

President :

Philippe Lescoche

Directeur Général :

Laurent Gropelly

Membranes céramiques éco-efficientes

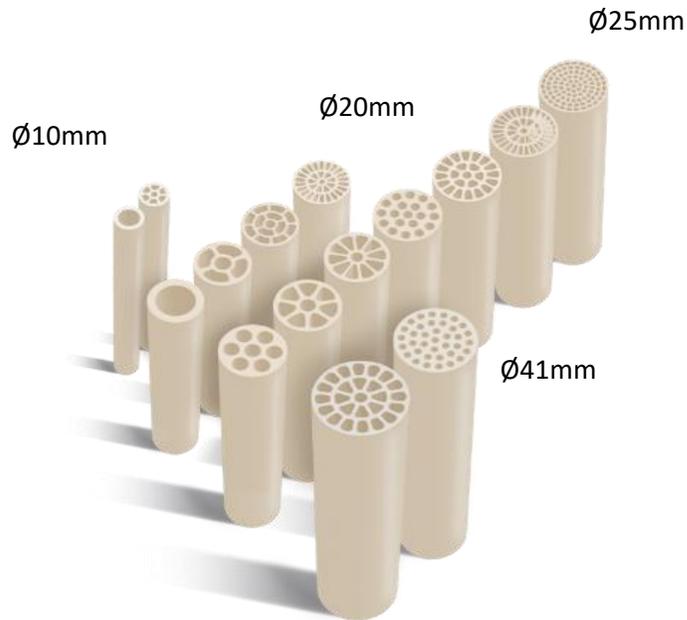
Presented by:

Dr Jérôme Anquetil

Directeur Scientifique et Technologique



Canaux rectilignes Gamme actuelle

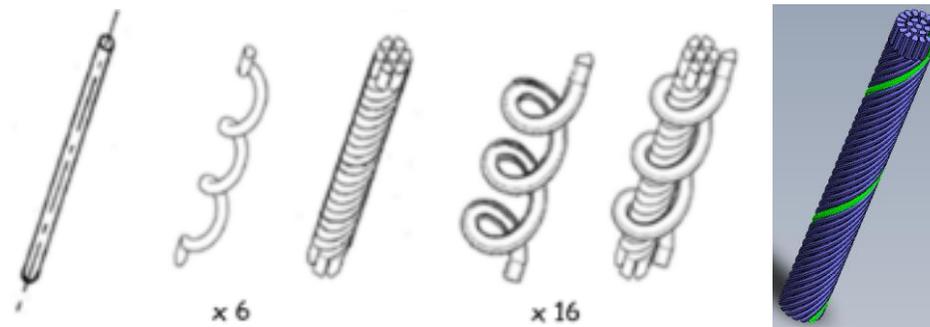


ICIM 2018 Dresde

Multicanaux hélicoïdaux twistés
autour d'un canal central qui reste
rectiligne

Fabriqués par méthodes additives

Exemple pour $\varnothing 25\text{mm}$ - 23 canaux :



MemPro 7 Montpellier

...réduction du
nombre de
canaux
hélicoïdaux
twistés sans canal
central...



Volonté d'innovation et Effort d'investissement en impression 3D

- ☉ L'effort d'investissement de TAMI Industries est important.
- ☉ Il se traduit concrètement / résultats R&D, par 11 brevets internationaux uniquement axés nouvelles formes et procédés pour leur fabrication
- ☉ Cet effort a notamment été remarqué par l'Office Européen des Brevets (OEB) dans un « communiqué de presse » en date du 13 juillet 2020
- ☉ Il se poursuit actuellement ...



La France sur le podium des pays européens les plus innovants en matière d'impression 3D

En France, près d'une demande de brevet sur quatre vient des PME

Les PME sont à l'origine de 23 % des demandes de brevets françaises en impression 3D. Parmi elles, des PME dont la progression dans le secteur est importante se distinguent :

Tami Industries, fabricant drômois (Nyons) de membranes céramiques, a mis au point une technologie de fabrication additive permettant d'améliorer leurs performances de filtration. Ces membranes sont utilisées dans l'agroalimentaire (filtration du lait, des boissons...) dans la biopharmaceutique et dans l'environnement (filtration des liquides de process, bains de dégraissage, effluents industriels...).



☉ il a fallut intégrer en interne la conception et la fabrication de machines FDM capables d'imprimer des hauteurs de 1320mm

ci-contre 1 machine avec 6 têtes d'impression simultanées →



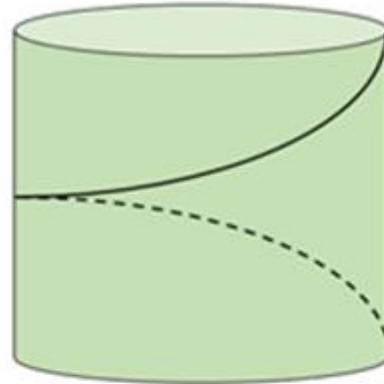
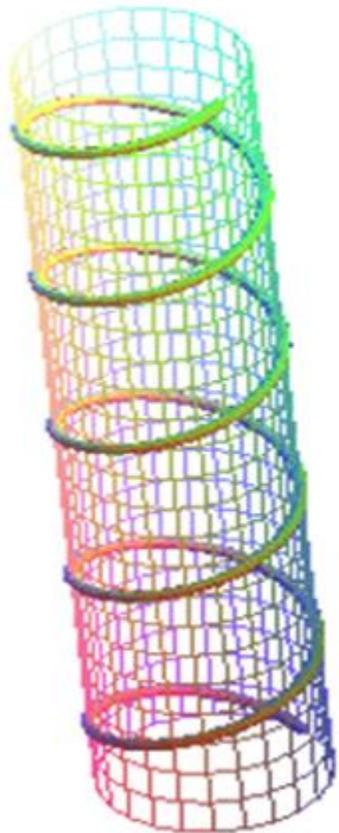
Les membranes à multicanaux twistés génèrent des turbulences qui réduisent le colmatage

Les premiers travaux ont porté sur une conservation des géométries (nombre et forme des canaux) de la gamme actuelle des membranes de TAMI Industries dans lesquelles le twist a été généré.



Le « twist »

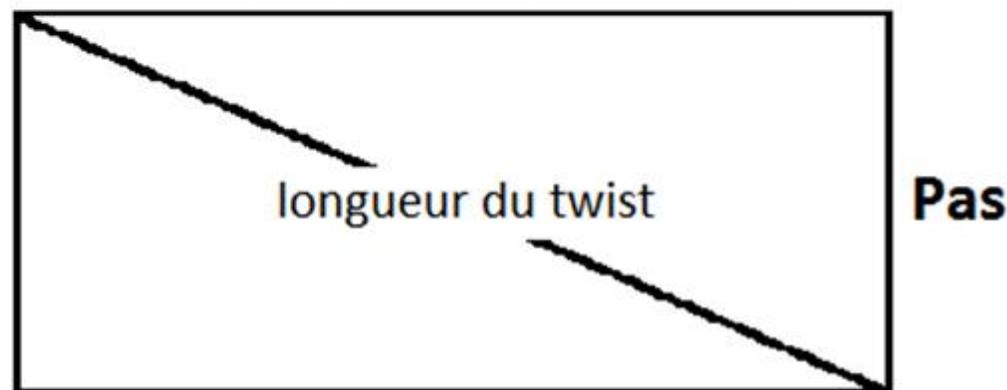
Le twist par principe suit une hélice circulaire qui n'est rien d'autre qu'une ligne enroulée sur un cylindre de diamètre \varnothing



longueur du twist = longueur du canal

inclinaison du twist = longueur du *Pas*

Périmètre du cylindre = $\pi \times \varnothing$



- Dès lors que l'on génère un « twist », la longueur des canaux augmente et leur diamètre hydraulique diminue :

Exemple Ø25mm-8cx				
angle d'inclinaison du twist	90° canaux rectilignes	64,5°	52°	31°
Pas [mm]	-	132	90	57
Dh=4A/P [mm]	6,00	5,9	5,7	4,7

En résumé, la conséquence d'un « twist » c'est:

↑ longueur du canal + ↓ du diamètre hydraulique ➡ **↑ des pertes de charge**

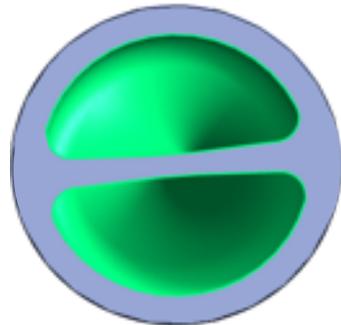
Les nouvelles membranes de conception proche de la gamme actuelle sont donc confrontées aux conséquences intrinsèques de la présence de canaux « twistés ».

⇒ **Limitation du spectre d'utilisation industrielle des membranes**

⇒ **Pour ces raisons, d'autres voies ont été explorées**



Des membranes avec une limitation du nombre des canaux ont été étudiées, fabriquées et testées selon deux versions:



2 canaux hélicoïdaux
version 1 (**2cx-v1**)

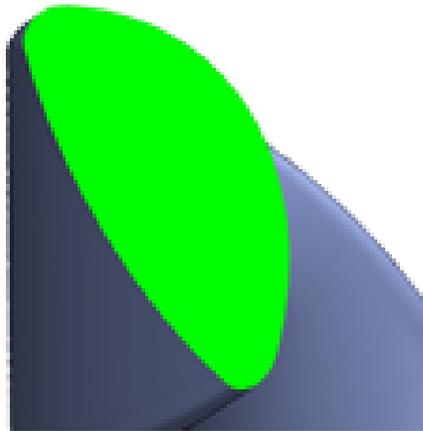


2 canaux hélicoïdaux
version 2 (**2cx-v2**)

Vue suivant la section droite prise perpendiculairement à l'axe longitudinal de la membrane



Morphologie particulière des sections perpendiculaire aux lignes de courant :



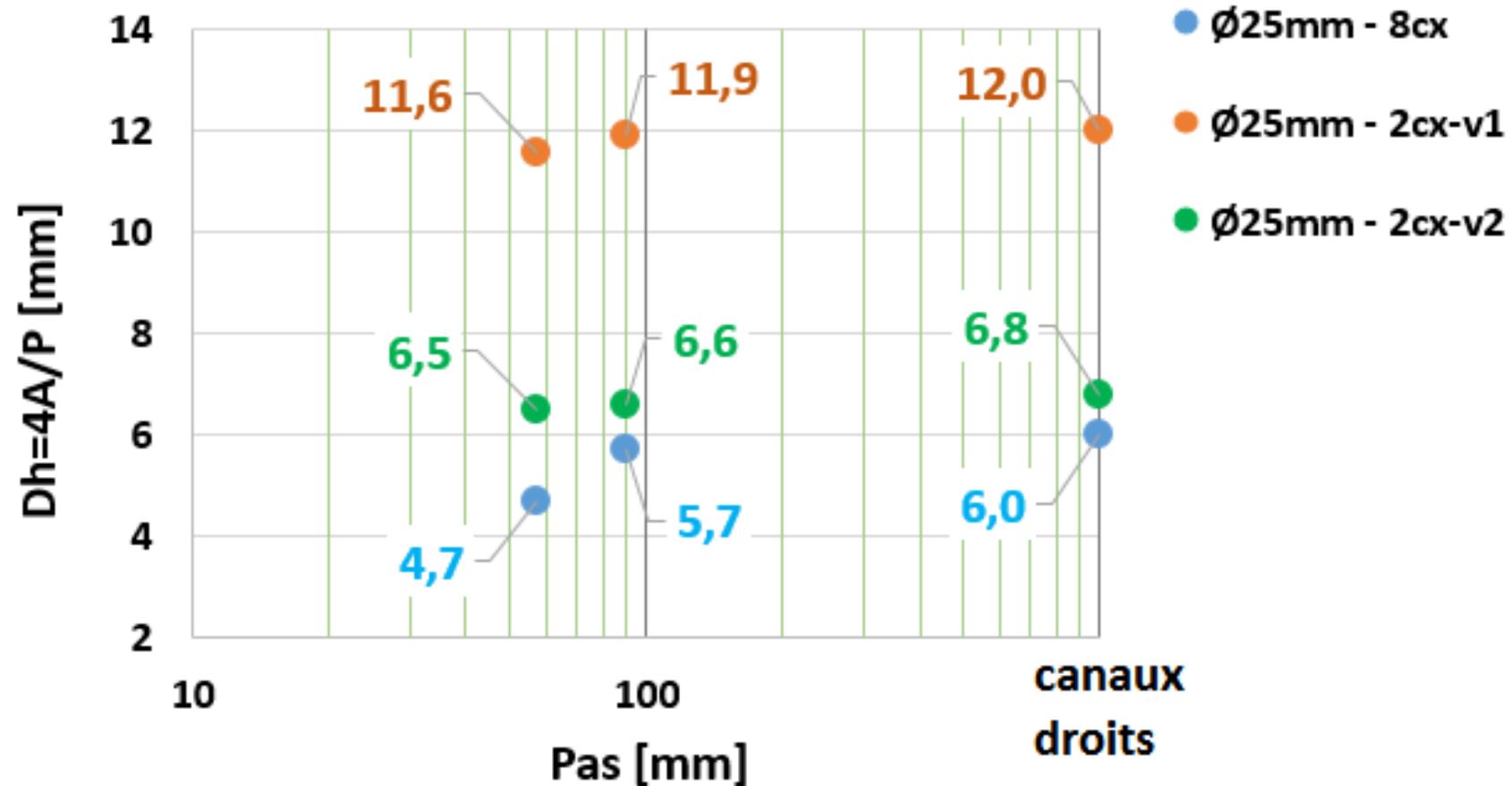
2 canaux hélicoïdaux
version 1 (**2cx-v1**)



2 canaux hélicoïdaux
version 2 (**2cx-v2**)

Vue d'1 canal suivant la section perpendiculaire aux lignes de courant

=> Le twist des versions 1 et 2 montre une réduction négligeable des \emptyset hydrauliques vs le Pas



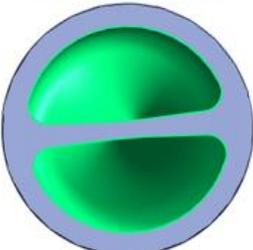
Rappel :

- 8 cx rect.
- 2 cx-v1
- 2 cx-v2



Présentation de la voie choisie

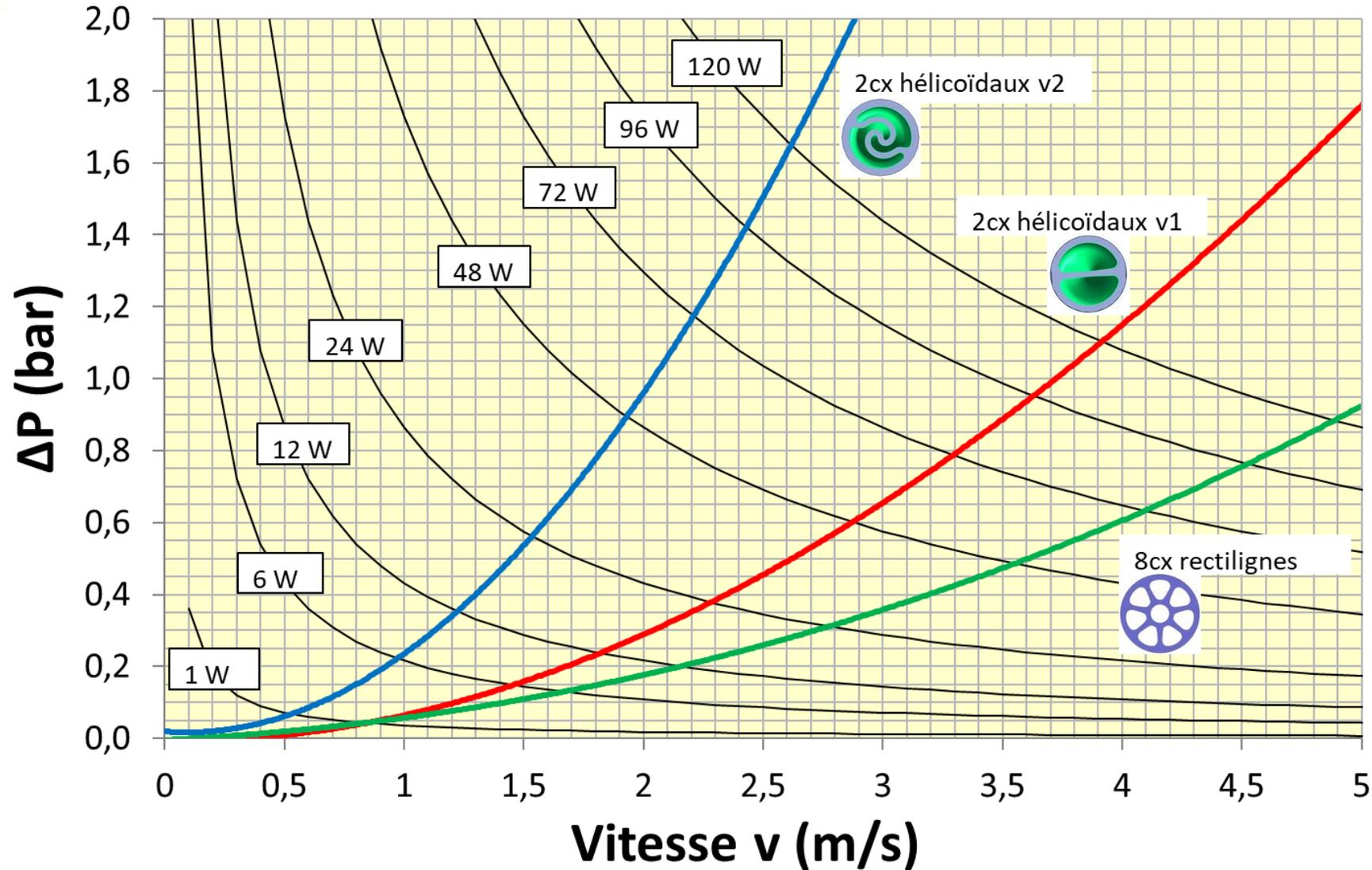
Caractéristiques des membranes à canaux hélicoïdaux version 1 et 2 retenues par rapport à une membrane 8 canaux rectilignes :

		Diamètre hydraulique [mm]	Surface [m ²]	Section [mm ²]
8cx rectilignes		6,0	0,2	250
2cx hélicoïdaux v1		11,5	0,1	250
2cx hélicoïdaux v2		6,5	0,2	265



Présentation de la voie choisie

Pertes de charge = f(vitesses moyennes)



Conditions d'essais :

Liquide utilisé : **vin brut** CDR 2021

Fonctionnement : **Batch alimenté** jusqu'à FCV 25

Pression d'alimentation constante : 2 bar

Vitesse de référence : **2,5m/s** (celle d'une membrane 8 canaux rectilignes)

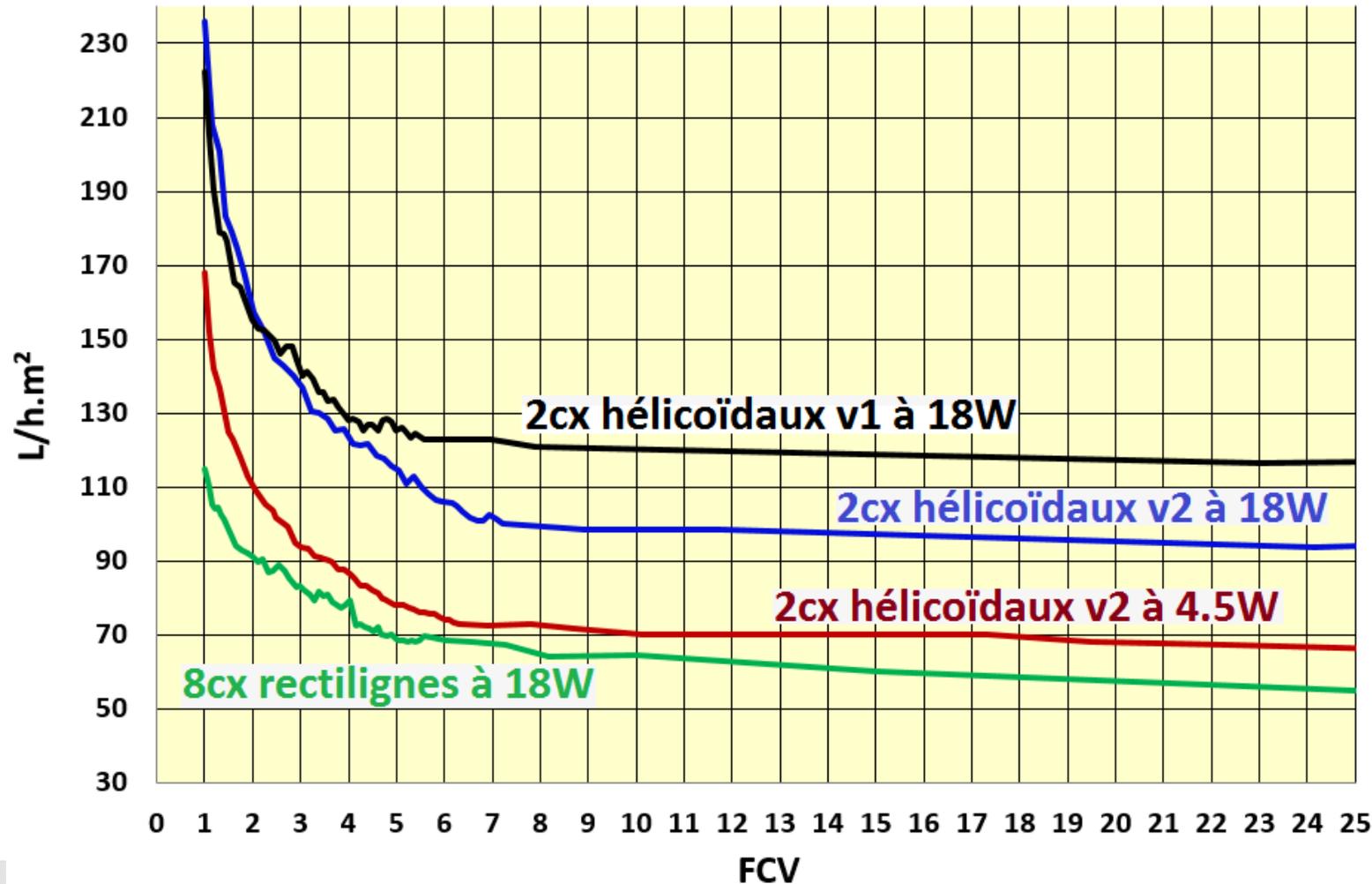
Température : ambiante

Absence de back-flush

Répétabilité : validée par de multiples essais



Perméabilité en fonction du FCV



Rappel :



8 cx rect.



2 cx-v1



2 cx-v2

+ 72,5 %
+ 52,5 %



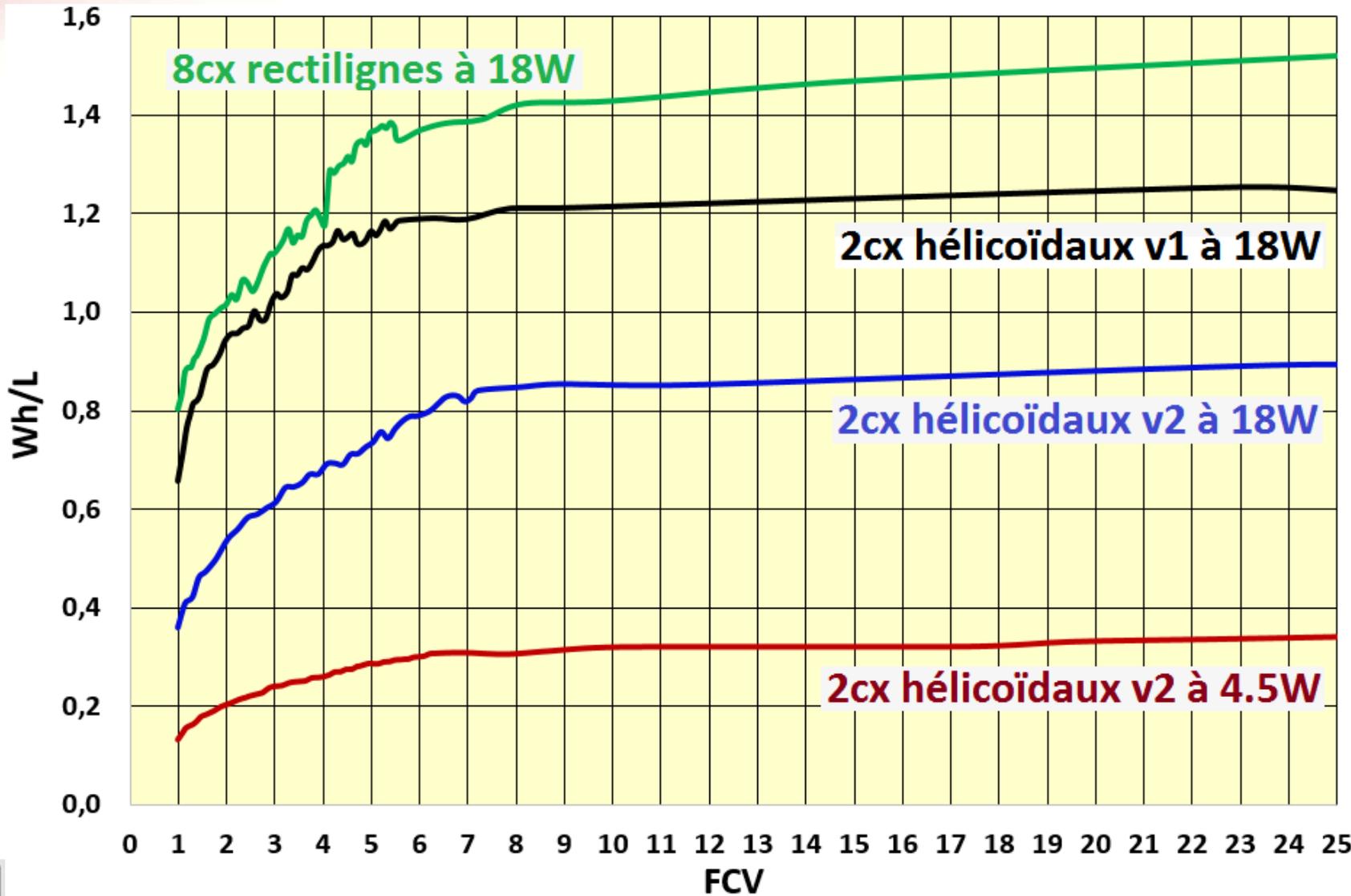
Eco-efficiency expressed in Wh/L :

Il a été décidé de tester et d'apprécier l'efficacité énergétique de ces nouvelles membranes en comparant, avec ladite membrane à 8 canaux rectilignes, la consommation électrique de la pompe de circulation (Wh) nécessaire pour l'extraction d'un litre (L) de perméat.

L'expression de l'efficacité énergétique (ou énergie consommée moyenne par litre de filtrat) sera donnée en Wh/L.



éco-efficience Wh/L



Ratio 1,7

Ratio 4

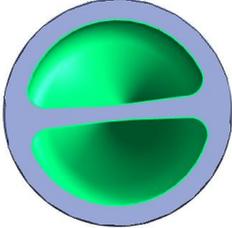
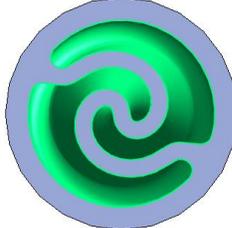
Rappel :

- 8 cx rect.
- 2 cx-v1
- 2 cx-v2



Résumé (valeurs moyennes par intégration)	vitesse moyenne [m/s]	puissance [W]	flux de filtrat moyen [L/h.m ²]		énergie moyenne afin d'extraire 1 litre de filtrat [Wh/L]		Ratio économie d'énergie afin d'extraire 1 litre de filtrat / 8cx rectilignes
8cx rectilignes	2,5	18	80		1,2		1
2cx - v1	2,1	18	138	↑ 72,5%	1,1	↓ 8,4%	1,1
2cx - v2	1,4	18	122	↑ 52,5 %	0,7	↓ 41,6%	1,7
	0,9	4,5	82	↑ 2,5%	0,3	↓ 75%	4

Positionnement de la 2 canaux v1 vs 2 canaux v2

	 <p>2 canaux hélicoïdaux version 1 (2cx-v1)</p>	 <p>2 canaux hélicoïdaux version 2 (2cx-v2)</p>
Dh (mm)	11,5	6,5
Surface (m ²)	0,1	0,2
Caractéristiques	Large spectre rhéologique	Surface de filtration identique à celle d'une 8cx rectilignes



Membranes céramiques tubulaires à 2 canaux hélicoïdaux version 2 :

+ 50% de débit de filtrat à puissance consommée égale*

OU

4 fois moins de puissance consommée à débit de filtrat égal*

() En comparaison avec une membrane céramique tubulaire à canaux rectilignes ; diamètre hydraulique et surface de filtration égaux.*

⇒ Objectif d'éco-efficience atteint des membranes tubulaires céramiques à canaux twistés