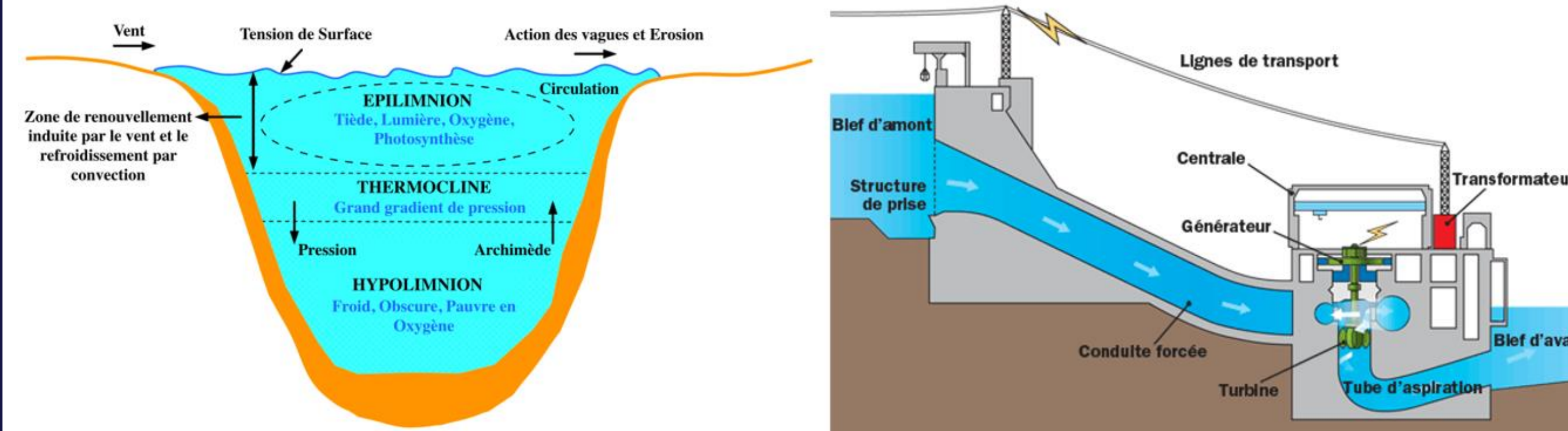


L'ÉNERGIE HYDROÉLECTRIQUE

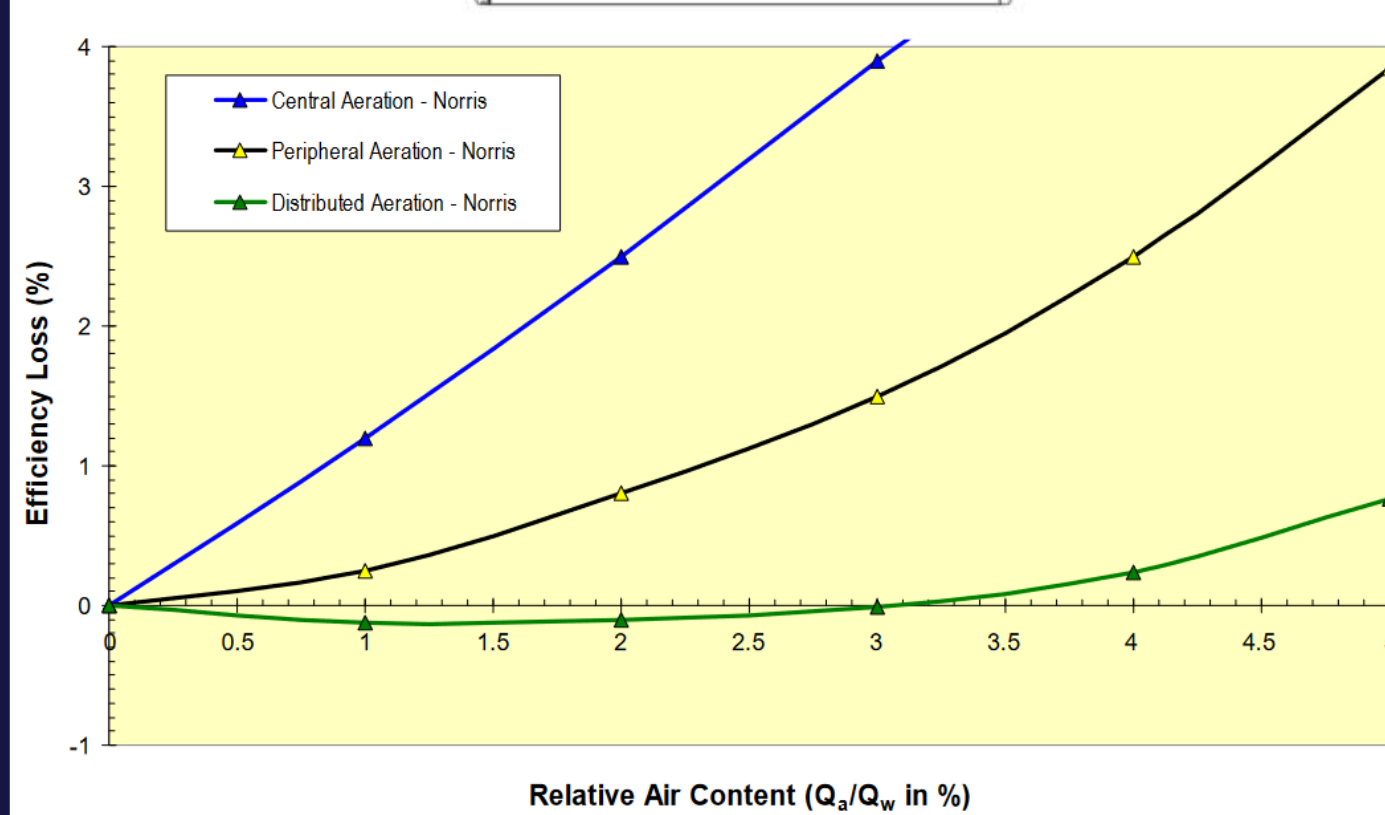
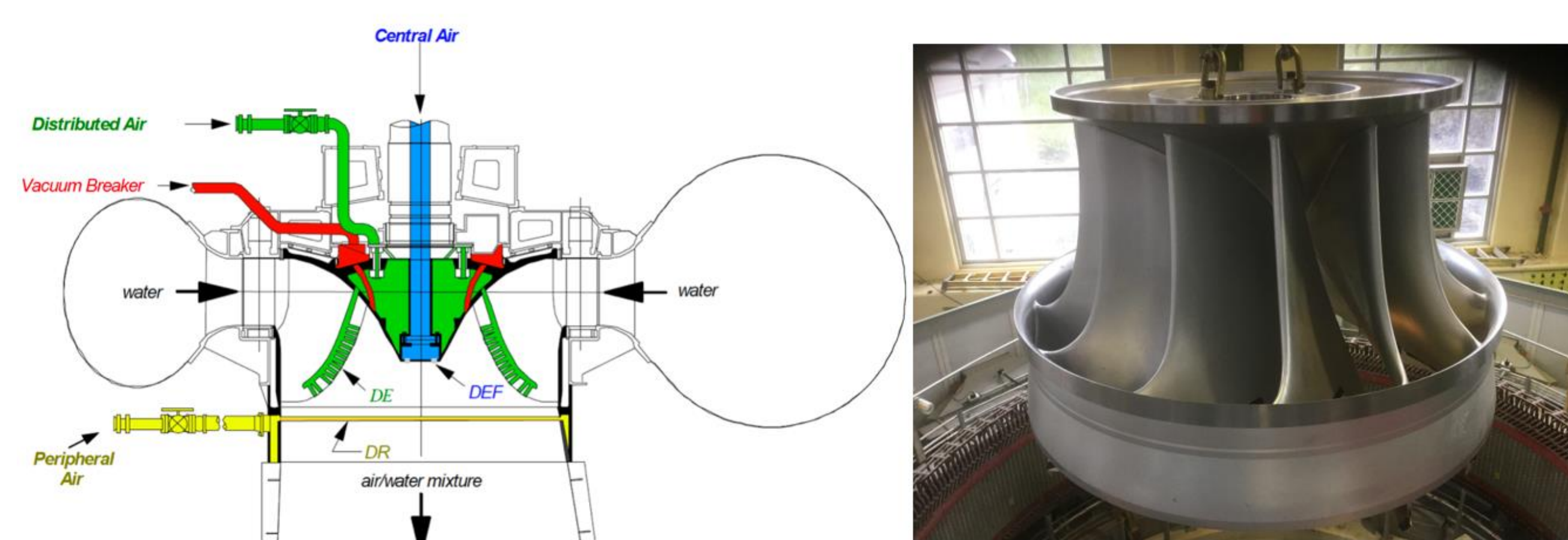
L'hydroélectricité est une énergie verte, source de près de **97%** de la production d'électricité du Québec. Mais elle n'est pas sans impact sur la faune et la flore aquatique!



Bunea et al. (gauche) [1]; NB Énergie (droite)

Problématique : Les centrales électriques à réservoirs (barrages) causent des problèmes d'ordres écologiques en rejetant une eau appauvrie en oxygène dissous dans les cours d'eau en aval.

NÉCESSITÉ DE RÉ-OXYGÉNER L'ÉCOULEMENT



P.March (2011) [2]

Plusieurs méthodes testées (**March(2011)**), avec plus ou moins d'impact sur l'efficacité des machines.

Nous nous intéressons ici à l'injection dite **'distribuée'**

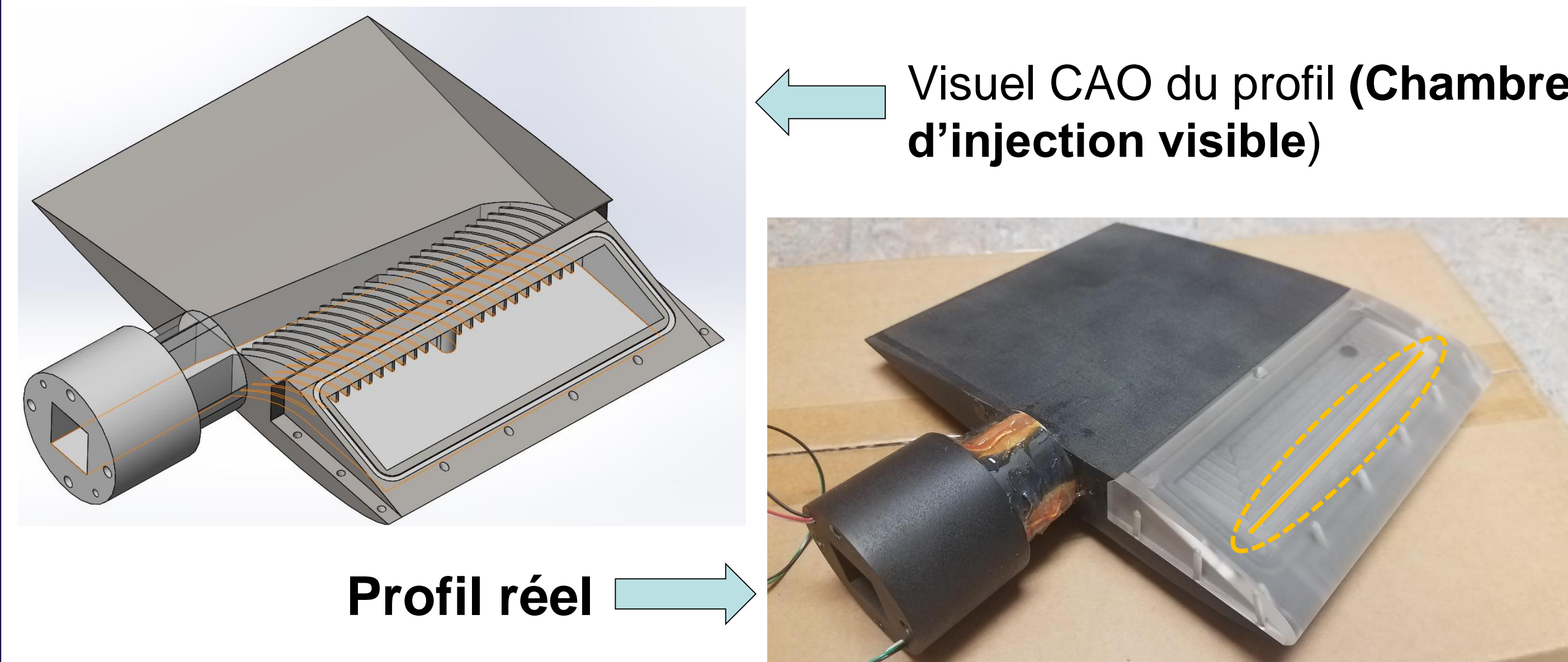
Le **Titre Volumique (β)** et le **Taux de Vide (ε)** apparaissent alors comme des paramètres primordiaux

Ces **solutions** développées par les industriels impliquent d'injecter des **quantités d'air importantes** (Titres Volumiques (β) pouvant dépasser les 10%)

RÉALISATION ET OBJECTIFS DE RECHERCHE

- Théoriser les écoulements diphasiques air-eau lors d'injection d'air dans une hydroturbine
- À l'aide d'un **'Profil Aérant'**, tester différents β, angles, vitesses d'écoulements et pression pour aboutir à des relations et lois de similitudes sur les ε et leur distribution en fonction des conditions d'écoulements
- Les efforts sur le profil ainsi que les pressions seront également analysés et comparés selon les conditions d'écoulements
- L'étude est menée au **LEGH (Laboratoire d'Écoulements de Grande Hauteur)** de Polytechnique Montréal, à pression contrôlée

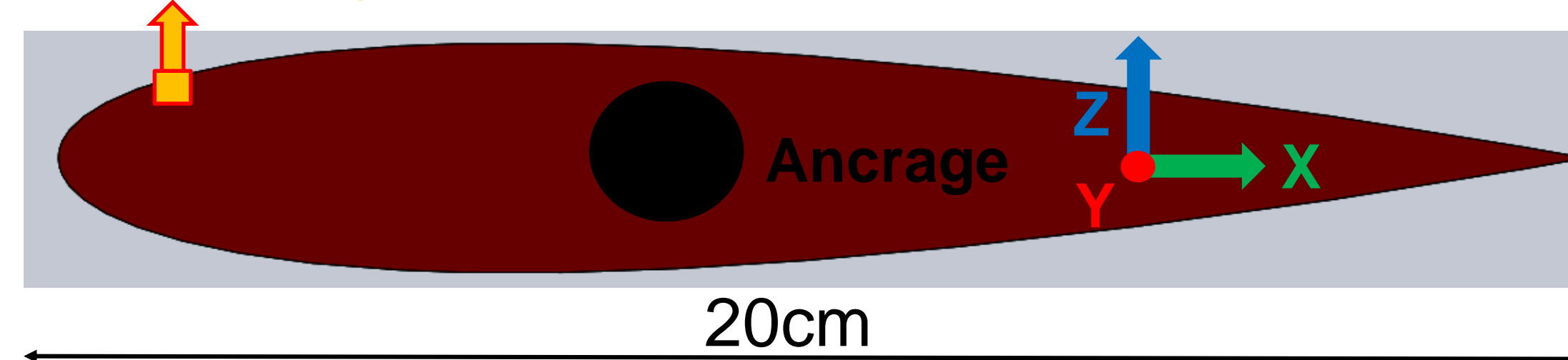
CONCEPTION DU PROFIL AÉRANT



Complexité de la chambre d'injection + support + étanchéité : profil réalisé par impression métallique 3D

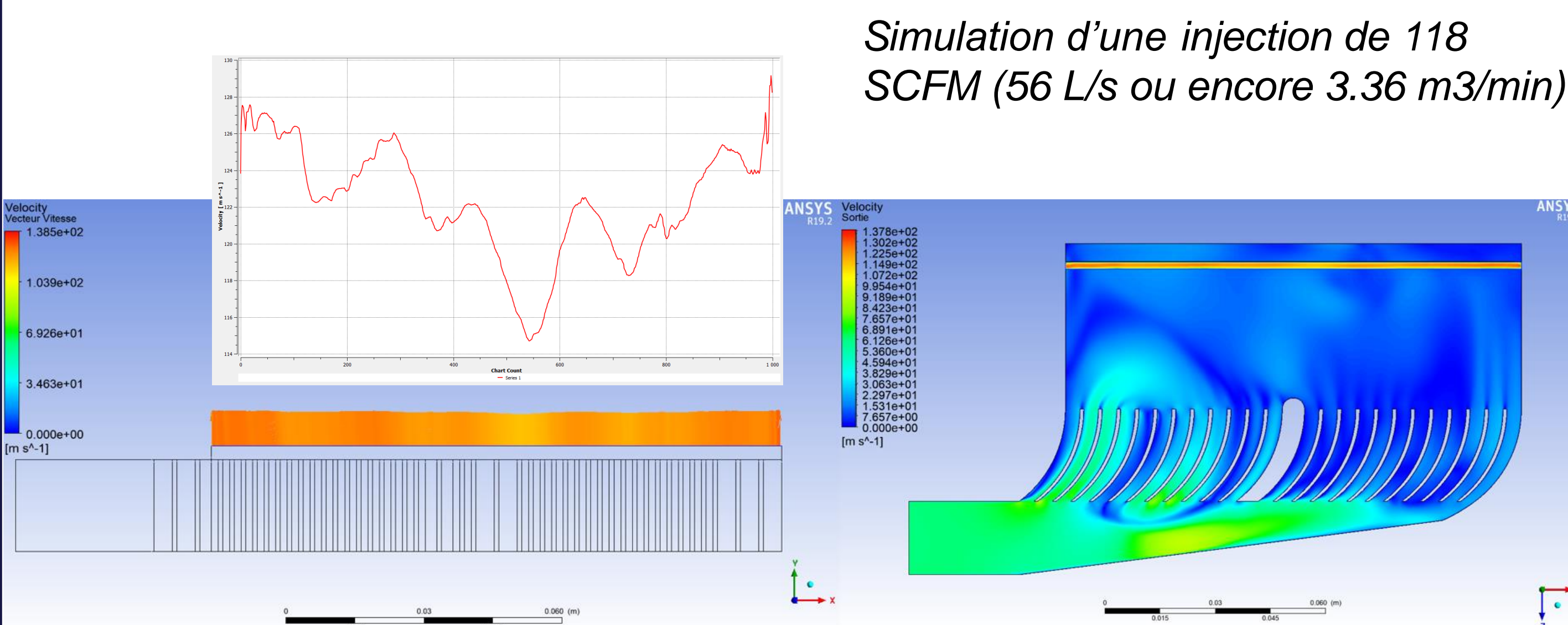
Grandes quantités d'air à injecter (jusqu'à 100 SCFM – soit env. 50 l/s)
Injection doit être homogène dans un écoulement d'eau à grande vitesse (10 m/s+)

Position de la fente d'injection



VALIDATION NUMÉRIQUE DE L'INJECTION

Avant lancement en fabrication, optimisation de la chambre réalisée par simulation en utilisant le logiciel ANSYS



Simulation d'une injection de 118 SCFM (56 L/s ou encore 3.36 m3/min)

Mailles : 5 mm à 5 μm pour les zones les plus fines (proche des canaux).

Total : 18 millions mailles et 76 millions noeuds.

Condition entrée : Débit massique d'air

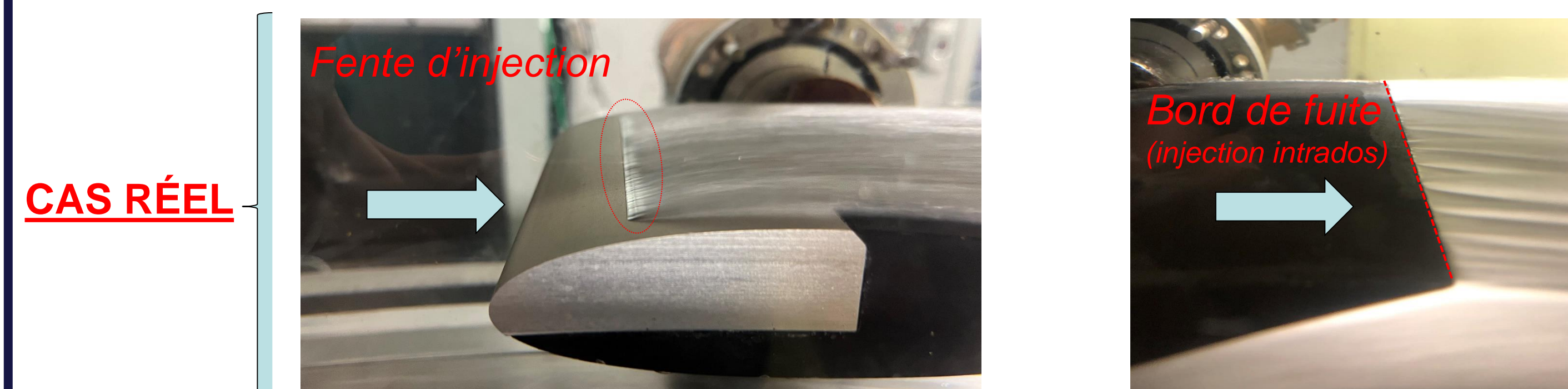
Condition sortie : Ouverture à 1 atm

Résultats :

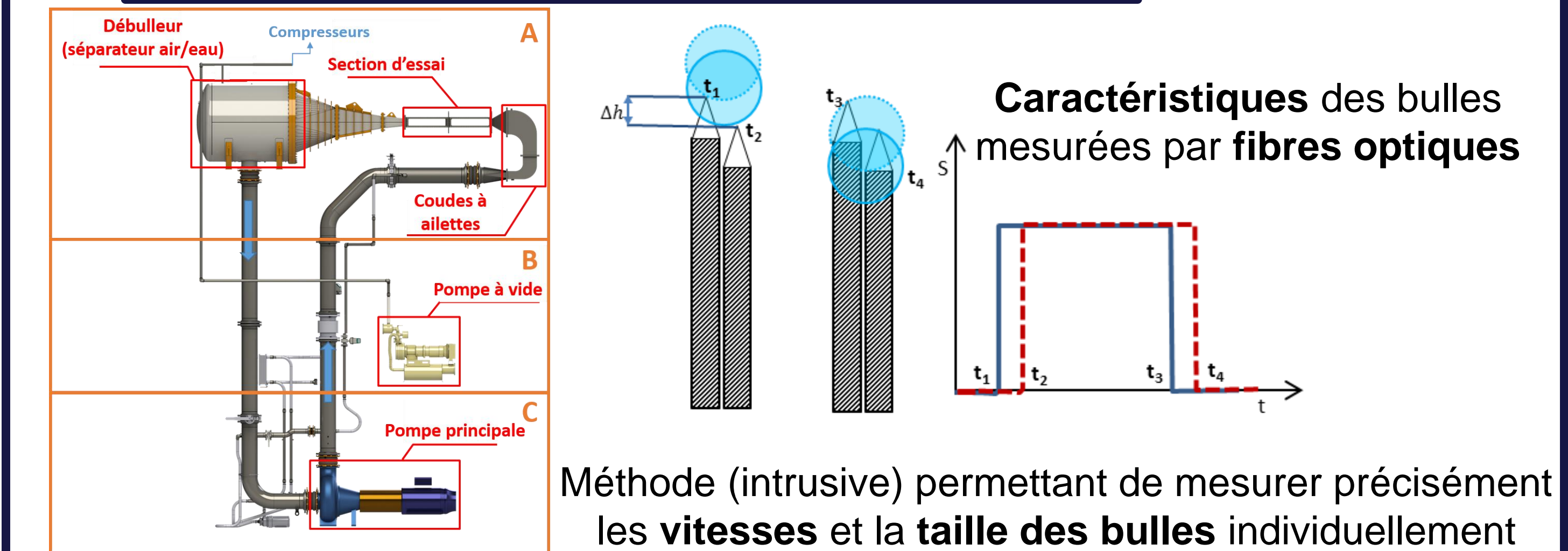
Vitesse moyenne de sortie à la fente **122,3 m/s**

Variation de vitesse de +/- 5% le long de la fente par rapport à la moyenne

Injection **'équilibrée'** (comprendre autant tout du long)

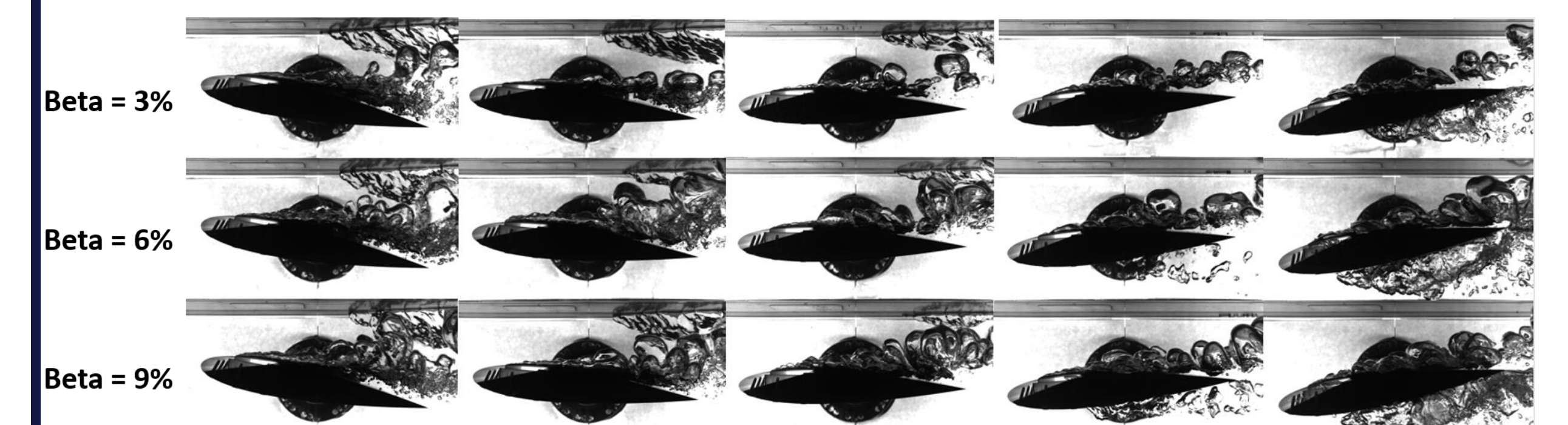


MÉTHODOLOGIE EXPÉRIMENTALE



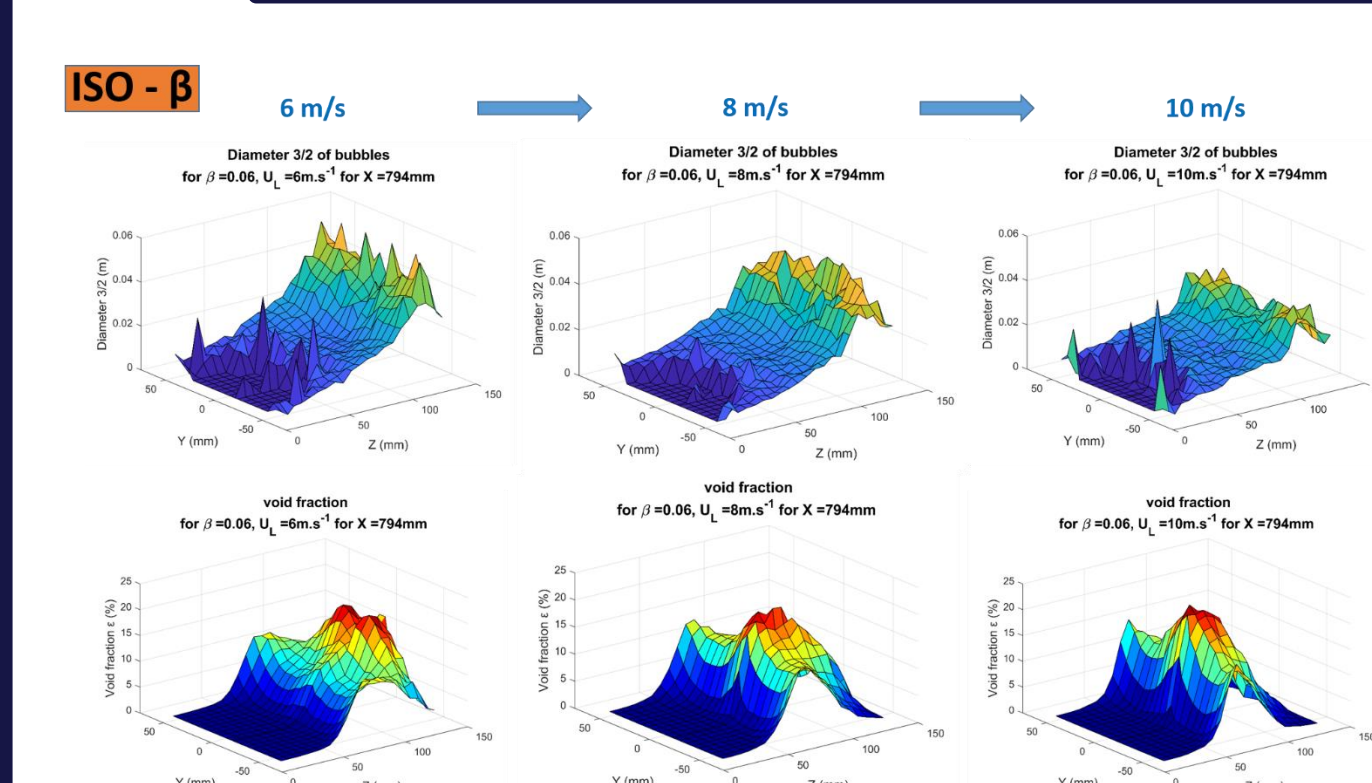
Visuel du LEGH

i = 10° i = 5° i = 0° i = -5° i = -10°

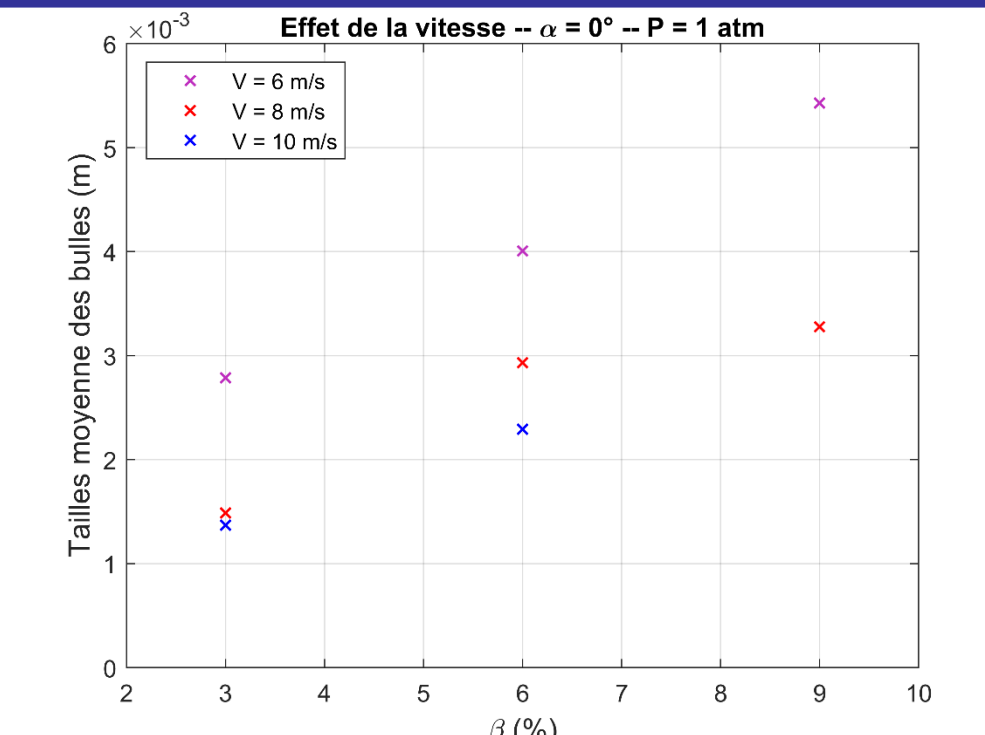


Conditions réalisables (ici à basse vitesse)

RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES

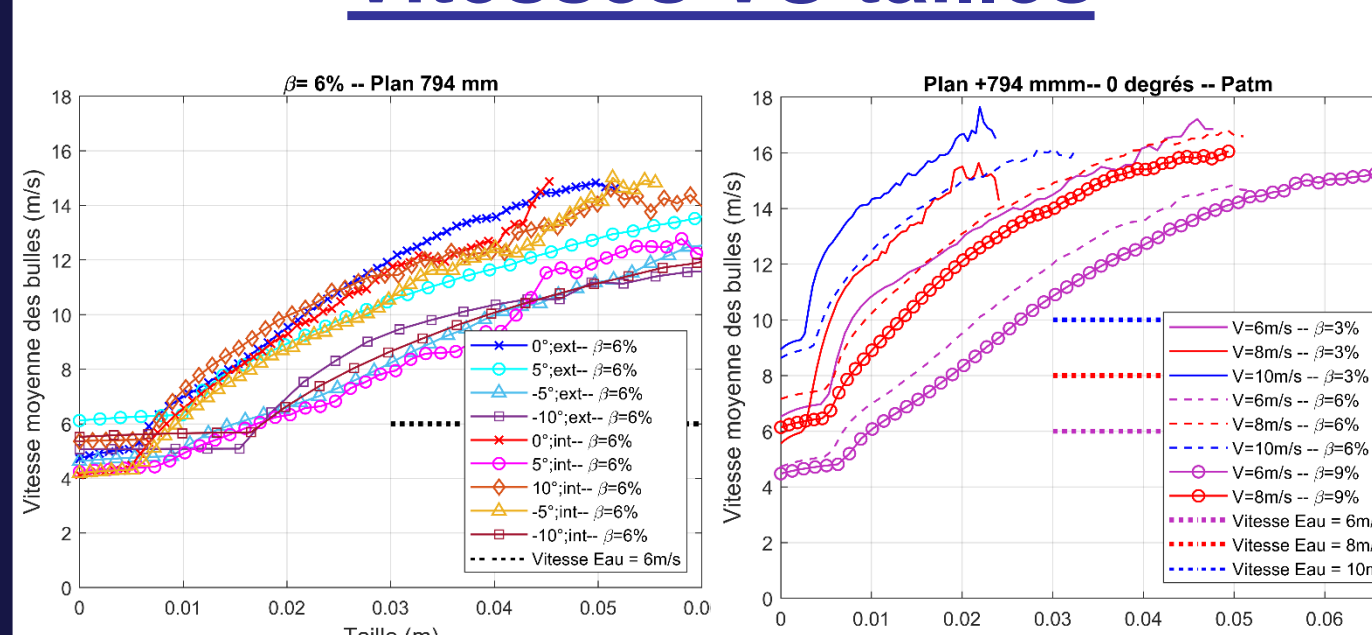


Tailles VS β: effet de vitesse



Vitesse 6→10 m/s : Réduction tailles des bulles de 25 à 40%

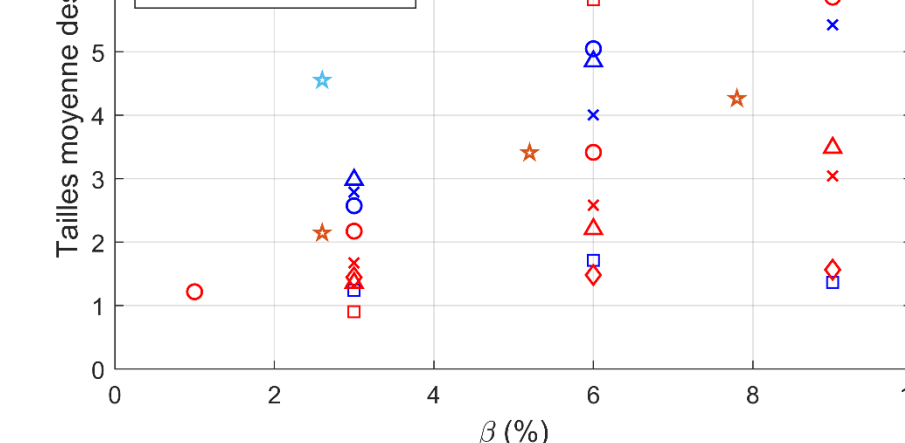
Vitesses VS tailles



3→9% : Diminution de la vitesse moyenne des bulles de l'ordre de 15 à 25% → Temps de résidence plus long du même pourcentage

Deux régimes de vitesses établis : **'constant'** et **'linéaire'**

Tailles VS β: Effet de l'angle



Intrados VS Extrados : Réduction tailles des bulles de 5 à 40% en injectant par l'Intrados

Pression 0.6→1 atm : jusqu'à 40% de réduction tailles des bulles

NOMENCLATURE ET RÉFÉRENCES

$$\text{Titre volumique } (\beta) = \frac{Q_g}{Q_g + Q_l}$$

$$\text{Taux de vide } (\epsilon) = \frac{S_g}{S_g + S_l}$$

Q_g : Débit d'air (l/s)

Q_l : Débit d'eau (l/s)

S_g : Surface d'air (m²)

S_l : Surface d'eau (m²)

[1]: F. Bunea et al., "Aspects concerning the quality of aeration for environmental friendly turbines," IOP Conference Series : Earth and Environmental Science, vol. 12, p. 1, 2010

[2]: P. March, "Hydraulic and environmental performance of aerating turbine technologies," EPRI, Rapport technique, 2009.

REMERCIEMENTS

