

Récupération d'eau : les filets à brouillard

Clémence Fléchelle Margot Berny Tarente Simon Pelissier

Mise en contexte

De nos jours de plus en plus de pays n'ont pas les moyens nécessaires pour répondre à la demande en eaux lors de période de sécheresse. Une solution à ce problème est la mise en place des filets à brouillard dans des zones propices à la formation de brouillard, dans le but de récupérer une quantité non négligeable de cette eau. Notre objectif a été de mettre en place une expérience essayant de reproduire les conditions d'un brouillard et nous avons regardé plus en détail, en fonction du type de filet que nous prenons, l'évolution du volume récupéré en fonction du temps, la taille de la goutte en fonction du diamètre de la fibre et finalement l'évolution des gouttes le long d'un fil.

Filets étudiés

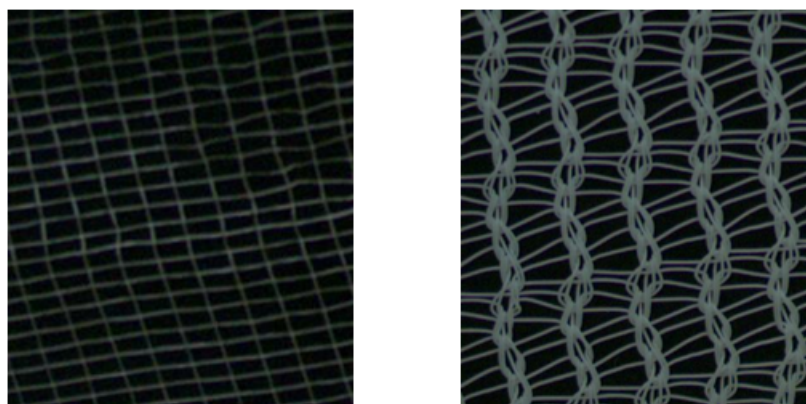


Figure 1. Filet 2 et 3

Evolution du volume récupéré en fonction du temps

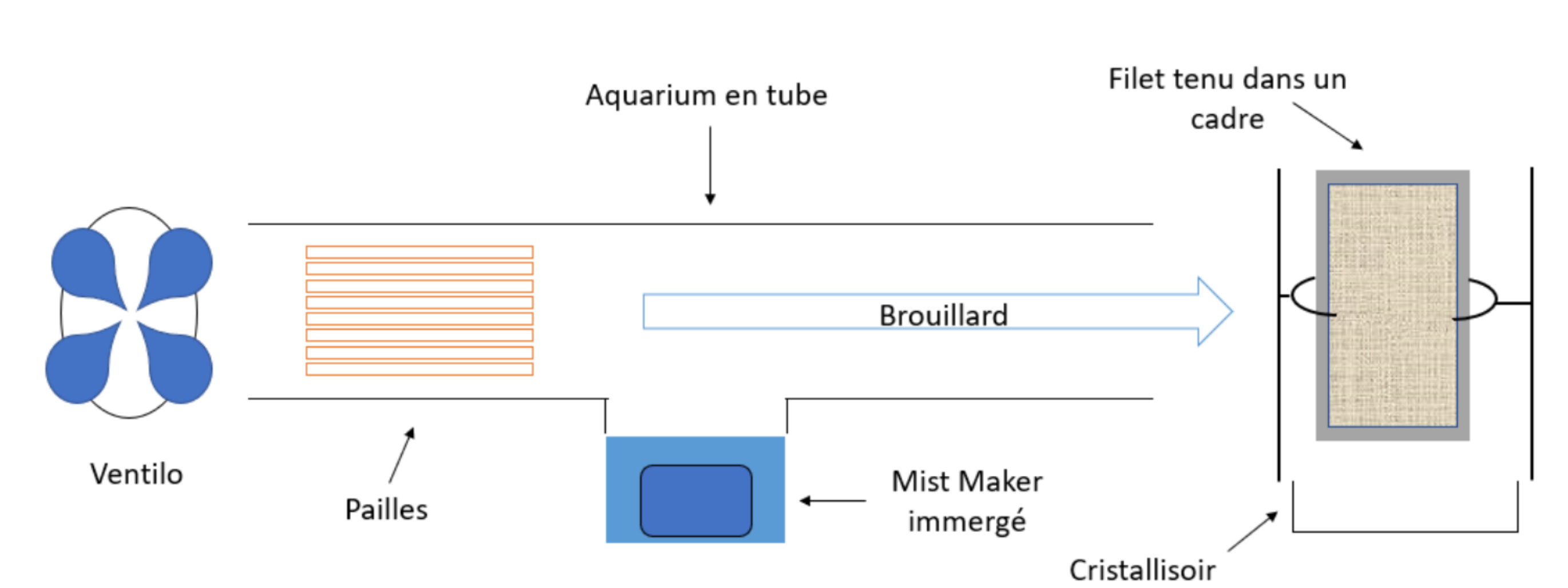
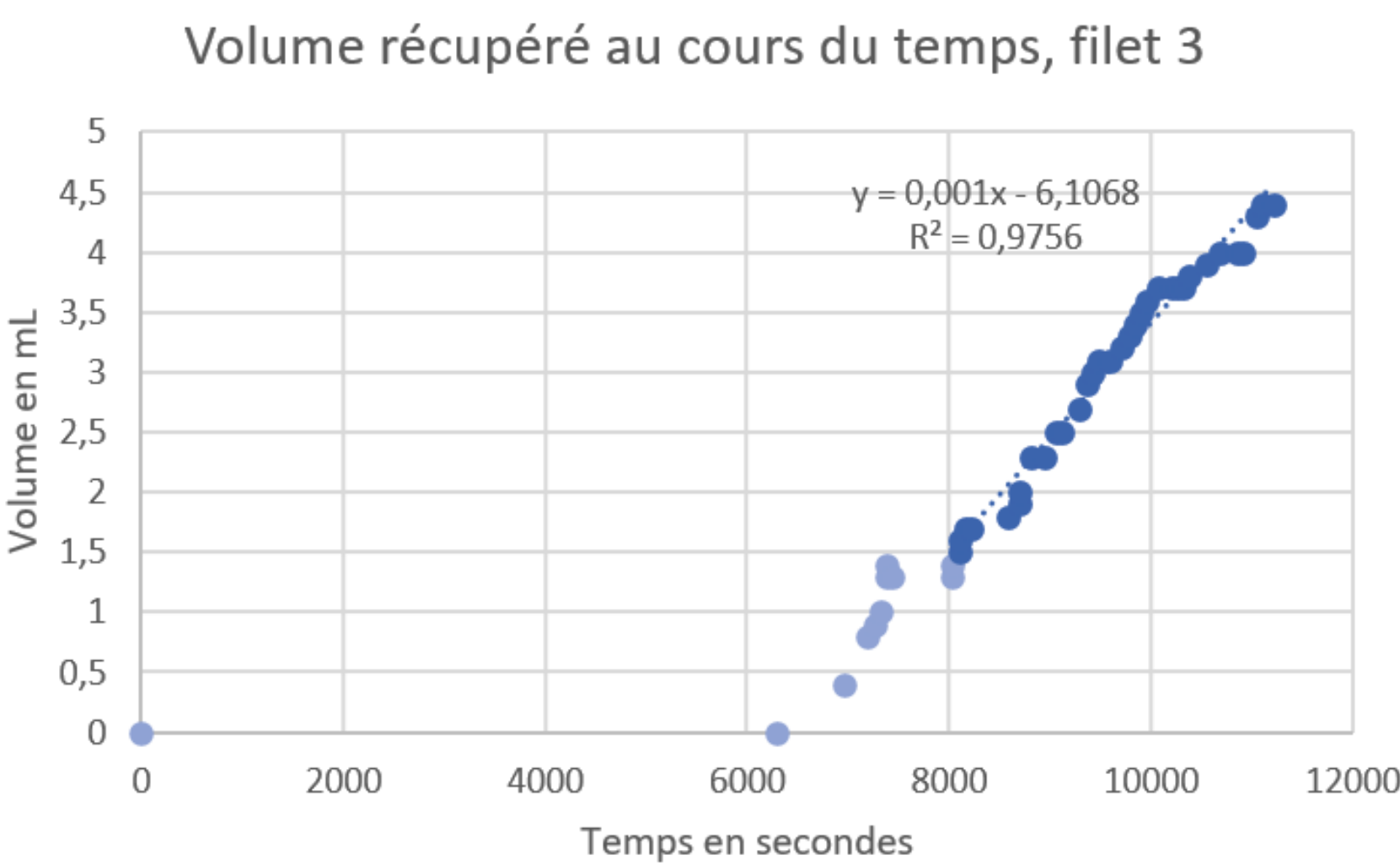
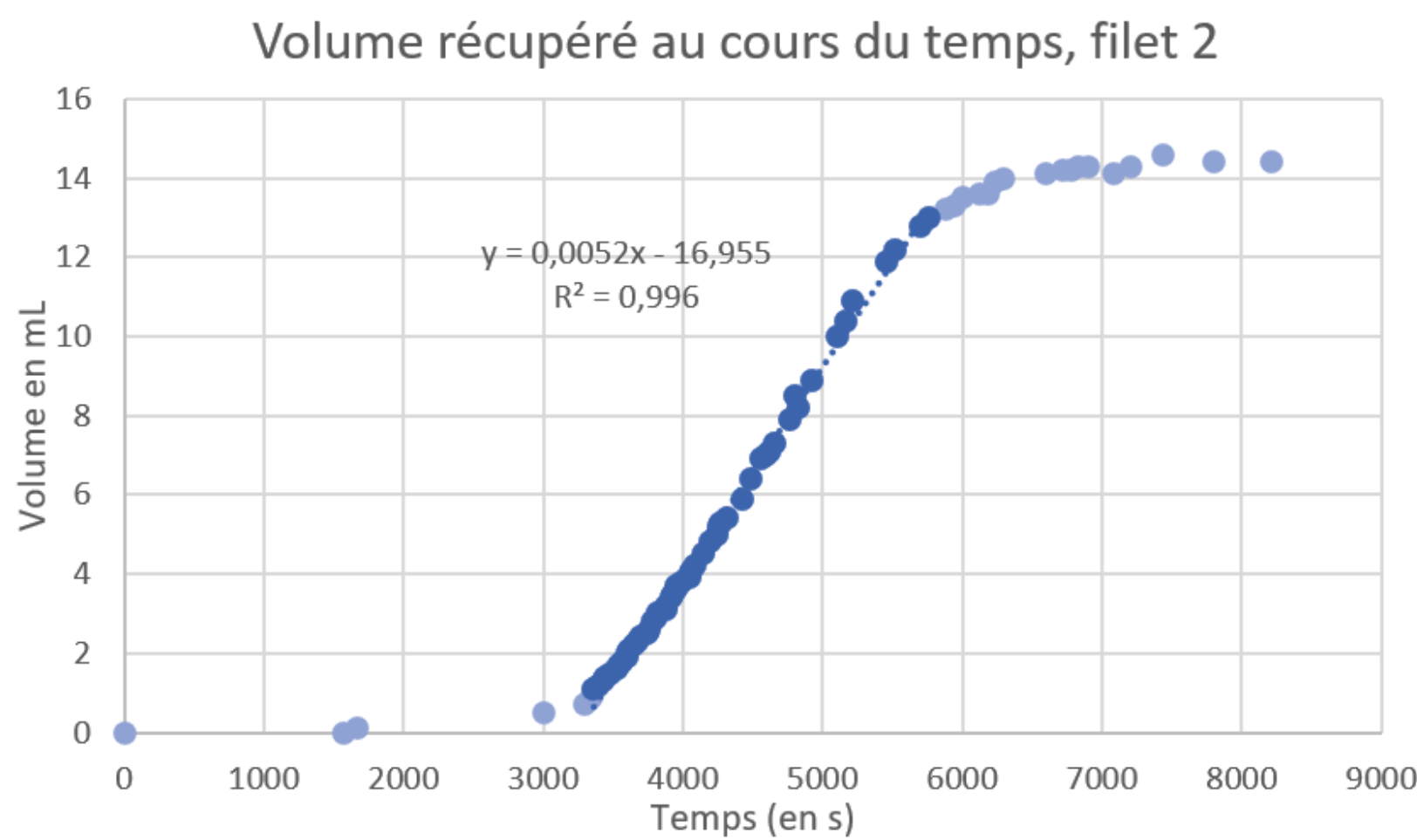


Figure 2. Schéma de l'expérience d'évolution du volume

Hypothèse : température de la salle constante

Le Mist Maker est un humidificateur vibrant qui émet un brouillard une fois immergé.



Dans un premier temps, le filet se charge en eau, puis il atteint un régime stationnaire durant lequel on peut calculer un débit récupéré par le filet. Dans le cas du filet 2, le plateau atteint correspond à une limite de notre montage : peut-être du à l'ouverture d'une fenêtre dans la salle causant un déplacement de l'équilibre entre l'évaporation des gouttes et leur poid qui tend à les faire tomber.

| | |
|---------|------------|
| filet 2 | 18,72 mL/h |
| filet 3 | 3,6 mL/h |

Table 1. Débits en régime stationnaire

Taille de la goutte en fonction du diamètre de la fibre

Lorqu'une goutte s'accroche à un fil il y a un équilibre entre la tension de surface et le poids de la goutte, cela donne un rayon maximal R_{max} pour la goutte au delà du quel elle se détache.

$$R_{max} = \left(\frac{3}{4} l_c^2 \Delta \cos(\theta) d_f \right)^{\frac{1}{3}}$$

où $l_c = \frac{\gamma}{\rho g}$ la longueur capillaire avec γ tension de surface en N/m

d_f le diamètre du fil

$\Delta \cos(\theta)$ l'hystérésis d'angle de contact, soit la différence entre le cosinus de l'angle d'avancée et de reculée de la goutte, ici c'est un paramètre que l'on va affiner pour notre expérience Finalement nous avons mis en place notre expérience de la manière suivante :

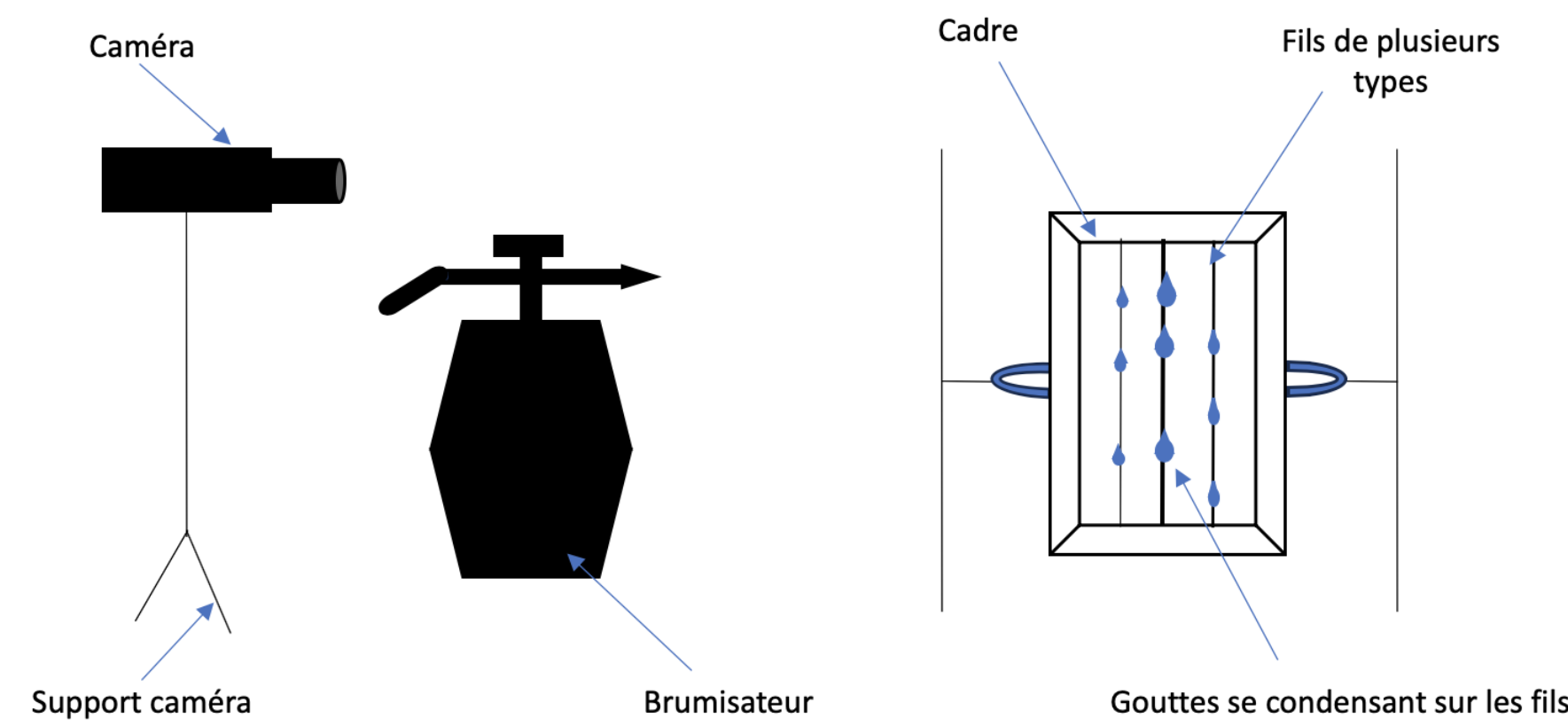
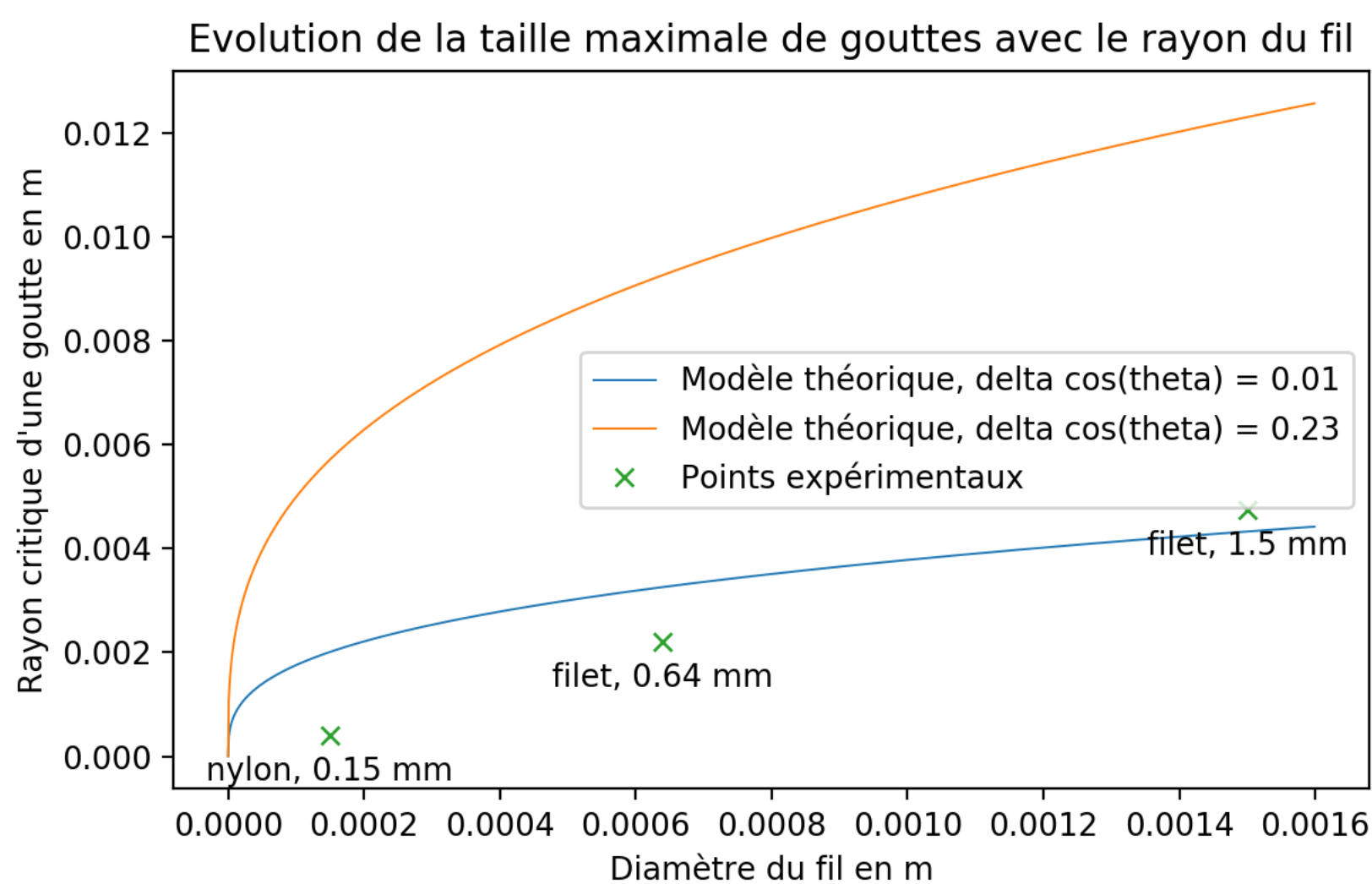
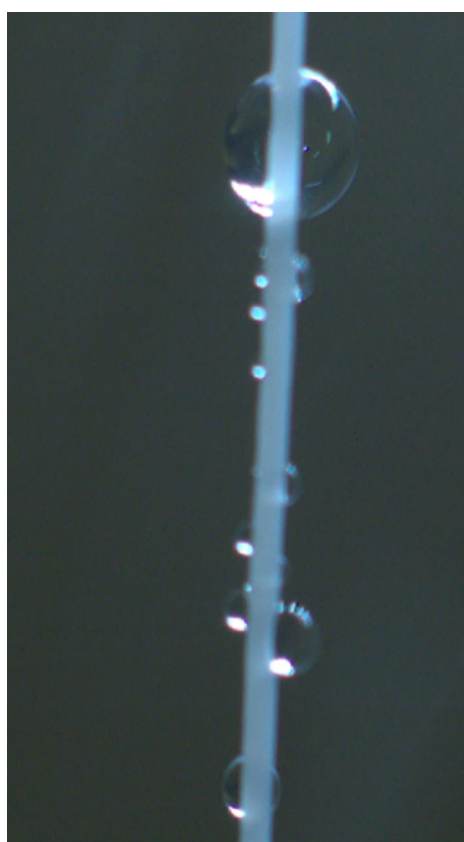


Figure 3. Schéma de l'expérience de la mesure de la taille de la goutte en fonction du diamètre de la fibre

Expérience pour récupérer R_{max} pour des fils de nos filets

Connaissant le diamètre des fils on obtient les tailles maximales des gouttes obtenues en filmant durant plusieurs minutes les gouttes se formant sur un fil en brumisant le fil. On approxime les gouttes comme sphériques. On utilise en plus de nos filets un fil de nylon de 0.15 mm.



Dans notre expérience, $\Delta \cos(\theta)$ correspond donc à 0.01 et on a bien une dépendance de la forme souhaitée.

Evolution des gouttes le long d'un fil

Pour simplifier le problème, on s'intéresse à un fil unique tendu verticalement. Réalisation d'un programme python codant pour l'évolution des gouttes le long d'un fil suivant les loi suivantes :

- Les gouttes arrivent 10 par 10 avec la taille R_{ini} et sont disposées aléatoirement sur le fil
- Quand une goutte atteint R_{max} , elle fait tomber toutes celles en dessous d'elle.

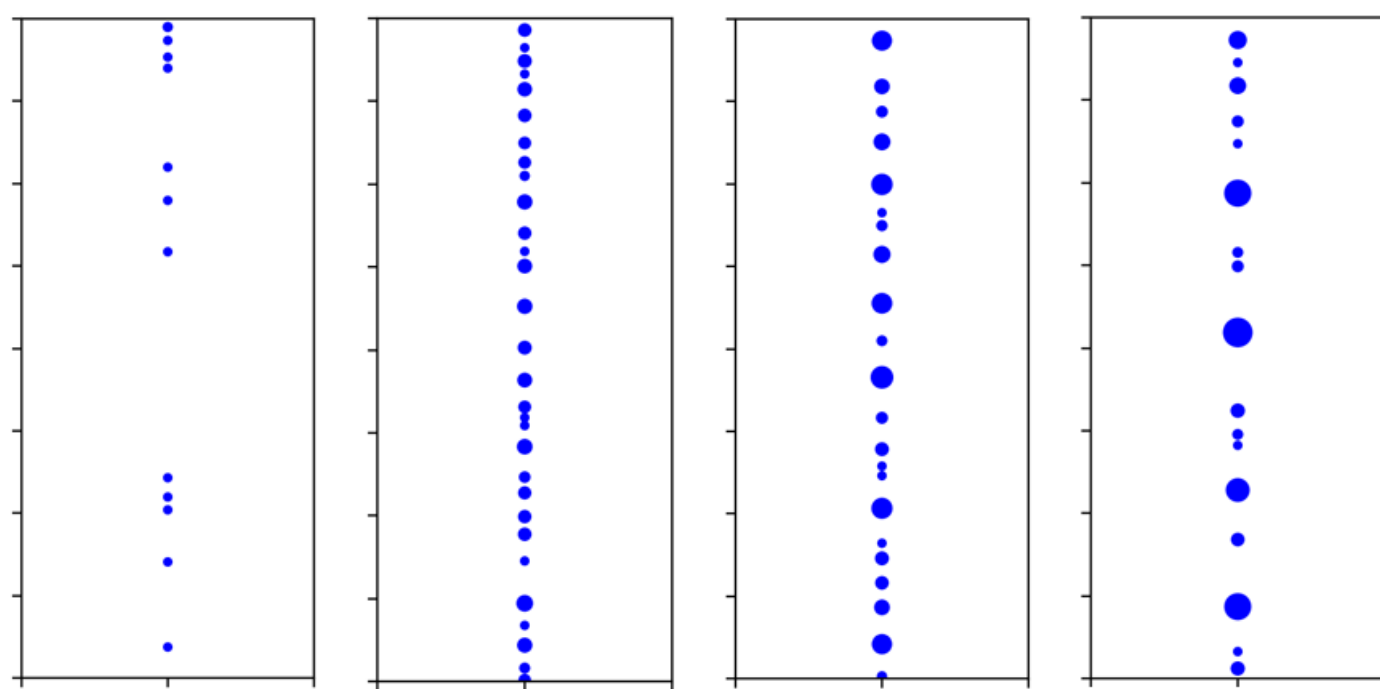


Figure 4. Evolution des gouttes sur le fil tendu au cours du temps

On récupère pour nos deux fils de filets le nombre de gouttes en fonction du temps ainsi que le volume récupéré au cours du temps.

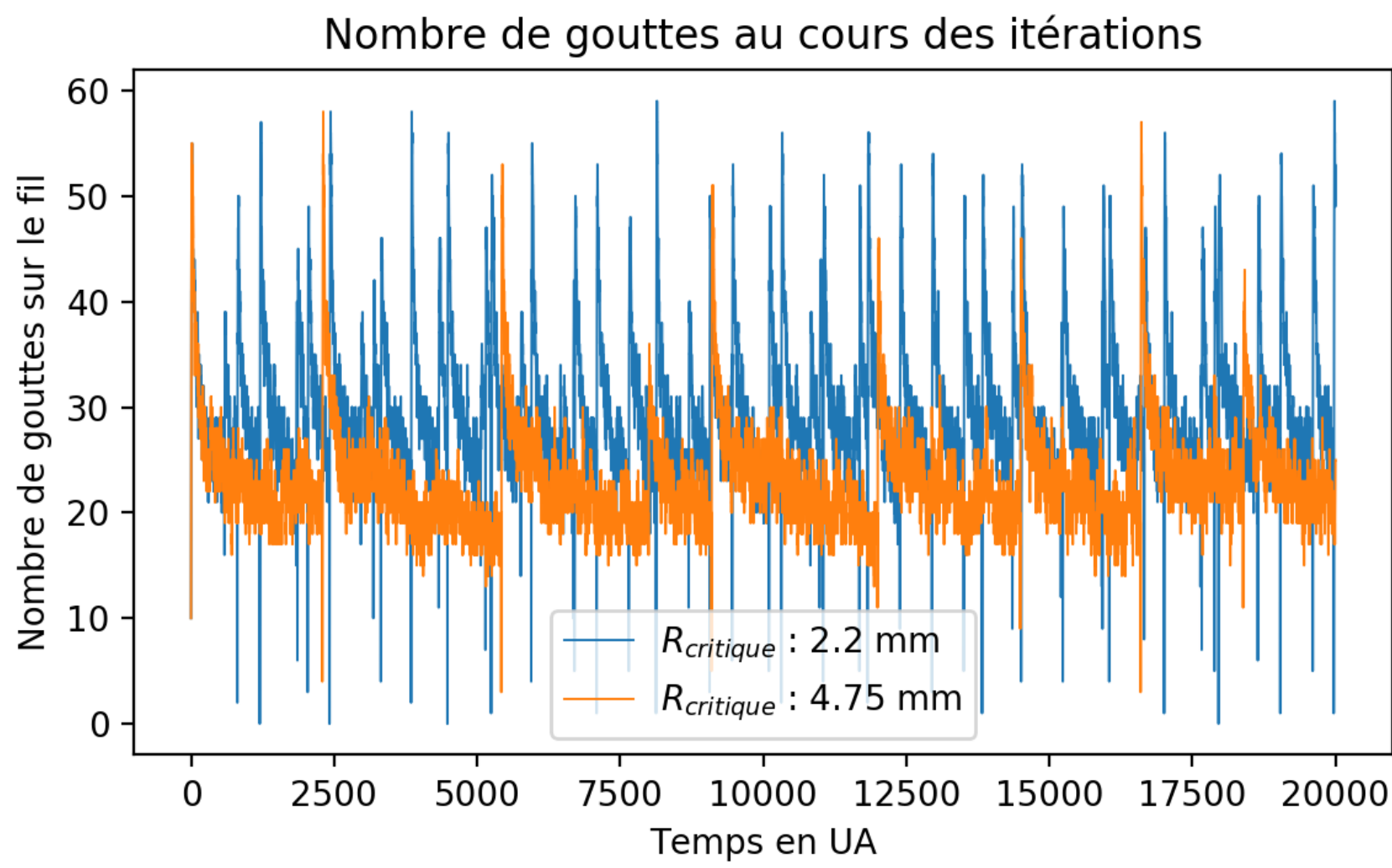


Figure 5. Evolution du nombre de gouttes sur les fils tendus au cours du temps

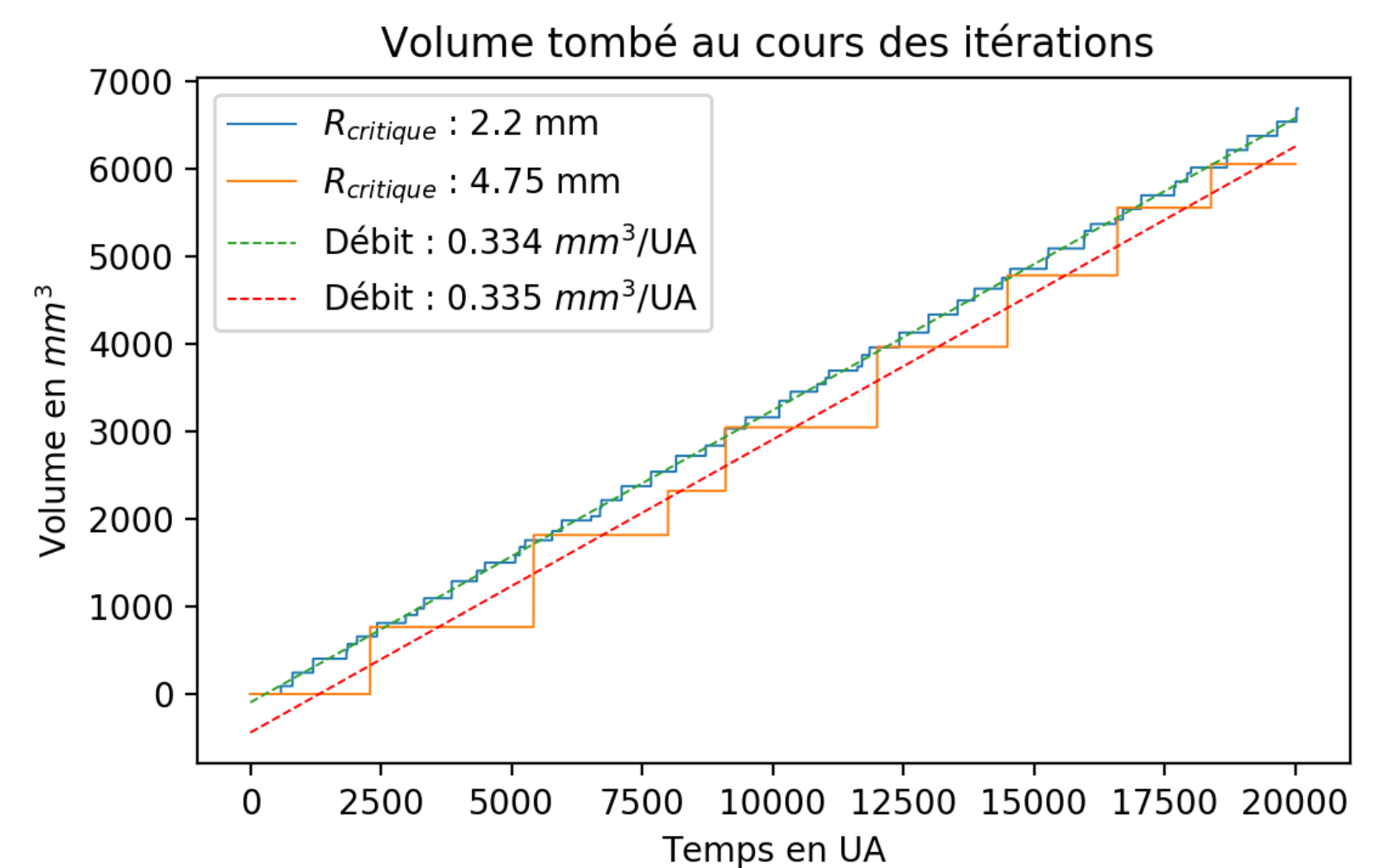


Figure 6. Evolution du volume récupéré au cours du temps

On observe un débit plus faible pour le fil de rayon critique supérieur, mais cela est dû à un temps d'expérience trop faible. En effet, on voit bien qu'au moment où les gouttes tombent pour le fil de rayon critique supérieur, les volumes sont du même ordre, ce qui est normal car le même nombre de gouttes arrive sur le fil dans le même temps donc le même volume est récupéré quand une goutte tombe en balayant toutes les autres.

On comprend donc qu'afin d'augmenter le débit il faut surtout jouer sur le nombre de fils afin d'attraper un maximum de gouttes.

Références

- Thèse de Romain Labbe *Quelques problèmes d'optimisation de trainée : De la propulsion par rame à la collecte d'aérosol*
- Thèse de Camille Duprat *Instabilités d'un film liquide en écoulement sur une fibre verticale*