

# Formation : Mesure de débits en rivière par la méthode LSPIV

1-2 août 2023

Environnement  
et Lutte contre  
les changements  
climatiques

Québec 

 UNIVERSITÉ DE  
SHERBROOKE

1

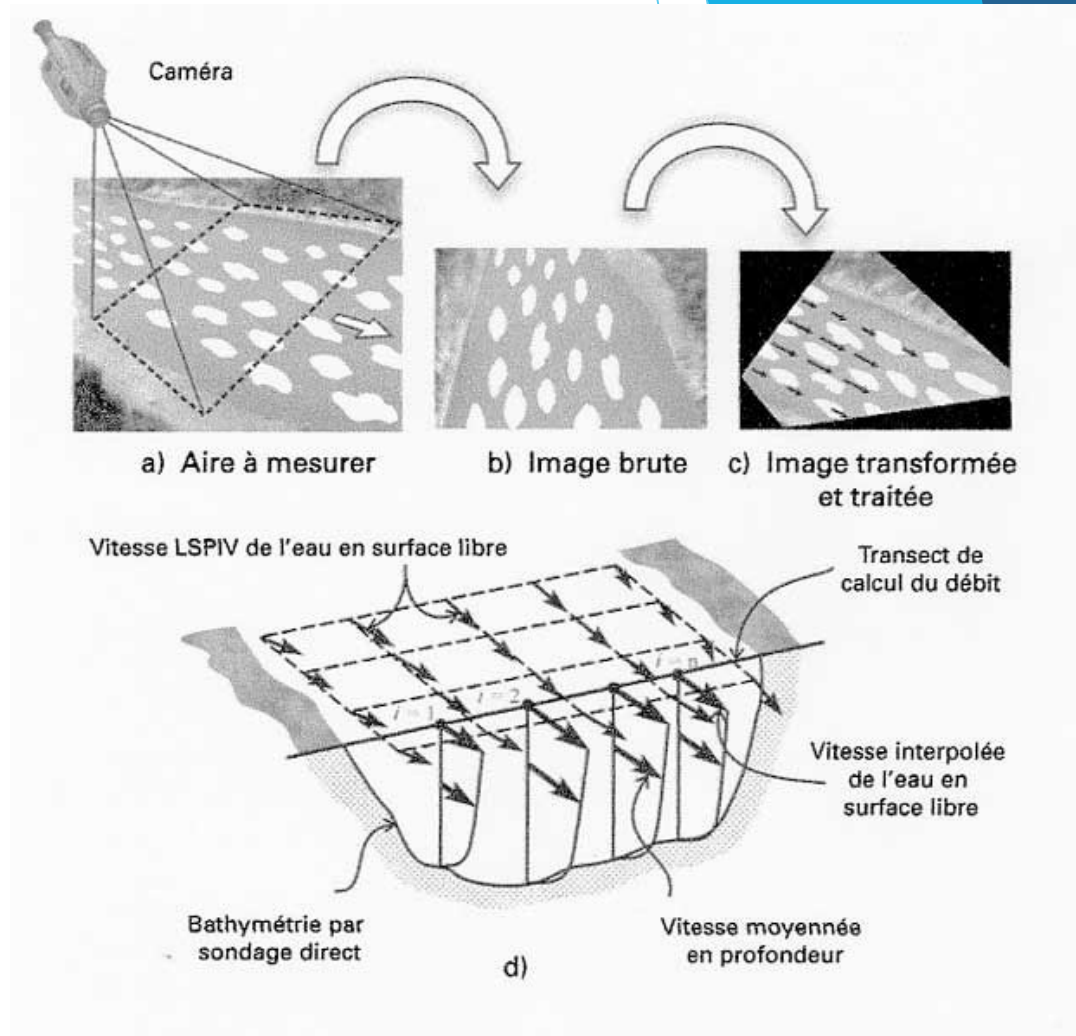
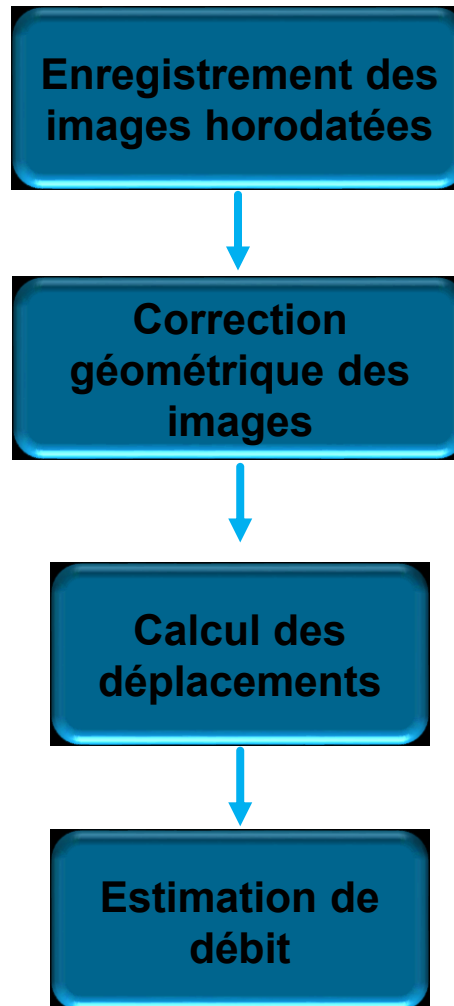
  
**Ouranos**

# Plan de la présentation

- ▶ Présentation de la méthode
- ▶ Sélection d'un site
- ▶ Traitement des données dans Fudaa-LSPIV
  - ▶ Stabilisation des images
  - ▶ Mise à l'échelle et orthorectification
  - ▶ Calcul des vitesses de surface
  - ▶ Post-traitement
  - ▶ Intégration de la bathymétrie
  - ▶ Calcul du débit
- ▶ Enjeux
  - ▶ Facteurs environnementaux
  - ▶ Prises de mesure

# Concepts de base de la méthode LSPIV

- ▶ Analyse d'une séquence d'images pour mesurer les vitesses de surface à l'aide de traceurs
- ▶ Des données bathymétriques sur une section de la rivière se trouvant dans la vidéo nous permettent d'estimer la distribution verticale des vitesses à partir d'un coefficient de correction de vitesse ( $\alpha$ )
- ▶ Permet de compléter les mesures de débits



# Sélection d'un site

## ▶ Caractéristiques

- ▶ Autorisation de vol (aéroport, présence de personne, réglementation municipale, etc.). Utilisation de la [carte interactive](#) de Transports Canada.
- ▶ Présence de traceurs
- ▶ Largeur de rivière (< 200 m)
- ▶ Végétation par-dessus la rivière
- ▶ Accès à une berge (préférable)
- ▶ Réseau cellulaire (préférable)

# Sélection du site

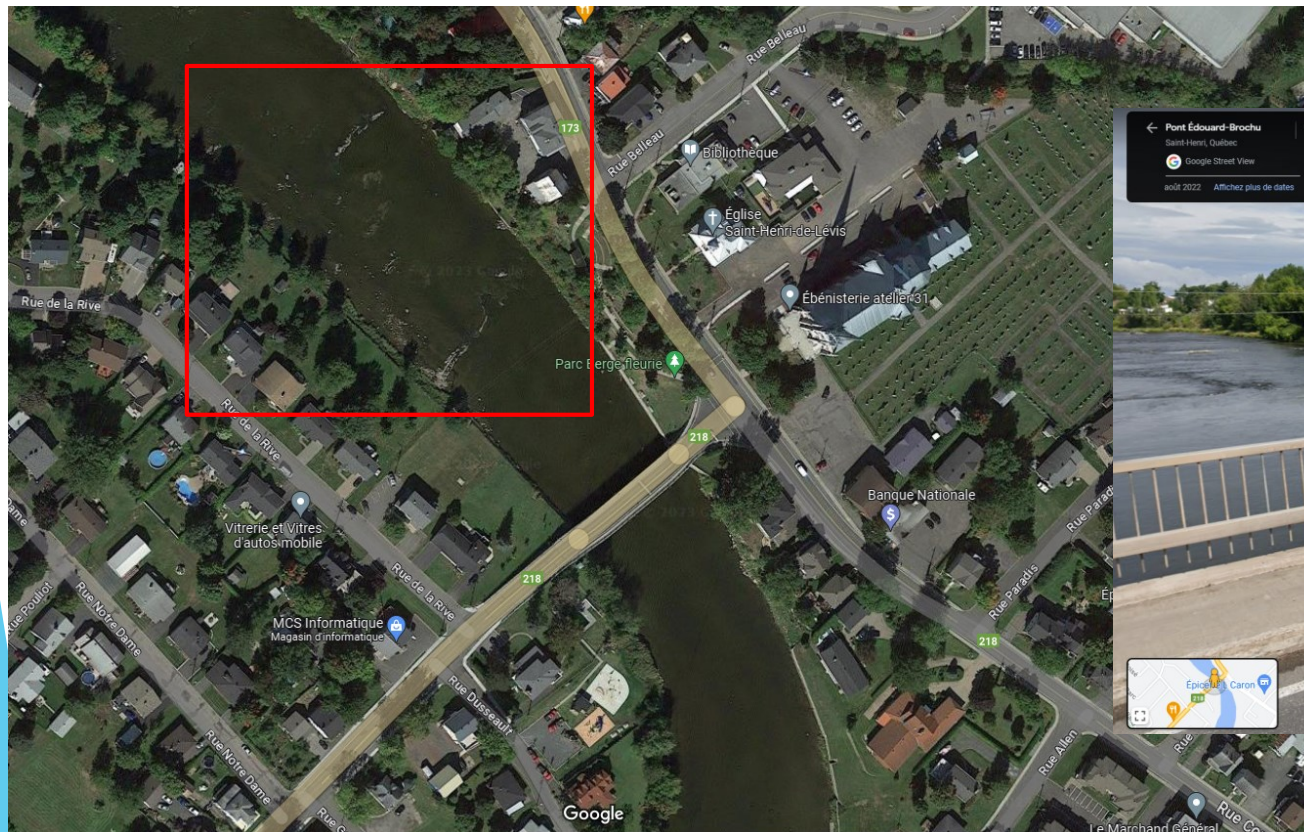
- ▶ Sites proposés pour la formation
  - ▶ Analyse préliminaire (sauf pour la présence de traceurs)

Station	Rivière	Autorisation de vol	Largeur de la rivière	Accessibilité des berges	Végétation	Présence de traceurs
023303	Etchemin	Oui	50 m	Possible	Faible	Oui
023432	Bras d'Henri	Oui	10 m	Oui	Modérée	Oui
050408	Sainte-Anne	Oui	80 m	Oui	Faible	-
050409	Bras du nord	Oui	30 m	Oui	Faible	Oui
050904	Saint-Charles	Non	30 m	-	Modérée	-
051001	Montmorency	Oui	30 m	Non	Faible	Oui

# Sélection du site

## ▶ Etchemin

- ▶ Présence de lumière sur le pont et achalandée
- ▶ Difficile d'être près de l'eau pour le placement des cibles et prendre le niveau d'eau
- ▶ Présence de traceurs et peu de végétation



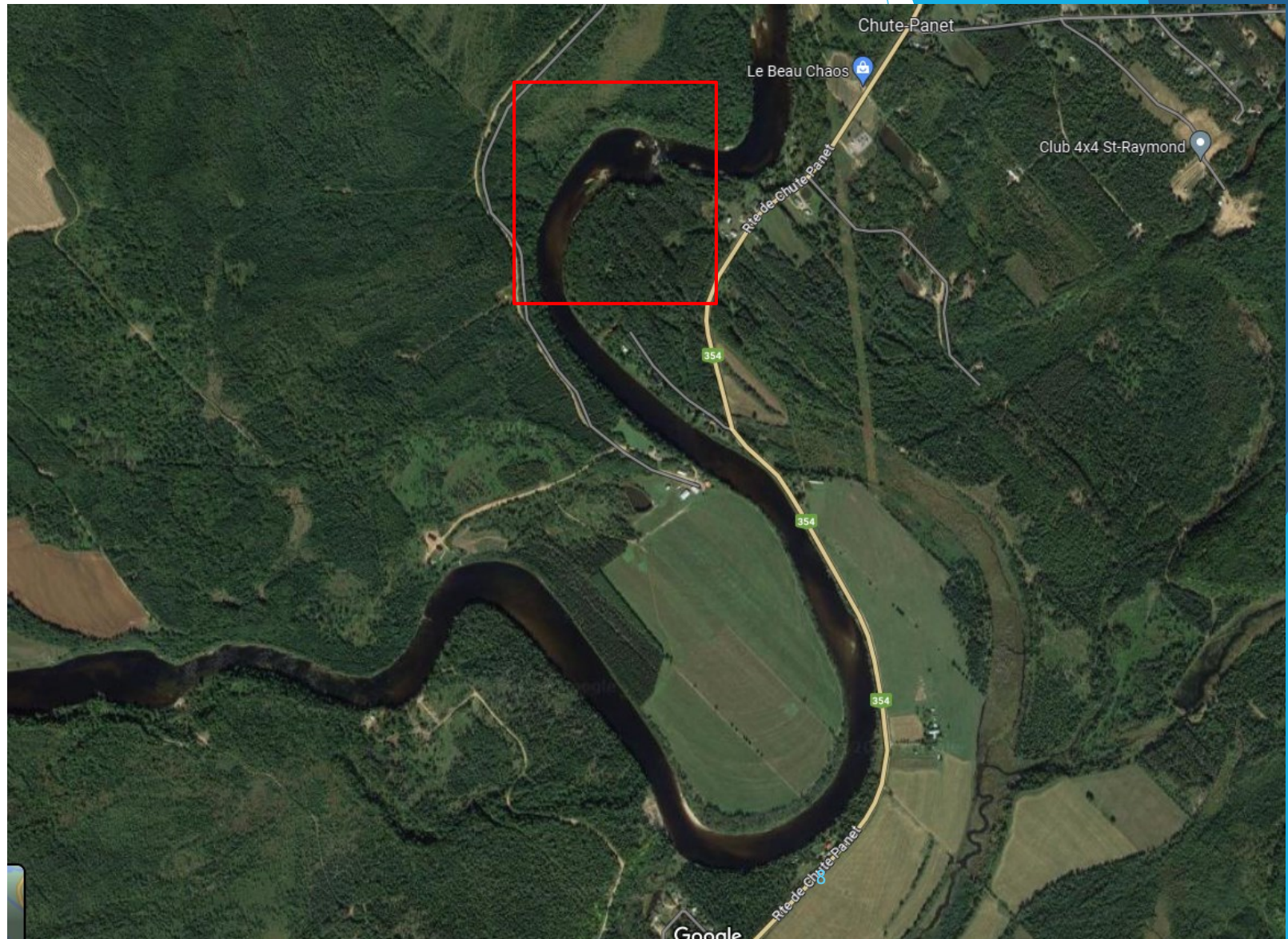
# Sélection du site

- ▶ Bras d'Henri
  - ▶ Peu achalandé et endroit sécuritaire pour se stationner
  - ▶ Présence de traceurs
  - ▶ Accès aux berges
  - ▶ Végétation modérée



# Sélection du site

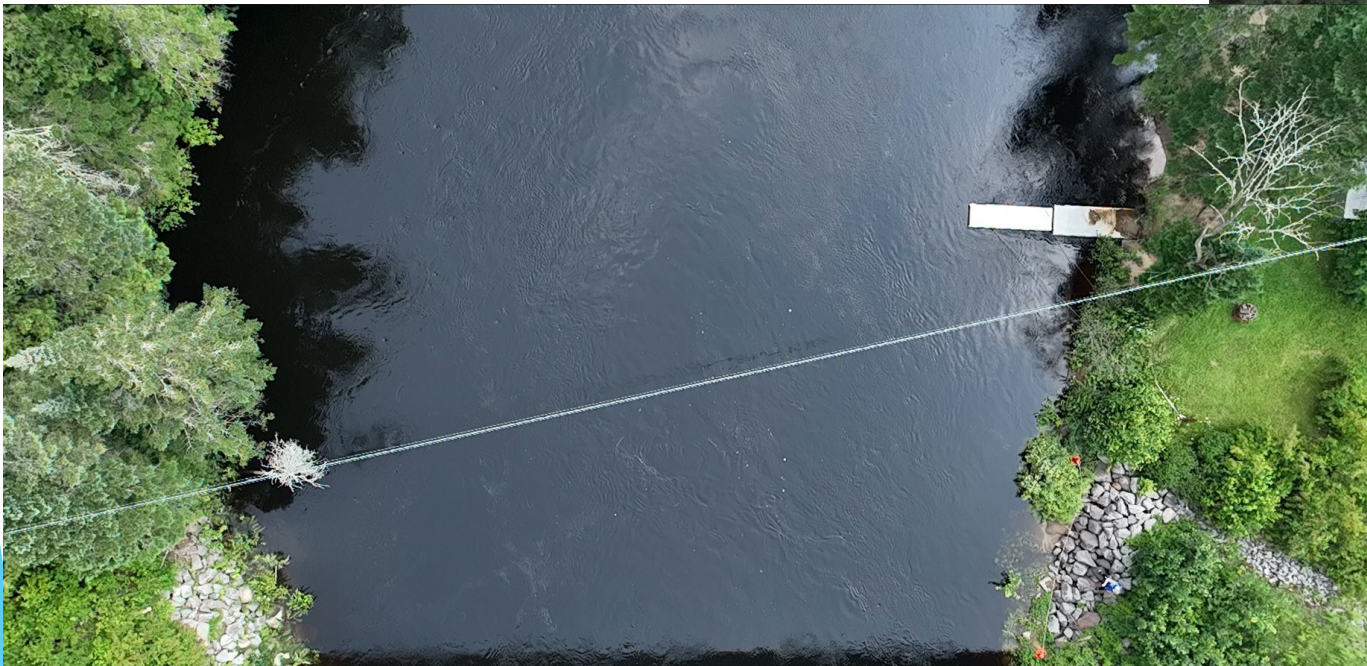
- ▶ Sainte-Anne
  - ▶ Pas de pont
  - ▶ Potentiel de traceurs
  - ▶ Semble avoir des accès à la rivière
  - ▶ Endroits sans végétation





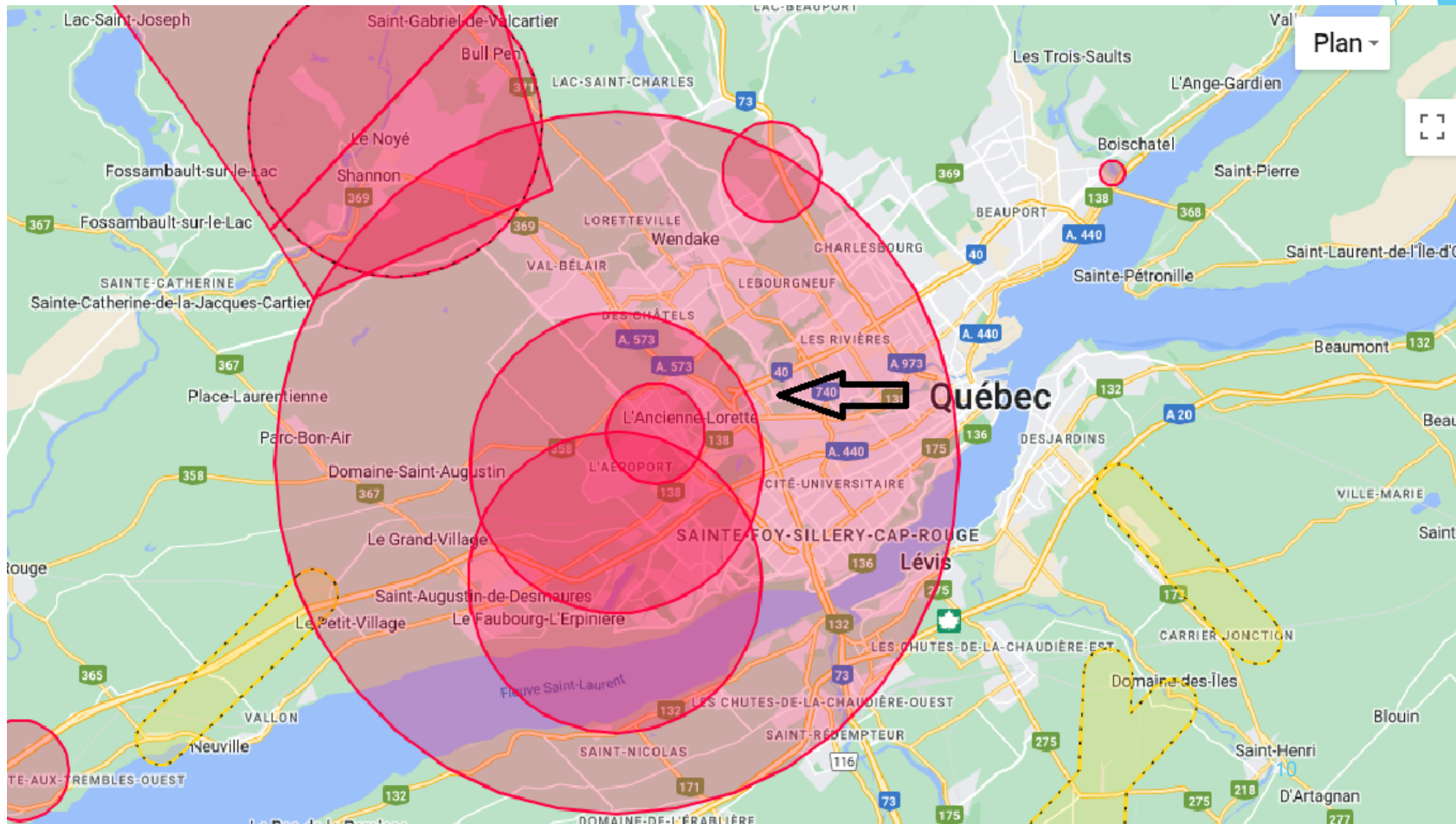
# Sélection du site

- ▶ Bras du Nord
  - ▶ Présence de traceurs
  - ▶ Végétation modérée
  - ▶ Réseau cellulaire faible
  - ▶ Fils électriques



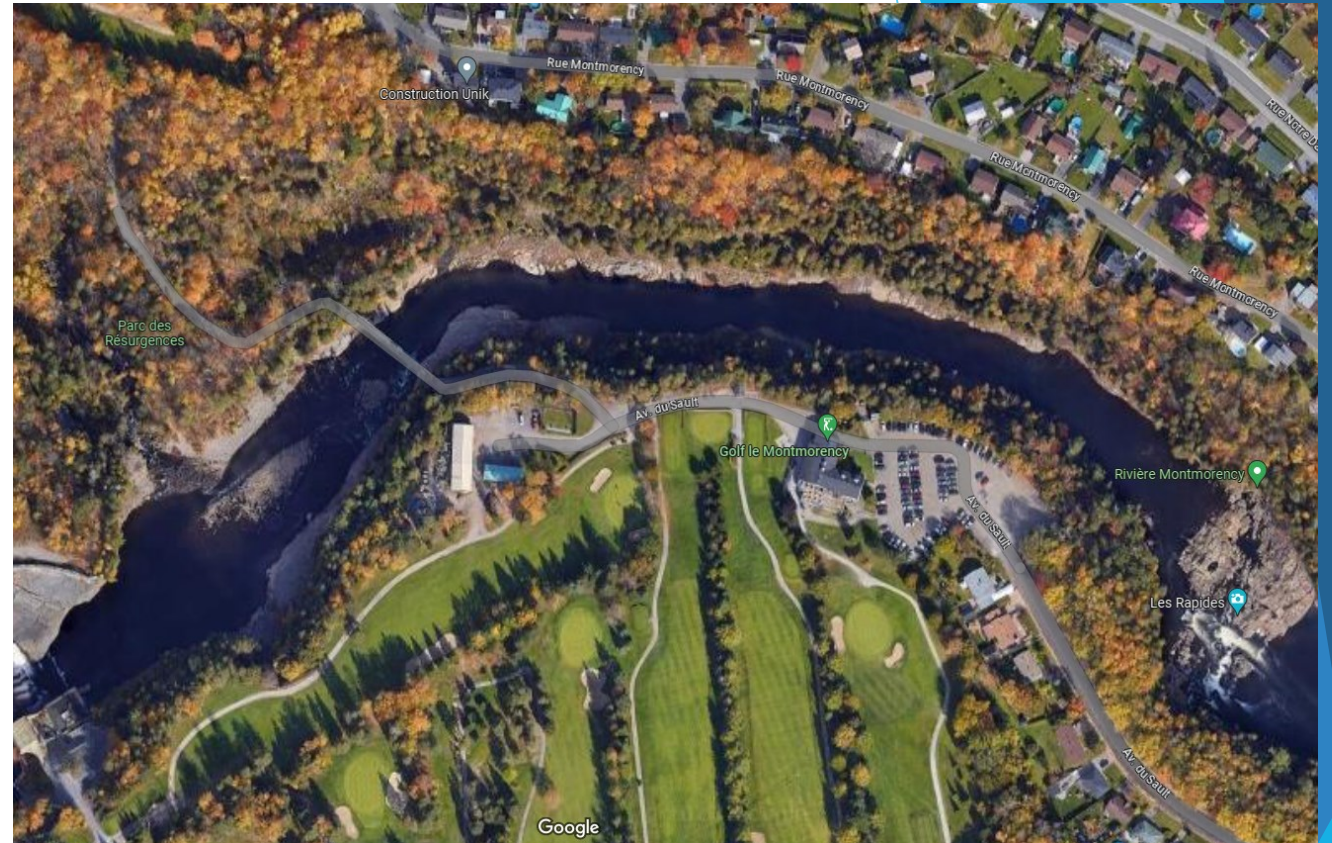
# Sélection du site

## ► Saint-Charles



# Sélection du site

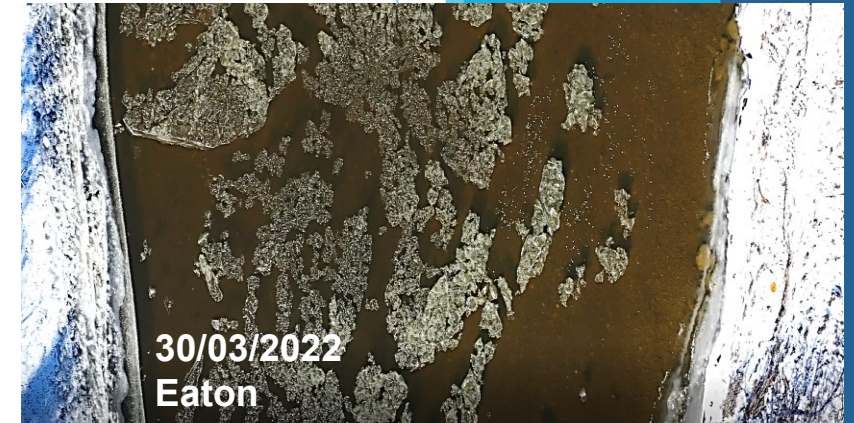
- ▶ Montmorency
- ▶ Les berges sont non accessibles
- ▶ Présence de traceurs
- ▶ Peu de végétation
- ▶ Près d'une zone ayant une interdiction de vol



# Traitement Fudaa

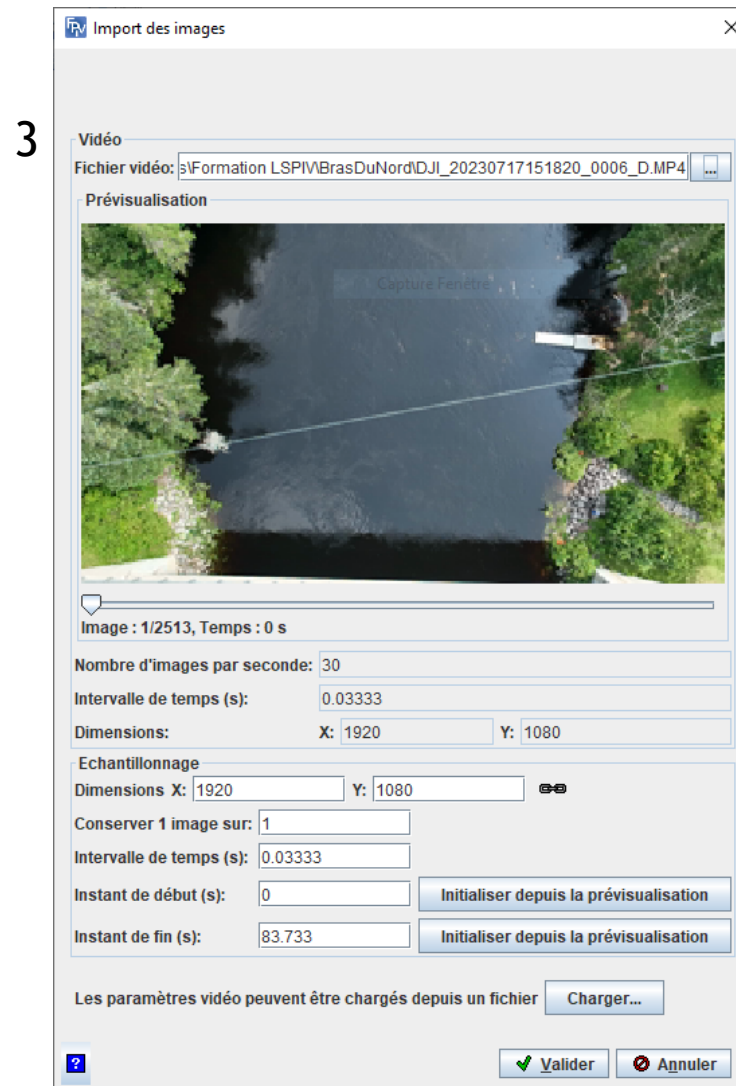
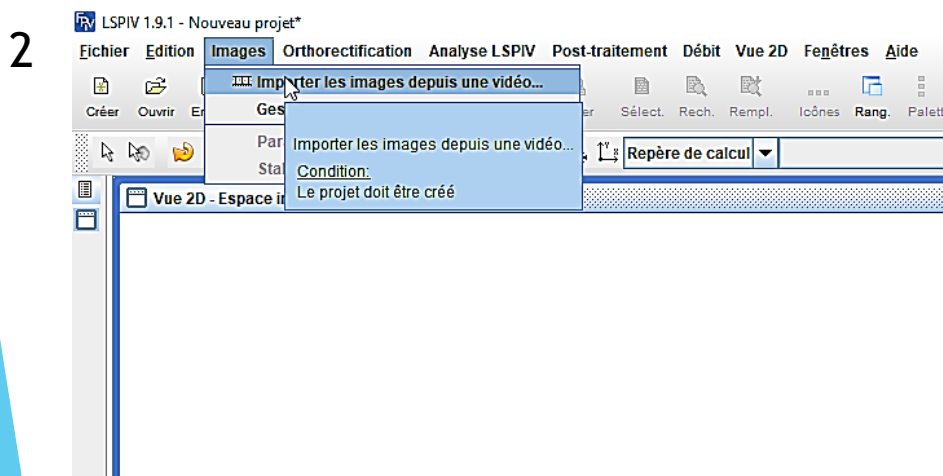
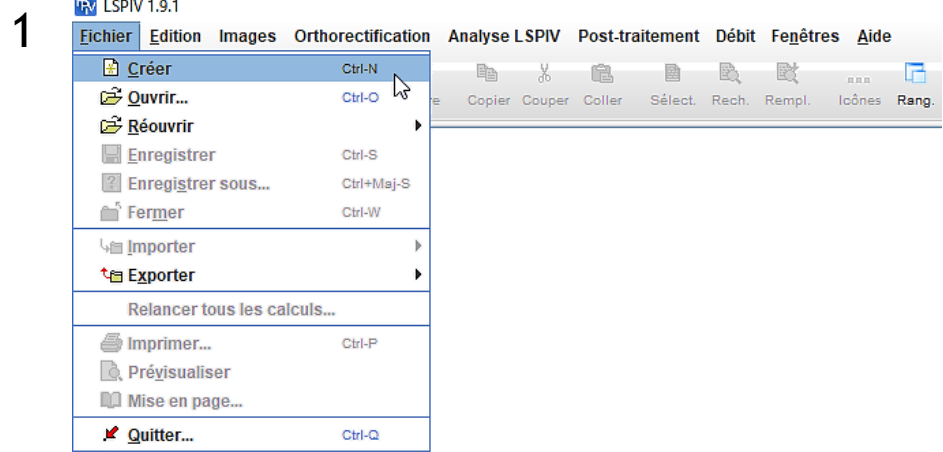
## ▶ Éléments nécessaires

- ▶ Traceurs
- ▶ Transect avec bathymétrie
- ▶ Niveau d'eau
- ▶ Distance entre deux points de repère
- ▶ Environ 25% de berge de chaque côté (50% écoulement, 50% berges)
  - ▶ Idéalement : 33% écoulement, 67% berges



# Traitement Fudaa

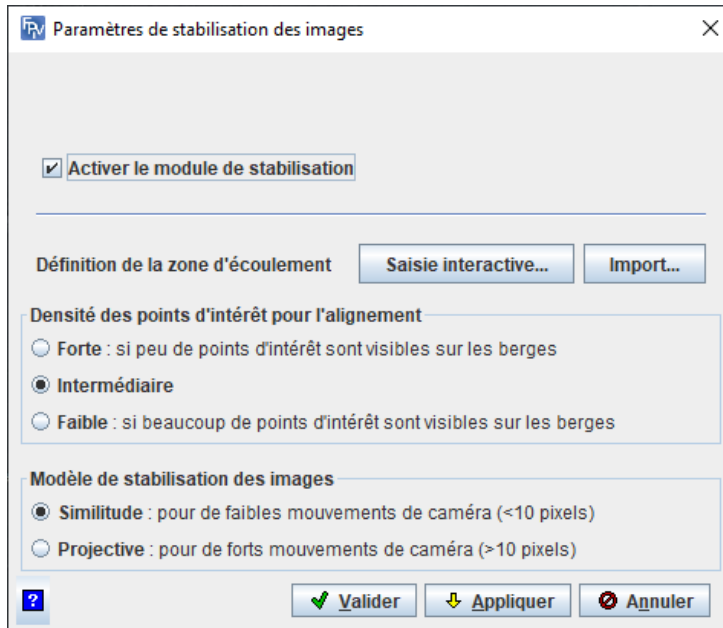
- ▶ Importation de la vidéo et paramètres d'importation (environ 5 minutes)



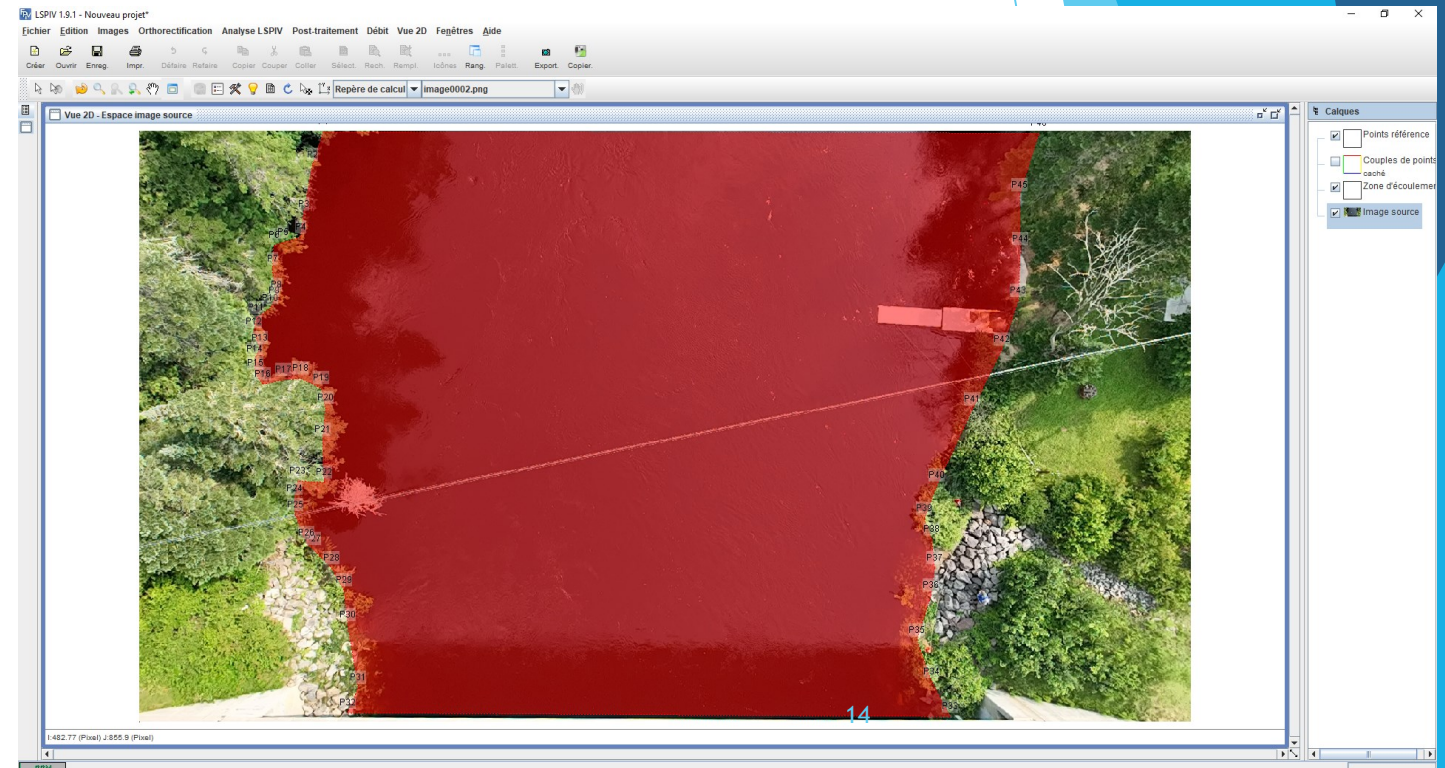
# Traitement Fudaa

- ▶ Stabilisation des images (environ 45 minutes)
  - ▶ Méthode SURF (Speeded Up Robust Features)
    - ▶ Trouve des points d'intérêts sur les images
    - ▶ Associe les points ayant des caractéristiques similaires

1

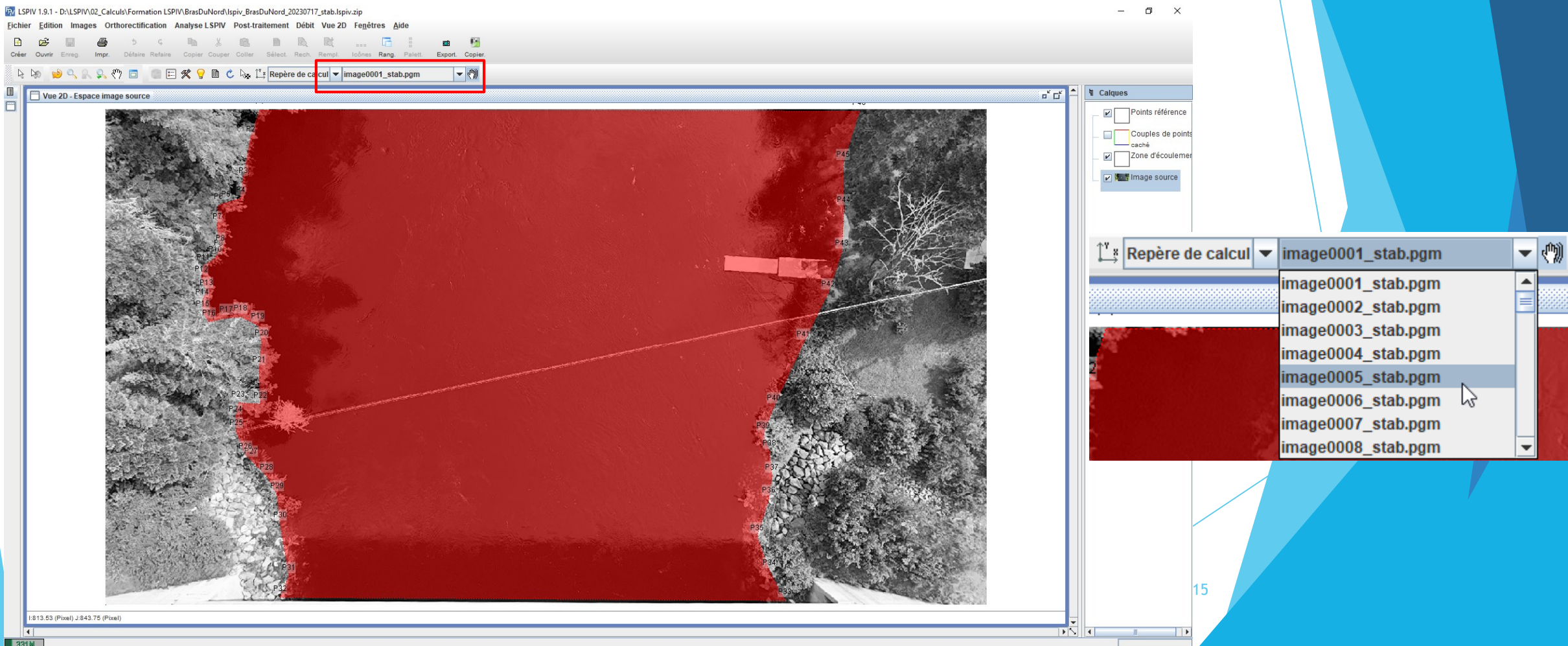


2



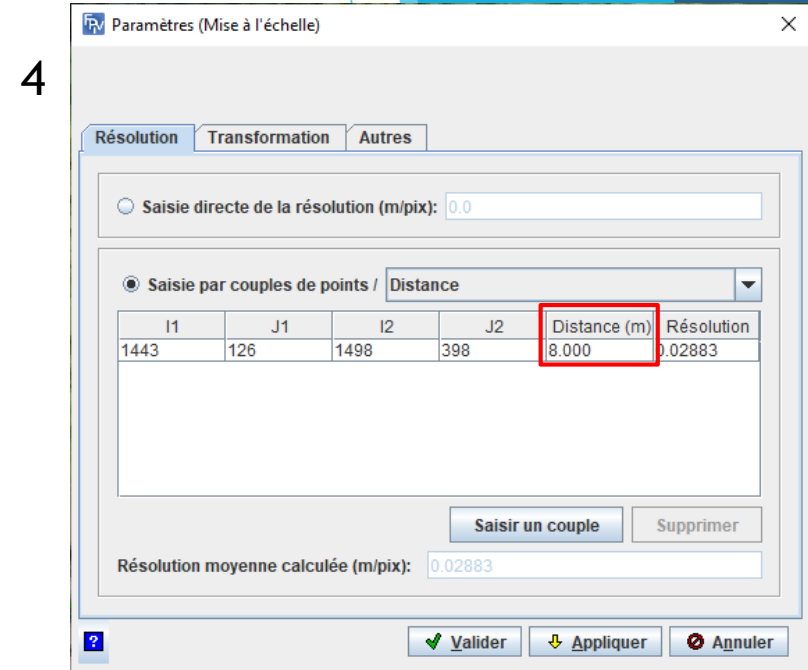
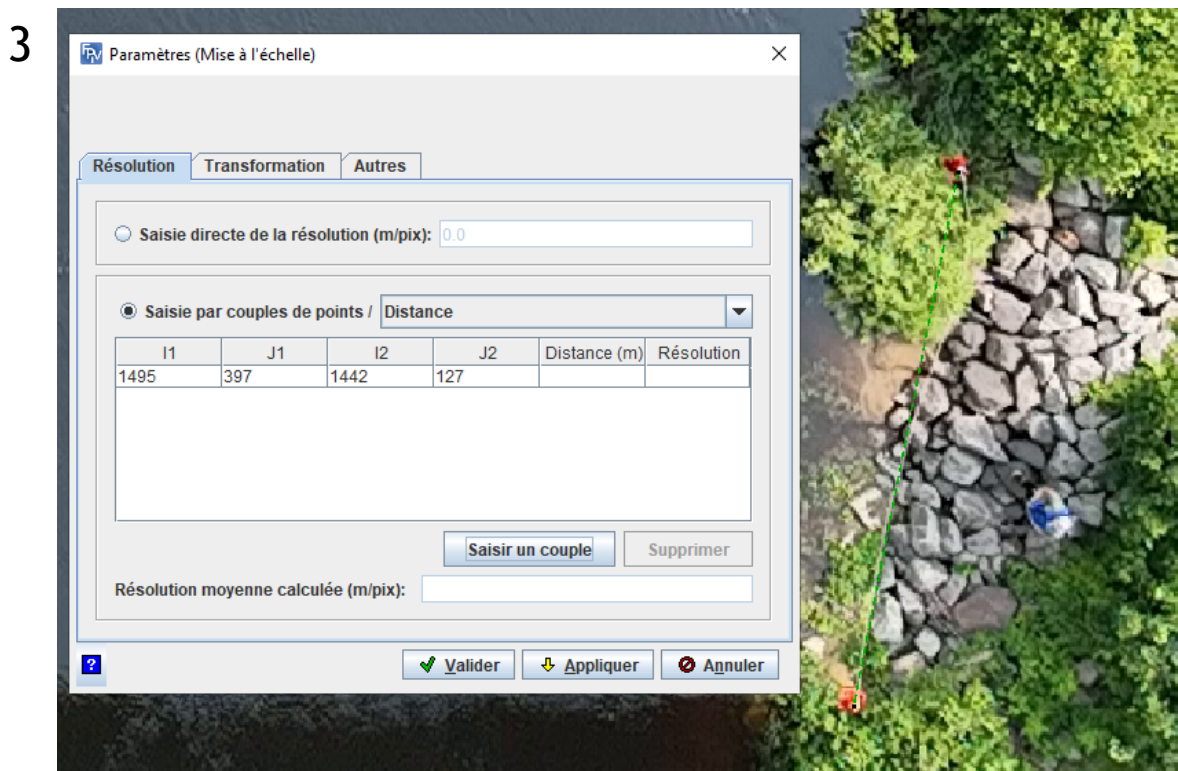
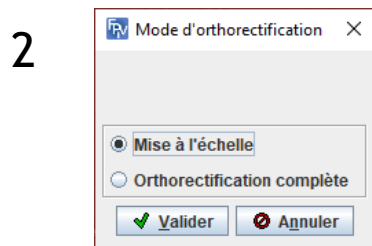
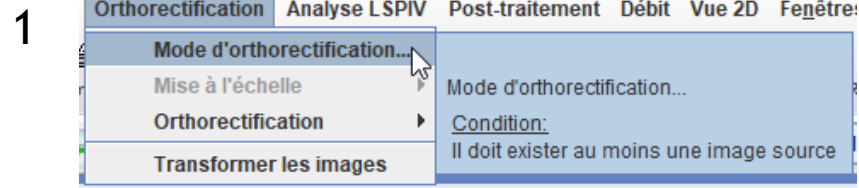
# Traitement Fudaa

- ▶ Stabilisation des images (environ 45 minutes)



# Traitement Fudaa

- Mise à l'échelle (Environ 15 minutes\*\*)





# Traitement Fudaa

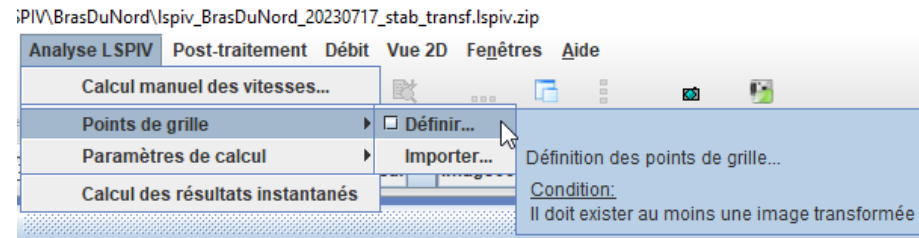
## ▶ Analyse LSPIV

- ▶ Création d'une grille où les vitesses de surface vont être calculées
- ▶ Choix d'une aire d'interrogation
  - ▶ Assez grandes pour intégrer les traceurs. Assez petites pour représenter l'écoulement Recommandé : 30 pixels
- ▶ Choix d'une aire de recherche
  - ▶ Zone où les motifs sont recherchés sur des images successives
- ▶ Calcul des vitesses de surfaces
- ▶ Possibilité de calculer les vitesses manuellement pour comparer les résultats

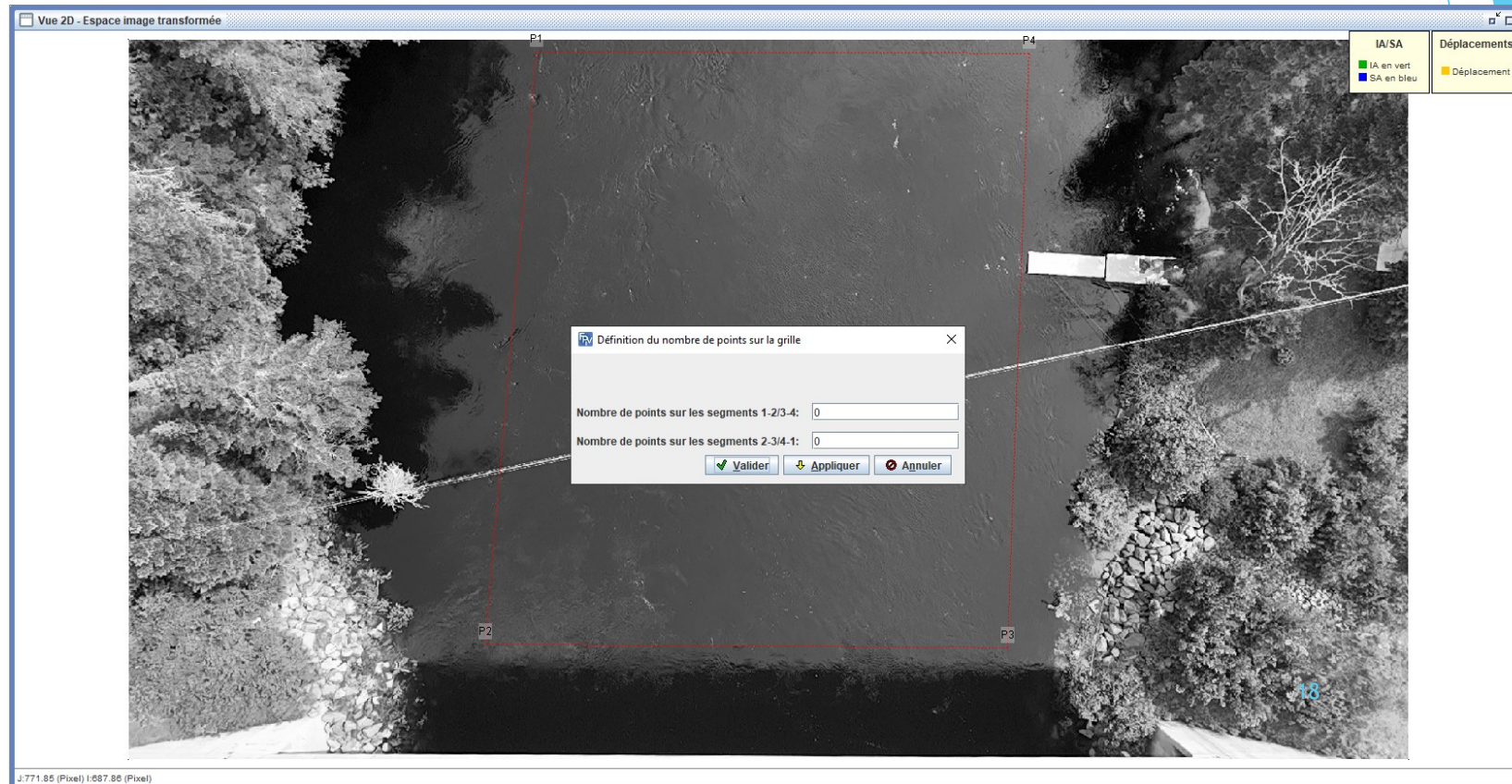
# Traitement Fudaa

## ► Analyse LSPIV

1

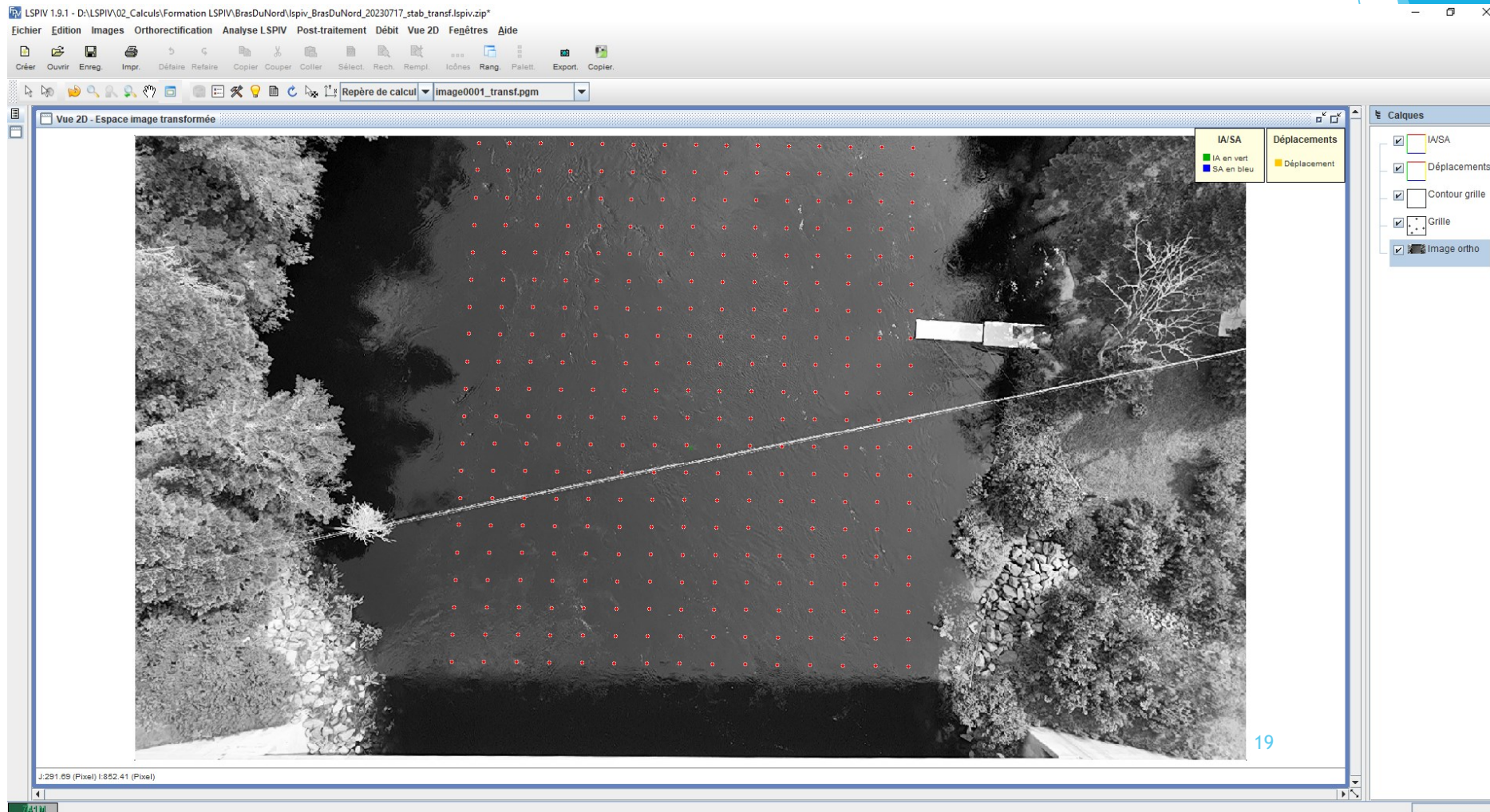


2



# Traitement Fudaa

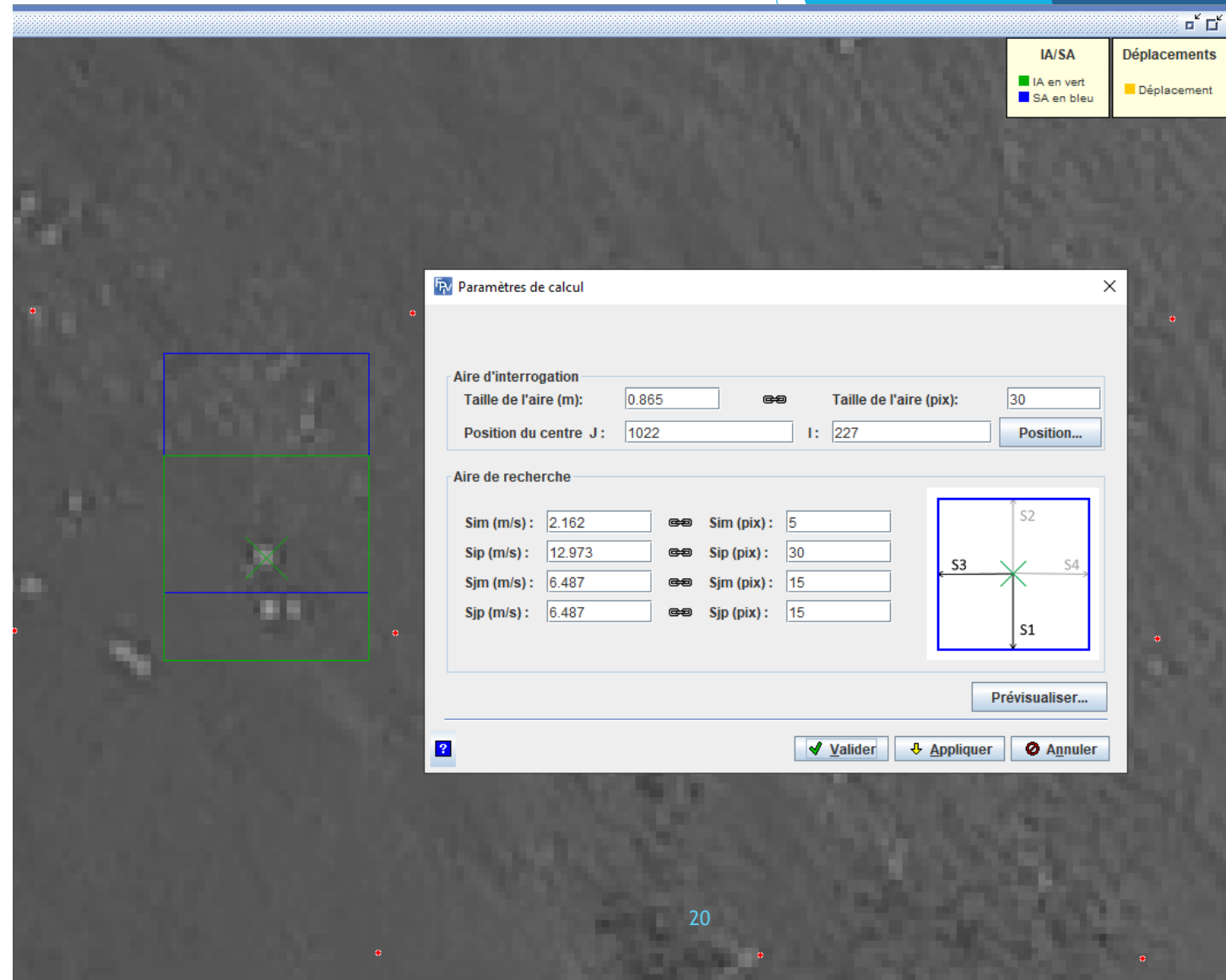
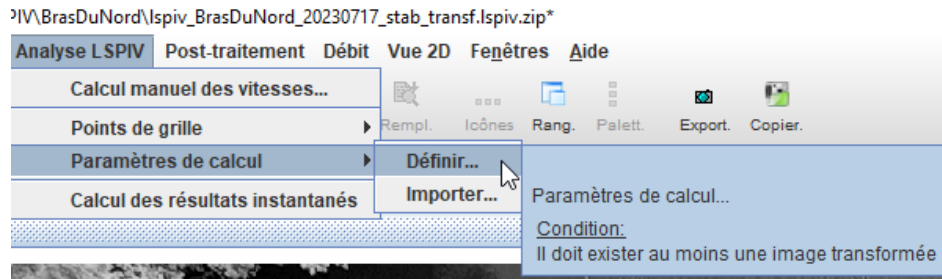
## ► Analyse LSPIV



# Traitement Fudaa

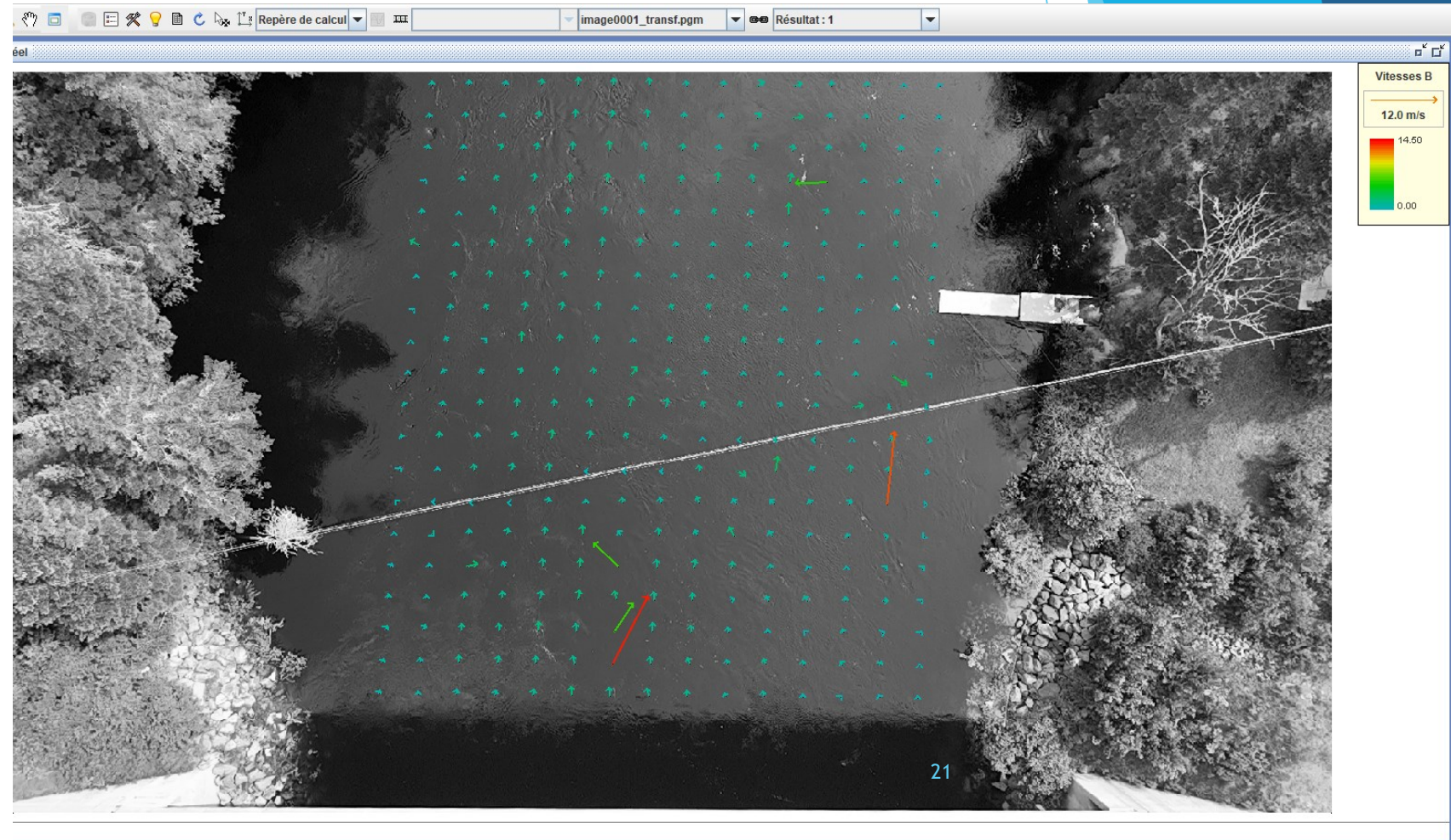
- ▶ Analyse LSPIV (environ 30 minutes) 2

1



# Traitement Fudaa

- ▶ Analyse LSPIV
  - ▶ Résultats bruts
  - ▶ Obtiens un champ de vitesse pour toutes les paires d'images consécutives

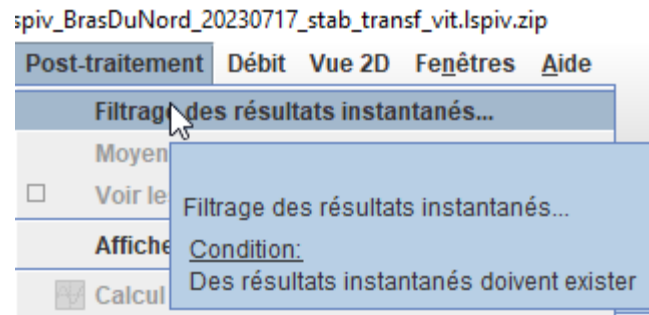


# Traitement Fudaa

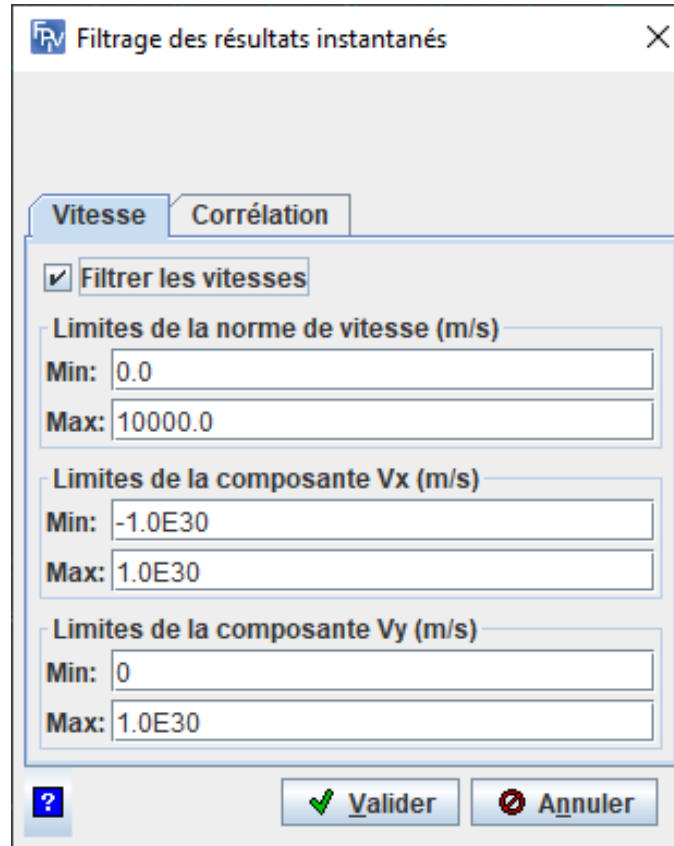
## ► Post-traitements

- Filtre des vitesses
- Filtre de corrélation
  - Dépend du type de traceurs

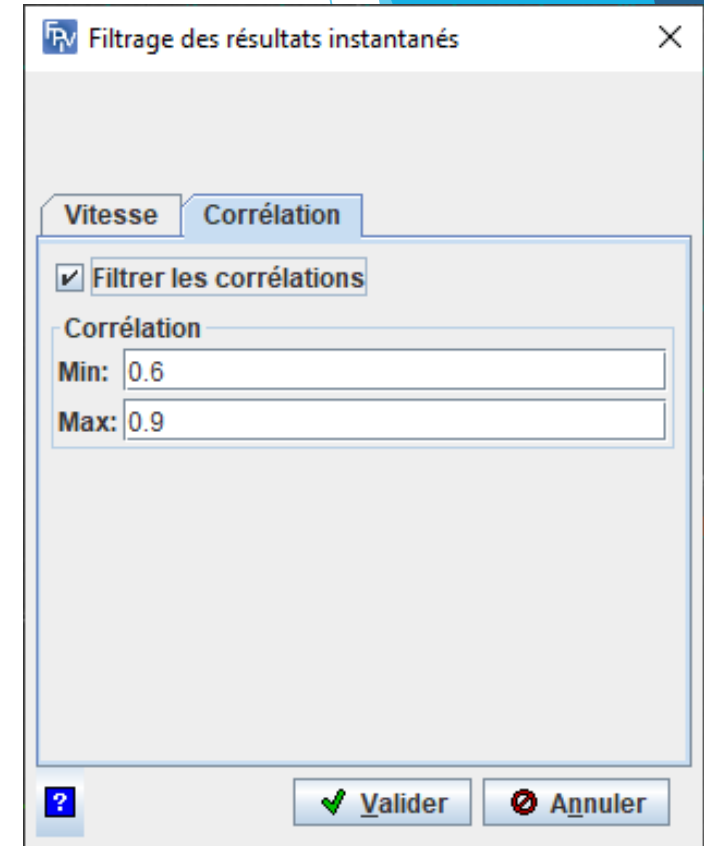
1



2

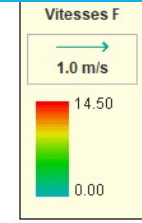
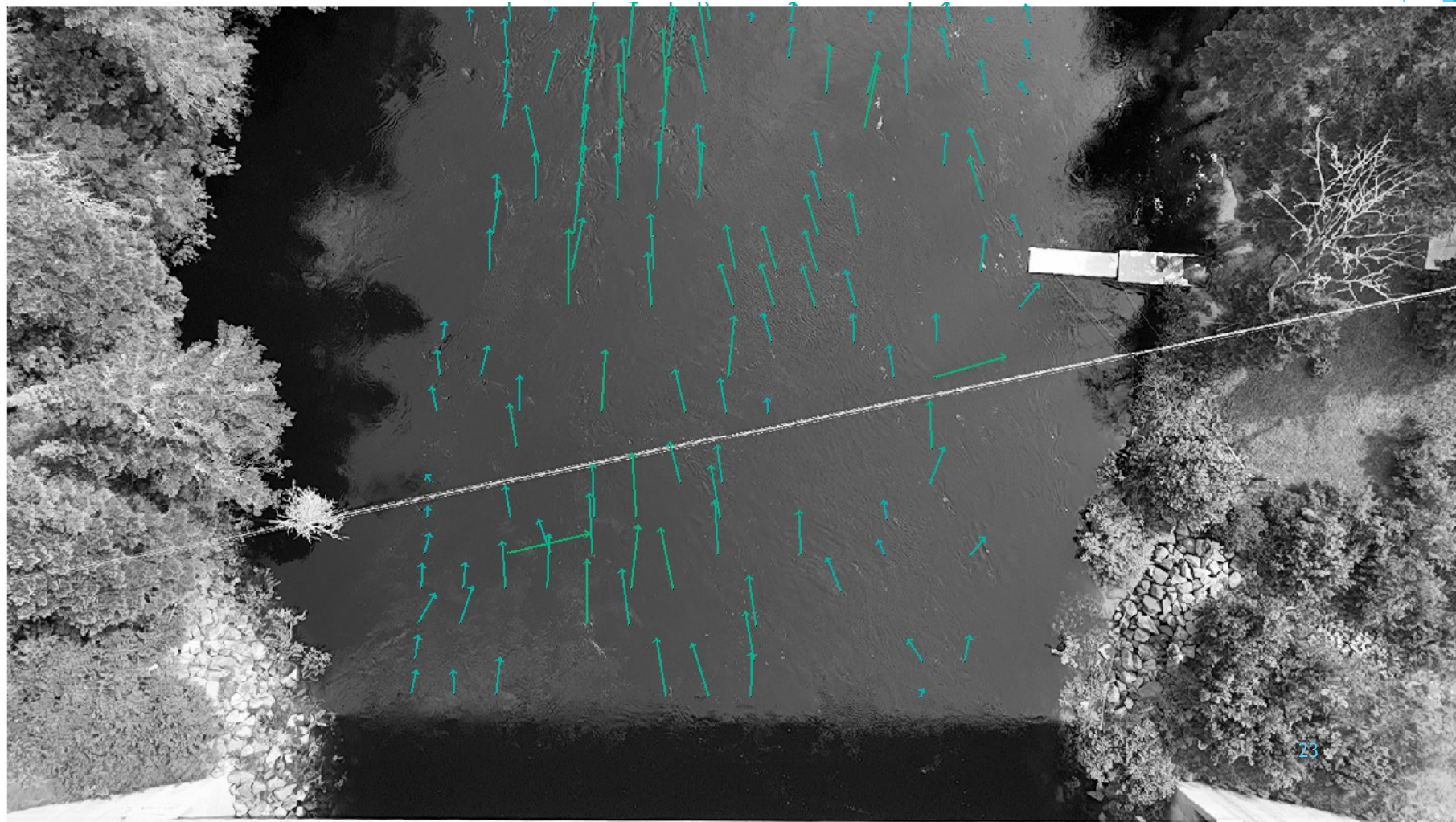


3



# Traitement Fudaa

## ► Post-traitements

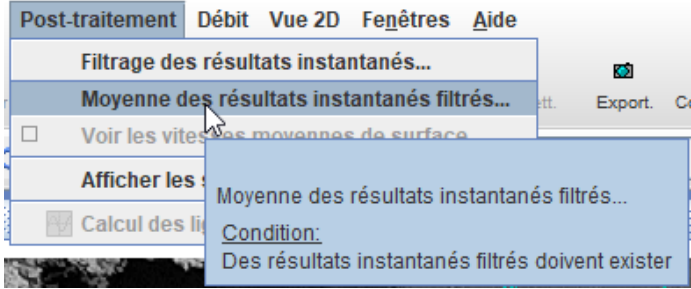


# Traitement Fudaa

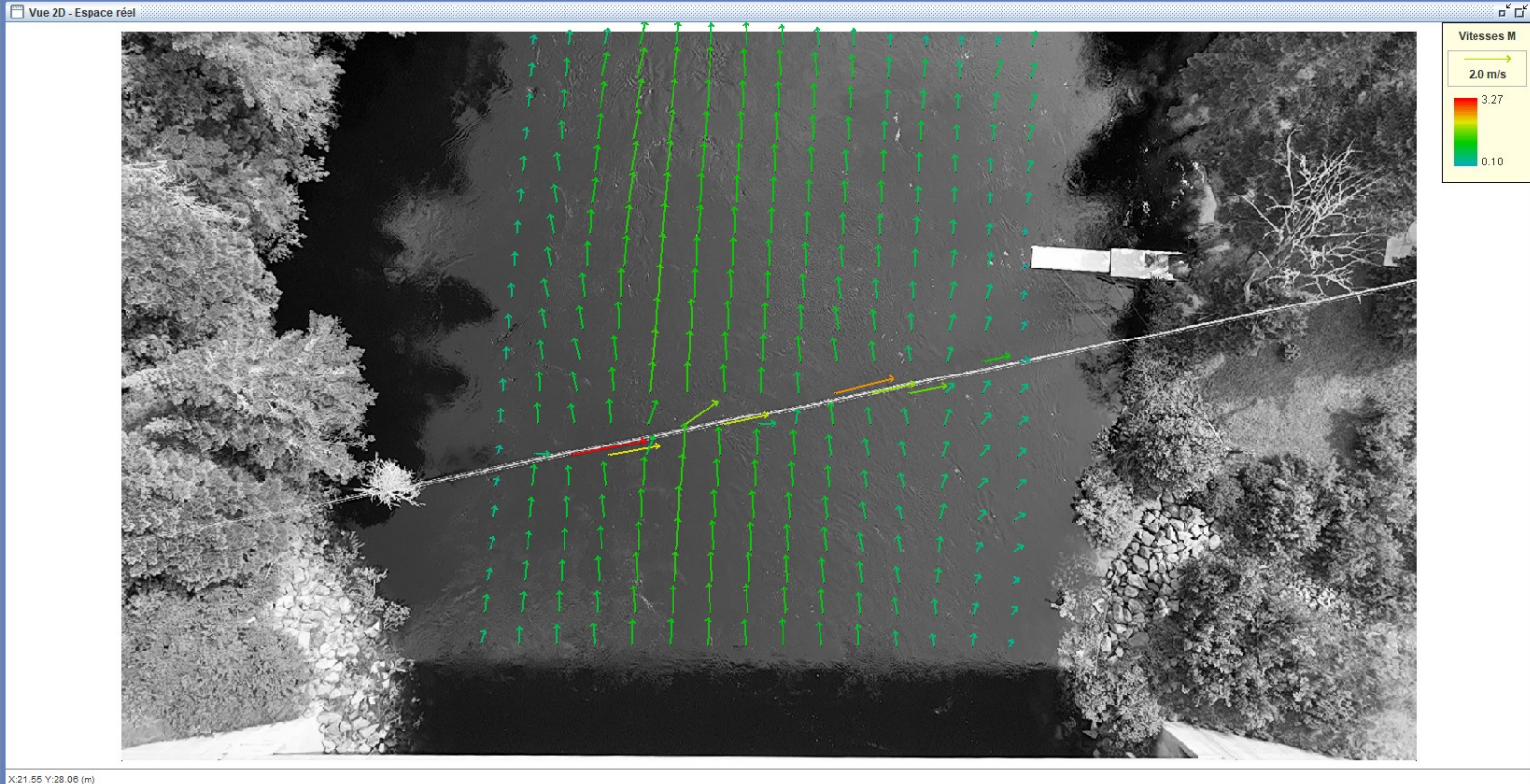
## ► Post-traitements

### ► Moyenne des résultats instantanés filtrés

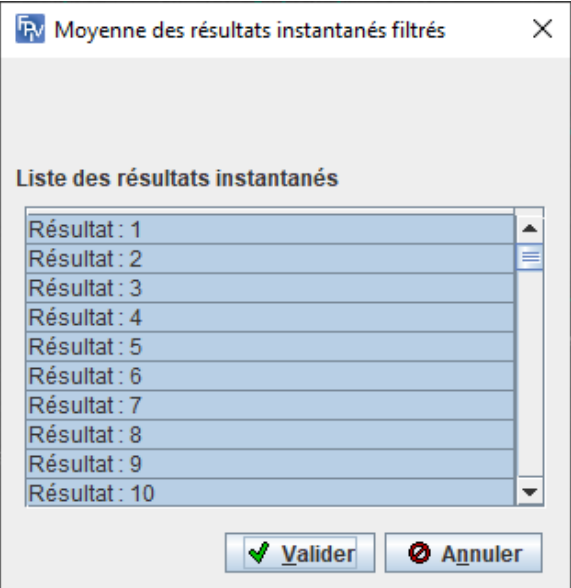
1



3



2



Condition:  
Des résultats instantanés filtrés doivent exister

Moyenne des résultats instantanés filtrés

Liste des résultats instantanés

Résultat : 1
Résultat : 2
Résultat : 3
Résultat : 4
Résultat : 5
Résultat : 6
Résultat : 7
Résultat : 8
Résultat : 9
Résultat : 10

Validier Annuler

Vitesse M  
2.0 m/s  
3.27  
0.10

X:21.55 Y:28.06 (m)



# Traitement Fudaa

- ▶ Intégration de la bathymétrie
  - ▶ Une ou plusieurs sections transversales dans l'image
  - ▶ Peut-être faites après la prise de mesure
  - ▶ Possible d'utiliser la bathymétrie d'un ADCP
  - ▶ On doit avoir l'une des deux options suivantes :
    - ▶ 1) les élévations du lit sur un transect et un niveau d'eau
    - ▶ 2) un transect ayant des profondeurs lors de l'acquisition

# Traitement Fudaa

- Préparation des données bathymétriques - Élévation et niveau d'eau

The screenshot displays a GIS application window. On the left, the 'Table Of Contents' panel shows a list of layers: 'New Group Layer', 'Moe\_section', 'Reference', 'Basemap', and 'World Imagery'. The main map area shows an aerial view of a river with red and blue points representing bathymetric data. Below the map, a data table is visible, titled 'Moe\_section'. The table contains columns for FID, Shape, Numéro de, Numéro 1, Numéro 2, Coordonné, Coordonn 1, Coordonn 2, Date du re, Date du 1, Pcode du p, Descriptio, Note, Précision, Précisi 1, Numéro du, field 15, field 16, and field 17. The table lists 14 selected points with their respective coordinates and descriptions.

FID	Shape	Numéro de	Numéro 1	Numéro 2	Coordonné	Coordonn 1	Coordonn 2	Date du re	Date du 1	Pcode du p	Descriptio	Note	Précision	Précisi 1	Numéro du	field 15	field 16	field 17
1535	Point	104	103	11809	-71,828106	45,327425	156,575	2019-09-19	09:22	740	Bord de feau Rive gauche		0,014	0,024	19-044			0
1536	Point	104	103	11810	-71,828086	45,327425	155,818	2019-09-19	09:23	227	Point bathymétrique (fond de feau)		0,017	0,025	19-044			0
1537	Point	104	103	11811	-71,828065	45,327423	155,627	2019-09-19	09:23	227	Point bathymétrique (fond de feau)		0,024	0,034	19-044			0
1538	Point	104	103	11812	-71,828039	45,327437	152,167	2019-09-19	09:28	227	Point bathymétrique (fond de feau)		0,051	0,063	19-044			0
1539	Point	104	103	11813	-71,828018	45,327436	151,957	2019-09-19	09:30	227	Point bathymétrique (fond de feau)		0,019	0,031	19-044			0
1540	Point	104	103	11814	-71,827989	45,327437	152,181	2019-09-19	09:34	227	Point bathymétrique (fond de feau)		0,012	0,02	19-044			0
1541	Point	104	103	11815	-71,827946	45,327439	152,712	2019-09-19	09:35	227	Point bathymétrique (fond de feau)		0,011	0,016	19-044			0
1542	Point	104	103	11816	-71,827906	45,327438	153,137	2019-09-19	09:37	227	Point bathymétrique (fond de feau)		0,012	0,017	19-044			0
1543	Point	104	103	11817	-71,827893	45,327437	153,7	2019-09-19	09:37	228	Point Coté (élévation)		0,01	0,015	19-044			0
1544	Point	104	103	11818	-71,827852	45,327438	153,676	2019-09-19	09:38	228	Point Coté (élévation)		0,01	0,014	19-044			0
1545	Point	104	103	11819	-71,827835	45,327438	153,449	2019-09-19	09:38	227	Point bathymétrique (fond de feau)		0,01	0,015	19-044			0
1546	Point	104	103	11820	-71,827818	45,327437	153,617	2019-09-19	09:38	738	Bord de feau Rive droite		0,006	0,017	19-044			0

# Traitement Fudaa

- ▶ Préparation des données bathymétriques - Élévation et niveau d'eau
  - ▶ Calcul des distances (en mètres) entre le point le plus éloigné sur la rive gauche (haut de talus) et les autres points

The screenshot shows the ArcMap interface with a map of a riverbank. A measurement tool is active, showing a line measurement of 3,20414 Meters. The Table of Contents shows layers for 'Moe\_section', 'Reference', 'Basemap', and 'World Imagery'. The 'Table' window displays the following data:

FID	Shape	Número de	Número 1	Número 2	Coordonné	Coordonn 1	Coordonn 2	Date du re	Date du 1	Pcode du p	Descriptio	Note	Précision	Précisi 1	Número du	field 15	field 16	field 17
1535	Point	104	103	11809	-71,828106	45,327425	156,575	2019-09-19	09-22	740	Bord de l'eau Rive gauche		0,014	0,024	19-044			0
1536	Point	104	103	11810	-71,828086	45,327425	155,818	2019-09-19	09-23	227	Point bathymétrique(fond de l'eau)		0,017	0,025	19-044			0
1537	Point	104	103	11811	-71,828065	45,327423	155,627	2019-09-19	09-23	227	Point bathymétrique(fond de l'eau)		0,024	0,034	19-044			0
1538	Point	104	103	11812	-71,828039	45,327437	152,167	2019-09-19	09-28	227	Point bathymétrique(fond de l'eau)		0,051	0,063	19-044			0
1539	Point	104	103	11813	-71,828018	45,327436	151,957	2019-09-19	09-30	227	Point bathymétrique(fond de l'eau)		0,019	0,031	19-044			0
1540	Point	104	103	11814	-71,827989	45,327437	152,181	2019-09-19	09-34	227	Point bathymétrique(fond de l'eau)		0,012	0,02	19-044			0
1541	Point	104	103	11815	-71,827946	45,327438	152,712	2019-09-19	09-35	227	Point bathymétrique(fond de l'eau)		0,011	0,016	19-044			0
1542	Point	104	103	11816	-71,827896	45,327438	153,197	2019-09-19	09-37	227	Point bathymétrique(fond de l'eau)		0,012	0,017	19-044			0
1543	Point	104	103	11817	-71,827893	45,327437	153,7	2019-09-19	09-37	228	Point Coté (élévation)		0,01	0,015	19-044			0
1544	Point	104	103	11818	-71,827852	45,327438	153,676	2019-09-19	09-38	228	Point Coté (élévation)		0,01	0,014	19-044			0
1545	Point	104	103	11819	-71,827835	45,327438	153,449	2019-09-19	09-38	227	Point bathymétrique(fond de l'eau)		0,01	0,015	19-044			0
1546	Point	104	103	11820	-71,827818	45,327437	153,617	2019-09-19	09-38	738	Point de l'eau Rive droite		0,008	0,012	19-044			0

# Traitement Fudaa

- ▶ Préparation des données bathymétriques - Élévation et niveau d'eau
  - ▶ Calcul des élévations et distances locales

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	description	x	y	z	dist	dist_VF	elev_local_30mars22		distance talus haut	0,7
2	Talus. haut	-71,6321	45,42325	199,873	0	0,7	2,213			
3	Talus. bas	-71,6321	45,42328	197,693	3,6	4,3	0,033			
4	Bord de l'eau Rive gauche	-71,6321	45,42329	197,485	3,84	4,54	-0,175		niveau d'eau - 2022-03-30	197,66
5	Point bathymétrique(fond d	-71,6321	45,42329	197,003	4,25	4,95	-0,657			
6	Point bathymétrique(fond d	-71,6321	45,42332	196,509	7,43	8,13	-1,151			
7	Point bathymétrique(fond d	-71,6321	45,42336	196,573	11,8	12,5	-1,087			
8	Point bathymétrique(fond d	-71,6321	45,42341	196,387	17,54	18,24	-1,273			
9	Point bathymétrique(fond d	-71,632	45,42344	196,356	20,79	21,49	-1,304			
10	Point bathymétrique(fond d	-71,632	45,42347	196,191	24,37	25,07	-1,469			
11	Point bathymétrique(fond d	-71,632	45,42352	196,354	30,61	31,31	-1,306			
12	Point bathymétrique(fond d	-71,632	45,42359	196,755	38,03	38,73	-0,905			
13	Bord de l'eau Rive droite	-71,632	45,4236	197,489	39,95	40,65	-0,171			
14	Talus. bas	-71,632	45,4236	197,678	40,21	40,91	0,018			
15	Talus. haut	-71,632	45,42363	199,881	43,2	43,9	2,221			

**Transects** ✕

Pas d'interpolation:

Rayon de recherche Rx:

Rayon de recherche Ry:

Coef. unique de vitesse:

Index	X	Y	Z (m)	Coef.	Label
1	0.7	20.45	2.21	0.85	RG
2	4.3	20.22	0.03	0.85	RD
3	4.54	20.11	-0.17	0.85	
4	4.95	20.05	-0.66	0.85	
5	8.13	20.02	-1.15	0.85	
6	12.5	20.01	-1.09	0.85	
7	18.24	20	-1.27	0.85	
8	21.49	20	-1.3	0.85	
9	25.07	20	-1.47	0.85	
10	31.31	20	-1.31	0.85	
11	38.73	19.99	-0.91	0.85	
12	40.65	19.99	-0.17	0.85	
13	40.91	19.99	0.02	0.85	
14	43.9	19.99	2.22	0.85	

**Modification de la structure**

Mode différé

# Traitement Fudaa

- ▶ Préparation des données bathymétriques - Profondeur avec ADCP
  - ▶ Directement les données sur la profondeur et les distances
  - ▶ Attention à la prise de mesure pour les distances

	A	B	C	D	E	F	G
1	Distance Traveled (Ref: BT) (142)	VB River Depth (551)	dist_corr	profondeur_corr			
2	0	0	8,25	0			
3	0,25	0,369	8,5	-0,369		distance niveau d'eau	8,25
4	3,65410684	0,635	11,9041068	-0,635			
5	3,92747987	0,572	12,1774799	-0,572			
6	4,23734225	0,705	12,4873423	-0,705			
7	4,5057475	0,848	12,7557475	-0,848			
8	4,88047892	0,833	13,1304789	-0,833			
9	5,34623819	1,38	13,5962382	-1,38			
10	5,81877082	1,446	14,0687708	-1,446			
11	6,30770665	1,75	14,5577067	-1,75			
12	6,9371249	2,221	15,1871249	-2,221			
13	7,525197	2,418	15,775197	-2,418			
14	8,14408351	2,902	16,3940835	-2,902			
15	8,86457251	3,251	17,1145725	-3,251			
16	9,58844336	3,247	17,8384434	-3,247			
17	10,20597162	3,421	18,4559716	-3,421			
18	11,00968642	3,395	19,2596864	-3,395			
19	11,77371675	3,471	20,0237168	-3,471			
20	12,46621621	3,768	20,7162162	-3,768			
21	13,19726531	3,803	21,4472653	-3,803			
22	13,89713147	3,888	22,1471315	-3,888			
23	14,57053156	4,006	22,8205316	-4,006			
24	15,15644891	4,107	23,4064489	-4,107			
25	15,75921467	4,219	24,0092147	-4,219			
26	16,31986123	4,195	24,5698612	-4,195			
27	16,83692607	4,393	25,0869261	-4,393			

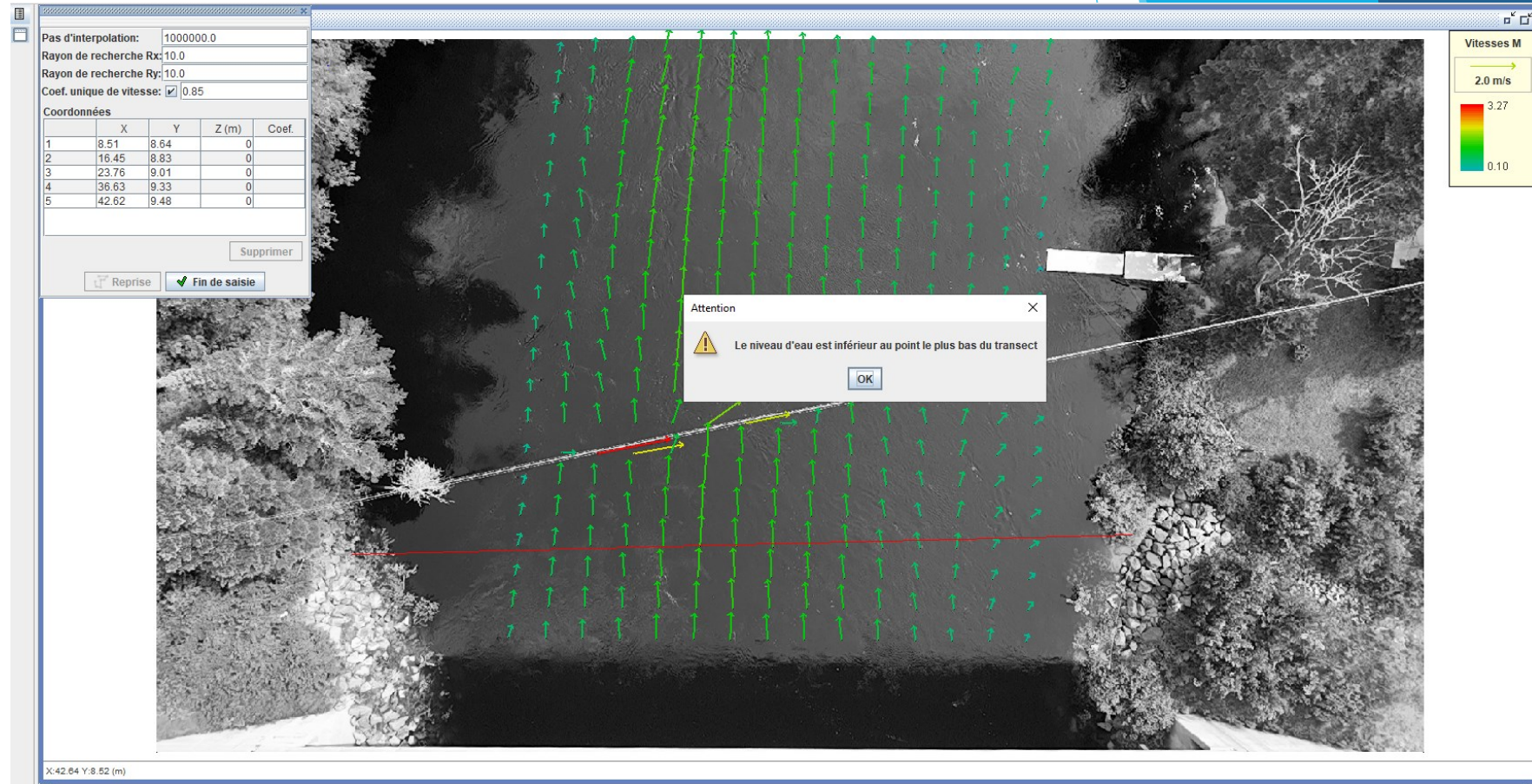
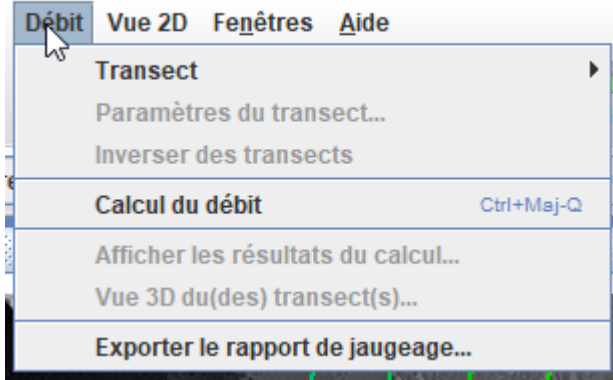
# Traitement Fudaa

► Ajouter un transect

2

!0230717\_stab\_transf\_vit\_filtre.lspiv.zip

1



# Traitement Fudaa

## ► Paramétrage du transect et calcul du débit

3

Pas d'interpolation: 1000000.0  
 Rayon de recherche Rx: 1.0  
 Rayon de recherche Ry: 3.0  
 Coef. unique de vitesse:  0.9

Index	X	Y	Z (m)	Coef.	Label
1	8.25	8.64	0	0.9	RG
2	8.51	8.65	-0.37	0.9	
3	11.91	8.74	-0.64	0.9	
4	12.19	8.75	-0.57	0.9	
5	12.51	8.76	-0.7	0.9	
6	12.78	8.77	-0.85	0.9	
7	13.15	8.78	-0.83	0.9	
8	13.62	8.79	-1.38	0.9	
9	14.09	8.81	-1.45	0.9	
10	14.58	8.82	-1.75	0.9	
11	15.21	8.84	-2.22	0.9	
12	15.8	8.86	-2.42	0.9	
13	16.41	8.87	-2.9	0.9	
14	17.14	8.89	-3.25	0.9	
15	17.86	8.91	-3.25	0.9	
16	18.48	8.93	-3.42	0.9	
17	19.28	8.95	-3.4	0.9	
18	20.04	8.98	-3.47	0.9	
19	20.73	9	-3.77	0.9	
20	21.46	9.02	-3.8	0.9	
21	22.16	9.04	-3.89	0.9	
22	22.84	9.06	-4.01	0.9	
23	23.42	9.07	-4.11	0.9	
24	24.02	9.09	-4.22	0.9	
25	24.59	9.11	-4.2	0.9	
26	25.1	9.12	-4.39	0.9	

Modification de la structure

4

ab\_transf\_vit.lspiv.zip\*

Débit Vue 2D Fenêtres Aide

- Transect
- Paramètres du transect...
- Inverser des transects
- Calcul du débit **Ctrl+Maj-Q**
- Afficher les r...
- Vue 3D du(de)
- Exporter le r...

image0001\_transf.pgm

Calcul du débit (Ctrl+Maj-Q)  
 Condition:  
 Un transect doit être défini et des résultats moyennés doivent exister

5

Niveau d'eau (m): 0.0

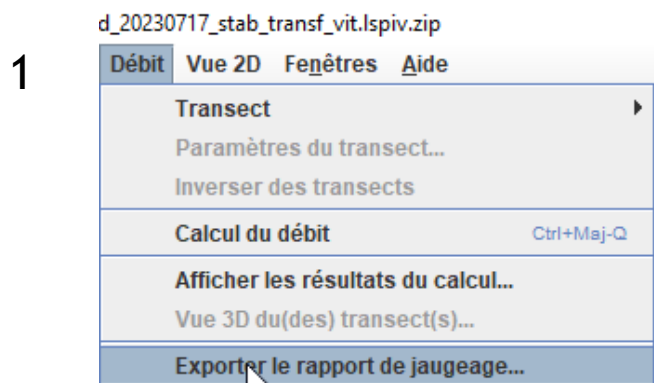
Liste des transects

N°	Coef. vitesse	Q total (m³/s)	Ecart (%)	Aire mouillée (m²)	Ecart (%)	Vit. moy. (m/s)	Ecart (%)	Q mesuré / Q total (%)
1	0.900	82.630	+0.0	103.574	+0.0	0.798	+0.0	97.347
Moyenne	0.900	82.630	+0.0	103.574	+0.0	0.798	+0.0	97.347

31

# Traitement Fudaa

## ► Exportation du rapport



2

The dialog box 'Champs à renseigner' contains a table for data entry:

Champ	Valeur
Code de la station	
Commentaire	
Conditions météo	
Date/heure de dépouillement	
Date/heure de mesure	
Date/heure du relevé bathymétrique	
Mesure dépouillée par	
Mesure réalisée par	
Nom de la station	
Numéro de mesure	
Type d'appareil prise de vue	

Buttons: Valider, Annuler

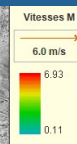
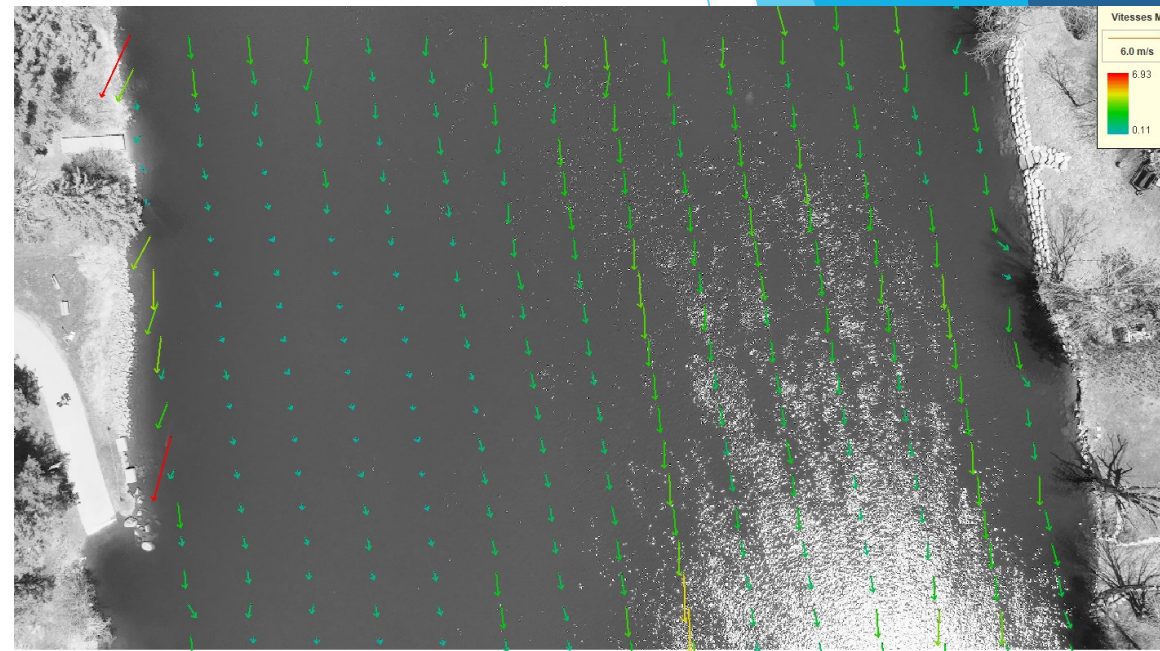
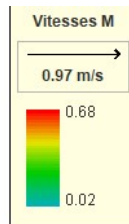
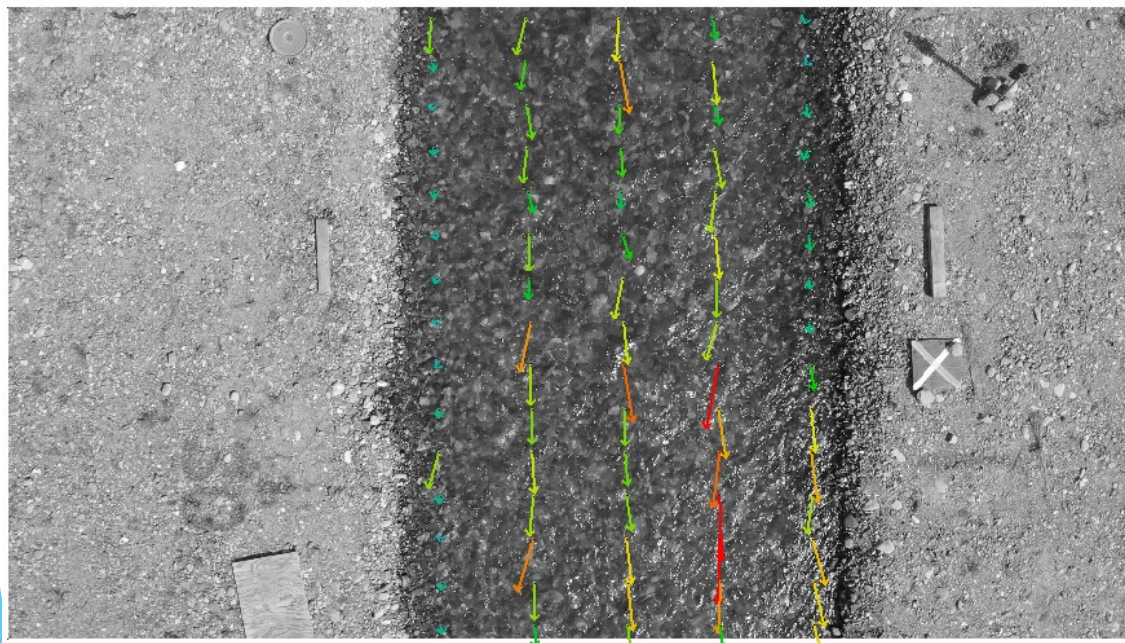
3

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	Nom du projet:	V2_Ispiv_BrasDuNord_20230717_sta	Version Fudaa-LSPIV:	1.9.1															
2	Code Station:	-	Numéro de mesure:	-															
3	Nom de station:	-	Date/Heure mesure:	-															
5	<b>Hauteur d'eau:</b>	0 m	<b>Débit moyen:</b>	81.354 m <sup>3</sup> /s															
6	Mesure réalisée par:	-	Ratio débit mesuré:	99.9 %															
7	Mesure dépouillée par:	-	Conditions météo:	-															
8			Date/Heure dépouillement:	-															
10	<b>Echantillonnage vidéo</b>																		
11	Nom du fichier:	DJI_20230717151820_0006_D.M	Début:	15 s	Fin:	75 s													
12	Images conservées:	1 / 2	Largeur:	1920 pix	Hauteur:	1080 pix													
14	<b>Paramètres des images</b>																		
15	Appareil de prise de vue:	-	Nombre d'images par secondes:	15															
16	Nombre d'images utilisées:	898	Intertemps entre images:	0.067 s															
18	<b>Stabilisation des images Active</b>																		
19			Densité des points:	Intermédiaire															
19			Modèle de stabilisation:	Similitude															
21	<b>Paramètres de l'orthorectification</b>																		
22	Mode:	Mise à l'échelle																	
22	Nombre de GRP:	-	Xmin:	0 m	Xmax:	54.931 m													
23	Erreur maxi sur les GRP:	-	Ymin:	0 m	Ymax:	30.899 m													
24	Résolution:	0.029 m/pix																	
26	<b>Paramètres LSPIV</b>																		
27	Taille de l'aire d'interrogation:	30 pix	<->	0.858 m															
28	Taille de l'aire de recherche	S1: 10 pix	<->	4.292 m/s	S2: 40 pix	<->	17.166 m/s												
29		S3: 15 pix	<->	6.437 m/s	S4: 15 pix	<->	6.437 m/s												



# Enjeux

## ▶ Éclairage et zone d'ombre



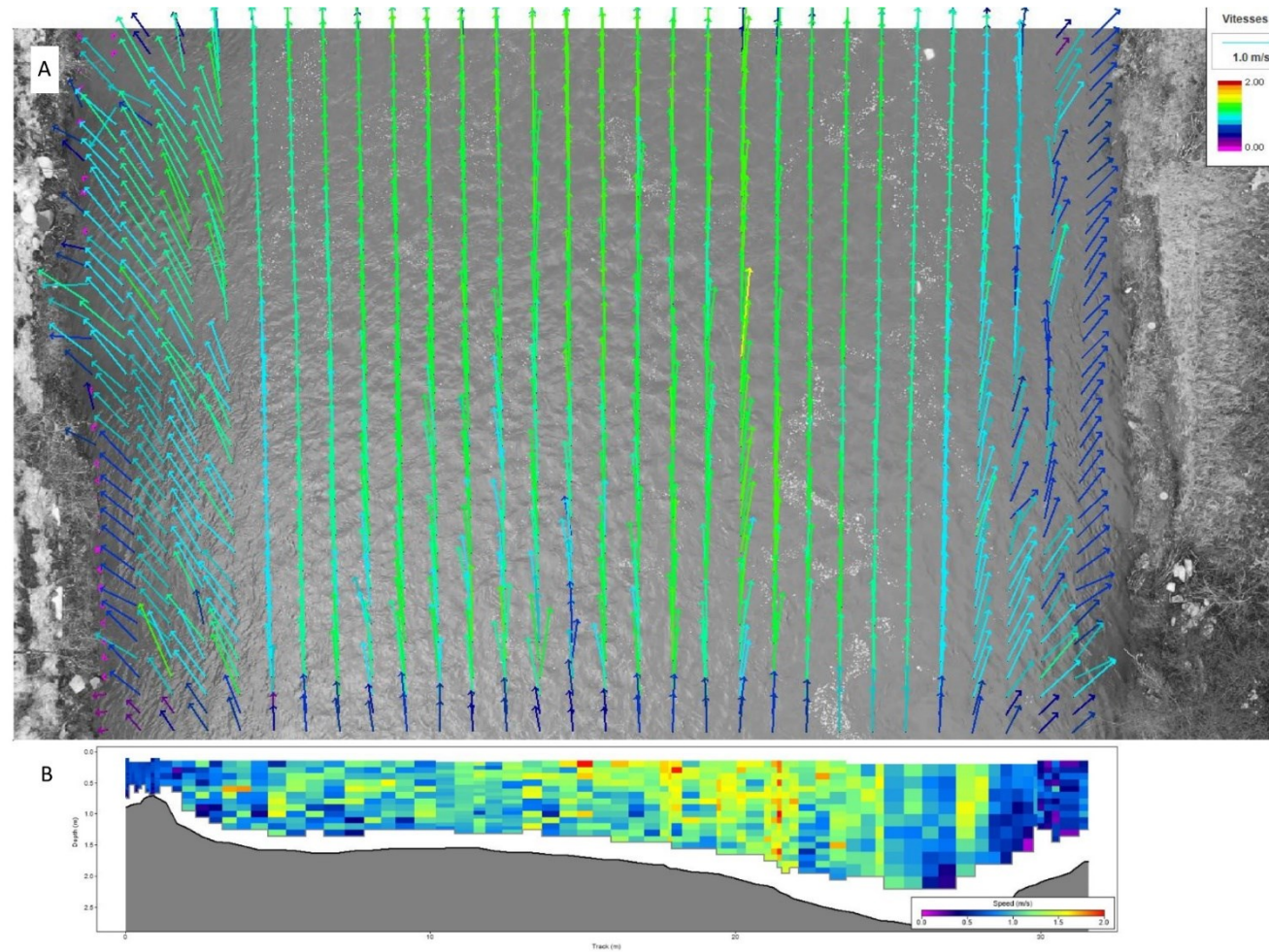
# Enjeux

- ▶ Accès à la rivière
  - ▶ Inondations : Accès aux berges pour prendre un niveau d'eau et placer les cibles pour la mise à l'échelle
  - ▶ Terrain escarpé, herbes à puces, terrain privé, trop de végétation, etc.



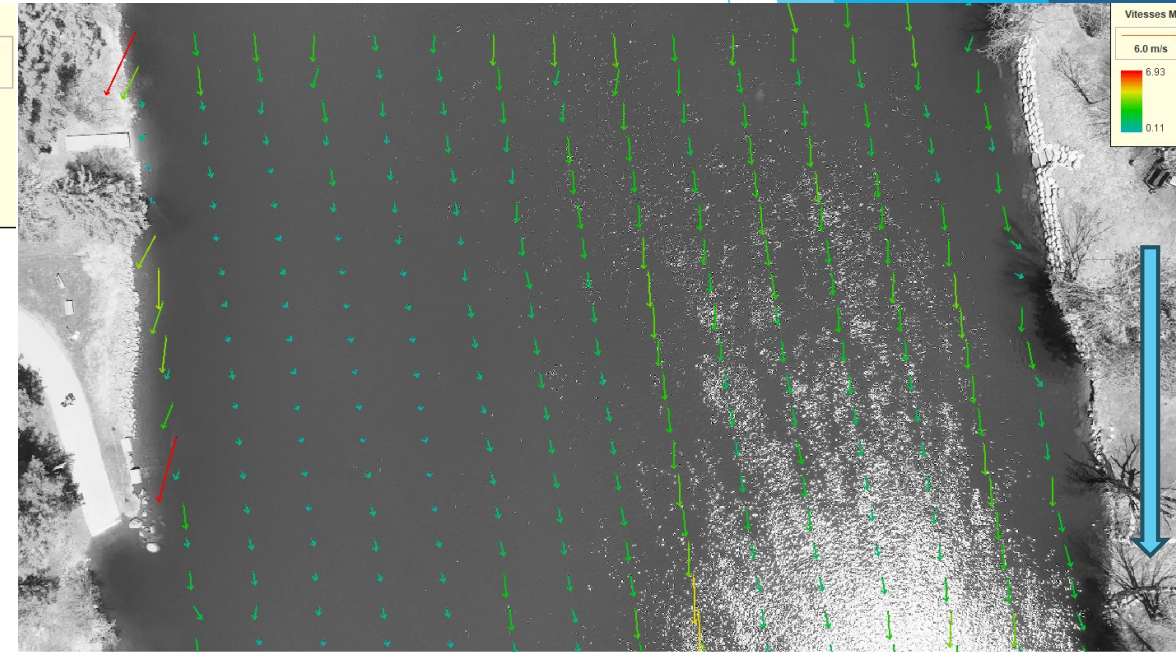
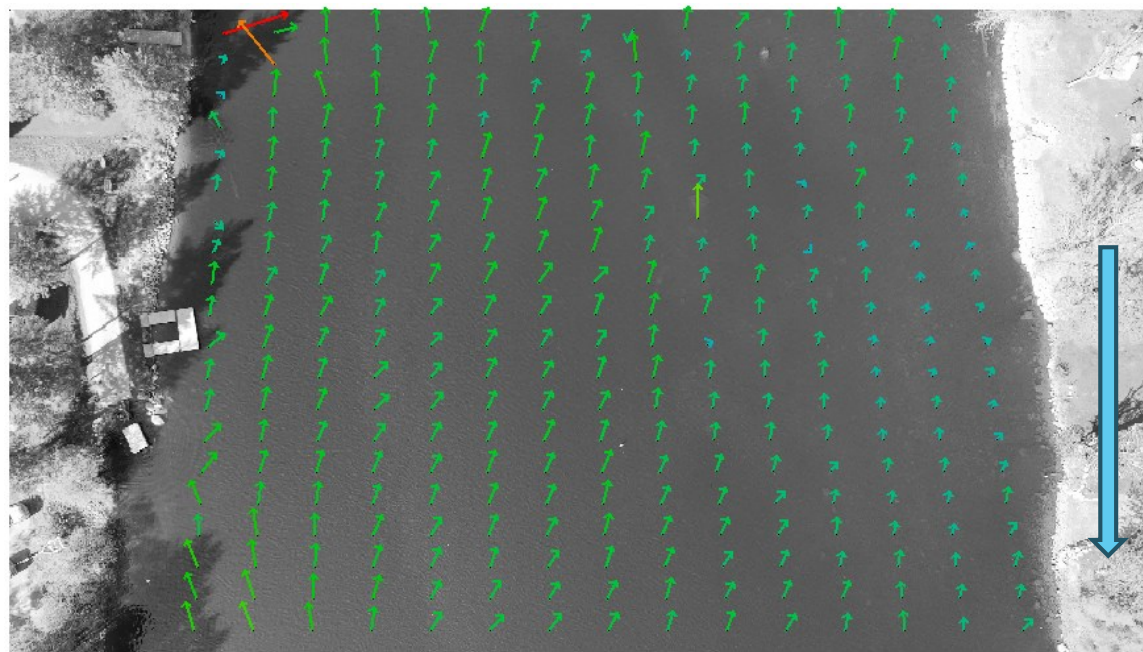
# Enjeux

- ▶ Traceurs : Peuvent être localisé



# Enjeux

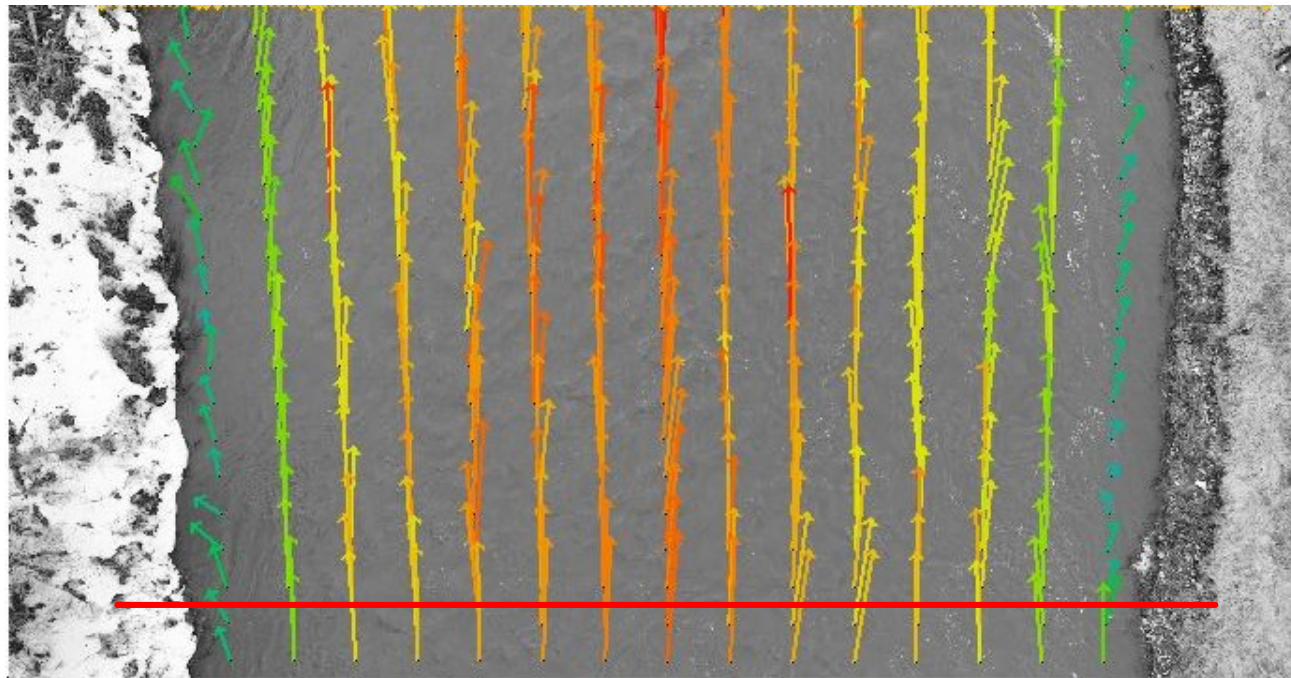
- ▶ Effet du vent sur le calcul des vitesses de surface



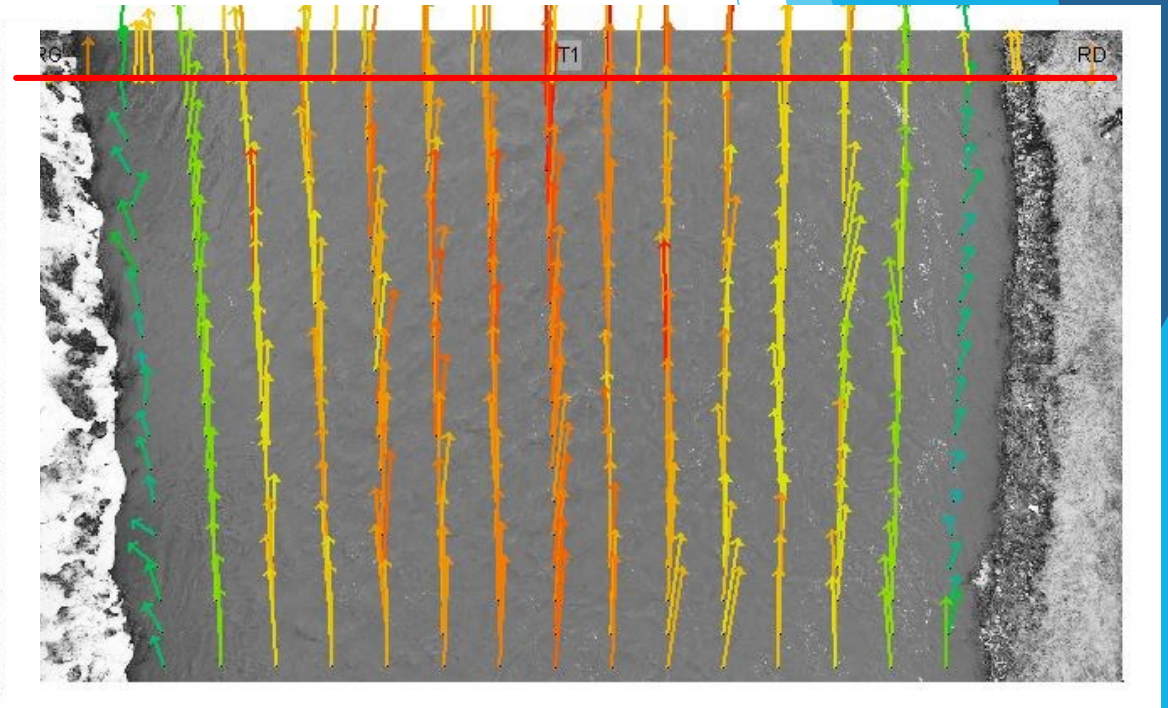
# Enjeux

- ▶ Effet de la position de la section bathymétrique sur le débit

Alpha 0,85 : 111,4 m<sup>3</sup>/s

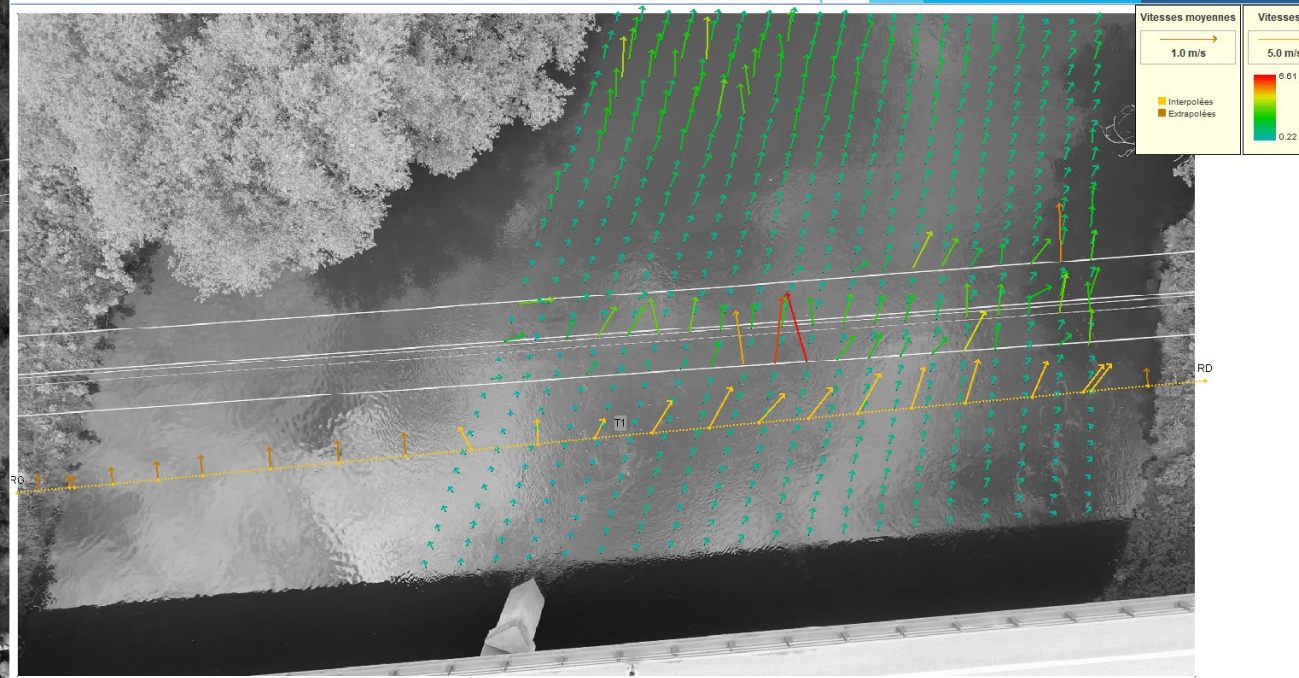
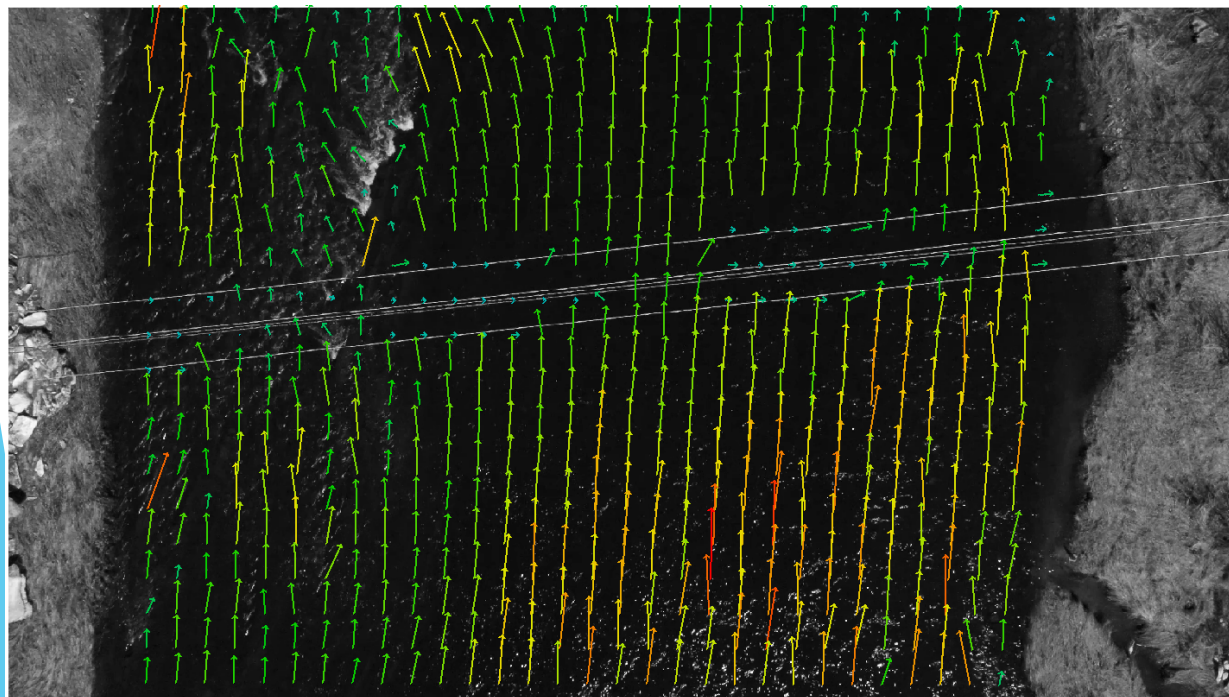


Alpha 0,85 : 116,5 m<sup>3</sup>/s



# Enjeux

## ► Impact de la végétation et autres obstacles



# Enjeux

- ▶ Effet de la pluie ou de la neige
  - ▶ Possible d'obtenir de bons résultats
  - ▶ Peut affecter les vitesses et la direction de l'écoulement (dans Fudaa)
  - ▶ À valider

Questions ?