



OLYMPIADES DE PHYSIQUE

FRANCE



Transformation des Rivières



Elèves
participants :
.M'Madi Hachim
.Ali Zaina
.Halidi Mariame
Professeur
encadrant :
M. Bachelet
Vincent

Transformation des rivières

Résumé :

Lors de ce projet nous nous sommes intéressés à la façon dont une rivière change de forme dans différentes surfaces : à partir de nos observations, nous avons constaté qu'une rivière pouvait changer sa forme en fonction de différents paramètres qui seront expliqués au fur et à mesure de ce rapport. Ces variations de forme amènent à une érosion du lit où se situe la rivière. A travers ce projet, nous avons pris plaisir à découvrir de nombreuses notions qui étaient nouvelles pour nous. Les démarches que nous avons suivies sont rapportées dans ce rapport.

Sommaire :

- I. Introduction
- II. Éléments théorique
- III. Expériences réalisés
- IV. Conclusion.

Introduction :

Toutes les rivières n'ont pas les mêmes formes. Nous trouvons parfois des rivières qui ont l'aspect d'une forme toute droite et d'autres, formant des courbes (sous forme d'hyperbole) ou même des formes de zigzag appelées des méandres. En observant ces différentes rivières, nous constatons que toutes ces formes évoluent au fil du temps. Nous nous sommes intéressés à l'évolution de ces différentes formes pour comprendre leur variation au cours du temps.

Nous avons porté nos premières expériences sur le terrain, précisément sur la plage, lorsque les marées étaient basses (entre marée très haute et marée très basse). Nous nous sommes intéressés aux petits écoulements d'eaux sur le sable, pour voir l'évolution des formes qui apparaissaient en fonction du temps. Ensuite, nous avons fait des expériences pour comprendre la question que nous nous sommes posés : Comment les formes d'une rivière changent et varient au fil du temps ?

Notre motivation était de savoir combien de temps approximativement les habitants de la maison (photo au dessus) avaient avant de devoir quitter les lieux.

Cela nous a amené à nous demander comment les méandres d'une rivière évoluent dans le temps ; et quels paramètres influencent ces évolutions.

Éléments théoriques :

Une rivière n'est pas juste un écoulement d'eau. De nombreux phénomènes géologiques et physiques s'y mobilisent.

Une rivière :

Une rivière est un écoulement d'eau sur un lit. Il peut s'agir d'un lit naturel ou d'un lit artificiel (créé par l'Homme). On parle d'une rivière si l'écoulement d'eau est continu dans le temps. Une rivière peut également avoir plusieurs formes au fil du temps. Ces différentes formes dépendent de plusieurs paramètres tel que, la pente, le débit de l'eau et le débit des sédiments. C'est-à-dire, la vitesse que se déplacent les objets érodés par l'eau pendant un certain temps. Ces paramètres sont liées les uns sur les autres. Par exemple, si l'angle d'élévation de la pente est très important, alors le débit d'eau sera plus important lui aussi. Et quand le débit d'eau est important, il fait augmenter le débit des sédiments.

Ensuite, une rivière érode son lit au cours du temps. À la fois en profondeur et en largeur. Ces différentes érosions aboutissent à des formations de méandres ou des tresses ; qui modifient en retour l'écoulement de l'eau. Ainsi la forme de la rivière agit sur l'écoulement, qui lui même rétroagit sur la forme de la rivière...



Un méandre :

Un méandre est une forme d'arc que peut former une rivière. "Au départ, l'écoulement d'eau va déposer des limons à intervalle réguliers. Ces limons vont former des bosses qu'on appelle des houflons. Et à cause de ces bosses, la rivière va être obligée de tourner. En fait, une rivière forme un méandre, lorsque sa pente est faible." « source : vidéo de c'est pas sorcier sur les méandres »

Par contre, la pente ne peut pas être trop faible car sinon elle formerait un lac.



Elle ne doit pas être trop élevée non plus, car alors l'eau tend à aller tout droit et le méandre à disparaître.



Il existe des rivières qui ont formé des beaux méandres ressemblants à un fer de cheval par exemple. « *Rivière vltava* ».

La durée de la formation d'un méandre et son évolution varient avec la nature du lit. De l'ordre de la centaine de milliers d'année pour le Pont d'Arc en France (calaire), mais seulement quelques minutes pour les écoulements sur la plage à marée basse (sable). Entre les deux, il y a les rivières qui évoluent en dizaine d'années (par exemple l'Amazonie), ou bien les écoulements de laboratoire en quelques heures.



Par ailleurs, la végétation est aussi importante : un lit constitué de sable seul évoluera vers des tresses, tandis qu'un autre entouré de végétation pourra conserver son cours d'eau unique et ses méandres. Nous l'expliquerons après la présentation de la dynamique d'un méandre.

Evolution d'un méandre

L'évolution d'un méandre est gouvernée par l'érosion des sédiments d'une rive et le dépôt des sédiments de l'autre. Les deux paramètres principaux en jeu sont :

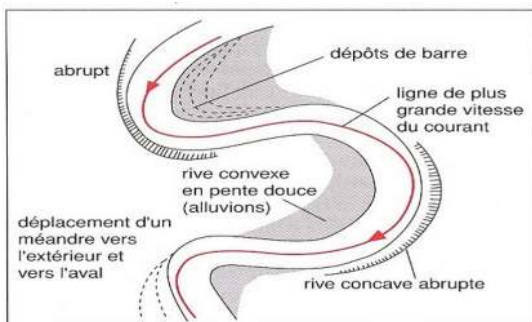
- le débit d'eau ;
- le débit de sédiments

Le débit d'eau :

Tous les jours les rivières érodent leur lit. Mais, quand le débit d'eau est faible, l'eau érode lentement le lit ; et quand le débit de l'eau est très fort, l'eau coule rapidement avec une grande force appliquée, alors, l'eau érode beaucoup de quantité de sédiments. Dans une rivière, l'eau a tendance à suivre une trajectoire rectiligne. Mais lorsque l'eau arrive devant un méandre (sorte de virage), une force centrifuge est appliquée et l'eau érode plus dans les méandres qu'ailleurs. Cette force centrifuge varie en fonction du débit d'eau. C'est-à-dire, plus la vitesse est élevée, plus cette force est importante ; et c'est ainsi qu'en érodant de plus en plus le lit, la largeur des méandres augmente dans le temps.

Mais cette érosion ne se fait pas de la même manière dans les deux rives du méandre. Dans la rive concave, la vitesse du courant est plus forte ; l'eau arrive avec beaucoup de force (sur l'extérieur du méandre) ; pour cela, l'eau rabote l'extérieur du méandre et donc érode plus au niveau de la rive concave.

Alors que dans la rive convexe, la vitesse du courant est plus faible ; et l'eau qui érode l'extérieur arrive plus lentement sur l'intérieur et dépose les sédiments qu'elle transportait sur cette rive et avec le temps, les sédiments déposés ici vont former des surfaces sous forme de plage. « source : [Méandre - Vikidia, l'encyclopédie des 8-13 ans](#) ».



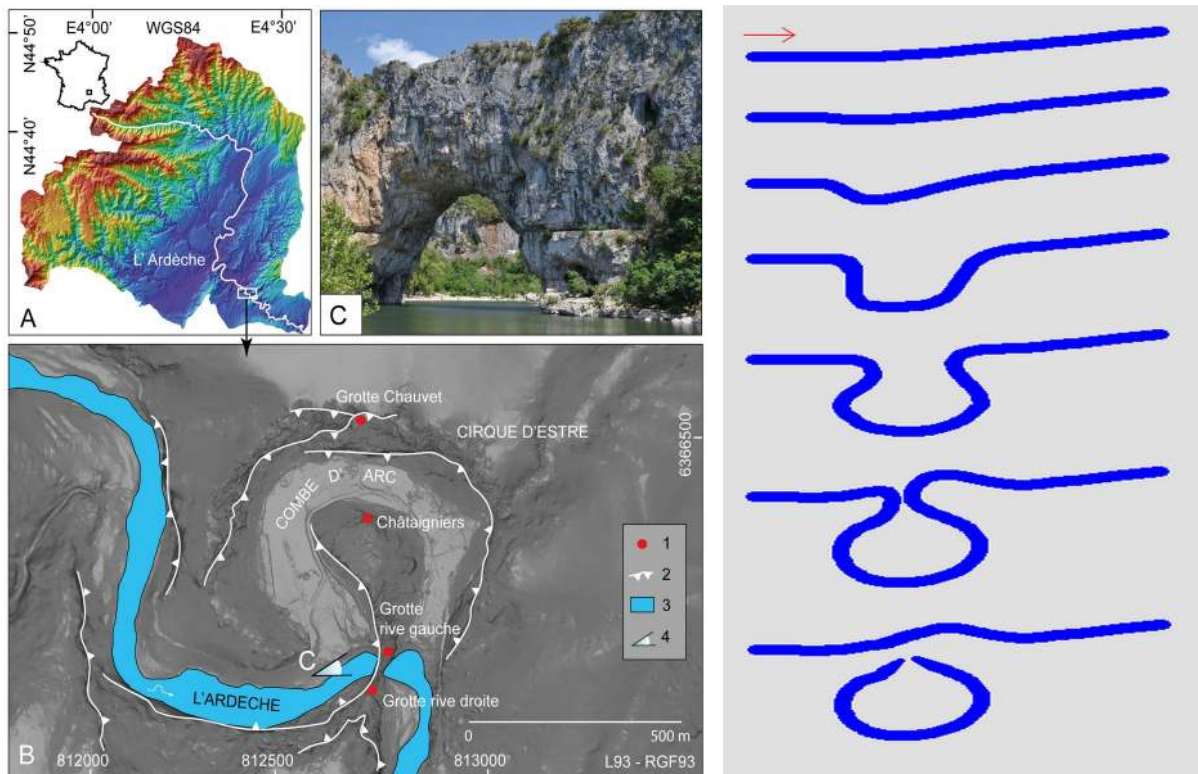
Débit des sédiments :

Ce paramètre est lié à celui du débit de l'eau. En fait le débit des sédiments est important sur le développement de l'érosion. En effet, s'il y a beaucoup d'érosion ; cela veut dire que le transport des matières est important. (L'eau érode beaucoup et rapidement son lit).

Ensuite, ces deux paramètres peuvent être modifiés par des facteurs environnementaux (des agents de l'érosion). En effet, le vent ; la pluie. Ces facteurs permettent de modifier le débit de l'eau et le débit des sédiments. Ces paramètres étant augmentés par ces facteurs,

arrachent des fines particules ou même des fragments de roches. En fait, le vent fait orienter le mouvement de l'eau dans un sens et fait bien accélérer le débit de l'eau ; et si celui-ci est orienté vers l'extérieur du méandre, l'eau va être en collision avec la rive convexe et donc, cette collision peut amener à l'érosion de la rive ; et fait augmenter la largeur du méandre.

Ces deux phénomènes (érosion sur une rive ; et sédimentation sur l'autre rive) font changer petit à petit la forme du méandre. En effet, l'érosion sur la rive concave permet de faire étaler le méandre précisément la largeur du méandre. Et en même temps, sur l'autre rive, la rive convexe, il y a le phénomène de la sédimentation qui se réalise. C'est à dire, les sédiments transportés arrachés sur la rive concave par le flux de l'eau sont transportés et déposés dans les autres rives convexes. Ces deux phénomènes qui se déroulent en même temps ; font que deux convexes augmentent leurs surfaces et finiront par se rejoindre et donc une autre trajectoire apparaît. Ou l'érosion de deux rives concaves fini par se rejoindre, et de la sédimentation qui va se trouver à cette intersection donnant naissance à une nouvelle trajectoire. Et la formation de ces deux nouvelles trajectoires laisse derrière eux ce qu'on appelle un 'bras mort'.



Enfin, l'évolution d'un méandre est influencée par la liquéfaction du lit. C'est-à-dire, la quantité de l'eau que contient le lit. En fait, si le lit est gorgé d'eau, la terre se détache facilement que s'il y a moins d'eau dans le lit.

Pourquoi certaines rivières forment des tresses ?

Pour qu'un canal unique persiste, il faut que l'érosion de la rive extérieure soit totalement compensée par la déposition de l'autre rive.

Si la rivière est entourée d'une végétation, ces deux paramètres sont équilibrés et donc la largeur de la rivière ne change pas au fil du temps ; seule sa forme qui change. Et la rivière se déporte en suivant le méandre.

Par contre, s'il n'y a pas de la végétation autour, l'érosion des matières minérales d'un côté se fait plus rapidement que le dépôt de celles-ci de l'autre côté. Et donc la largeur de la rivière augmente. La profondeur du lit diminue donc car le flux d'eau est conservé. Jusqu'au moment où les points les plus hauts du lit ressortent et donnent naissance à une bifurcation. Ce qui donne bien la formation des tresses. « source : "Parker 2010" ».

Expérience réalisé :

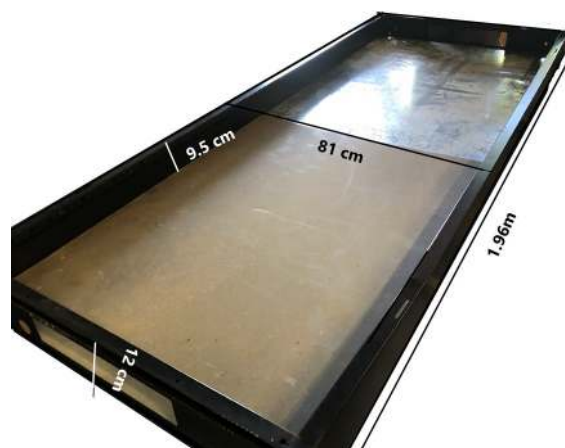
Nous souhaitons étudier la vitesse de déplacement d'un méandre en fonction du débit d'eau et de la pente du lit. Pour cela, devons créer une rivière artificielle.

I. Expérience sur la caisson

Les contraintes sont les suivantes :

- ✓ Avoir une surface grande pour pouvoir observer les évolutions de la rivières (les méandres doivent pouvoir se développer ; mais pas trop, car il y auraient des contraintes sur la construction ; son transport ; le lieu de la réalisation de l'expérience).
- ✓ Avoir la capacité de résister à une charge importante (environ 300kg de sable + l'eau associée).
- ✓ Devoir être imperméable.

Réalisation d'un cadre de dimension : environs 2 m de longueur sur 1 m de largeur.



Le caisson est constitué d'un bac de rangement de container modifié. Ces modifications nécessitant des soudures et la manipulation de scies, elles ont été réalisées par un agent technique du lycée :

1ère étape : Découpage de la tôle du fond du caisson.

Cette étape nécessitait beaucoup de précision car il faut qu le fond s'ajuste parfaitement aux bord du caisson. Du jeu signifiant une difficulté ultérieur supplémentaire d'étanchéification. L'agent technique qui a réalisé la découpe (à l'aide d'une mini meuleuse) a limité à 1 mm l'erreur.



2e étape : Ébavurage et ajustement sur le fond du cadre.



Après chaque découpe, l'agent a fait un **ébavurage** : enlever la bavure de la tôle sur les cotés coupés de manière à avoir une ligne de coupe lisse.

Ensuite, pour que la tôle rentre dans le cadre, nous avons dû faire face à une première problématique : arriver à faire entrer la tôle. Pour résoudre ce problème, l'agent technique a dû couper la tôle en deux avec beaucoup de précision. De plus, il a écarté les bords du bac avec des serre-joints. Puis les a resserré de la même manière.



3e étape : Soudage de la tôle.

Cette étape est délicate car il ne faut pas que la tôle bouge, y compris lors de la dilatation thermique du métal pendant la soudure. Pour procéder à cela, l'agent a serré le cadre avec la tôle à l'intérieur. Puis il a placé des aimants électromagnétiques pour retenir la tôle lors du soudage. Ensuite, il a défini un intervalle de 20cm entre deux points du soudage du bac, pour que la tôle s'attache bien avec le cadre.



4 e étape : Fixation des pieds

Pour fixer les pieds, nous avons procédé à différentes étapes :



1.Essuyage des pieds

2.Perçage pieds et bac

3.Fixation des pieds sur le caisson.

5 e étape : imperméabilisation du bac et peinture



1.Imperméabilisation du bac par silicone

2.peinture

6 e étape : Imperméabilisation du bac avec une bâche et ajout du sable (sable fin pour crépi)



En parallèle de cela, et comme la préparation de l'expérience prenait du temps, nous avons réalisé des expériences sur le terrain. Plus exactement sur la plage.

II. Expérience sur la plage

Sur certaines plage de Mayotte, il se forme des petites rivières à marée basse. Leur alimentation en eau provient de petits lacs formés autour des rochers découverts par la marée.

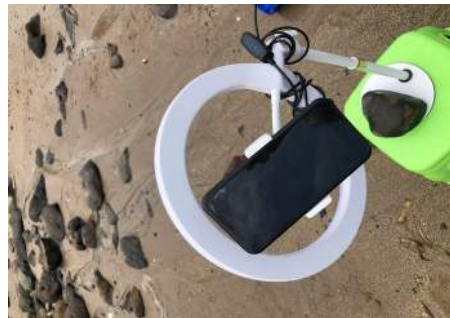
Déroulement de l'expérience

Pour notre expérience nous avons cherché sur marée basse , des méandres afin de pouvoir comprendre la formation des formes des rivières. Nous avons placé notre caméra (smartphone) sur une pied de type ring light , mesuré l'inclinaison de la pente avec le smartphone ; puis nous commençons à filmer.



De cette manière nous avons remarqué que la vidéo n'était pas très net parce que la ring light était beaucoup trop basse donc nous n'avions pas une vue de haut pour pouvoir voir les transformations.(problèmes rencontrés)

Solution trouvée—> Nous avons ramené une chaise à la plage et posé le support de la caméra dessus afin d’avoir une vue de haut.



Ensuite, pour mesurer le débit d’eau, nous avons utilisé un seau pour récupérer l’eau et la peser. Cependant, la difficulté a ensuite été de trier l’eau du sable en même temps.

Nous avons eu beaucoup de difficulté à récupérer l’eau sur le lit. Pour cela, depuis le début de l’expérience, nous avons posé notre seau jusqu’à la fin de la vidéo, soit dans une durée de 20 min pour avoir une quantité suffisante pour peser. Nous avons creusé un petit trou pour pouvoir poser le seau de manière que l’eau arrive à entrer facilement dans le seau.



Solution trouvée—> Nous avons transvasé l’eau dans un autre seau pour n’avoir que l’eau.

La balance utilisé est une balance mécanique pouvant peser une masse jusqu’à 20kg. Afin de limiter l’incertitude de mesure le plus possible, nous donc avons prélevé la plus grande quantité d’eau possible.



Masse de l'eau : 0,90 kg.

Puis avec cette masse, nous avons déterminé le volume v de l'eau.

1 kg \longleftrightarrow 1 L

$$V_{eau} = 0,90 \times 1 = 0,90 \text{ L.}$$

Avec ces résultats, nous avons calculé le débit de l'eau.

$$\text{Débit d'eau} = \frac{V_{eau}}{\Delta t} = \frac{0,90}{20 \times 60} = 0,75 \text{ mL/s}$$

Il est à noter que nous n'avons mesuré qu'une partie du débit d'eau total. Nous sous-estimons donc le débit total d'un facteur compris entre 1 et 10. Nous pouvons donc retenir que le débit d'eau total est de l'ordre de quelques mL/s.

Enfin, nous avons mesuré la pente du lit : entre 1° et 3° au début de l'expérience et . Et entre 2° et 4° à la fin. Nous en déduisons que l'inclinaison de la pente ne change pas de manière significative compte tenu de notre précision.

III. Pointage vidéo

Après la réalisation de nos expériences sur la plage, nous avons voulu mesurer la vitesse de déplacement d'un bras de rivière.

Pour cela nous avons fait **un pointage vidéo** :

Nous avons utilisé un logiciel nommé "**Tracker**".

Réalisation du pointage :

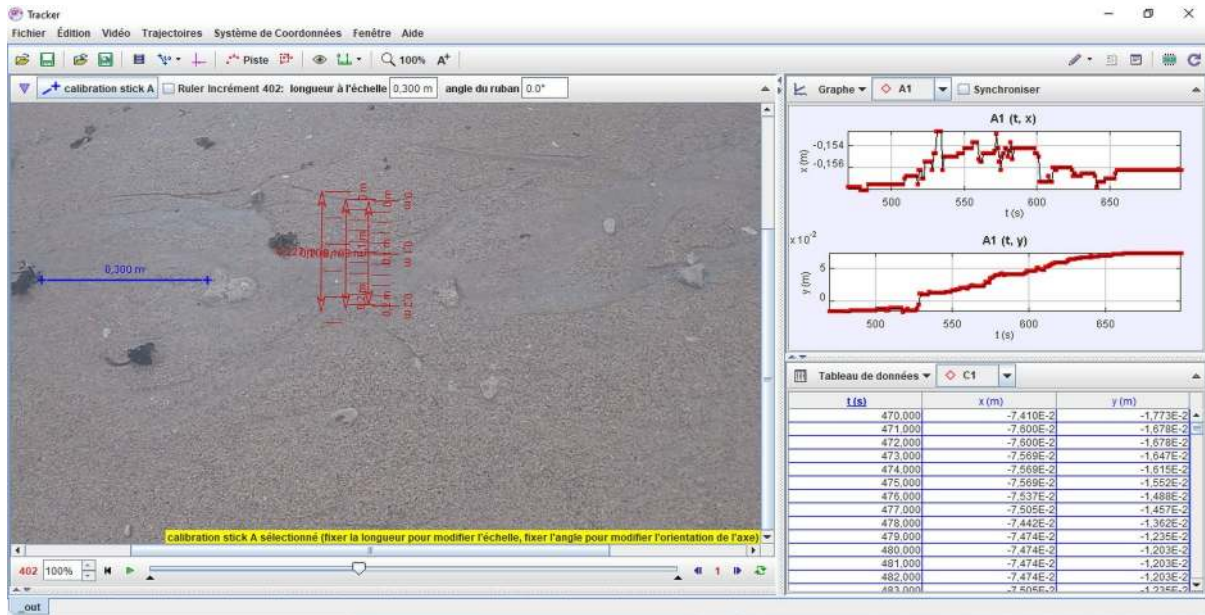
1ère étape : il faut repérer un bras de méandre qui évolue bien ;

2e étape : Nous ajoutons un repère perpendiculaire à l'écoulement pour ne pointer que le déplacement latéral du bras.

3e étape : nous cliquons, pour chaque image du film, sur l'intersection du repère et du bord du lit de la rivière

4e étape : sur le graphique représentant le déplacement latéral y en fonction du temps, on estime la vitesse moyenne de déplacement en mesurant la pente moyenne de la droite.

Remarque : Nous avons défini l'échelle à partir de deux pierres de distances connues visibles sur la vidéo



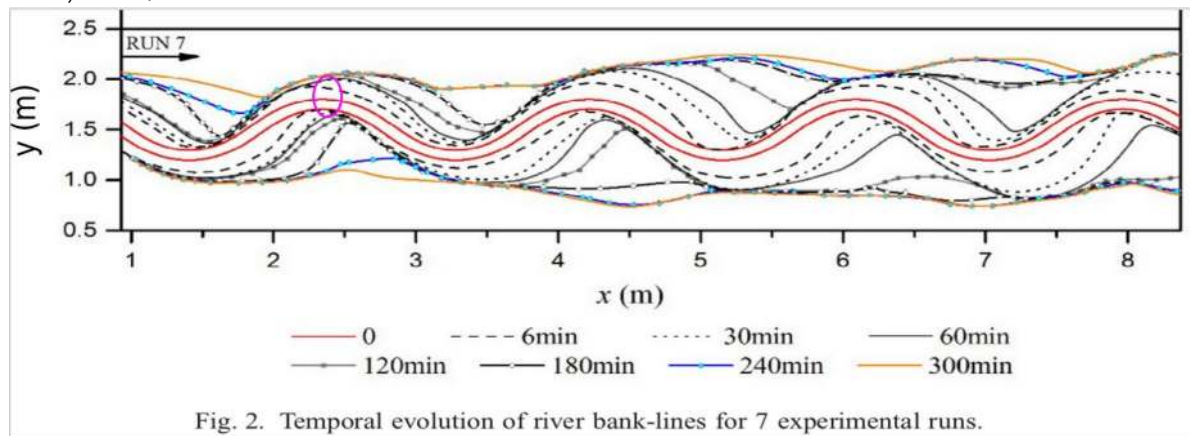
Mesure : entre $t_1 = 535s$ et $t_2 = 650s$

$$\text{Vitesse} = \text{pente moyenne} = \frac{(7-1) \text{ cm}}{(650-535) \text{ s}} \approx 0,5 \text{ mm.s}^{-1}$$

Ensuite, nous avons filmé une autre vidéo, et à partir du pointage vidéo que nous avons fait dessus, nous trouvons une valeur de vitesse similaire à la première vidéo, soit environ **0,5 mm/s**.

Nous avons tenté de comparer ces valeurs avec celle que nous trouvons dans la littérature scientifique. Nous avons ainsi trouvé une vitesse de l'ordre de 0,3 mm/s chez Song et al 2016.

Pour calculer cette valeur scientifique (0,3 mm/s) ; nous nous sommes intéressés à la distance parcourue par le lit entre les instants $t=0$ min et $t=6$ min (cercle en violet que nous ajoutés). Nous avons trouvé ainsi une distance de l'ordre de 0,1 m en 6 min, soit une vitesse de 0,3 mm/s environ.



« Figure extraite de l'article de Song et al. 2016. »

« Source : Song, X., Xu, G., Bai, Y., & Xu, D. (2016). Experiments on the short-term development of sine-generated meandering rivers. *Journal of Hydro-environment Research*, 11, 42-58. »

Attention : cette valeur est à prendre avec beaucoup de précautions car elle n'est pas donnée directement par les chercheurs eux-même. De plus, elle concerne un écoulement d'un débit de l'ordre de 1L/s, soit quelques centaines de fois plus que nous.

Un travail d'investigation bibliographique est donc encore nécessaire pour comparer notre valeur.

Conclusion :

Nous avons pris le plaisir de réaliser nos expériences pour bien comprendre une rivière et ses évolutions au fil du temps. Mais nous n'avons pas eu de temps de mettre en place notre expérience. Cependant, nous avons quand même réussi à mesurer une vitesse de déplacement d'un bras de rivière.

Lors de nos expériences, nous avons de plus retrouvé le fait qu'une rivière dont le lit est constitué de sable uniquement tend à former des tresses.

Pour aller plus loin , il nous faut d'autres mesures sur le terrain pour comparer avec celles que nous avons obtenu. Ensuite, nous comparerons nos valeurs avec celles de la littérature scientifique. Puis nous allons finir de monter l'expérience pour avoir un contrôle sur les paramètres (débit d'eau et pente du lit).

Nous en saurons alors peut-être un peu plus pour répondre à notre question de départ, à savoir : combien de temps ont les habitants de la maison de la photographie de couverture avant que la rivière n'érode la rive jusqu'à eux ?

Bibliographie :

- Song, X., Xu, G., Bai, Y., & Xu, D. (2016). *Experiments on the short-term development of sine-generated meandering rivers*. *Journal of Hydro-environment Research*, 11, 42-58.
- Parker, G., Shimizu, Y., Wilkerson, G. V., Eke, E. C., Abad, J. D., Lauer, J. W., ... & Voller, V. R. (2011). *A new framework for modeling the migration of meandering rivers*. *Earth Surface Processes and Landforms*, 36(1), 70-86.
- Limaye, A. B. (2020). *How do braided rivers grow channel belts?*. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 125(8), e2020JF005570.