utilisant un point pour les nombres à virgules, et séparer les longueurs par une virgule et un espace.

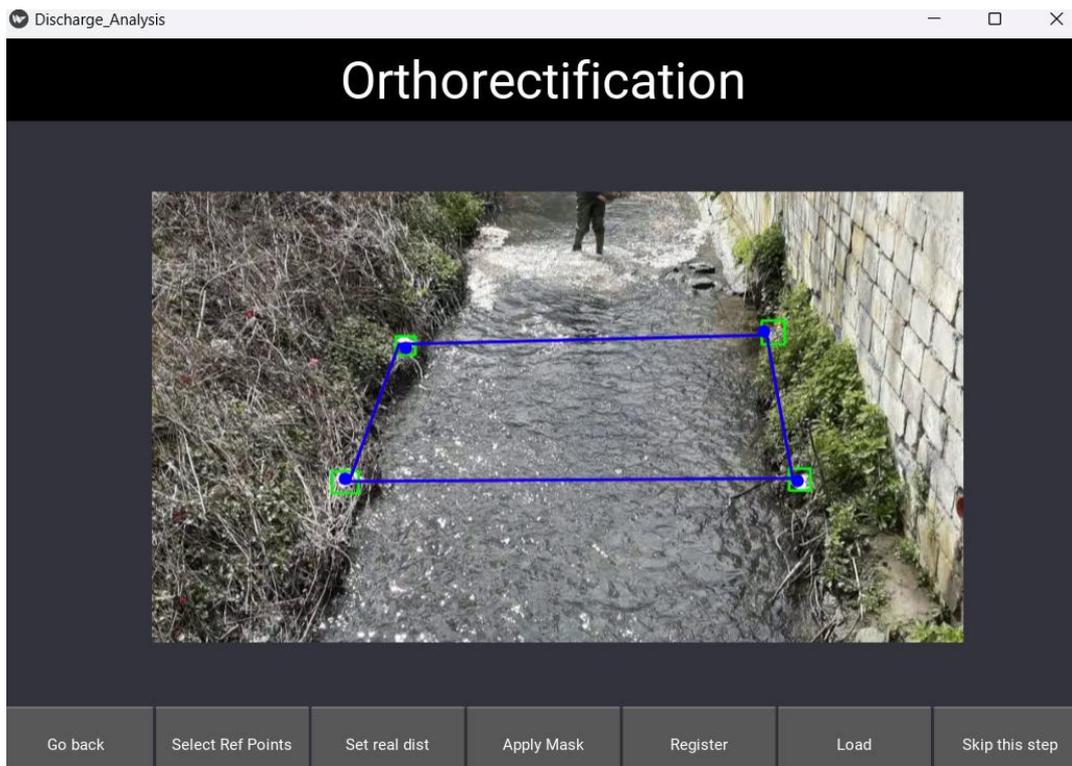


FIGURE II.9 – Interface graphique de RiverApp : Sélection du masque.

L'utilisateur doit finalement sélectionner le masque, c'est la région de la vidéo qui sera orthorectifiée. Ce masque permet d'accélérer le processus d'orthorectification en éliminant les régions qui n'ont pas d'intérêt à être orthorectifiées.

II.3.5 Niveau d'eau.

L'étape suivante est la détermination du débit d'eau. Pour cela plusieurs méthodes sont disponibles, cependant à ce jour c'est la méthode "set value" qui est la plus utilisée. Comme son nom l'indique il suffit simplement d'y mentionner la hauteur d'eau lors de la prise d'images.

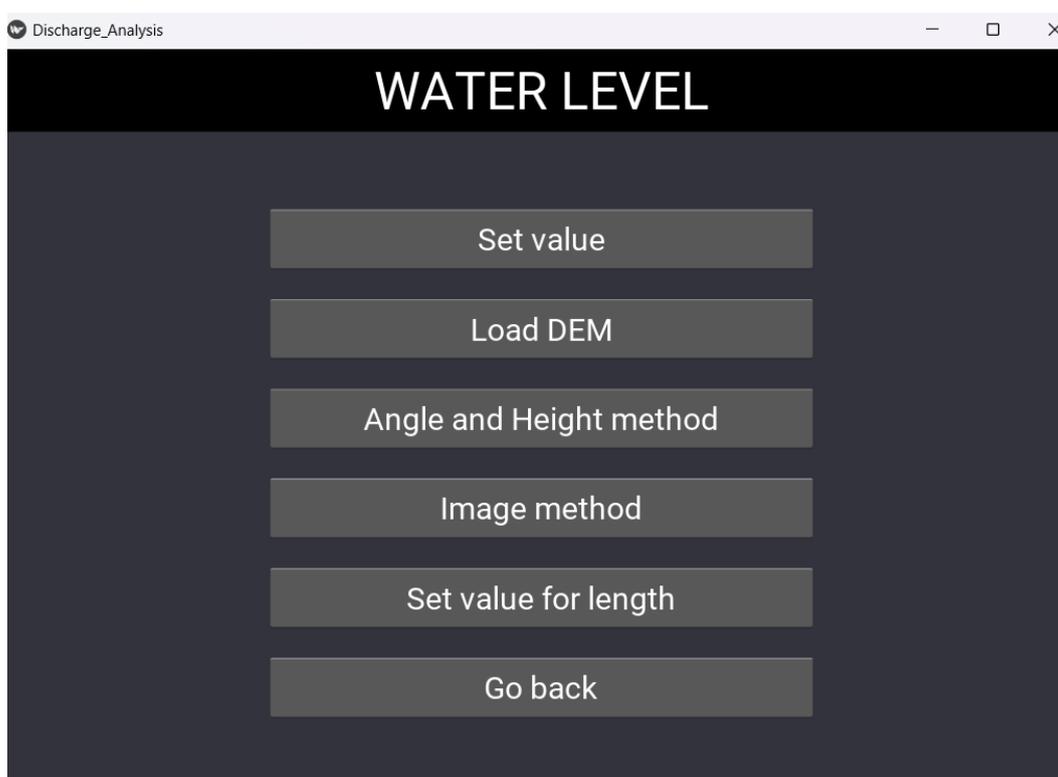


FIGURE II.10 – Interface graphique de RiverApp : Sélection de la méthode de détermination du niveau d'eau.

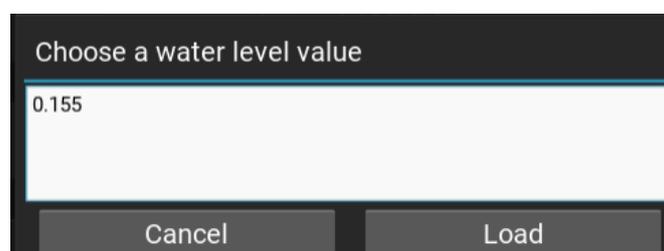


FIGURE II.11 – Interface graphique de RiverApp : Sélection du niveau d'eau.

II.3.6 Sélection du ROI et des masques

Lors de cette étape, l'utilisateur doit sélectionner le ROI, c'est-à-dire la région où il désire que l'analyse PIV soit réalisée. La sélection du ROI se fait en deux clics de souris, délimitant alors un rectangle. Une fois le ROI appliqué, il faut maintenant appliquer les masques, c'est-à-dire les régions du rectangle dont l'on ne souhaite pas que le logiciel y calcule les vitesses (la végétation, les berges, etc).

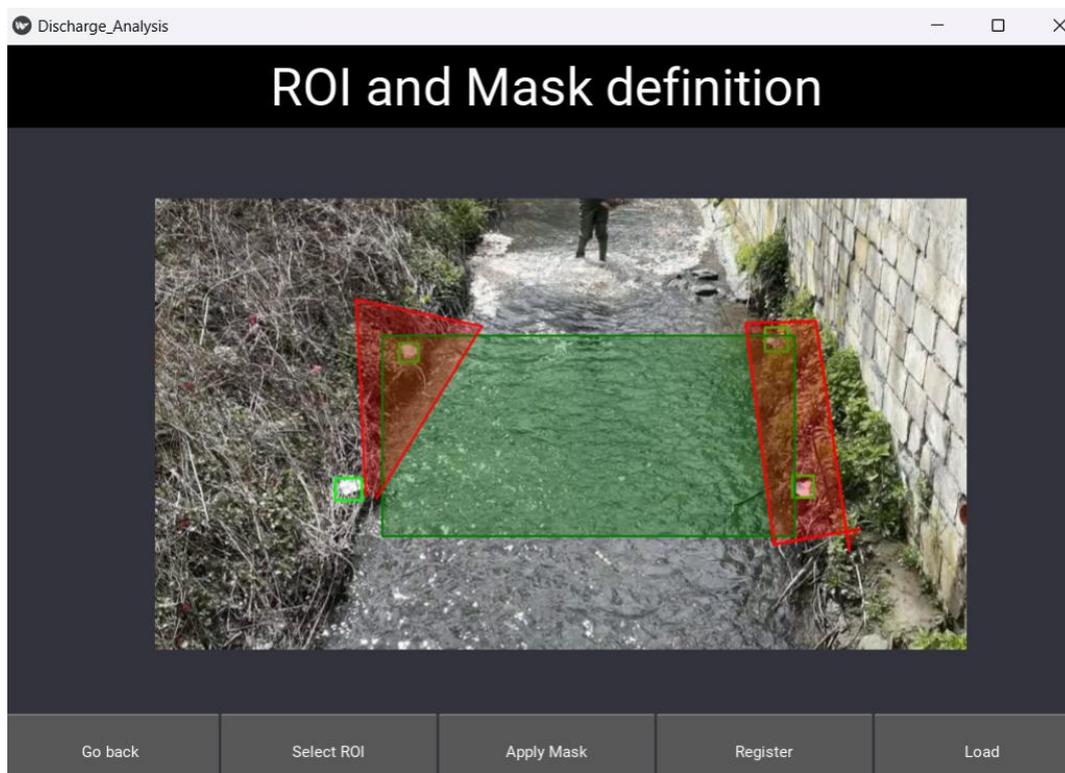


FIGURE II.12 – Interface graphique de RiverApp : Sélection du ROI et des masques.

II.3.7 Sélection des filtres

La dernière étape avant l'analyse PIV est la sélection d'un ou plusieurs filtres. En tout 6 filtres sont disponibles à savoir : CLAHE, Intensity Capping, Intensity high-pass, Mean Denoising, Contrast/Brightness, Gamma Correction. Ces filtres sont d'une très grande utilité, et permettent par exemple aux particules ou aux remous de la rivière d'être plus visible ou encore de limiter les effets de reflets. L'application permet de combiner plusieurs filtres, cela permet ainsi de contrôler au mieux l'histogramme des images et donc de s'assurer d'un meilleur traitement de ceux-ci.

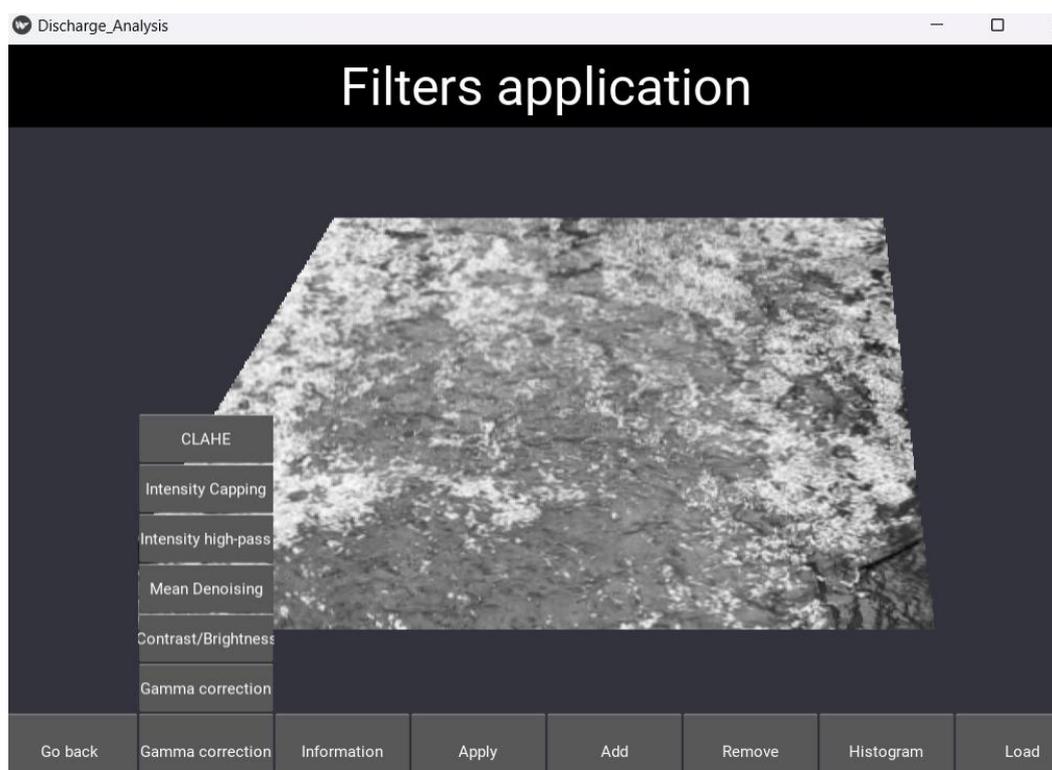


FIGURE II.13 – Interface graphique de RiverApp : Sélection des filtres.

II.3.8 Analyse PIV

Cette étape permet de déterminer les vitesses de surface du cours d'eau, les vitesses de surfaces ne seront calculé que dans la région où le ROI a été appliqué. L'intervalle de temps ainsi que le pas des images influent directement sur le temps de l'analyse PIV, ainsi plus l'intervalle de temps est petit et plus le temps d'analyse serait rapide, et inversement avec le pas d'image.

Cette étape permet de déterminer les vitesses de surface du cours d'eau. La vidéo analysée est celle qui a été filtrée et l'analyse est réalisée sur la région d'intérêt dont les parties masquées sont retirées. Le range de la vidéo sur lequel l'analyse est appliquée est celui choisi par l'utilisateur lors du chargement de la vidéo. Plus celui-ci est court, plus l'analyse sera rapide.

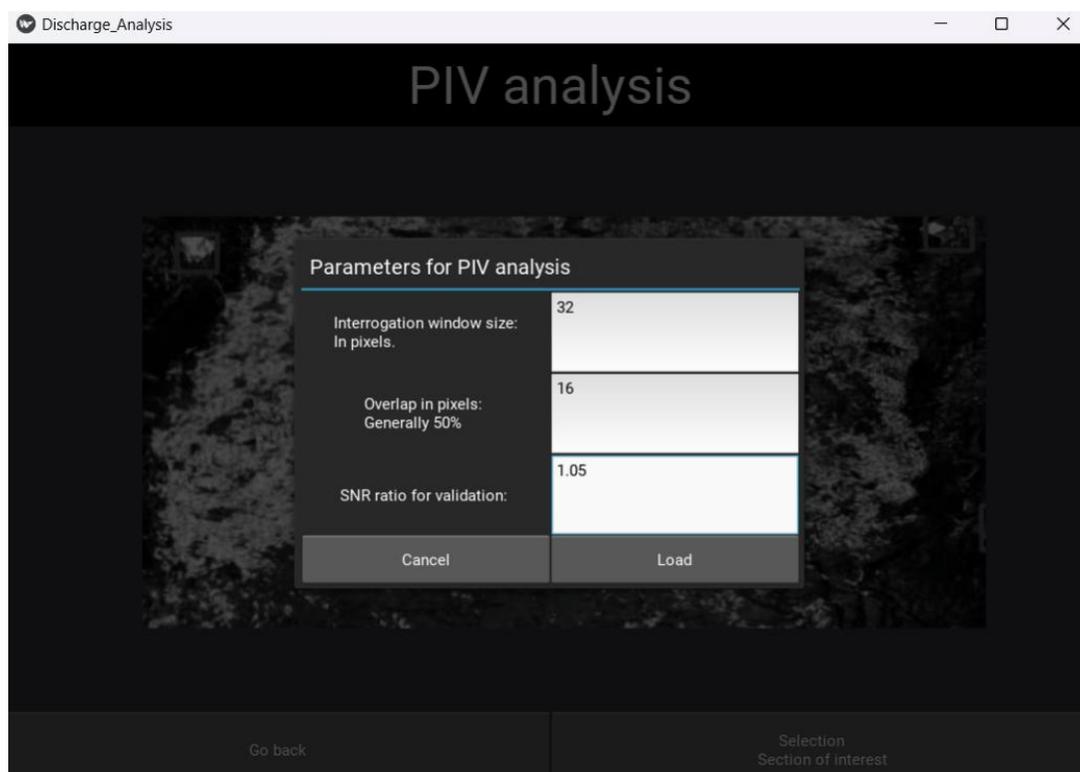


FIGURE II.14 – Interface graphique de RiverApp : Sélection paramètres de l'analyse PIV

Une fenêtre s'affiche, permettant à l'utilisateur de modifier les paramètres Interrogation Window Size, Overlap et SNR ratio.

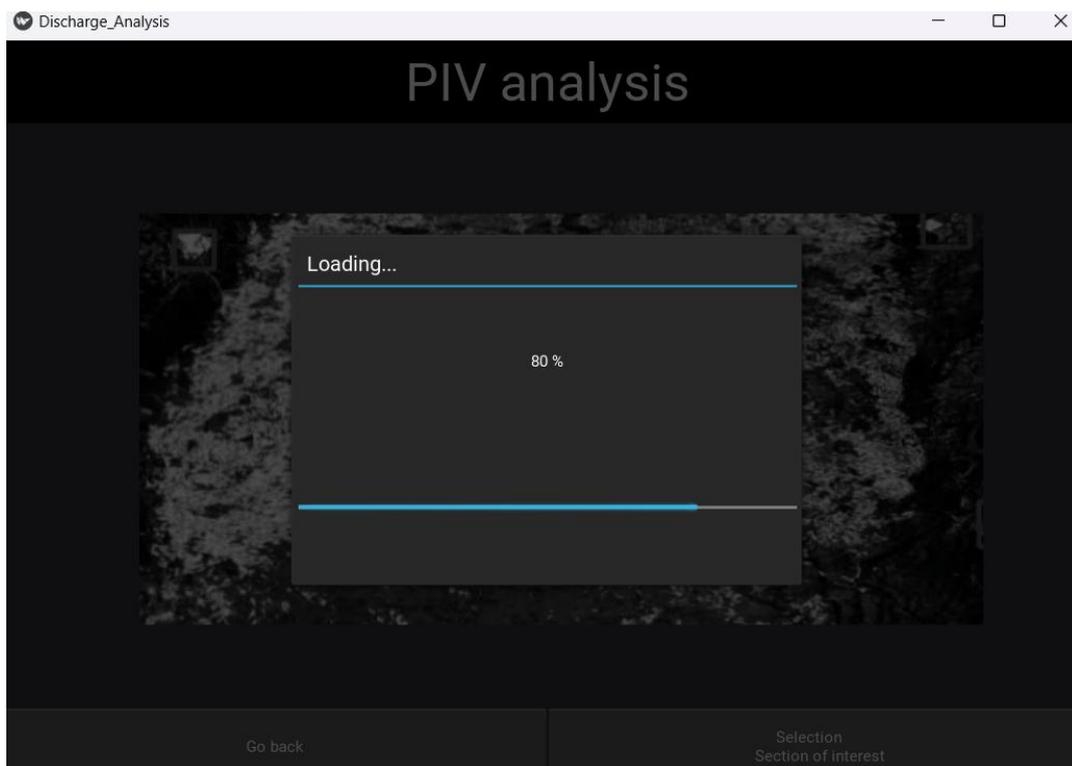


FIGURE II.15 – Interface graphique de RiverApp : Chargement de l'analyse PIV

Une fois ces paramètres sélectionné une fenêtre de chargement apparaît, cela signifie que l'analyse PIV a débuté.

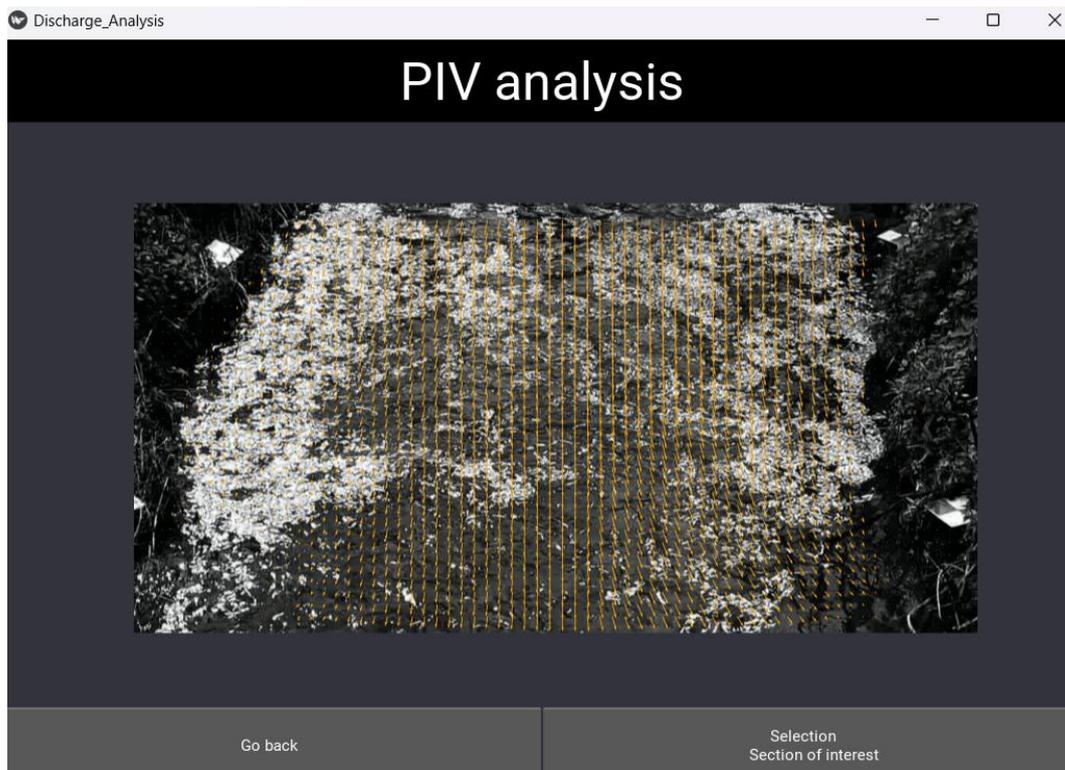


FIGURE II.16 – Interface graphique de RiverApp : Affichage des vecteurs.

Dès que l'analyse est terminée, la première image de la vidéo analysée s'affiche avec les vecteurs vitesses moyens relatifs à chaque point.

II.3.9 Section d'intérêt

La première image de la vidéo s'affiche. Si l'utilisateur a réalisé une orthorectification, il s'agit de l'image orthorectifiée. Sinon, il s'agit simplement de la première image de la vidéo.

L'utilisateur doit alors sélectionner la section sur laquelle il souhaite obtenir le débit. Il faut choisir cette section en fonction de l'endroit où la bathymétrie a été prise, et cela pour avoir un débit le plus proche possible de la réalité.

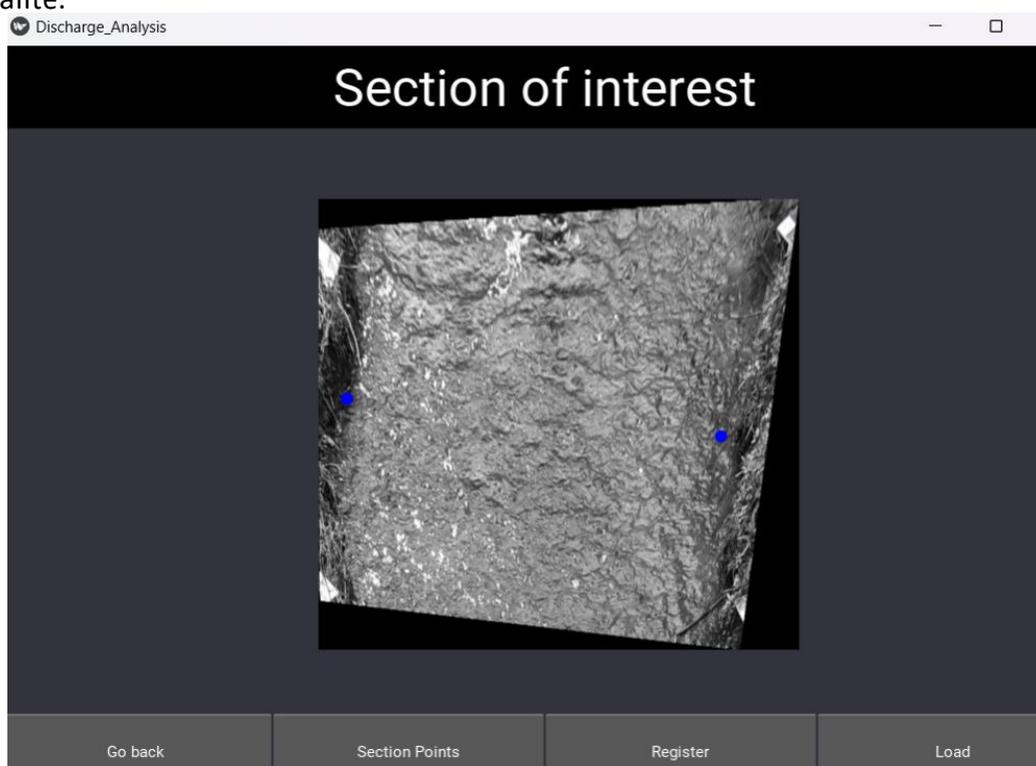


FIGURE II.17 – Interface graphique de RiverApp : Sélection de la section d'intérêt.

Une fenêtre s'ouvre ensuite, nous demandons le nombre de sous-sections que nous souhaitons avoir.

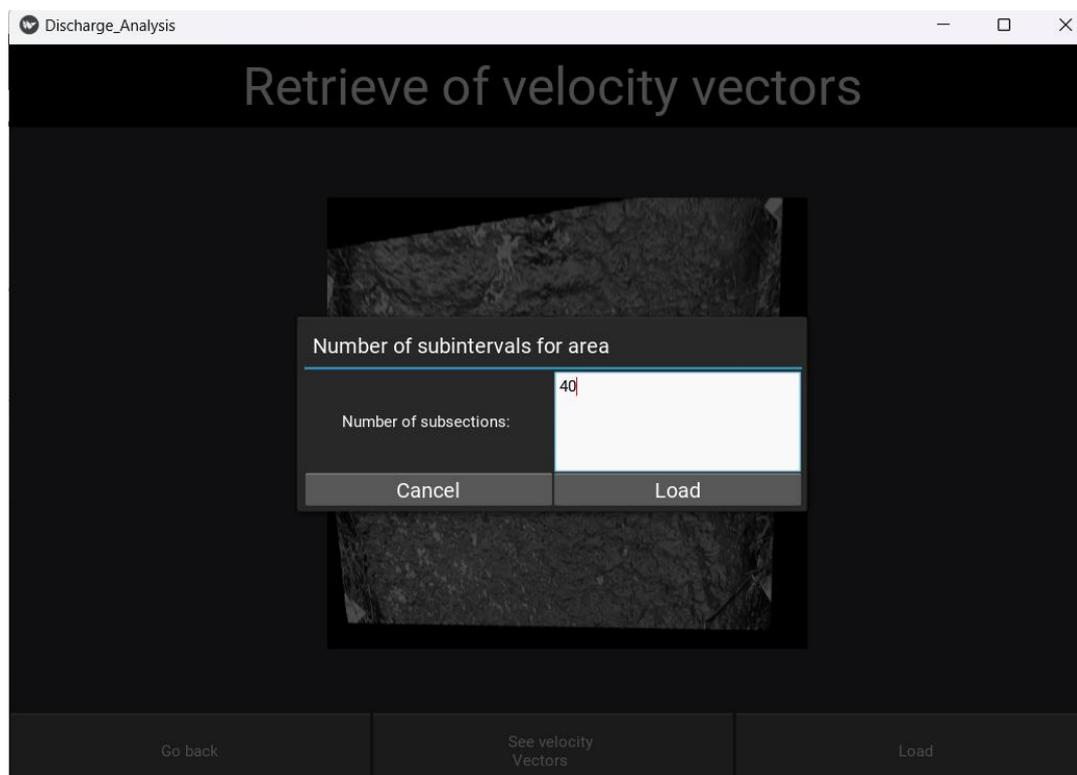


FIGURE II.18 – Interface graphique de RiverApp : Sélection du nombre de sous-sections.

Ensuite les vecteurs vitesse apparaissent le long de la section sélectionnée, il y'a autant de vecteurs que le nombre de sous-sections précédemment choisi. Si l'image ne subit aucune rotation cela signifie que la section préalablement choisie était parfaitement horizontale.

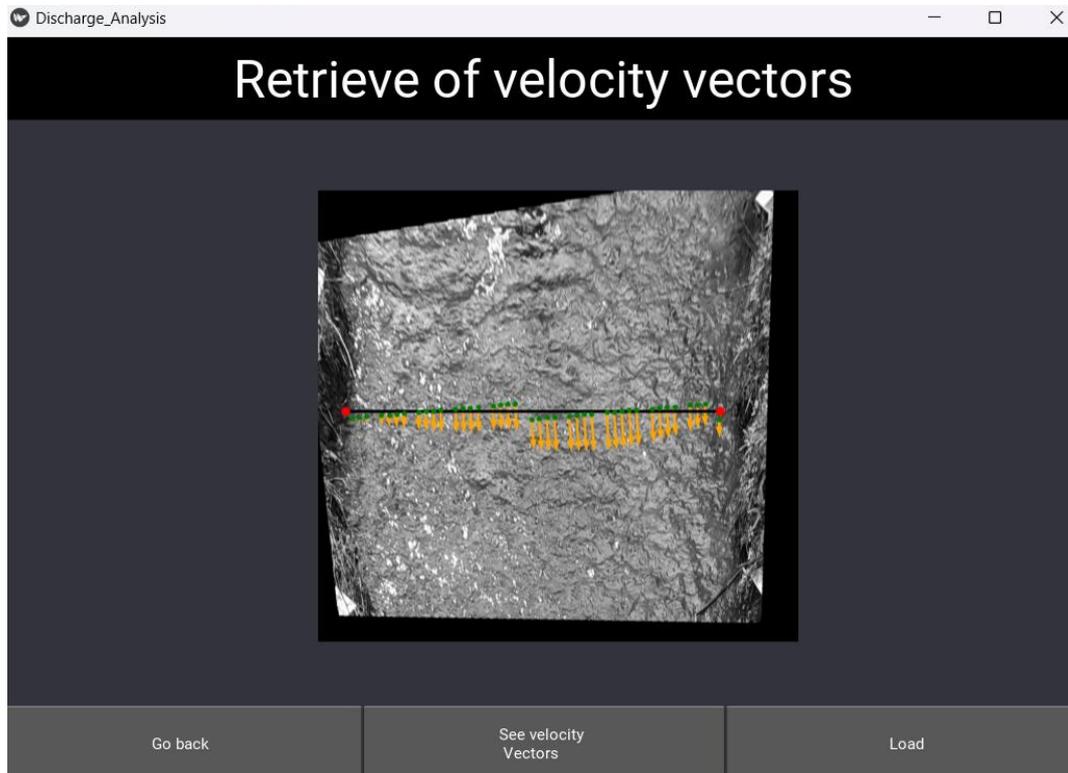


FIGURE II.19 – Interface graphique de RiverApp : Affichage des vecteurs le long de la section d'intérêt.

II.3.10 Détermination du débit

Il s'agit de la dernière étape. Une fenêtre apparaît pour que l'utilisateur puisse entrer le coefficient liant la vitesse moyenne de surface à la vitesse moyenne de profondeur. Par défaut, celui-ci a une valeur de 0,8 ou 0,9 dépendant de la profondeur d'eau déterminée auparavant. Toutefois, sans plus d'informations sur celui-ci, il est conseillé d'utiliser la valeur de 0,85. [1]

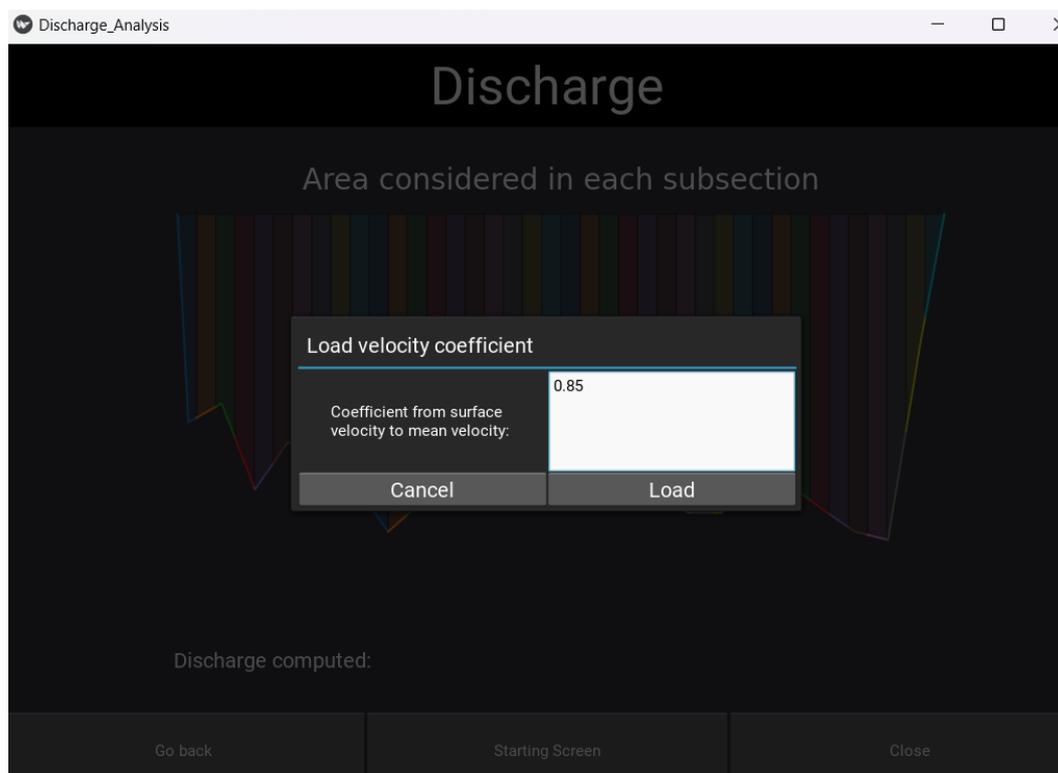


FIGURE II.20 – Interface graphique de RiverApp :Sélection du vecteur α .

Nous obtenons enfin le débit final exprimé en m^3/s .



FIGURE II.21 – Interface graphique de RiverApp : Obtention du débit.

II.4 Conclusion

En définitive RiverApp est une application très complète et facile d'utilisation.

RiverApp permet de traiter une vidéo en prenant en compte toutes les éventualités, et cela grâce à des fonctionnalités telles que la stabilisation, l'orthorectification, ou encore les filtres.

Son interface graphique est épurée ce qui rend la prise en main d'autant plus facile.

L'application souffre néanmoins de nombreux bugs, qui rendent très vite l'utilisation plus lente et plus compliquée. En effet, dans la plupart des cas lorsque l'utilisateur rencontre un bug, l'application va tout bonnement se fermer sans possibilité de revenir à l'étape avant fermeture.

La majorité des bugs sont cependant répertoriés et bien documentés. Un utilisateur aguerri, ayant l'habitude d'utiliser RiverApp a ainsi de très faibles chances de tomber sur l'un de ces bugs.

Chapitre III

Travail effectué

III.1 Introduction

Durant mon stage, j'ai eu de multiples missions et j'ai pu travailler sur de nombreux sujets que nous pouvons diviser en 5 catégories :

1. Compréhension du fonctionnement de l'application et prise en main de celle-ci.
2. Répertoire des différents bugs.
3. Codage de nouvelles fonctionnalités
4. Prise de mesures sur terrain
5. Analyse des datas et interprétations

La compréhension du fonctionnement de l'application ayant déjà été développée dans le chapitre précédent, et l'analyse des datas et les interprétations se feront dans le chapitre suivant.

III.2 Répertoire des différents bugs

Le travail se faisant au sein d'une équipe, les informations tels que les bugs se doivent d'être bien documentés, ainsi la documentation se fait sur GitLab sous forme de tickets.

Parmi les bugs répertoriés nous avons :

1. Le ROI qui doit obligatoirement être sélectionné du sommet haut-gauche du rectangle jusqu'au sommet bas-droit.
2. Il est impossible de naviguer dans un autre disque dur que le (C :).
3. Un air triangulaire de vecteur est manquant après l'analyse PIV.
4. La plupart des fonctionnalités de détermination d'hauteur d'eau ne fonctionnent pas.

Pour ne citer qu'eux.

Ainsi la documentation de ce genre de bug est primordial, car si de prime abord certains peuvent sembler sans importance, leur existence empêche très rapidement l'utilisateur d'avoir une expérience agréable avec l'application.

III.3 Codage de nouvelles fonctionnalités

Lors de la sélection de la section d'intérêt, et de la détermination de la vitesse des vecteurs, l'application procède à une moyenne sur lesdits vecteurs, pour obtenir le débit final. Il m'a cependant semblé plus adéquat d'utiliser une médiane des valeurs des vecteurs vitesse dans le but de moins impacter la valeur du débit finale en cas de valeurs extrême.

Ainsi voici le code relatif à la valeur médian :

```

1 import numpy as np
2 import cv2
3
4 def computeMeanVelocity(frame):
5
6     velocity_data = np.load('velocity.npy', allow_pickle = 'TRUE')
7     .item()
8     maskandroi = np.load('maskandroi.npy', allow_pickle = 'TRUE').
9     item()
10
11     Mask = ~maskandroi['mask']
12     mask = np.array(Mask, dtype= np.int32)*255
13     mask = mask.astype(np.uint8)
14     frame = cv2.bitwise_and(frame, frame, mask = mask)
15
16     x = velocity_data[0]['x']
17     y = velocity_data[0]['y']
18     y = abs(y-frame.shape[0]) #ligne qui cr ait nos triangles
19     sans vitesses avec l'ortho (elle inverse le mask)
20     nb_rows = x.shape[0]
21     nb_cols = x.shape[1]

```

```

20
21     nb = max(velocity_data.keys())
22
23
24     u_mean = np.zeros((nb, nb_rows, nb_cols), dtype=np.float64)
25     v_mean = np.zeros((nb, nb_rows, nb_cols), dtype=np.float64)
26     mask_out = np.zeros(x.shape[:2]).astype(bool)
27
28
29     xpix = x.astype(np.int32)
30     ypix = y.astype(np.int32)
31
32
33     for i in range(x.shape[0]):
34         for j in range(x.shape[1]):
35             if Mask[ypix[i][j]][xpix[i][j]]:
36                 mask_out[i][j] = True
37
38
39     for i in range(nb):
40         u_mean[i, mask_out] = velocity_data[i]['u'][mask_out]
41         v_mean[i, mask_out] = velocity_data[i]['v'][mask_out]
42
43     u_mean = np.median(u_mean, 0)
44     v_mean = np.median(v_mean, 0)
45
46     print(u_mean.shape)
47
48     return (x, y, u_mean, v_mean)

```

III.4 État des lieux de la data

Lors de l'utilisation de l'application, nous nous sommes très vite rendu compte que nous avons très peu de données pour faire des tests plus complets en ce qui concerne le bon fonctionnement de l'application et des ses outils développés, notamment la stabilisation. En plus de notre volonté de tester la limite des différents outils de l'application nous voulions aussi examiner les conditions améliorant ou à contrario dégradant les résultats de débit finaux.

Ce manque de données était ainsi une très bonne opportunité parfaite pour aller sur terrain et tester tous les paramètres nécessaires ainsi que le Kit de mesure pensé par Célestin Dufromont et Pierre Laurent.

III.5 Les Paramètres à tester

Dès le début des prises de mesures nous avons dans l'esprit de tester des paramètres précis à savoir :

- Le Kit
- La stabilisation
- Le nombre d'image par seconde
- La qualité de la vidéo
- Les traceurs

Après les premiers tests, nous avons très vite compris qu'il serait pertinent d'ajouter d'autres paramètres dans notre liste tels que : la luminosité, l'angle de prise de vidéo. Il s'agit de 2 paramètres dont nous ne pouvons pas toujours avoir le contrôle dessus, en effet il est impossible de contrôler la météo, ou la végétation qui impose parfois un angle de vue.

III.5.1 Stabilisation

L'application RiverApp possède un outil permettant de stabiliser les vidéos dont les caméras n'étaient pas fixe lors de la réalisation de celle-ci. Se basant sur 4 points choisi manuellement par l'utilisateur cet outil permet alors en théorie de pouvoir de "repositionner" toutes les images composant la vidéo à ces 4 points.

L'obtention de plus de données concernant cet outil fût alors primordial, puisque deux observation récurrentes étaient notables : le temps beaucoup plus court de l'analyse PIV, et un nombre bien moindre de vecteurs vitesses.

Dés lors survenait plusieurs questions à l'utilisation de celui-ci : la stabilisation fonctionne-t-elle systématiquement, les limites de son fonctionnement si elle en possède, la vidéo a-t-elle une influence sur le nombre de vecteur finaux et enfin la question la plus candide mais aussi la plus importante, cet outil permet-il de déterminer le débit final avec précision ?

III.5.2 Le KIT

Les étudiants en Master Célestin Dufromont et Pierre Laurent ont pensé et développé un KIT facilitant la prise de vidéo.

En effet lors de la prise d'une vidéo l'application a systématique besoin de 4 points fixes à peu près à la même hauteur (ceux-ci peuvent être les mêmes ou non que les points fixes de la stabilisation) pour orthorectifier la vidéo si celle-ci n'a pas été prise avec un drone permettant alors de filmer avec un angle de 90°, or il n'est pas toujours simple de placer ces 4 GCP au niveau de la rivière, et requiert systématiquement de devoir entrer dans la rivière.

Ainsi le KIT confectionné est petit carré en bois de 50 centimètres de longueur, léger et flottant. Le but étant que ce KIT remplace les 4 GCP, et donc de faciliter la prise de mesures. L'objectif de ces prises de mesure est alors de déterminer si le KIT est fonctionnel et permet bien d'avoir des orthorectifications de qualité et donc par suite un bon débit trouvé.

III.5.3 Nombre d'images par seconde

Bien que l'application permet déjà de pouvoir contrôler ce paramètre, en sélectionnant le pas d'analyse d'images, nous voulions tout de même voir si le nombre initial d'images par seconde de la vidéo avait une grande influence ou non.*

III.5.4 Qualité de la vidéo

Il est inéluctable que la qualité de la vidéo possède une influence quant à la qualité du débit trouvé, cependant il nous reste à quantifier ou dans une moindre mesure, estimer à quel point ce paramètre influe.

L'idée est donc de tester des mesures avec différentes qualités possibles.

III.5.5 Les traceurs

Avec le peu de données que nous avons en notre possession, nous ne pouvons être sûr que d'une chose; les traceurs influent grandement sur le résultat final. Il faut ainsi déterminer que paramètre des traceurs influe le plus :

- Le nombre
- La taille

— La répartition

De plus, il serait aussi pertinent de procéder à des test de vidéo avec et sans traceurs pour déterminer si l'application a systématiquement besoin de traceurs.

III.5.6 Météo

La météo fut aussi, contre notre gré pour les premières sorties, un paramètre que nous avons étudié.

Par météo il faut comprendre : vent, pluie, canicule (forte luminosité), ciel nuageux (faible luminosité), etc.

Des conditions que nous avons toutes eu l'occasion d'expérimenter, qui nous ont permis d'examiner l'efficacité des filtres de l'application.

III.5.7 Végétation

La végétation des sites empêche parfois la prise de vidéo en hauteur, c'était ainsi le cas de Suzeril. Cela implique donc le fait de devoir prendre les vidéos au niveau du sol, ce qui signifie un très faible angle entre la caméra et la rivière. Ainsi cette mise en situation nous a permis de nous demander quel était l'angle limite avec lequel l'application ne pouvait plus trouver de débit correct.

III.6 Matériel

Pour mener à bien ces prises de mesure, et comme toute prise de mesure en général, nous avons eu besoin de matériel adéquat, que nous présenterons dans ce chapitre.

III.6.1 Caméras

La première chose la plus importante pour mener à bien nos prises de mesures sont les caméras, rien de plus normal pour une application basée sur l'analyse d'images digitales.

À cet effet, nous avons utilisé deux GoPro Hero 9, en avoir deux fut très important, notamment pour pouvoir tester les angles de vue et la stabilisation.



FIGURE II.1 – Caméra utilisé : GoPro Hero 9.

III.6.2 Trépied

Les trépieds sont aussi un outil indispensable, puisque fixer la caméra à l'endroit le plus adéquat et sans que celle-ci ne se meuve est primordial.



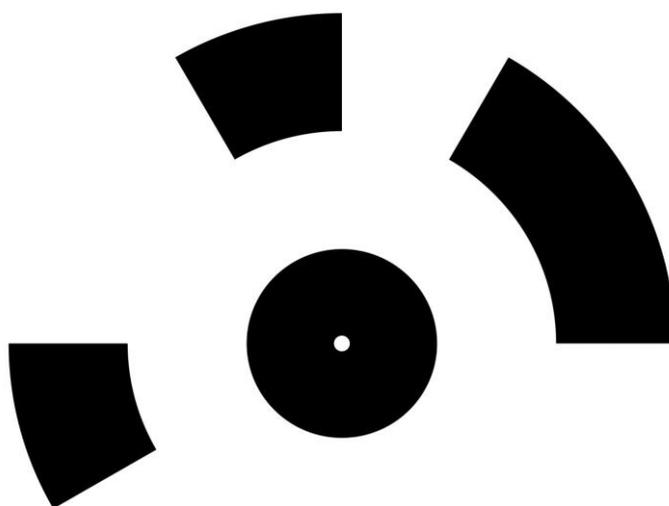
FIGURE III.2 – Trépied utilisé

Nous avons deux caméra, et donc par suite logique deux trépieds.

III.6.3 GCP

Les GCP¹ sont 4 points à placer (deux de chaque côté de la berge), pour pouvoir orthorectifier correctement la vidéo filmée.

Pour cela il faut choisir des marqueurs remarquables et facilement visibles.



2

FIGURE III.3 – Template des GCP utilisés

1. Ground control points

III.6.4 KIT

Comme déjà présenté dans la partie précédente, le KIT fût un outil indispensable à tester. En effet, si en théorie celui-ci permet de fortement faciliter les prises de mesures en ne passant plus par des GCP comme points fixes, il nous fallait cependant encore tester le KIT dans la pratique.

Pour cela, Célestin Dufromont, à confectionner un KIT en bois de forme carrée de 50 x 50 cm. Le KIT est flottant et 4 marques fluorescentes sur chacune des extrémités du kit sont présentes.



FIGURE III.4 – KIT confectionné par Célestin Dufromont.



FIGURE III.5 – KIT flottant placé dans une rivière.

III.6.5 Traceurs

Les traceurs sont des objets flottant permettant de suivre fidèlement le cours d'eau (en gardant la même vitesse de surface, et suivant la même direction que l'eau).

Pour cela nous avons utilisé de la paille ou des copeaux de bois.



FIGURE III.6 – Copeaux de bois.



FIGURE III.7 – Copeaux de bois.

III.6.6 Protocole d'acquisition de données

Lors de la prise de vidéos, il est nécessaire d'avoir un protocole bien précis pour écrire les données les plus importantes du site, tel que l'emplacement du site, la distance entre les GCP, hauteur du point le plus bas, etc.

RiverApp : Prise d'images DUFROMONT Célestin LAURENT Pierre

1. Général

Personnes :

Lieu :

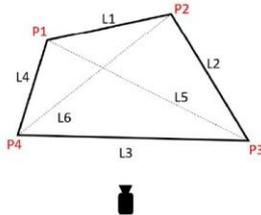
Cours d'eau : (Type de lit :)

Date :/...../..... Heure :

2. Avant la prise d'images

a. Placement des GCP

Pour effectuer l'orthorectification, l'application a besoin de 4 GCP (Ground Control Points). Ces quatre points de références doivent être placés sur le même plan que celui formé par le plan d'eau et être répartis aux quatre extrémités de la surface étudiée. Il peut également s'agir d'éléments naturels, tant qu'ils sont parfaitement reconnaissables et que leurs positions sont connues.



L1[m]
L2[m]
L3[m]
L4[m]
L5[m]
L6[m]

Remarque éventuelle :

b. Bathymétrie

Nom du fichier contenant la coupe de la section :

Si possible, hauteur d'eau au point le plus bas :

Ou largeur de la section de mesure :

3. Après la prise d'images

Nom de la vidéo :

Débit de contrôle :[...../.....] Méthode :

FIGURE III.8 – Template du protocole fait par Celestin Duformont et Pierre Laurent

III.6.7 Reste du matériel

En plus du matériel déjà cité, nous pouvons ajouter ; des cordes, des mètres, des maillets, des sardines, des bottes, du Scotch adhésif en présence d'eau, une boîte à outil, et feutres et une bombe de couleur.

Il est aussi intéressant de pouvoir avoir un ordinateur portable possédant l'application, pour pouvoir s'assurer de la qualité des vidéos en temps réel.

III.7 Méthode

Nous nous intéresserons dans cette section aux méthodes et protocoles que nous avons utilisés pour mener à bien toutes nos séries de tests.

III.7.1 Présentation des rivières étudiées.

Pour nos prises de mesures, nous avons choisi les sites à étudier en fonction des données que nous avons déjà en notre possession, notamment la bathymétrie. Se faisant nous pouvons consacrer ainsi consacrer la totalité de notre temps à la prise de mesures plutôt qu'à la détermination de la bathymétrie.

Ainsi au cours de nos prises de mesures nous avons pu re-étudier des rivières dans des sites déjà connus à savoir :

- Noirhat,
- Suzeryl,
- Limelette.

III.7.1.a Noirhat (Dyle) :

Avantages :

- Vidéos prises depuis le pont, donc avec un bon angle de vue.

Inconvénients :

- Beaucoup de végétation,
- Journée avec beaucoup de soleil créant ainsi des reflets sur l'eau,
- Première sortie sur terrain.



FIGURE III.9 – Image satellite du site de Noirhat.



FIGURE III.10 – Photo du site de Noirhat.



FIGURE III.11 – Photo du site de Noirhat.

III.7.1.b Suzeryl (Thyle) :

Avantages :

- Plus d'expérience qu'avec Noirhat,
- Nous n'avons aucun jeu de vidéo avec Suzeryl.

Inconvénients :

- Beaucoup de végétation,
- Rivière très peu visible depuis le pont, ce qui fait que toutes les vidéos ont été prises au même niveau que la rivière,
- Très grosse disparité de la lumière arrivant à la rivière.



FIGURE III.12 – Image satellite du site de Noirhat.



FIGURE III.13 – Photo du site de Suzeryl.



FIGURE III.14 – Photo du site de Suzeryl.

III.7.1.c Limelette (Dyle) :

Avantages :

- Peu de soleil et de la pluie,
- Luminosité parfaite,
- Après les deux première prises de mesures sur terrain nous savions exactement quoi et comment le tester.

Inconvénients :

- Grands débits et assez grande rivière, ce qui peut s'avérer dangereux.



FIGURE III.15 – Image satellite du site de Limelette.



FIGURE III.16 – Photo du site de Limelette.



FIGURE III.17 – Photo du site de Limelette.

III.7.2 Protocole d'étude des paramètres

III.7.2.a Étude de la stabilisation

Pour pouvoir étudier au mieux la stabilisation, et pouvoir obtenir des résultats valides, nous avons opté pour l'utilisation de deux caméras simultanées.

Ainsi la première caméra est censée rester fixe, accrochée à un trépied, tandis que la seconde est censée être tenue dans les mains d'une personne obtenant ainsi une caméra en mouvement. Hormis ce paramètre, le reste des conditions doit être similaire : filmer vers la même direction, avoir le même angle, filmer au même moment, les paramètres numériques des deux caméras doivent être les mêmes, etc.

Se faisant, l'étude post-traitement pourra ainsi nous livrer de bonnes indications quant à l'utilisation du paramètre de stabilisation de RiverApp.

III.7.2.b KIT

La méthode pour tester le KIT est assez basique et rudimentaire. En effet, les GCP étant déjà installés, il ne reste plus qu'à comparer les résultats entre les vidéos orthoréctifiées en utilisant les GCP ou bien le KIT.

Cependant il nous restait aussi à déterminer à quel emplacement (en amont, aval, ou bien au centre) de la rivière il est le plus adéquat de poser le KIT.

Nous avons ainsi pris plusieurs vidéos avec toutes les positions citées précédemment.



FIGURE III.18 – KIT placé en amont.



FIGURE III.19 – KIT placé au centre.



FIGURE III.20 – KIT placé en aval.

III.7.2.c Copeaux

Concernant les tests sur les copeaux de bois, nous avons filmé plusieurs vidéos dans les mêmes conditions en ne changeant uniquement que le paramètre concernant la quantité de copeaux placés dans la rivière (pas de copeaux, densité de copeaux faible, moyenne, élevée...).



FIGURE III.21 – Vidéo sans Copeaux.



FIGURE III.22 – Vidéo avec faible densité de copeaux.



FIGURE III.23 – Vidéo avec moyenne densité de copeaux.



FIGURE III.24 – Vidéo avec forte densité de copeaux.

III.7.2.d Angle de vue

Lors de notre sortie sur terrain à Suzeril et après analyse des prises de mesures, nous nous sommes très vite rendu compte qu'il y avait un angle limite avec lequel il était difficile voir impossible d'obtenir un débit se rapprochant de la réalité. Nous avons ainsi essayé de donner une valeur à cet angle limite lors de nos prises de mesures à Limelette.

Le site était muni d'un pont, d'où nous avons filmé toutes nos vidéos. Pour simuler des vidéos avec des angles différents nous avons fait appel à de simples notions trigonométriques.

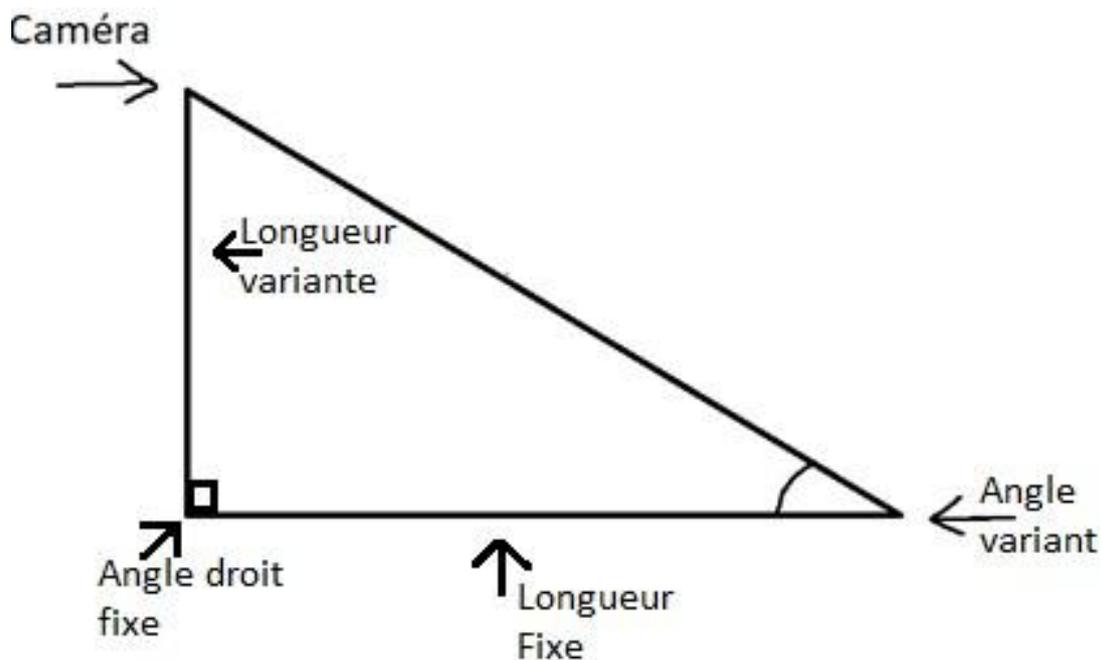


FIGURE III.25 – Schéma explicatif de l'angle de vue.

Avec les données que nous avons, il était alors très simple de faire varier l'angle de vue avec précision. En effet, il nous suffisait de connaître le nouvel angle de vue désiré (Angle variant dans le schéma) pour savoir de combien de mètres il fallait baisser la caméra à l'aide d'une perche.

$$\text{Longueur Variante} = \text{Longueur Fixe} \times \tan\left(\frac{\text{Angle Variant} \times \pi}{180^\circ}\right) \quad (\text{III.7.1})$$

III.7.2.e Qualité vidéo

L'étude de la qualité vidéo, tout comme l'étude de la stabilisation, est d'une grande importance. En effet, étudier ces paramètres pourra d'une part nous informer sur les paramètres les plus adéquats pour la prise de vidéos et d'autre part si un utilisateur lambda serait en capacité de prendre des vidéos utilisables rien qu'avec un téléphone.

Chapitre IV

Résultats et interprétations

IV.1 Introduction

Cette série de tests et de prises de mesures, avait pour origine première le besoin de tester et connaître les limites de l'application. La phase de Post-Traitement est alors l'opportunité d'avoir des résultats pertinents permettant ainsi d'ouvrir le champ à de nouvelles améliorations, ajouts ou suppression du code.

IV.2 Résultats et interprétations.

Une fois le Post-traitement entamé, il s'est établi que les vidéos de Suzeril furent inutilisables.

L'explication la plus cohérente étant que l'angle limite avait été dépassé lors des prises de vidéos. En effet, puisque la végétation nous empêcha de prendre toute vidéo depuis le pont, nous dûmes prendre toutes les vidéos depuis la rivière elle-même.

Les vidéos de Noirhat et Limelette ont été quant à elles très concluantes,

IV.2.1 Tests de l'influence de la qualité des vidéos.

Le premier paramètre étudié est l'influence de la qualité vidéo sur le pourcentage d'erreur du débit trouvé. Pour cela nous avons comparé la qualité à 1920x1080 à la qualité 3840x2160, en fixant tous les autres paramètres.

TABLE IV.1 – Test Qualité de vidéo

Site	Qualité	Débit réel m ³ /s	Débit trouvé m ³ /s
Limelette	^a	1.054	0.743
	1920x1080 24FPS		0.821
			0.97
	3840x2160 24FPS	1.086	1.059
	1920x1080 30FPS		0.86
	1920x1080 30FPS	1.0218	
Noirhat	1920x1080 30FPS ^b	0.137	0.126
	3840x2160 30FPS	0.162	0.1552

a. FPS : Frame Per Second

b. Valeur Moyenne de plusieurs vidéos analysées

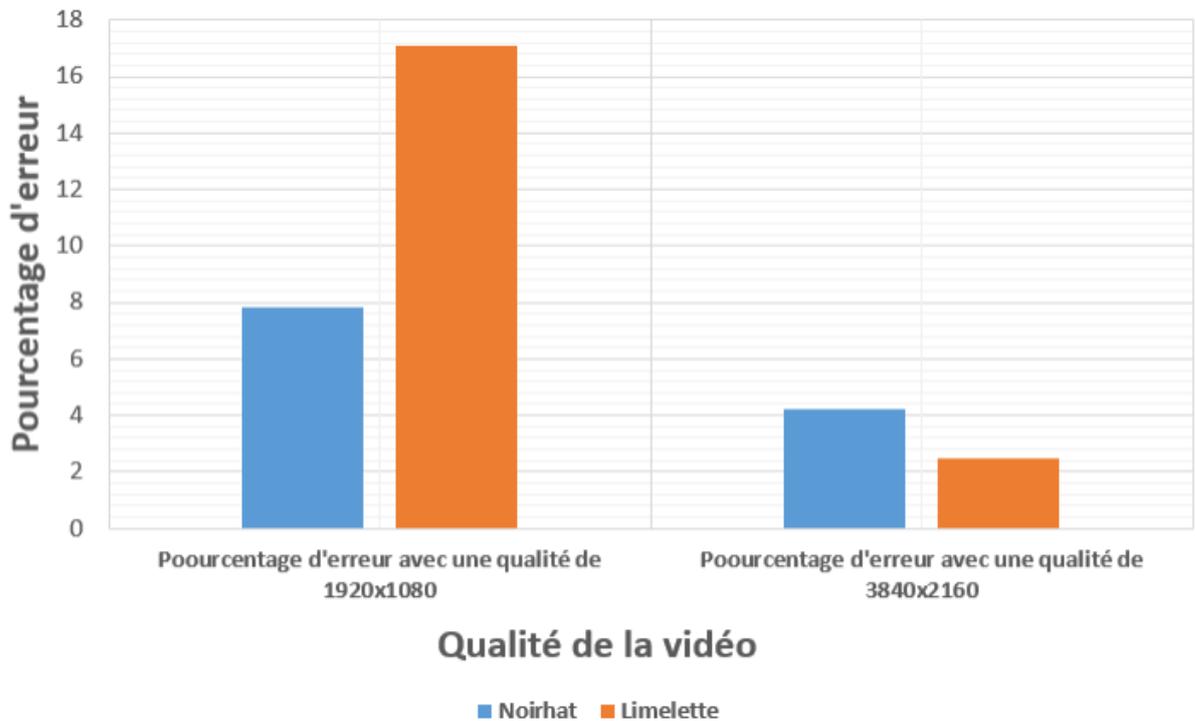


FIGURE IV.1 – Impact de la qualité vidéo sur le pourcentage d’erreur.

Les résultats permettent clairement d’affirmer que la qualité vidéo a un réel impact sur la précision du débit trouvée. Il faut cependant nuancer le pourcentage d’erreurs de Limelette en 1920×1080 qui est dû à la présence de valeurs outlayer. Nous pouvons ainsi conclure qu’il est préférable de filmer avec la meilleure qualité possible pour avoir une valeur du débit convergent le plus vers la valeur réelle, mais il est cependant possible de trouver de très bons débits avec une qualité moindre. On peut donc imaginer envisageable le fait d’acquérir de bonnes données avec un téléphone.

IV.2.2 Tests de l'influence des copeaux.

Pour ces tests, nous avons fixé tous les paramètres en ne changeant que la quantité des copeaux entre chaque vidéo. La totalité des vidéos a été prise en qualité 1920×1080 et ce sera le cas pour toutes les autres vidéos étudiées dans les autres sous-sections.

TABLE IV.2 – Test Copeaux

Site	Densité des copeaux	Débit réel m ³ /s	Débit trouvé m ³ /s
Limelette	Nulle	1.054	0.5459
	Faible		0.743
	Moyenne		0.821
	Élevée		0.97
	Trés élevée	1.077	1.0218
Noirhat	Nulle	0.137	0.0323
	Faible		0.1045
	Moyenne		0.123
	Élevée		0.1341

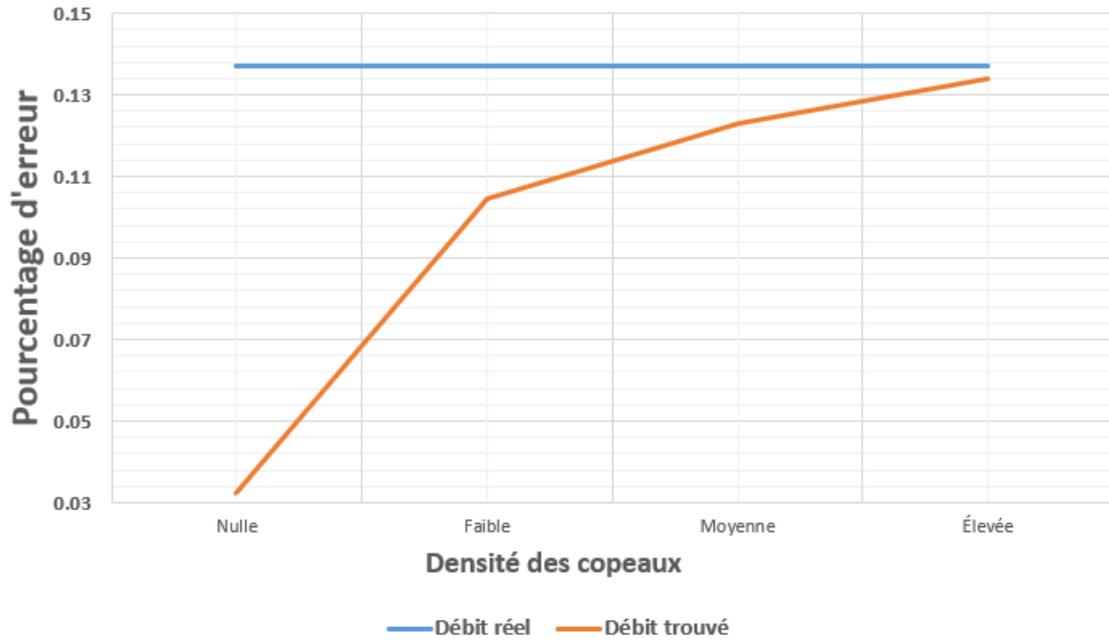


FIGURE IV.2 – Influence de la densité des copeaux dans le site de Noirhat.

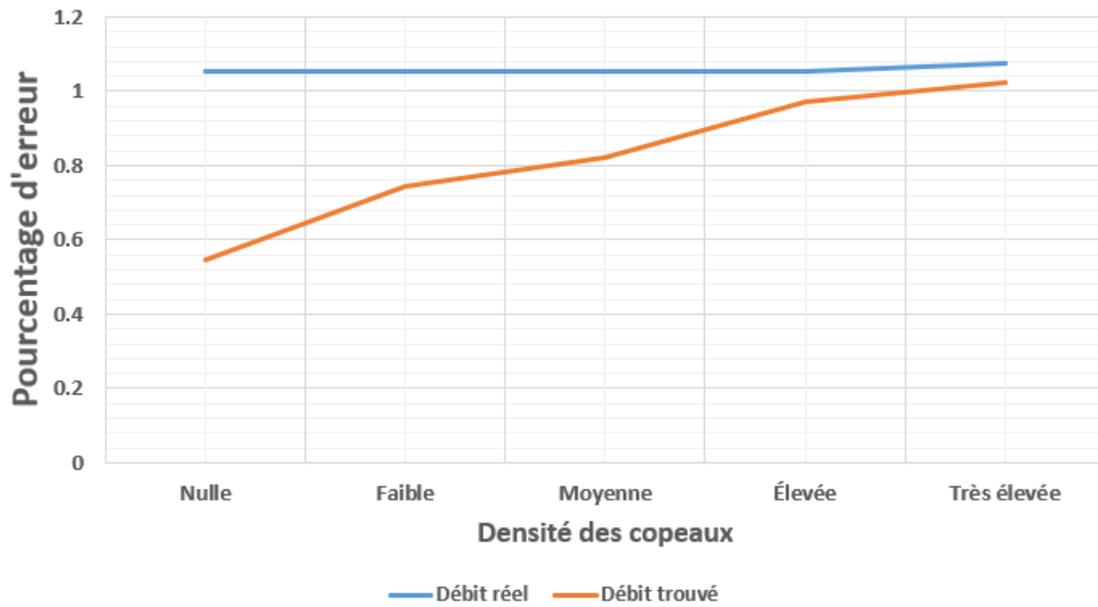


FIGURE IV.3 – Influence de la densité des copeaux dans le site de Limelette.

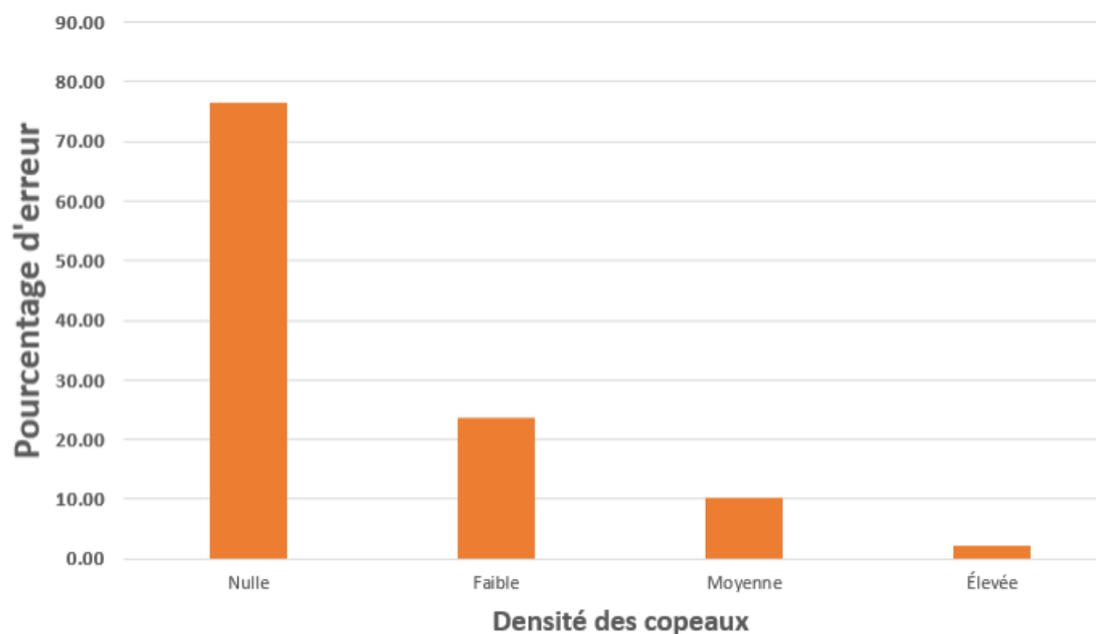


FIGURE IV.4 – Pourcentage d’erreur du débit en fonction de la densité de copeaux à Noirhat.

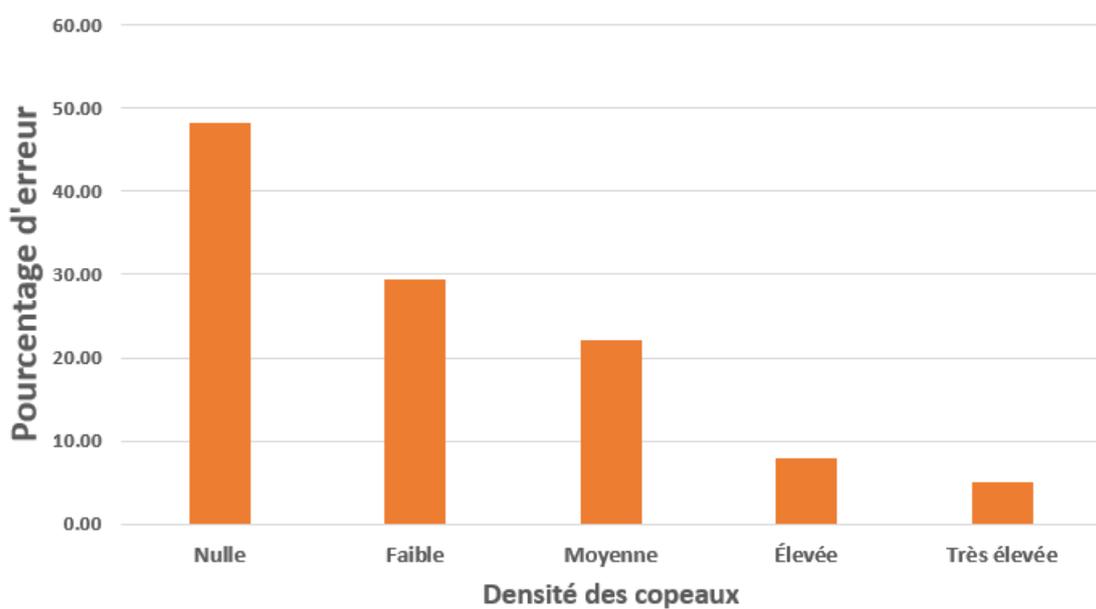


FIGURE IV.5 – Pourcentage d’erreur du débit en fonction de la densité de copeaux à Limelette.

Il est clair qu'une corrélation certaine existe entre la densité des copeaux et la précision du débit. En effet, plus la densité de copeaux est élevée et plus l'estimation du débit sera précise.

On peut donc affirmer qu'à défaut de posséder une caméra de qualité, il convient d'augmenter la densité de copeaux pour obtenir une approximation du débit convergent avec la valeur réelle.

IV.2.3 Tests du KIT.

Pour étudier le KIT, nous avons analysé la même vidéo deux fois, en orthorectifiant une fois avec les GCP et une seconde fois avec le KIT.

De plus, nous avons placé le KIT dans diverses positions pour évaluer quelle est l'utilisation la plus adéquate, si tant est que KIT fonctionne.

TABLE IV.3 – Test du Kit

Site	Position du kit	Débit réel m ³ /s	Débit sans Kit m ³ /s	Débit avec kit m ³ /s
Limelette	Kit en amont	1.086	0.55	0.726
	Kit centré		0.95	0.9851
	Kit en aval		0.93	0.62
	Kit libre		0.9	30
Noirhat	Kit en aval	0.162	0.055	0.156
	Kit en amont		0.1245	0.1217

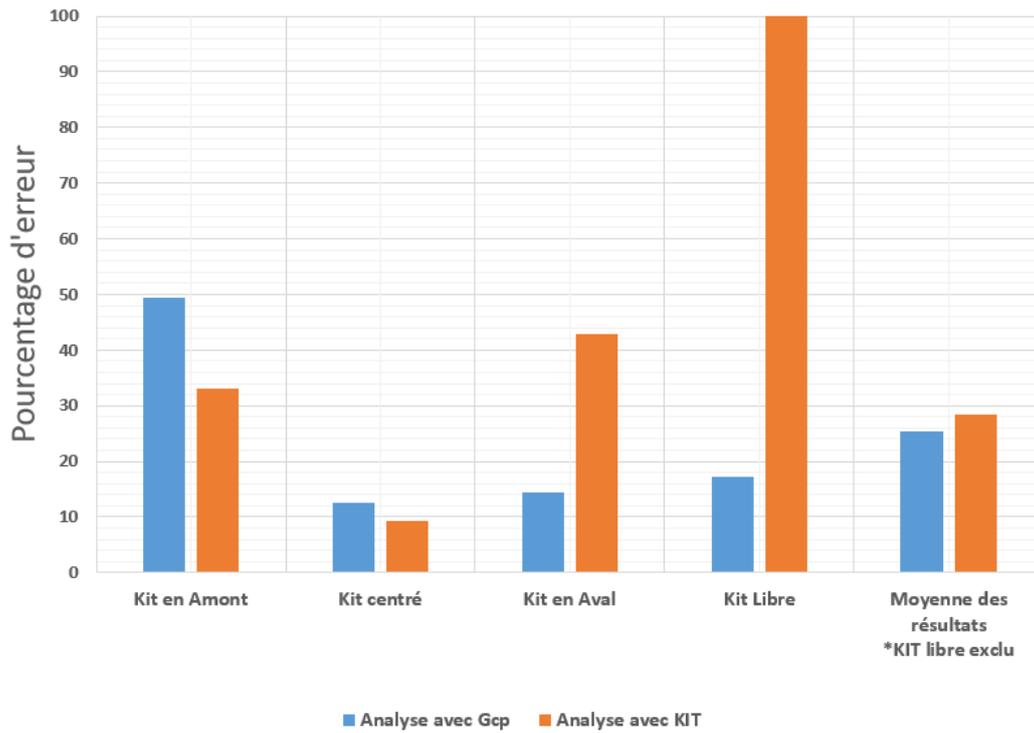


FIGURE IV.6 – Comparaison des résultats avec et sans KIT -Limelette.

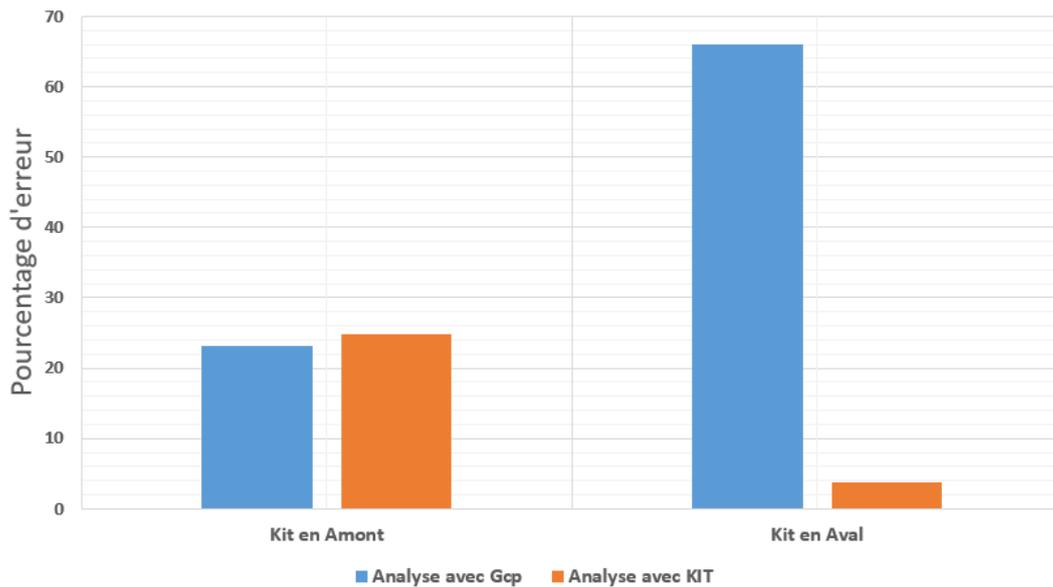


FIGURE IV.7 – Comparaison des résultats avec et sans KIT -Noirhat.

Plusieurs conclusions peuvent être tirées de ces résultats. Il faut cependant noter en premier lieu que la valeur obtenue avec l'analyse du KIT en aval à Noirhat est probablement un outlayer, valeur qu'on ne peut donc pas prendre en considération pour nos interprétations.

IV.2.3.a Position du KIT

La position du KIT joue un rôle essentiel quant au fonctionnement de celui-ci. En effet la position en amont ne semble pas donner des résultats satisfaisants, pareillement pour le KIT libre (ce résultat était évidemment attendu). À l'inverse les positions en aval et centré quant à elles permettent d'avoir des résultats très concluants, et cela à toutes les étapes; que ce soit pour l'orthorectification ou pour le débit obtenu.

Cette différence opérationnel entre les différentes positions s'explique aisément, en effet plus le kit est visible et distinguable et plus l'utilisateur sera précis lors de la sélection des 4 points, ce qui engendre mécaniquement une meilleur orthorectification. Lorsque le KIT est en amont celui-ci est trop éloigné pour pouvoir distinguer les 4 points, en effet le kit ne fait que 50cm × 50cm au beau milieu d'une rivière de parfois plusieurs demies-dizaines de mètres de largeur.

Il est aussi pertinent de mentionner la probable importance de l'orientation du KIT, en effet celui-ci serait plus à même de fournir de bon résultats lorsque le KIT est orienté dans le même sens que les berges de la rivière.

IV.2.3.b Comparaisons des résultats entre KIT et GCP

En position Amont et centré les résultats de débits obtenus en utilisant le KIT sont meilleurs ou tout aussi bons que ceux obtenus par GCP. Il serait intéressant de poursuivre les tests avec le KIT en vue de valider cette affirmation. De plus, l'orthorectification avec le KIT est d'une part plus facile à faire et d'autre part de meilleure qualité que celle avec les GPC.

IV.2.3.c Utilisation du KIT

La facilité d'utilisation du KIT est l'un des avantages les plus importants. En effet comme dit dans la partie précédente, celui-ci permet de prendre des mesures sans nécessairement avoir besoin d'être dans la rivière. De plus, il n'y aucune erreur possible en mesurant la distance entre chaque point puisque celle-ci a été préalablement définie contrairement aux GCP.

IV.2.4 Test de la stabilisation

La stabilisation reste l'un des paramètres, interne à l'application, les plus importants sans aucune réelle information sur le bon fonctionnement ou non de celui-ci.

Ce nouveau jeu de données est ainsi une réelle opportunité pour tirer des conclusions quant au fonctionnement ou non de cette option.

IV.2.4.a Temps de traitement et nombre de vecteurs

En premier lieu, il est intéressant de noter que le temps de traitement est dramatiquement diminué lorsque nous activons la stabilisation dans l'application.

Le second aspect remarquable du traitement est le nombre de vecteurs grandement diminué lors de l'utilisation de la stabilisation.

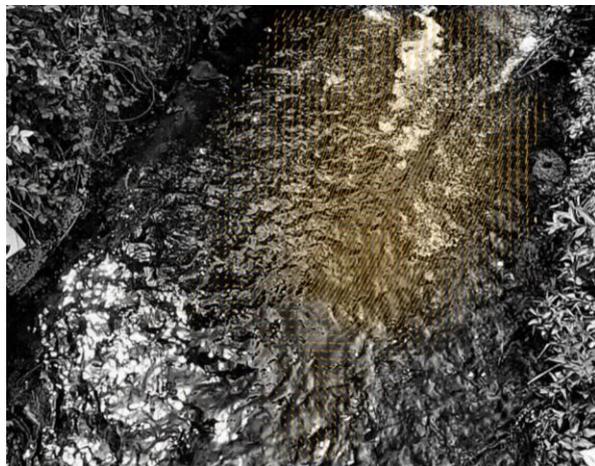


FIGURE IV.8 – Aperçu des vecteurs obtenu sans le paramètre stabilisation de l'application.

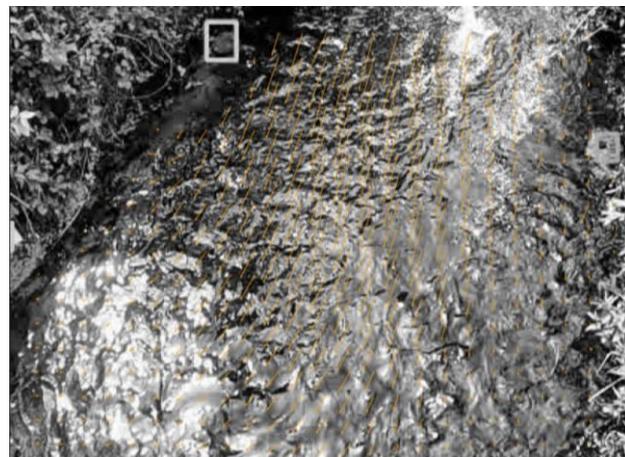


FIGURE IV.9 – Aperçu des vecteurs obtenu avec le paramètre stabilisation de l'application.

Ainsi une analyse du code de ce paramètre serait nécessaire pour comprendre d'où proviennent les raisons de ces constatations.

IV.2.4.b Comparaisons des résultats entre vidéo stabilisée et non stabilisée.

TABLE IV.4 – Test Stabilisation

Site	Débit réel m ³ /s	Débit Caméra Stabilisée m ³ /s	Débit Caméra non Stabilisée m ³ /s
Limelette	1.086	0.726	0.6452
		0.9851	0.5845
		0.93	0.91
		0.9	0.88
Noirhat	0.137	0.134	0.134
		0.114	0.098
		0.1408	0.0034
		0.1163	0.0034

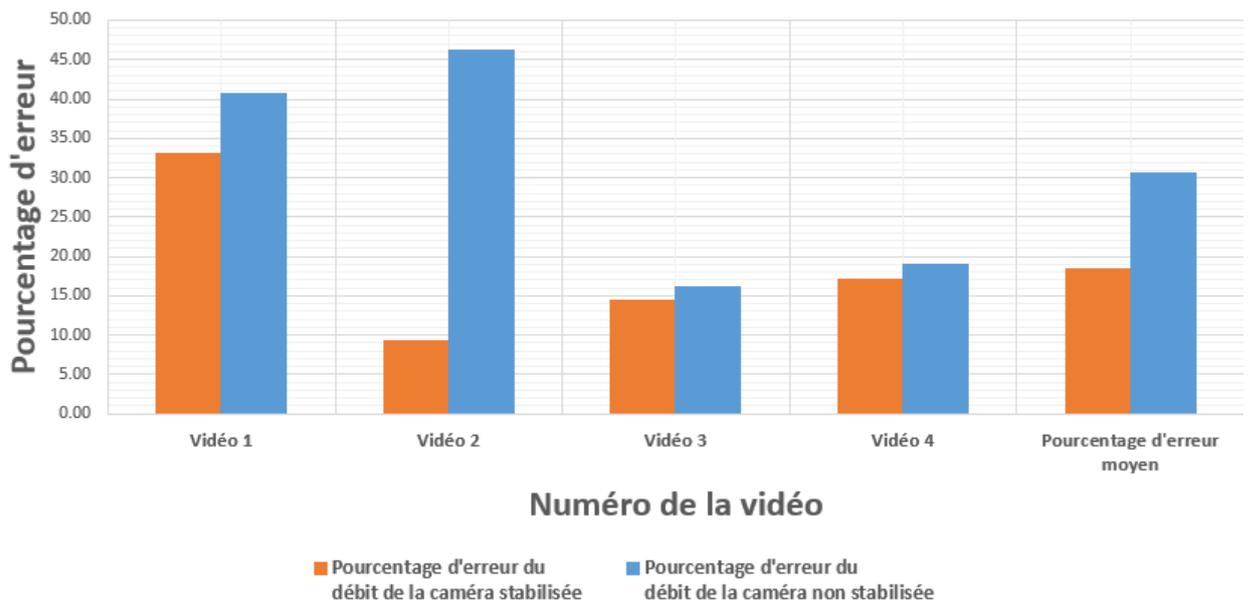


FIGURE IV.10 – Étude de la stabilisation -Limelette

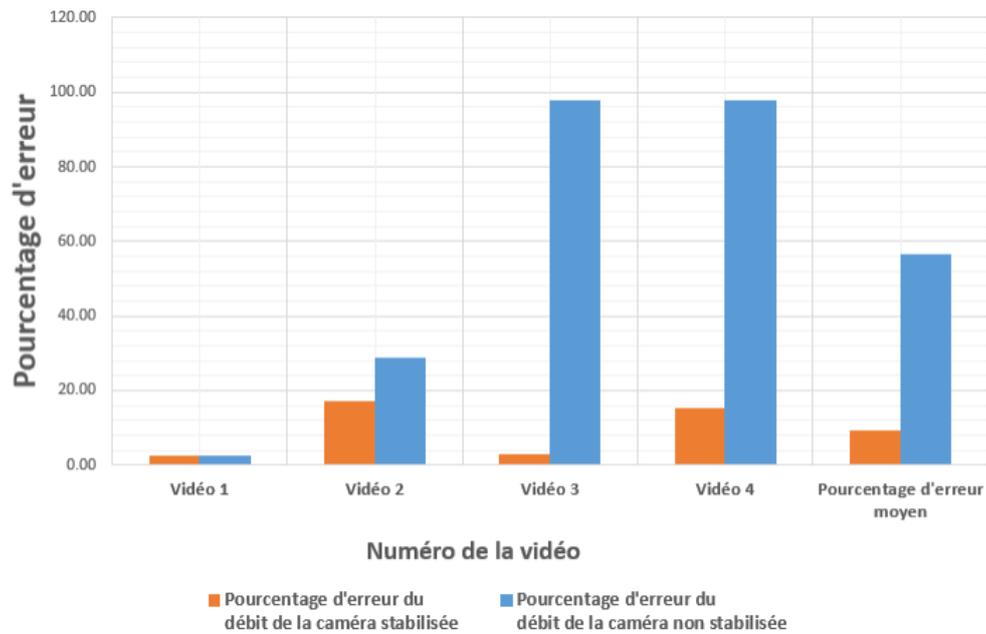


FIGURE IV.11 – Étude de la stabilisation -Noirhat.

Après traitement de la data disponible, nous constatons que la stabilisation fonctionne seulement pour la moitié des vidéos analysées. Ainsi nous remarquons systématiquement que lorsque le débit trouvé est très loin de la valeur réel, les vecteurs précédemment obtenus sont assez chaotiques.

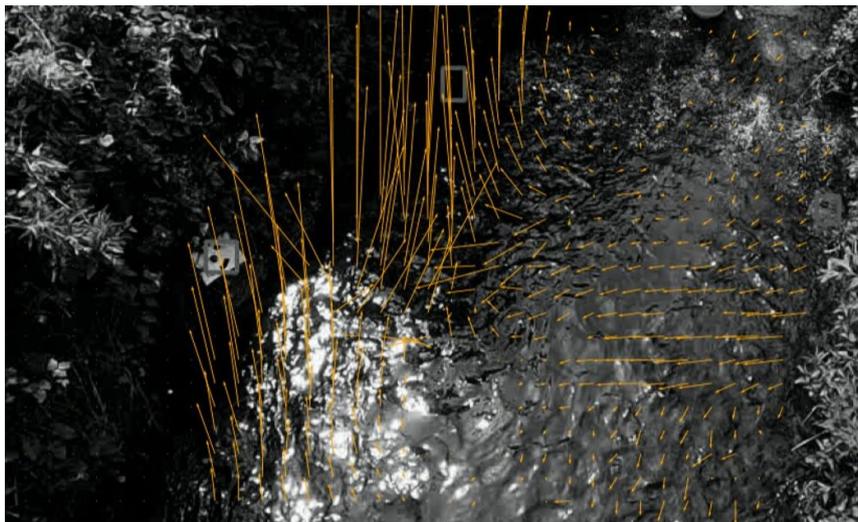


FIGURE IV.12 – Allure des vecteurs chaotiques obtenu après analyse faite avec stabilisation.

Ce rendu final de vecteurs chaotiques, ayant comme fréquence relative 0.5, est toujours obtenu sur les mêmes vidéos peu importe le nombre d'analyses effectuées et sans raisons apparentes.

Cependant lorsque les vecteurs ne sont pas chaotique, le débit obtenu après l'analyse d'une caméra non fixé et stabilisé avec l'application est tout aussi abouti que lorsque la caméra était au départ fixe et que la stabilisation était non nécessaire.

Une fois encore l'étude du code de la stabilisation serait nécessaire pour comprendre son fonctionnement profond.

IV.2.4.c Étude de l'angle limite

Lors de notre deuxième jour de prise de mesures, à Suzeril, la végétation nous empêche de prendre les vidéos depuis un emplacement en hauteur par rapport à la rivière. Nous étions en effet contraints de prendre les vidéos au raz du sol.

Cependant lors du traitement des vidéos de Suzeril, force est de constater que l'intégralité de la data prise ce jour-là était inutilisable et ceci à cause d'un angle limite empêchant la bonne orthorectification des images.

Cependant, cela n'était nullement un échec, puisque ce set de data nous a permis d'identifier un nouveau paramètre à étudier et documenter. Paramètre que nous avons donc essayé d'étudier lors de la sortie de terrain sur le site de Limelette.

TABLE IV.5 – Test angle

Site	Angle en degrés	Débit réel m ³ /s	Débit trouvé m ³ /s
Limelette	20°	1.085	1.089
	15°	1.077	0.67
	12.5°		0.96
	10°		0.97

Ainsi après traitement de la data, il semblerait que l'orthorectification serait capable de se faire jusqu'à au moins un angle de 10°. Il serait cependant impossible d'en tirer d'avantage de conclusion, et de nouvelles prises de mesures sont alors nécessaires pour vérifier cette conclusion et pour trouver l'angle limite.

IV.3 Conclusion

En définitive RiverApp est une application fonctionnelle, permettant déjà de trouver des débit très fidèles à la réalité à condition de respecter certains paramètres.

Ces paramètres furent alors détaillés au cours de cette dernière partie, et des interprétations ont pu en découler.

La récolte de données a permis de mieux cerner le fonctionnement actuel de l'application, et ainsi d'en déterminer les limites et les améliorations qui peuvent y être apportées.

Conclusion Générale

Au cours de ce stage de recherche, j'ai eu l'opportunité de me familiariser avec le développement d'une application, avec la mesure de débit par imagerie digitale et enfin avec le travail au sein d'une équipe de recherche.

La bibliographie m'a permis de comprendre l'état actuel des lieux de Rive-rApp, comment cette application fonctionne, et les défis qui étaient à relever. La bibliographie m'a aussi permis de rassembler toutes les données nécessaires pour poursuivre le travail, allant du développement, au répertoriage des bugs, jusqu'aux sorties sur terrain pour acquérir de la data et mieux comprendre les paramètres jouant un rôle sur le bon fonctionnement de l'application.

J'ai ainsi pu au cours de mon travail apporter de nouveaux éléments consistants à l'application, telle que l'utilisation d'une médian remplaçant alors l'utilisation de la moyenne. Le répertoriage des bugs nous a aussi permis de comprendre quels sont les éléments nécessitant des corrections. Lors de nos sorties sur terrain nous avons pu d'une part établir une liste de matériel nécessaire à la prise de données, des pistes pour faciliter la prise de données, et un protocole de prise de données méticuleux. D'autre part, la nouvelle data nous a permis de tirer des conclusions pertinentes, qui a mené le développement de l'application dans une nouvelle phase : la phase de test.

Ainsi tout cela donne une nouvelle perspective à l'application qui l'ouvre à de nouveaux horizons.

Bibliographie

- [1] Edouard de Grand Ry, Charlotte Everaert, and Sandra Soares Frazao. Mesures de débit en rivière à partir de techniques d'imagerie : développement d'une application.
- [2] Simon Renard and Sandra Soares Frazao. Development of an application for river discharge measurement.
- [3] Ronald J Adrian. Twenty years of particle image velocimetry. *Experiments in fluids*, 39(2) :159–169, 2005.
- [4] A Laporta and JP Marechal. La vélocimétrie par images de particules. principes- premiers résultats. Collection de notes internes de la Direction des études et recherches. Production d'énergie(hydraulique, thermique et nucléaire), 1997.