

Séparateurs de gouttelettes pour CTA (projet PR9)

Webinaire de clôture du projet

Alain GINESTET et Mirela ROBITU

27 mars 2023

Sommaire de la présentation

Introduction

État de l'art

Performances de séparateurs existants

- > **Essais**

- > **Calculs : simulation numérique 3D (CFD)**

Performances de séparateurs prototypes

- > **Essais**

- > **Calculs : simulation numérique 3D (CFD)**

Conclusion

Introduction : contexte

Batteries froides des centrales de traitement d'air

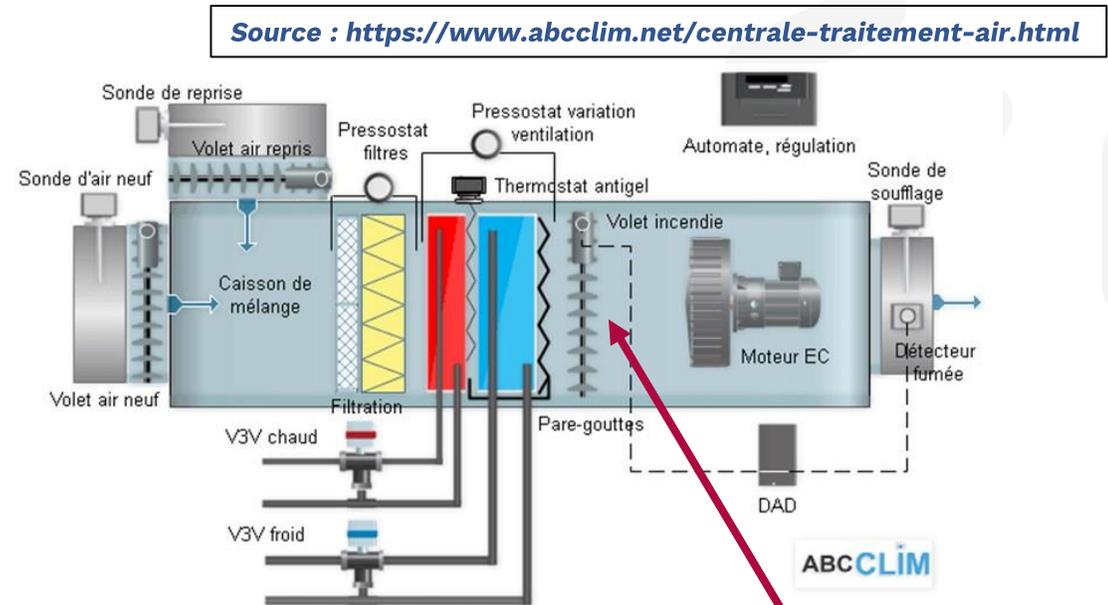
- > **Condensation d'une partie de la vapeur d'eau présente dans l'air**
 - Film liquide ou gouttelettes qui peuvent être entraînées en aval

Entraînement des gouttelettes

- > **Dépend de la vitesse de l'air (mais pas que)**
- > **Principalement 2 risques**
 - Chimique
 - Biologique

Arrêter les gouttelettes

- > **Utilisation d'un séparateur**



Séparateur de gouttelettes

Introduction : contexte

Dimensionnement des séparateurs de gouttelettes

- > **Littérature technique et règles de l'art assez pauvres**
- > **Dimensionnement et choix souvent par habitude, sans définir la géométrie et les performances attendues**
 - Perte de charge
 - Efficacité de séparation

Tendance à une diminution des vitesses de l'air dans les CTA

- > **~ 3 à 4 m/s à environ $2,5$ m/s**
 - →Influence sur les performances des séparateurs de gouttelettes

Introduction : objectifs du projet

Approfondir connaissances CETIAT et ressortissants

> **État de l'art**

- Phénomènes de formation et d'entraînement des gouttelettes d'eau en aval des batteries froides
- Séparateurs de gouttelettes existants
 - Types
 - Performances

> **Caractérisation de différentes configurations de séparateurs**

- Mise en place de moyens expérimentaux spécifiques
 - Essais de configurations existantes
- Utilisation de la simulation numérique (CFD 3D)
 - Évaluation de configurations existantes testées expérimentalement
 - Évaluation de prototypes destinés à améliorer les performances
- Vérification des performances des prototypes

État de l'art

Condensation sur batterie froide

Quand ?

- > **Lorsque la température de surface des éléments de la batterie est inférieure à la température de rosée**

Description du phénomène

- > **Apparition de gouttelettes qui grossissent**
- > **Coalescence**
 - Des gouttelettes qui se touchent forment une gouttelette plus grosse
- > **Forces auxquelles sont soumises les gouttelettes (ailettes verticales)**
 - Forces de tension de surface (forces d'adhésion), de gravité et d'entraînement (par le flux d'air)
- > **Mise en mouvement des gouttelettes si rupture équilibre des forces**
 - Drainage (si vitesse air faible) et/ou entraînement (si vitesse air élevée)

Risques liés à l'entraînement des gouttelettes

Risque chimique (corrosion)

- > **Phénomène d'altération (oxydation) des métaux en contact avec l'eau en présence d'oxygène**
 - Formation de rouille (substance de couleur brun-rouge)
- > **Détérioration des conduits et éléments des systèmes de ventilation**
 - Perforations, fuites, ruptures, etc.

Risque biologique (contamination fongique)

- > **Développement de spores fongiques (cellules reproductrices des champignons) si la température de l'air est favorable, en présence de poussières contenant des matières organiques**
- > **La contamination fongique est associée à des symptômes de bâtiment malsain (SBS)**
 - Infections pulmonaires, irritation des muqueuses, asthme, urticaire, odeurs de moisi (COV), etc.

Taille des gouttelettes entraînées

Peu d'éléments sur ce sujet dans la bibliographie

> Influence sur l'entraînement de gouttelettes

- De la nature hydrophile ou hydrophobe de la surface des ailettes
- De la vitesse de l'air
 - La vitesse minimum d'entraînement dépend de la nature de la surface

> Taille des gouttelettes entraînées ?

- Très peu de données !
 - 3 mm
 - 0,1 mm
 - 0,25 à 1,5 mm



Les séparateurs de gouttelettes d'eau

2 types de séparateurs utilisés

> Tricots métalliques

- Media fibreux métallique grossier inséré entre 2 grilles métalliques

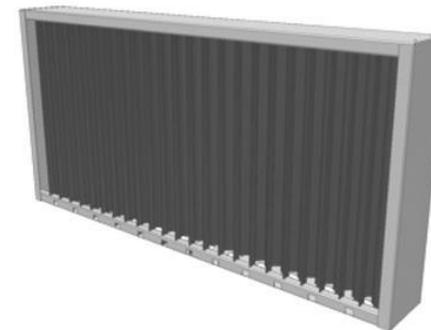
> Séparateurs à lames

- Mise en rotation de l'air lors de son passage à travers un assemblage de lames parallèles, courbées et éventuellement munies de crochets

Tricot métallique



Séparateur à lames



Gouttelettes captées par effets d'inertie

État de l'art

En résumé

> Batteries froides

- Phénomènes de
 - Condensation de la vapeur d'eau
 - Entraînement de gouttelettes d'eau en aval

> Risques liés à l'entraînement des gouttelettes d'eau

- Chimique (corrosion)
- Biologique (contamination fongique)

> Séparateurs de gouttelettes d'eau pour CTA

> Autres séparateurs

> Méthodes de détermination des performances des séparateurs



Les séparateurs de gouttelettes d'eau étudiés

Tricots Séparateurs à lames

Les séparateurs étudiés

Principales caractéristiques

- > **T1 à T5 : tricots**
- > **L1 et L2 : séparateurs à lames**

**Choix effectué
par le
Groupe de pilotage**

Séparateur	Matériau	Épaisseur	Description
T1	Métal	13 mm	Medium aluminium expansé entre 2 grilles de métal déployé
T2	Métal	25 mm	
T3	Métal	48 mm	Fils galvanisés entre grille métal déployé et grillage galvanisé
T4	Métal	48 mm	Fils galvanisés entre 2 grilles de métal déployé
T5	Plastique	25 mm	3 couches de media sec
L1	Métal	100 mm	A lames
L2	Plastique	122 mm	

Les séparateurs étudiés

Tricots

T1 et T2



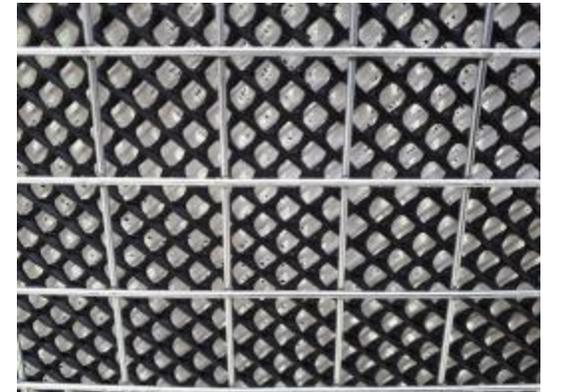
T3



T4



T5

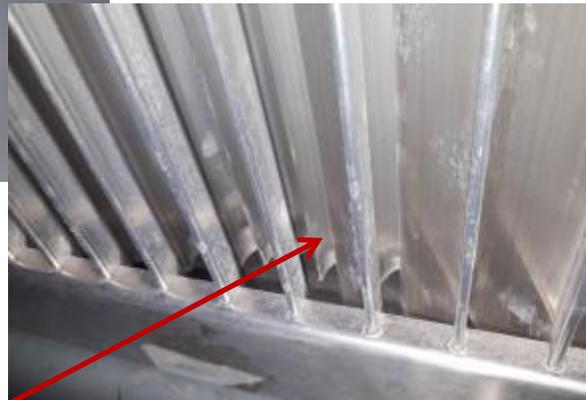


Les séparateurs étudiés

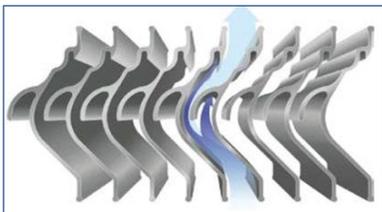
Séparateurs à lames



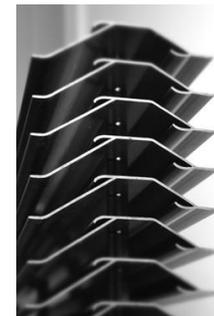
L1



Crochet



L2



Crochet



Détermination des performances des séparateurs existants

Essais

- > Les 4 tricots métalliques
- > Le tricot plastique
- > Les 2 séparateurs à lames

**Choix effectué
par le
Groupe de pilotage**

Calculs : simulations numériques 3D (CFD)

- > Les 2 séparateurs à lames

Mesure des performances des séparateurs existants et prototypes

Moyens d'essais

Essais sur micro gouttelettes de DEHS (huile)

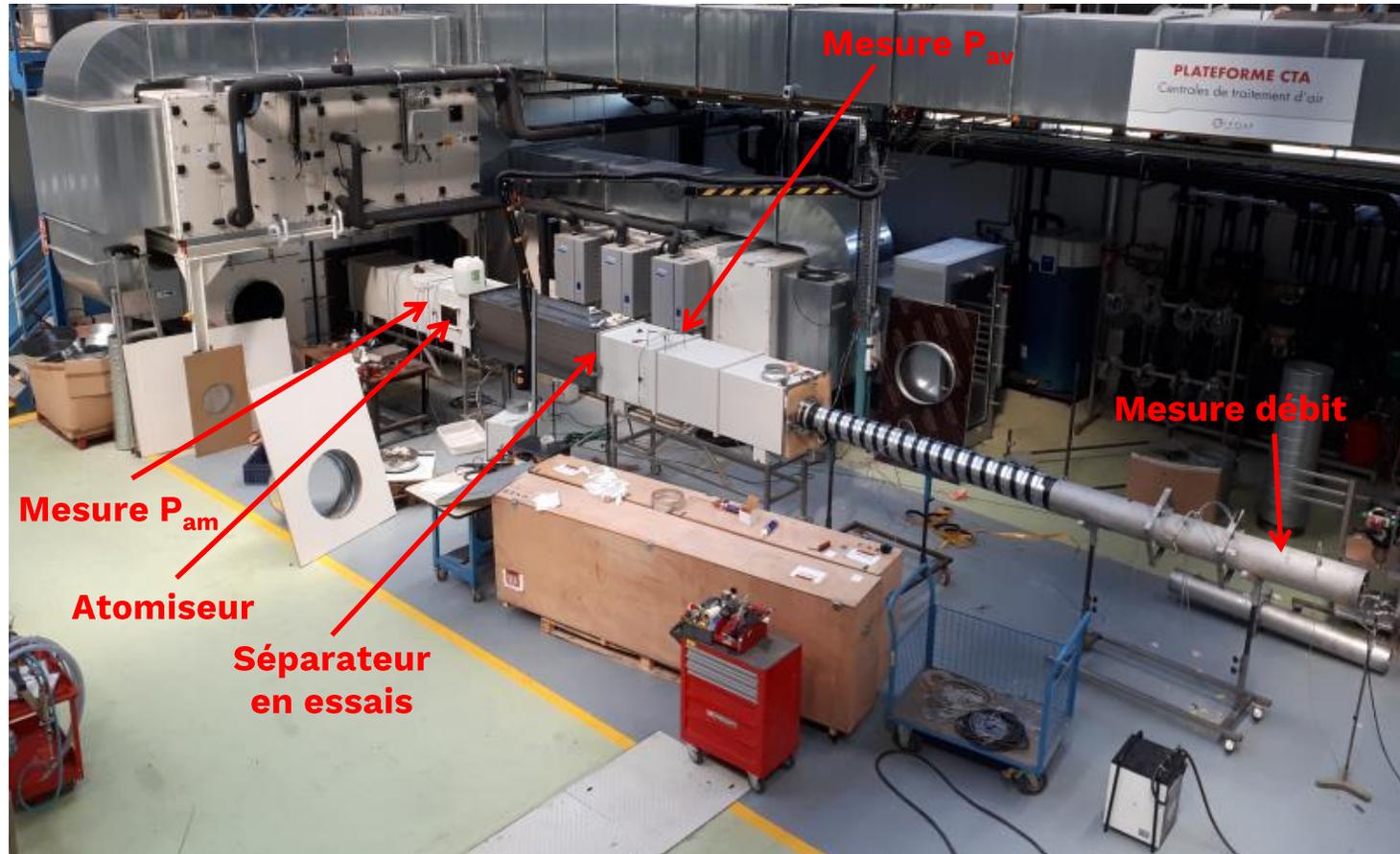
Banc d'essais ISO 16890 (filtres de ventilation générale)

- > **Courbe débit / perte de charge initiale et efficacité initiale par comptage particulaire entre 0,3 et 5 μm**
 - Mise en évidence des effets filtrants : quelles gouttelettes sont arrêtées ?



Essais sur aérosol de gouttelettes d'eau

Banc d'essais plate-forme CTA



Atomiseur



Essais sur aérosol de gouttelettes d'eau

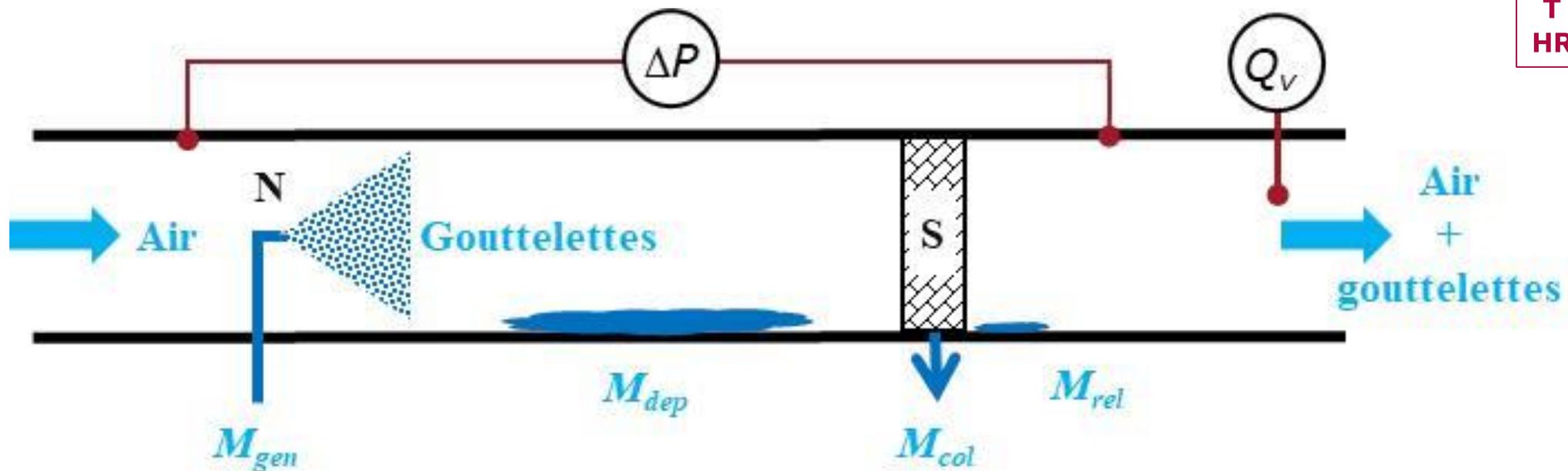
Mesures, calcul de l'efficacité (E)

> Efficacité moyenne / initiale

- Durée de l'essai ≈ 32 min / 90 s
- Masse générée $\approx 2,5$ kg / 0,2 kg

$$E = \frac{M_{col} + M_{rel}}{M_{gen} - M_{dep}}$$

$T = 19\text{ }^{\circ}\text{C}$
 $HR = 80\%$



Moyens de calculs des performances des séparateurs à lames existants et prototypes

Calculs par simulations numériques (CFD 3D)

Caractérisation et vérification des performances des séparateurs à lames existants

> **Détermination des**

- Écoulements d'air
- Trajectoires de gouttelettes d'eau
- Pertes de charge
- Efficacités de séparation

Identification des modifications géométriques pour l'optimisation (prototypes)

- > **Critère : meilleur compromis efficacité / perte de charge**
- > **Séparateur à lames : 8 prototypes (4 par séparateur testé)**

Modèle de calcul

Simulation des écoulements

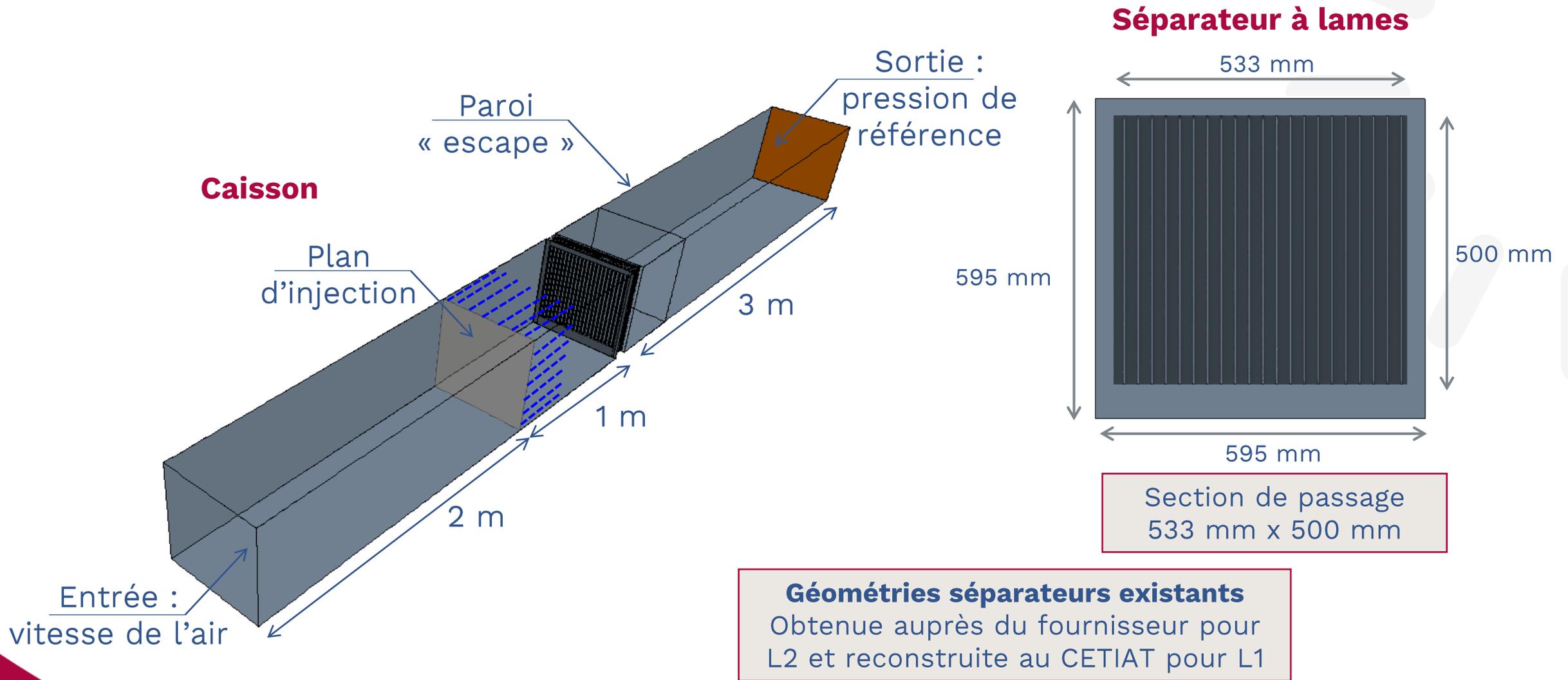
- > **Calculs 3D RANS stationnaires, isothermes**
- > **Modèle de turbulence : k- ϵ**
- > **Air gaz parfait**

Calcul des trajectoires des gouttelettes

- > **Les trajectoires des gouttelettes, assimilées à des sphères de diamètre équivalent, ont été calculées selon une approche Lagrangienne**
- > **Pas de prise en compte de la coalescence ou de la fragmentation des gouttelettes**

Modélisations réalisées avec le logiciel StarCCM+

Domaine de calcul 3D et conditions aux limites



Données simulations

Entrée caisson

- > **Vitesse d'air**
- > **Masse volumique : 1,2 kg/m³ (T = 19 °C & HR = 80 %)**

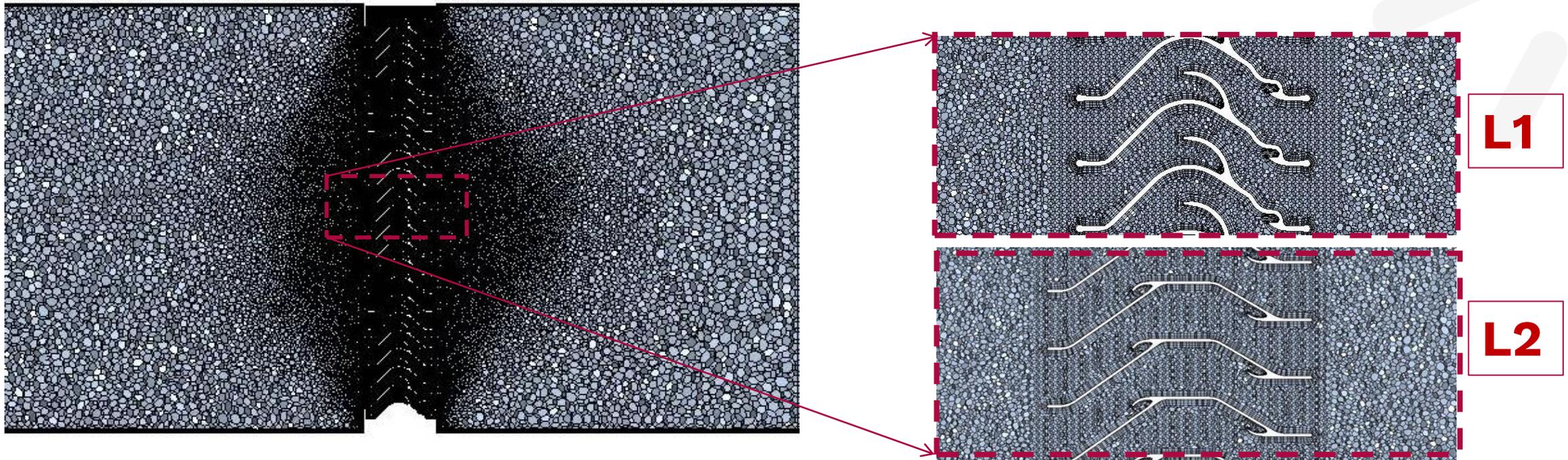
Injection de gouttelettes

- > **Particules supposées sphériques injectées au niveau d'une surface fictive située à 1 m en amont du séparateur à lames**
- > **Vitesse d'injection**
 - Vitesse de l'écoulement
- > **Diamètres**
 - 1 / 3 / 5 / 7,5 / 10 / 12,5 / 15 / 17,5 / 20 μm
- > **Masse volumique**
 - 1000 kg/m³

Maillage du domaine de calcul

~5,84 millions éléments volumiques polyédriques

> Raffiné dans la zone du séparateur de gouttelettes



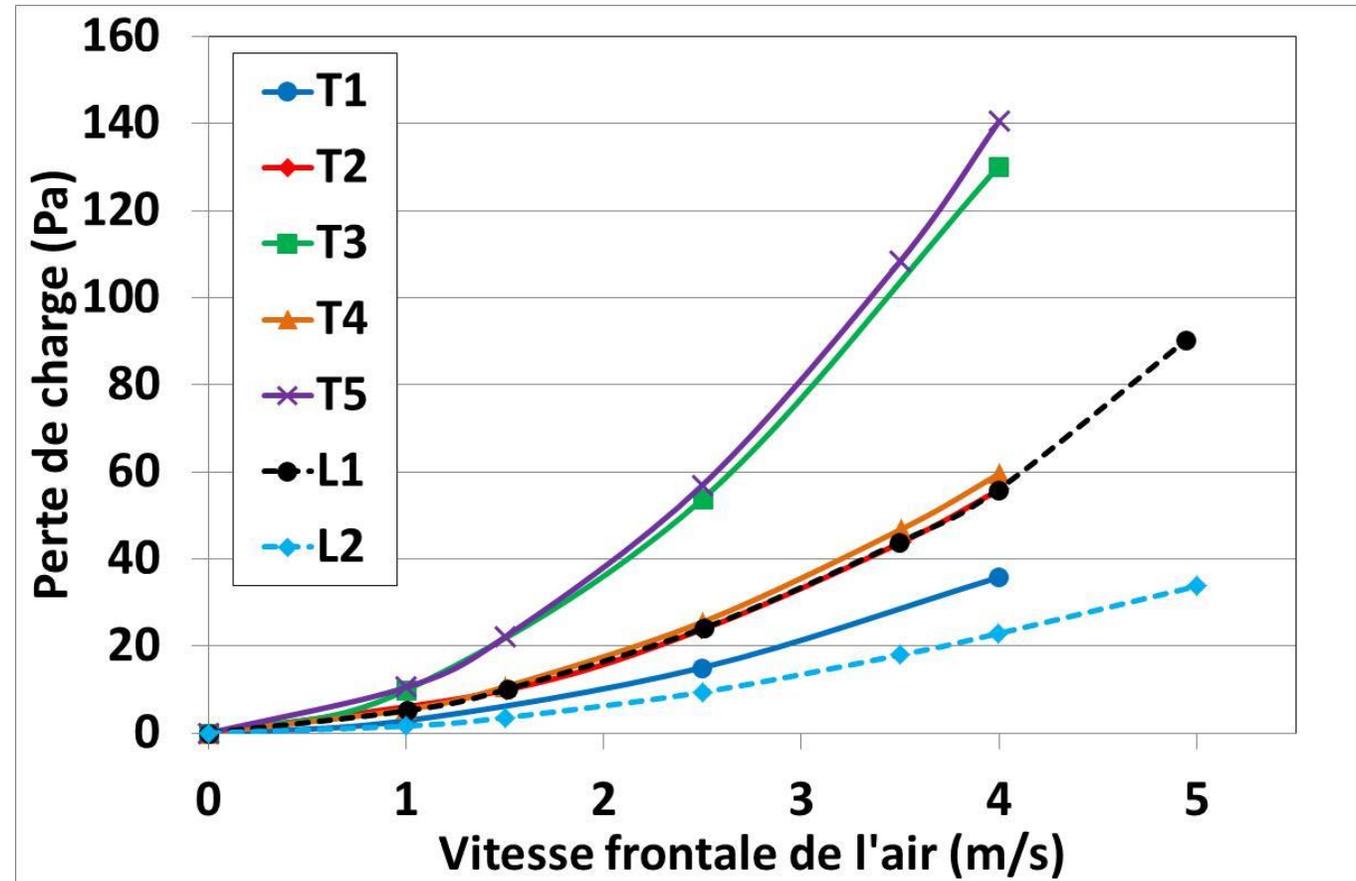
Zoom maillage proche séparateurs à lames

Séparateurs existants

Résultats des essais

Perte de charge initiale des séparateurs

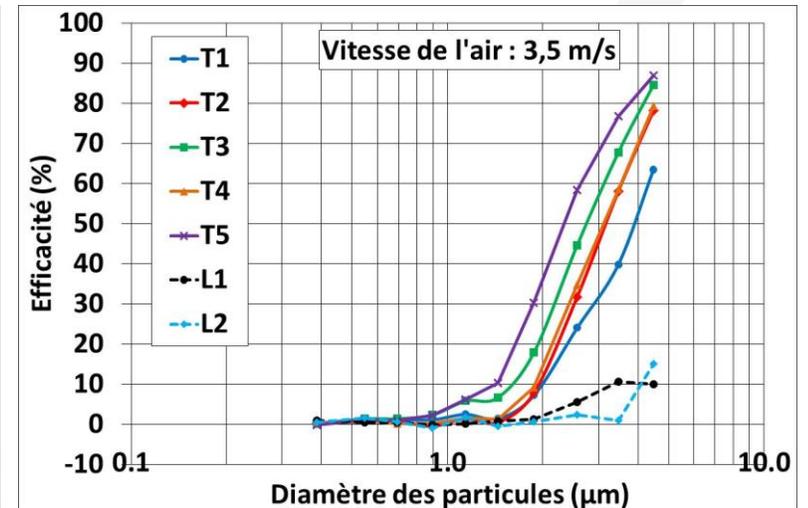
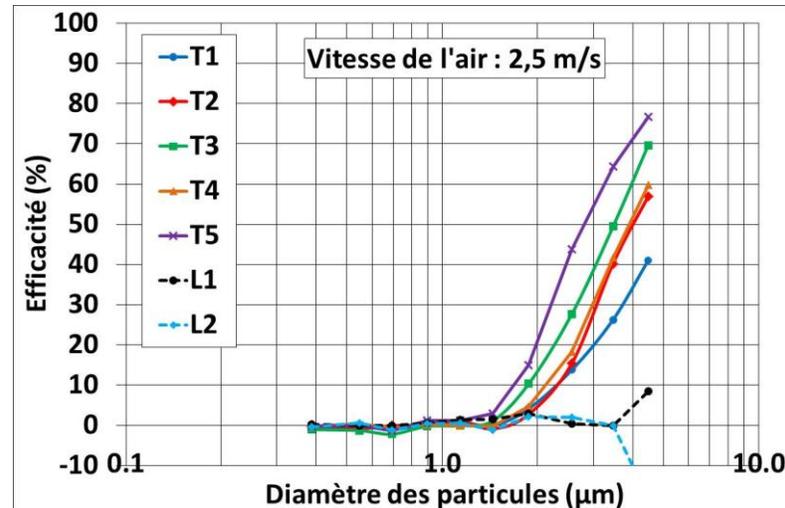
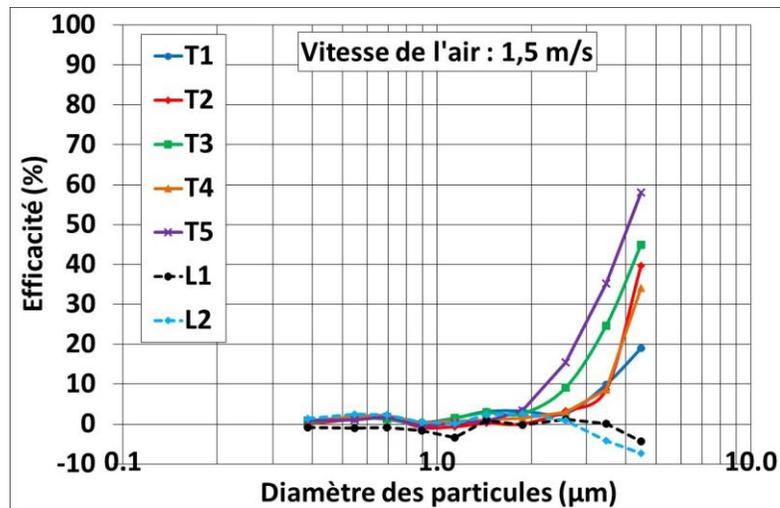
En fonction de la vitesse de l'air



Essais sur micro gouttelettes de DEHS (huile)

Efficacité initiale

- > Quasi-nulle en-dessous de 1 μm
- > Celle des séparateurs à lames est quasi-nulle sur tout le spectre granulométrique étudié et inférieure à celle des tricots
- > Augmente lorsque la vitesse de l'air augmente

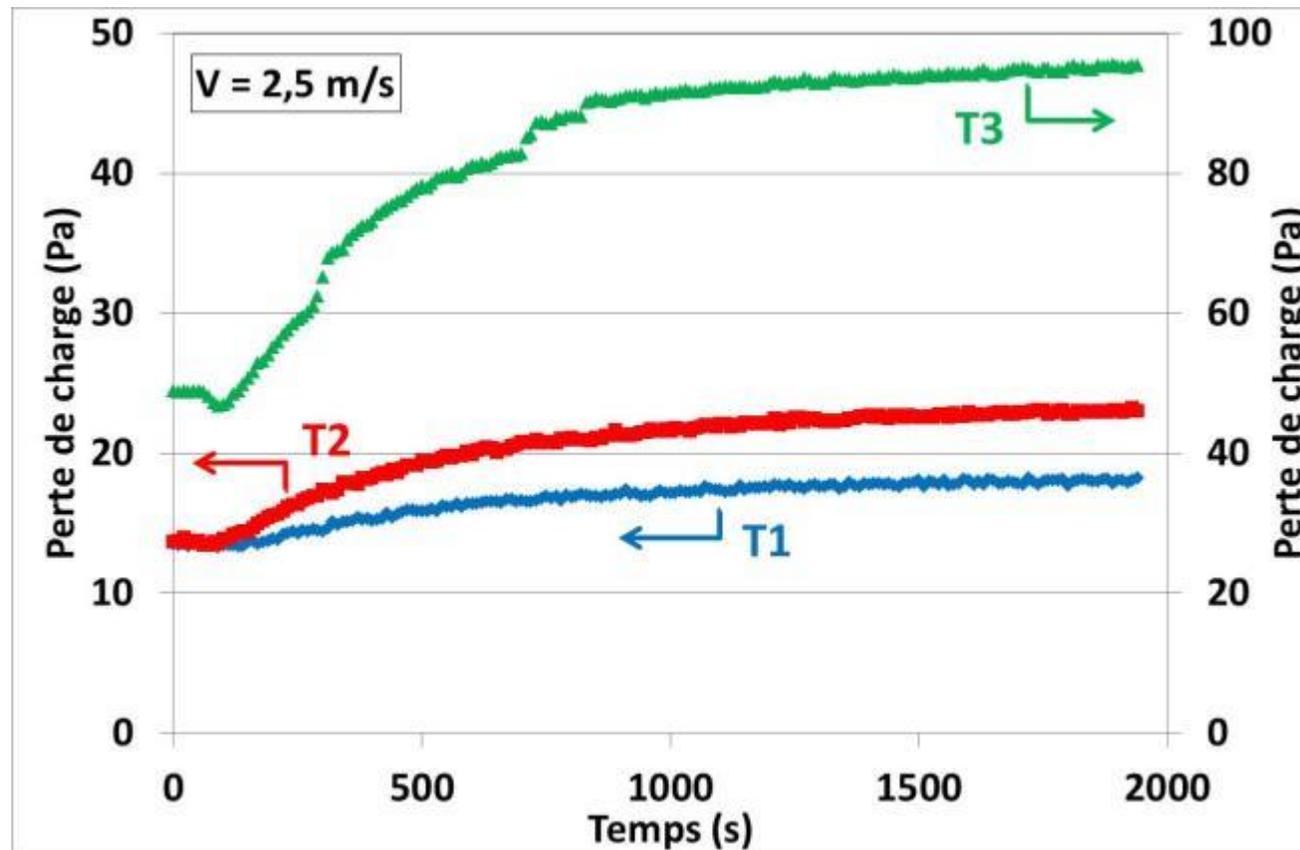


Gouttelettes arrêtées par effets d'inertie

Essais sur aérosol de gouttelettes d'eau

Perte de charge au cours du temps

> Tricots (exemples)

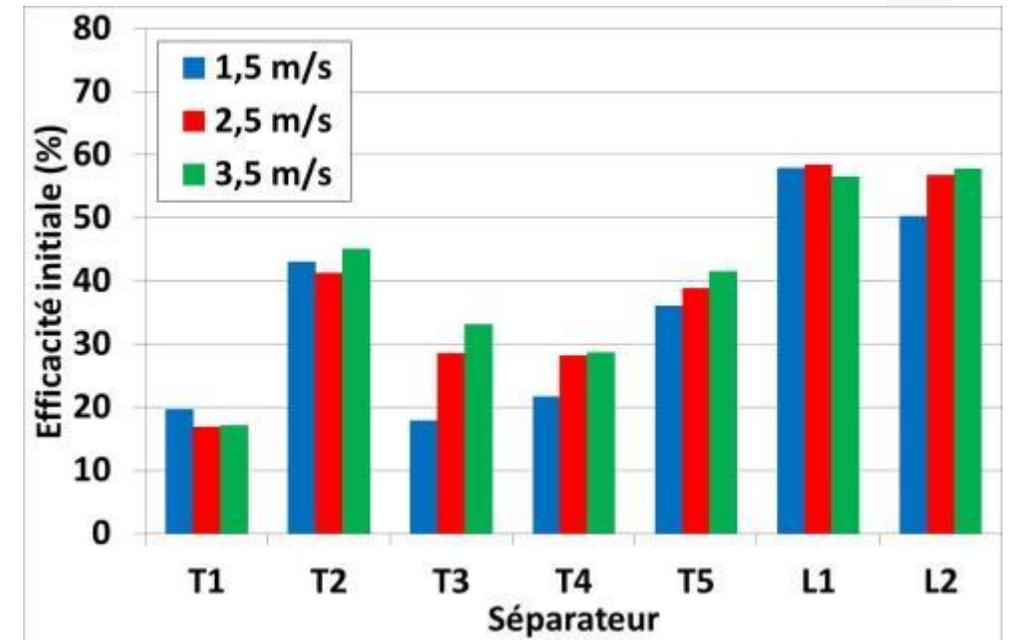
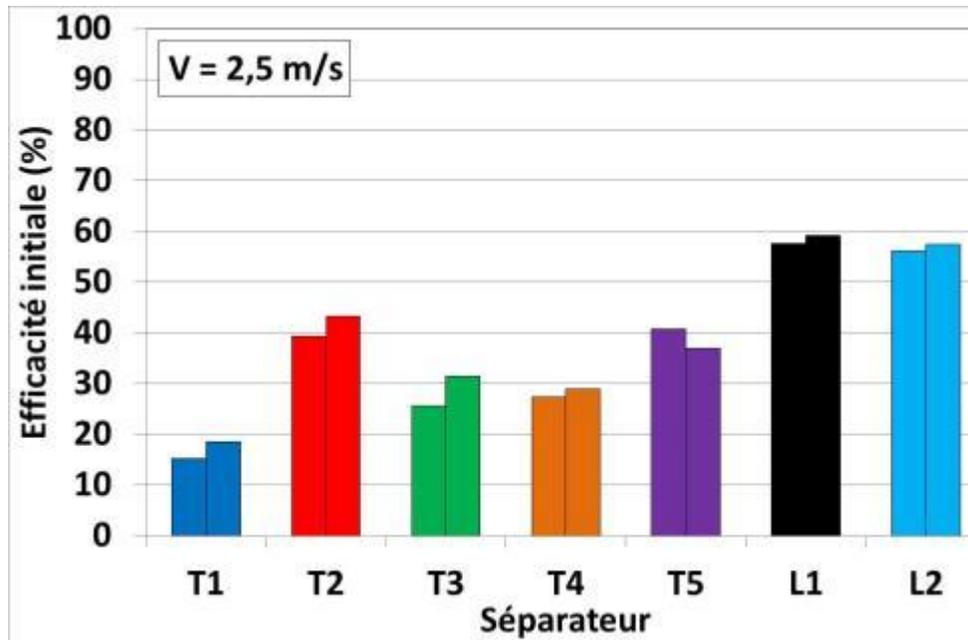


Essais sur aérosol de gouttelettes d'eau efficacité initiale

Influence type de séparateur et vitesse de l'air

- > Pas de relargage
- > Séparateurs à lames plus efficaces que les tricots
- > Généralement, l'efficacité augmente si la vitesse augmente

Sép	Ép (mm)
T1	13
T2	25
T3	48
T4	48
T5	25
L1	100
L2	122



Essais sur aérosol de gouttelettes d'eau efficacité moyenne

Bilan masse sur efficacité moyenne (exemple)

> $V = 2,5 \text{ m/s}$

> Prise en compte de la masse d'eau relarguée pour le calcul de l'efficacité moyenne

- Relargage important avec le tricot T2

	M_{gen} (g)	M_{dep} (g)	$M_{\text{dep}} / M_{\text{gen}}$ (%)	M_{gcol} (g)	E (%)	M_{rel} (g)
T1	2644	471	18	923	43,8	29
T2	2664	531	20	648	57,3	575
T3	2684	538	20	1052	49,1	2
T4	2604	400	15	1047	47,9	0
T5	2741	381	14	952	56,7	386

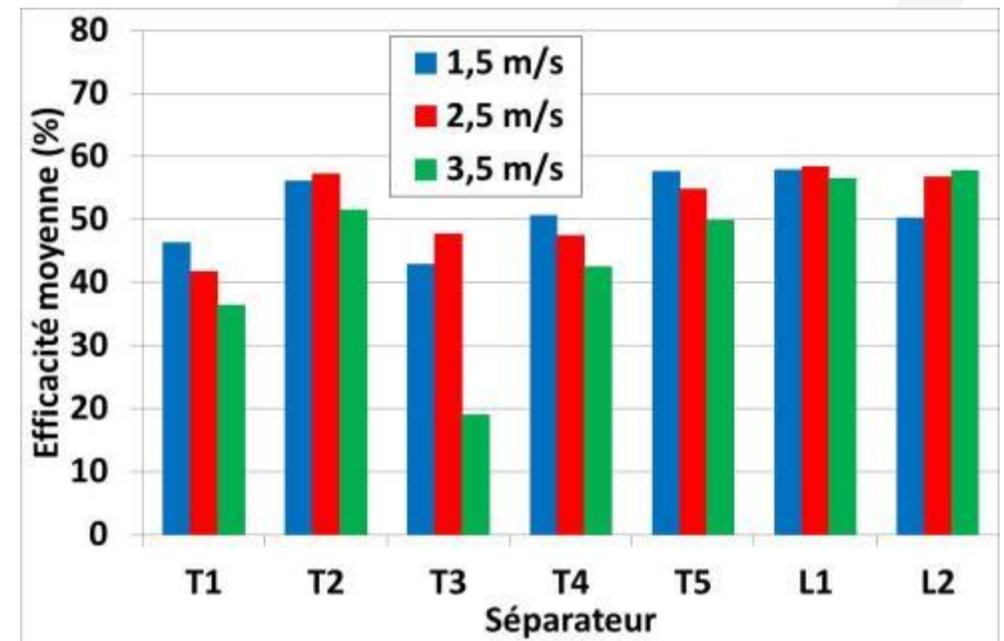
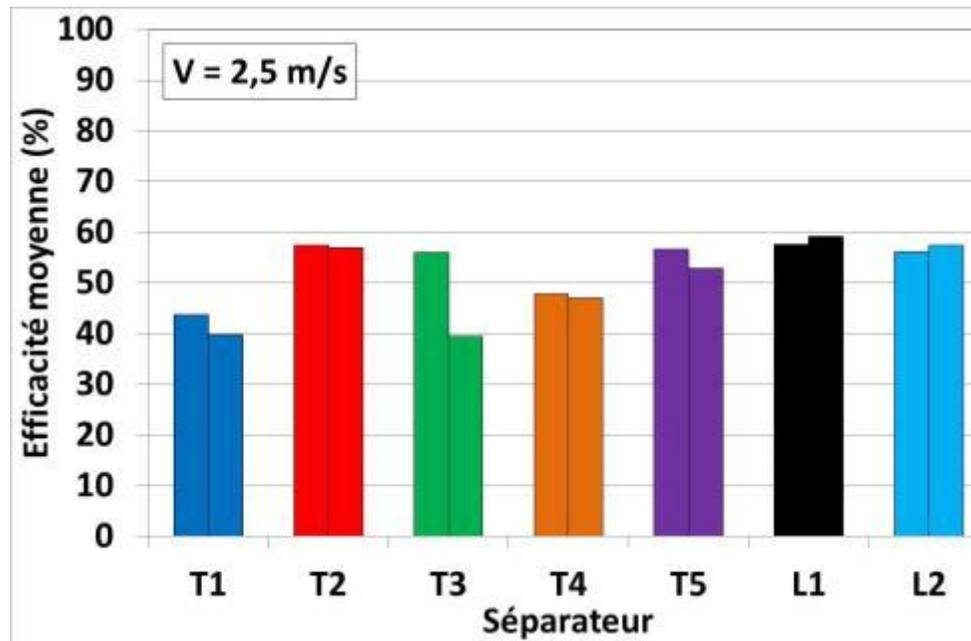


Essais sur aérosol de gouttelettes d'eau efficacité moyenne

Influence type de séparateur et vitesse de l'air

- > Peu d'écart d'un séparateur à l'autre
- > Influence vitesse de l'air peu claire
 - Efficacité des tricots plus faible à 3,5 m/s

Sép	Ép (mm)
T1	13
T2	25
T3	48
T4	48
T5	25
L1	100
L2	122



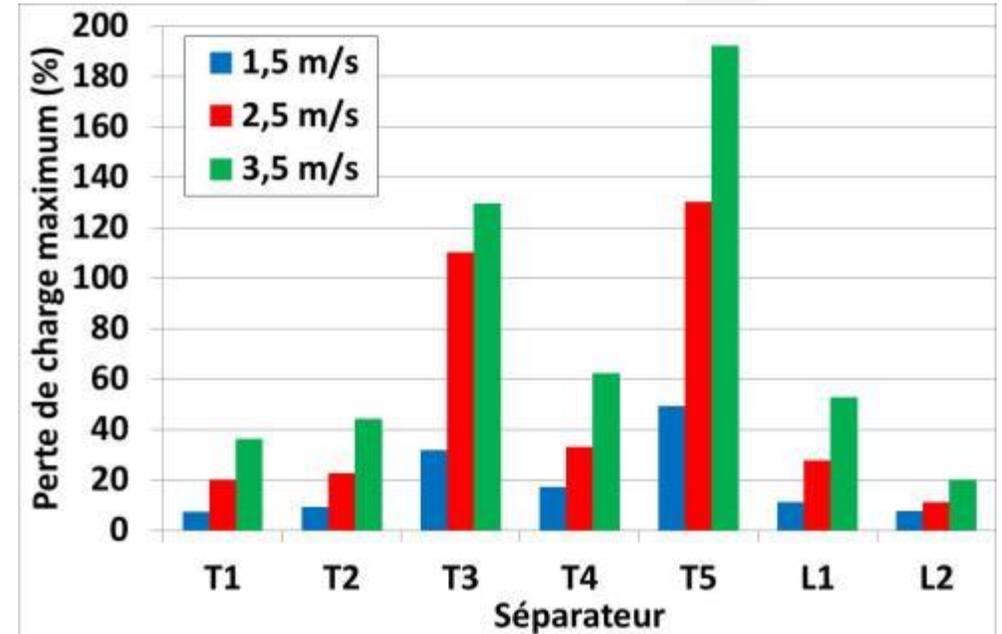
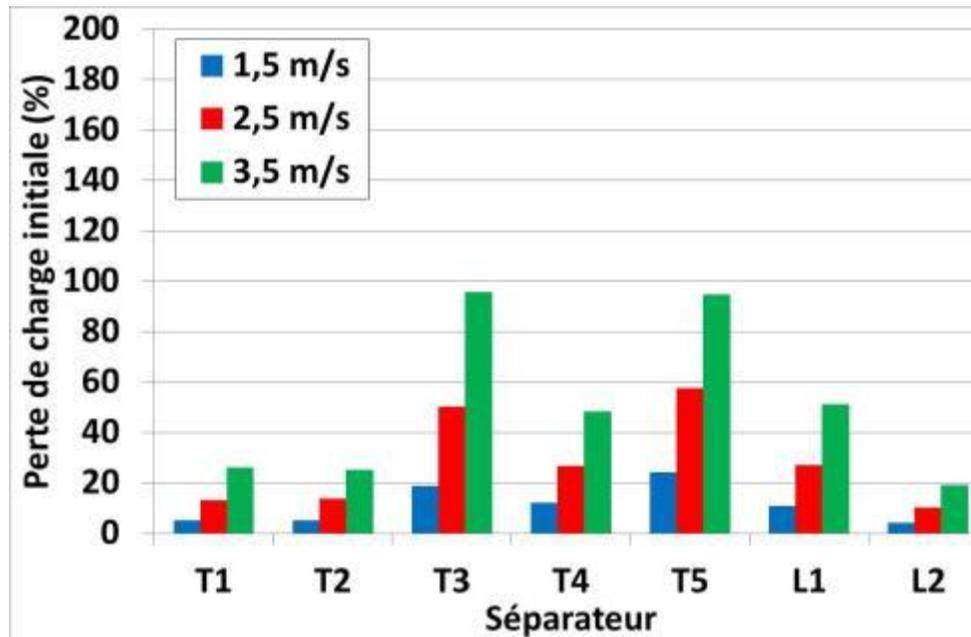
Essais sur aérosol de gouttelettes d'eau

perte de charge

Influence type de tricot et vitesse de l'air

- > Plus forte augmentation de perte de charge pour T2 et surtout T5
 - Pour T3 dans une moindre mesure

Sép	Ép (mm)
T1	13
T2	25
T3	48
T4	48
T5	25
L1	100
L2	122

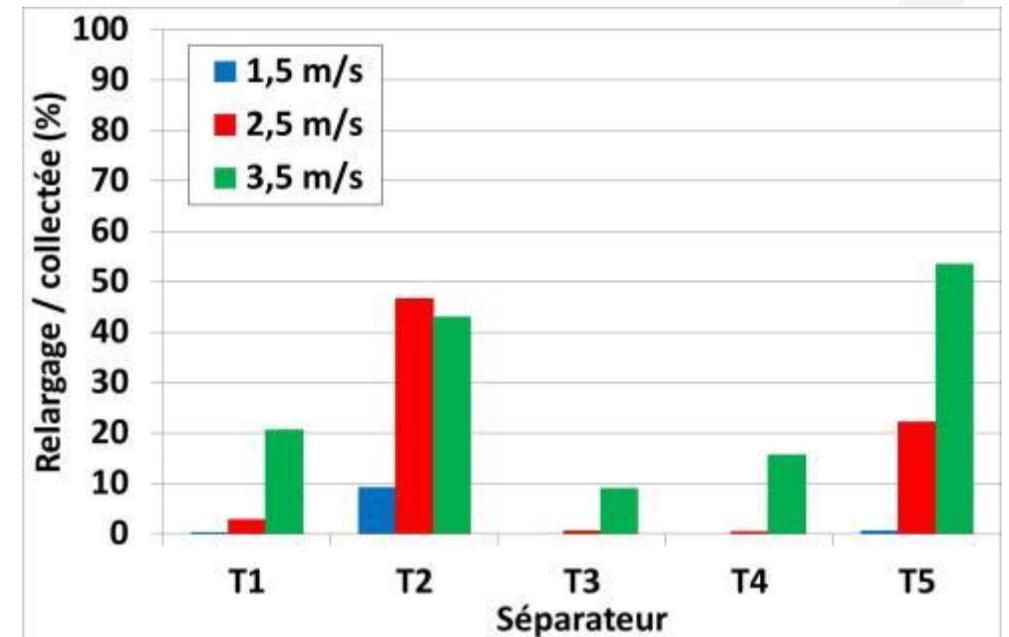
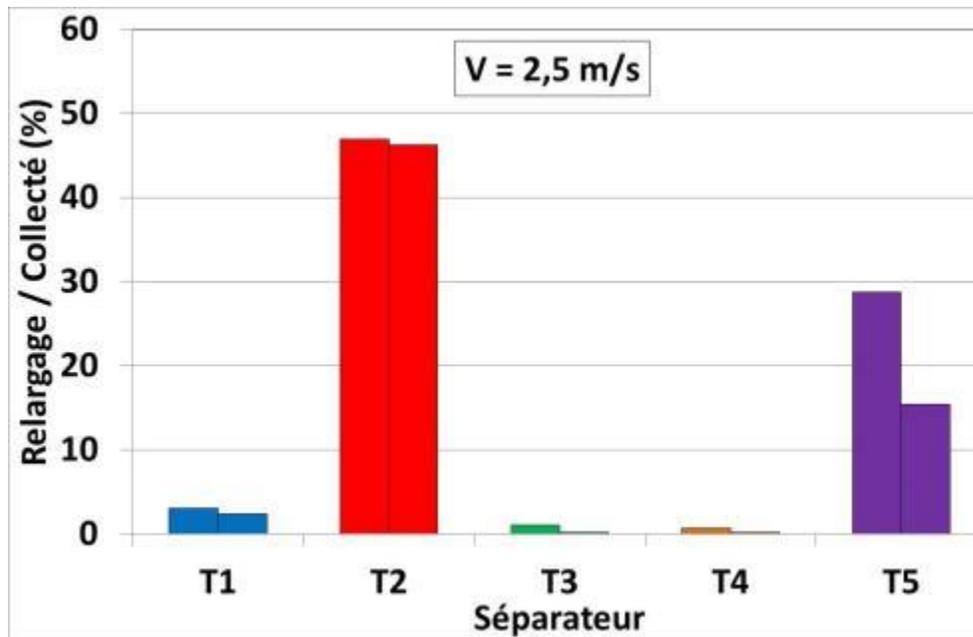


Essais sur aérosol de gouttelettes d'eau relargage

Influence type de tricot et vitesse de l'air

- > Tous les tricots ne se comportent pas de la même manière
- > Le relargage augmente lorsque la vitesse de l'air augmente
 - En particulier pour T2 et surtout T5

Sép	Ép (mm)
T1	13
T2	25
T3	48
T4	48
T5	25
L1	100
L2	122



Séparateurs à lames existants

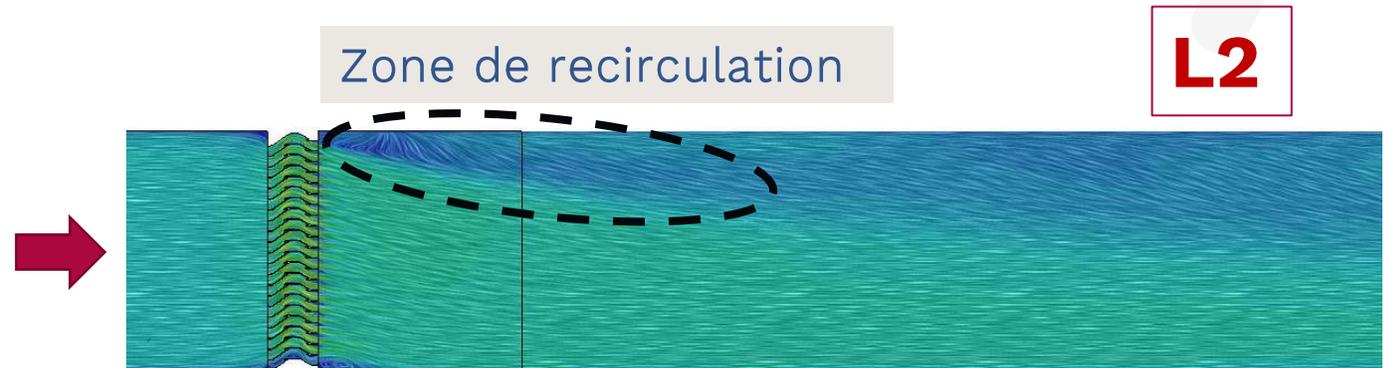
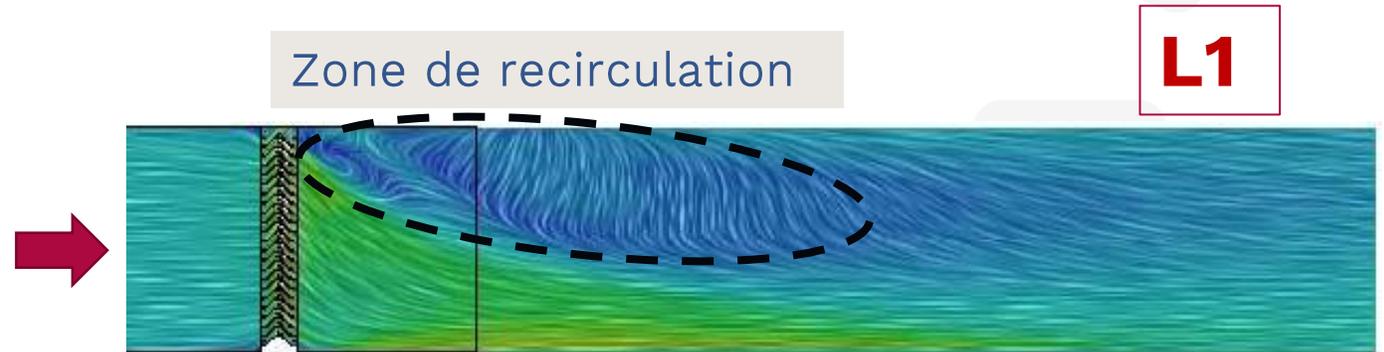
Résultats des calculs

Vitesse de l'air à mi-hauteur du caisson

L'écoulement d'air

- En sortie du séparateur, l'écoulement poursuit la direction imprimée par les lames et alimente davantage la partie droite du caisson dans le sens de l'écoulement

$$u_{\text{air}} = 2,5 \text{ m/s}$$



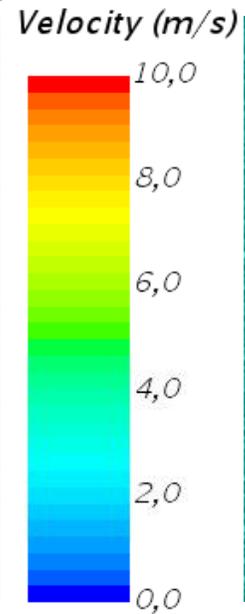
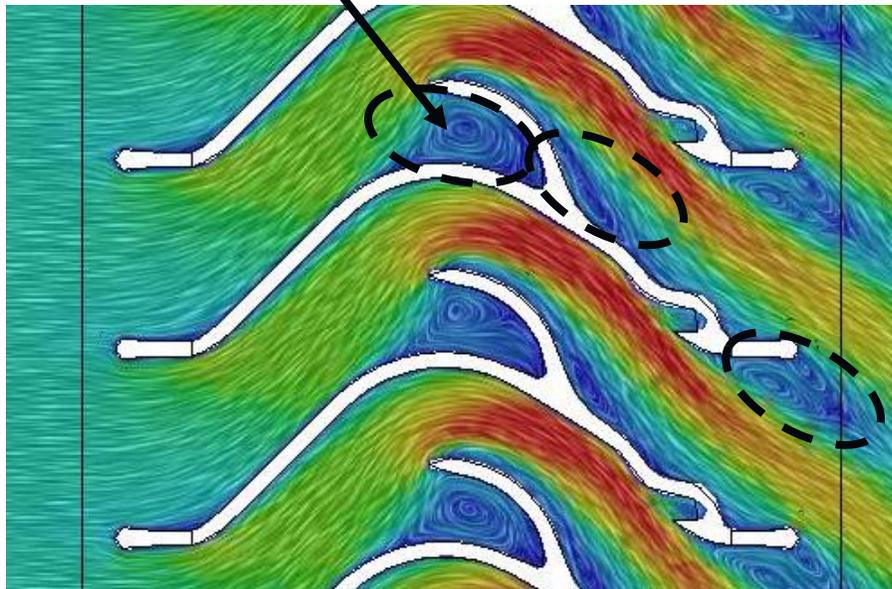
Vue de dessous

Vitesse de l'air à mi-hauteur du caisson

$$u_{\text{air}} = 2,5 \text{ m/s}$$

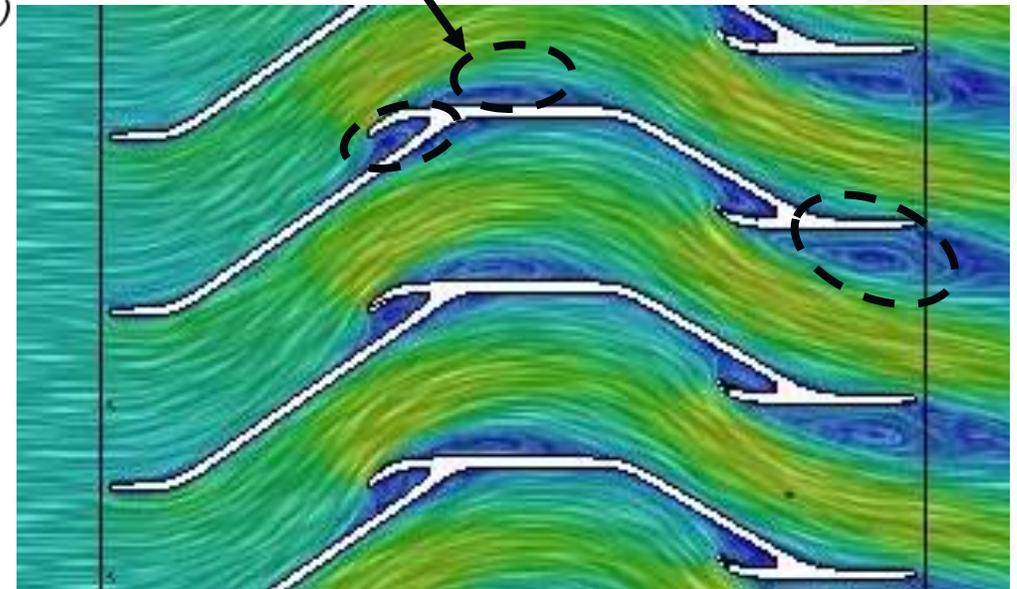
Zone de recirculation

L1



Zone de recirculation

L2



Vue de dessous
Zoom : écoulement autour des lames

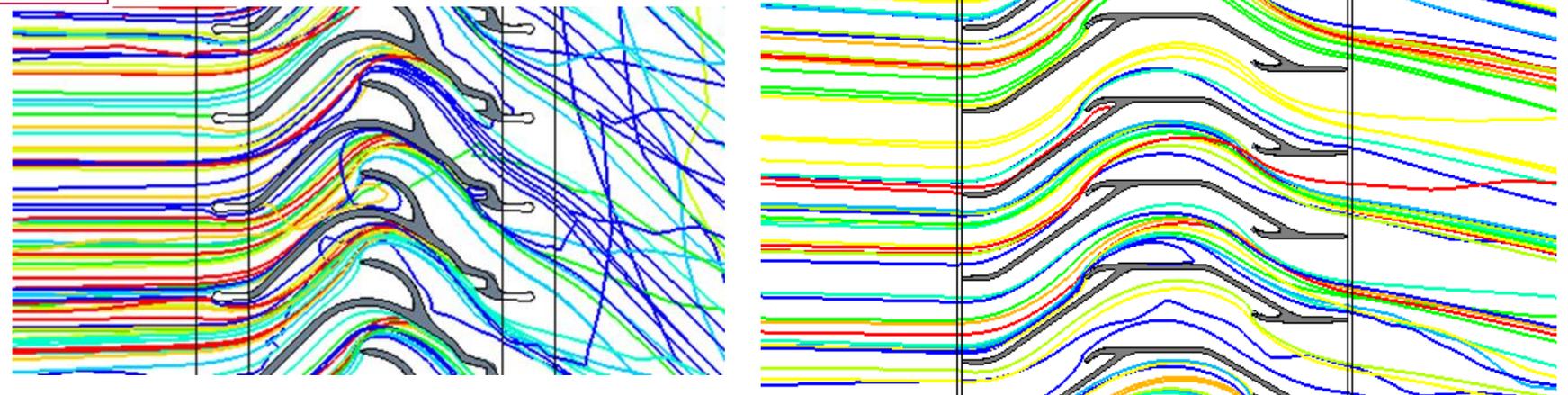
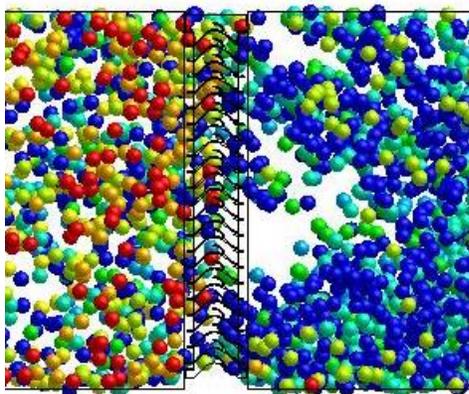
Répartition des gouttelettes

Distribution des gouttelettes

- > En amont du séparateur, on retrouve des gouttelettes de toutes les tailles
- > En aval du séparateur, on retrouve des gouttelettes de faibles diamètres

L1

L2



Track: Particle Diameter (μm)

1,0 3,0 5,0 7,5 10,0 12,5 15,0 17,5 20,0

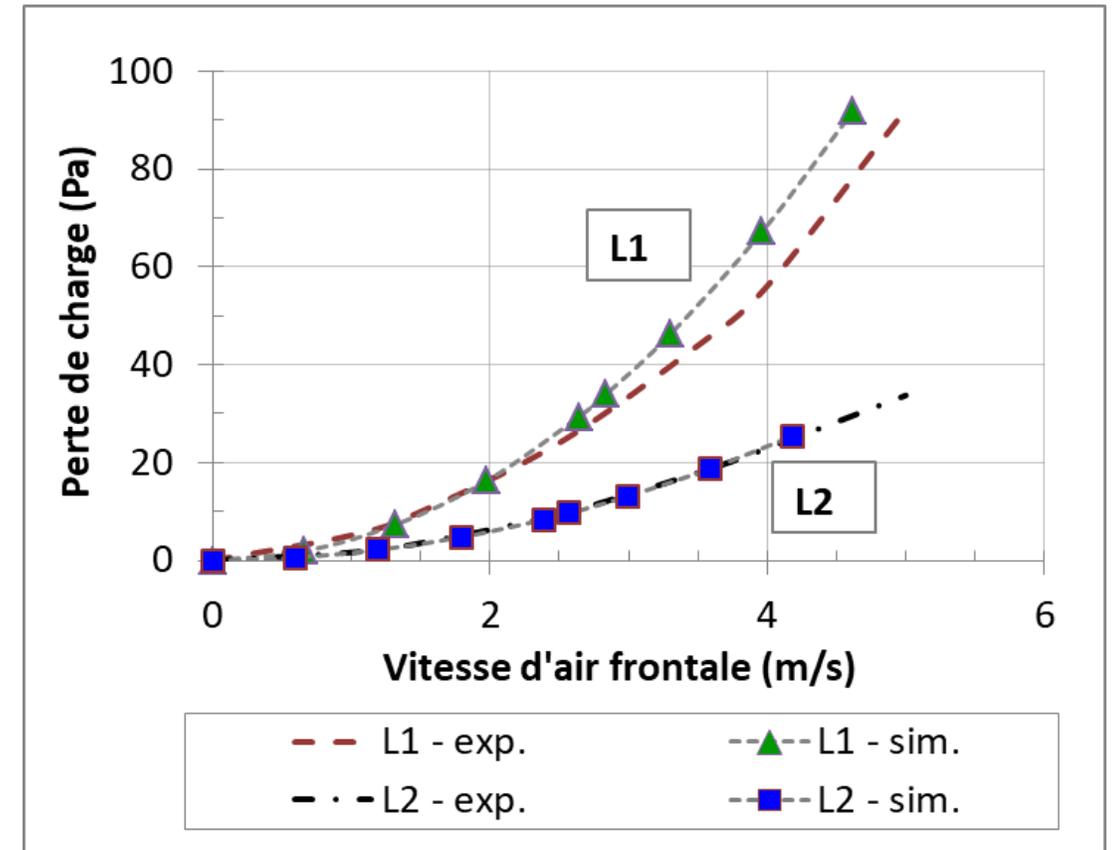
Vue de dessous

Distribution des gouttelettes dans un plan mi-hauteur du caisson

Perte de charge

En termes de perte de charge, on retrouve des niveaux du même ordre de grandeur que ceux de filtres de ventilation générale

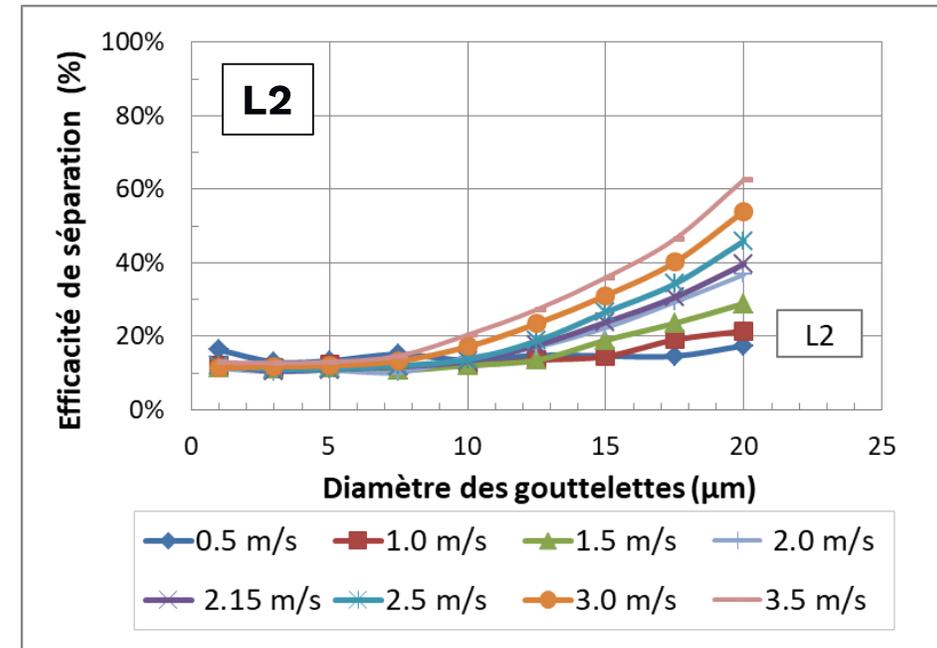
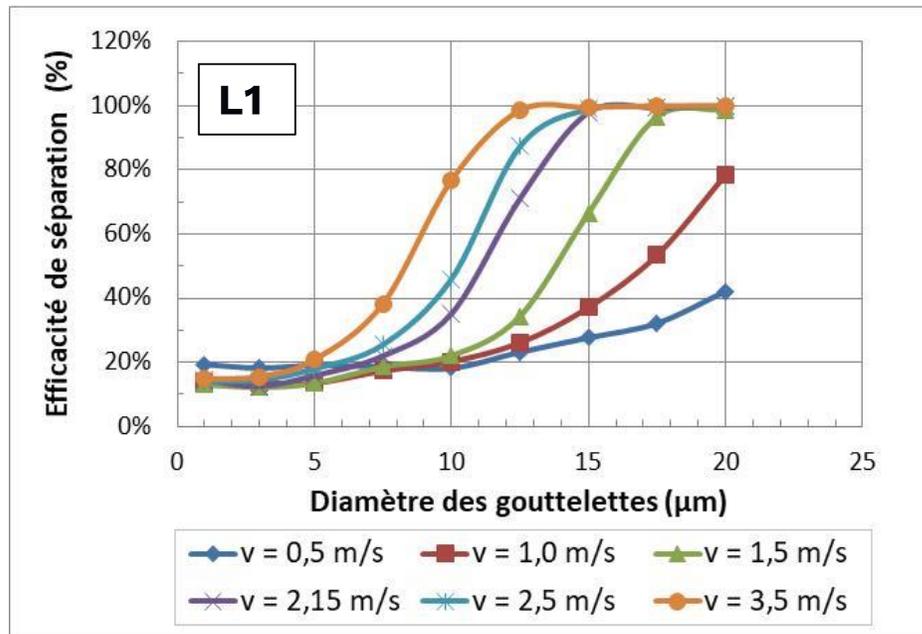
Bonne corrélation entre résultats de simulations et mesures



Efficacité de séparation

Résultats, tendances

- Faible pour des diamètres inférieurs à 7,5 μm (L1) et particulièrement faible pour L2
- Augmente avec le diamètre des gouttelettes



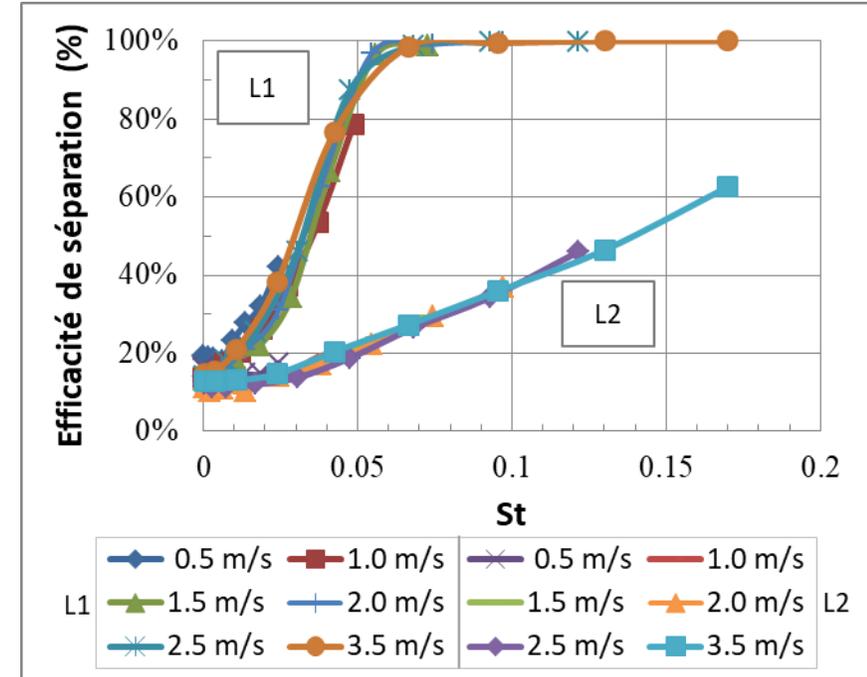
Efficacité de séparation

Nombre de Stokes

$$St = \frac{\rho_l u d_d^2}{18 \mu_g b}$$

> **Efficacité augmente avec le nombre de Stokes et donc avec**

- L'augmentation de la vitesse du gaz et de la taille des gouttelettes
- La diminution de la distance entre les lames



Sommaire de la présentation

Introduction

État de l'art

Performances de séparateurs existants

- > **Essais**

- > **Calculs : simulation numérique 3D (CFD)**

Performances de séparateurs prototypes

- > **Essais**

- > **Calculs : simulation numérique 3D (CFD)**

Conclusion

Choix et performances des tricotés métalliques prototypes

Tricots métalliques

Essais de tricots modifiés

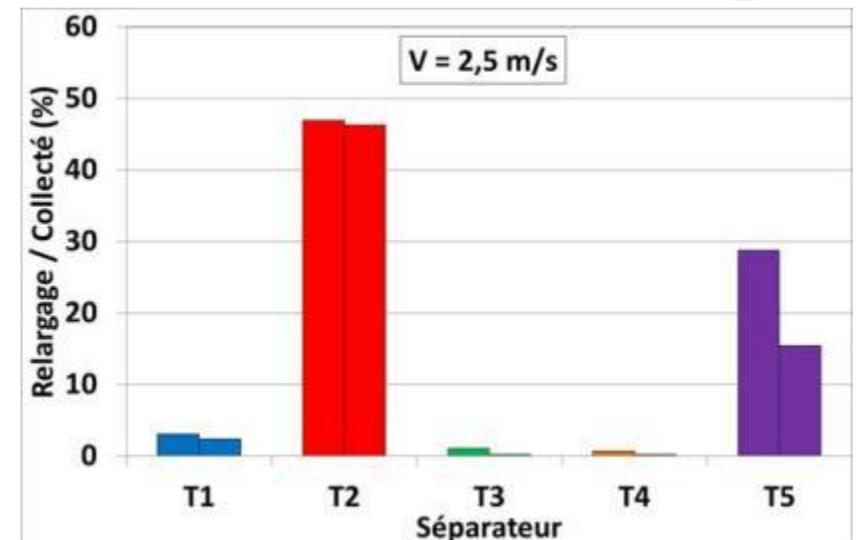
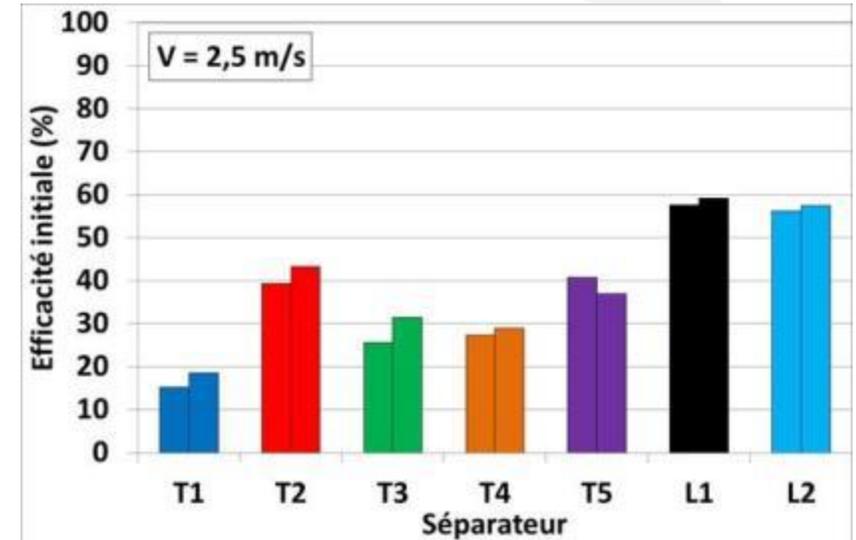
> **Pour comprendre les différences entre T1 et T2 et en particulier le relargage du T2**

- Tricot T1 avec une épaisseur doublée
- Tricot T2 avec une épaisseur divisée par 2

> **Pour comprendre les performances de T3 et T4 et en particulier le rôle de la grille en amont du T3**

- Essais du T3 dans l'autre sens
- Essais d'un T3 2 fois moins épais et sans la grille amont

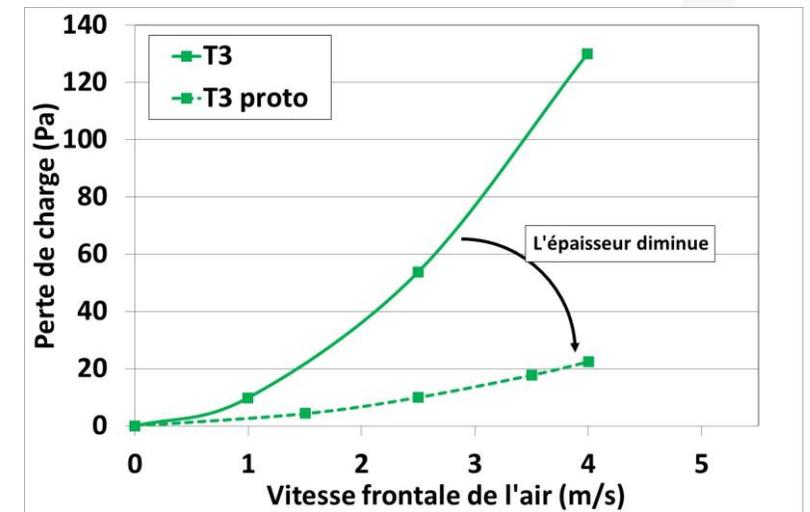
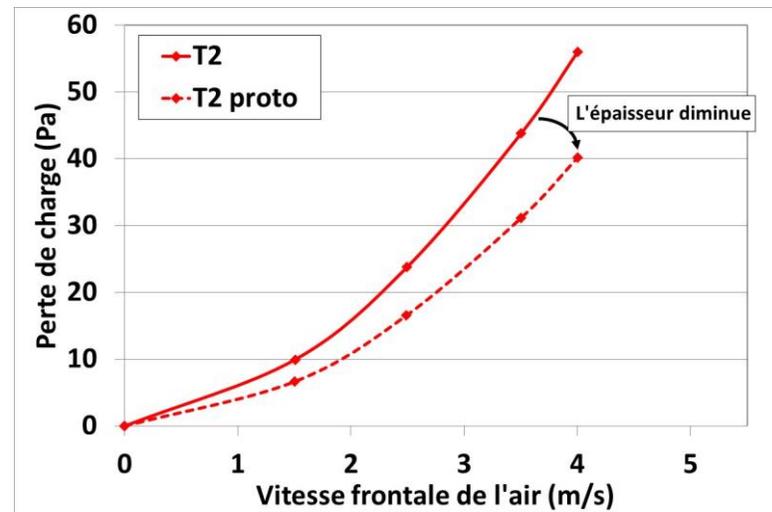
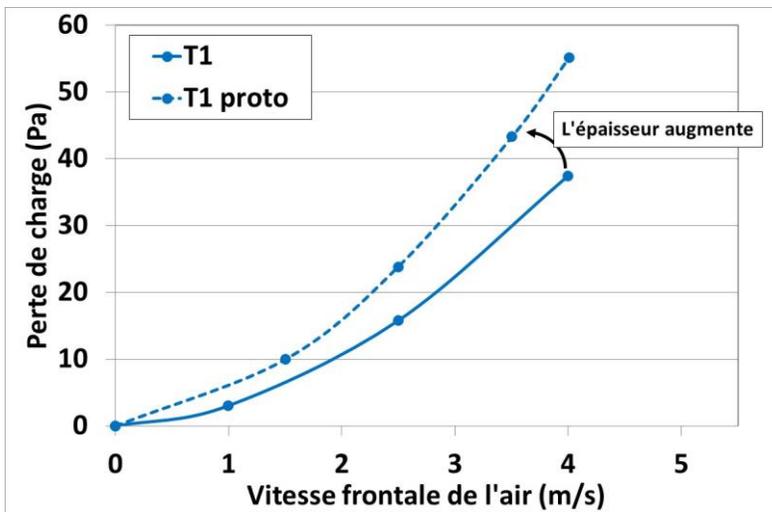
**Choix effectué
par le
Groupe de pilotage**



Essais tricots métalliques prototypes

Perte de charge

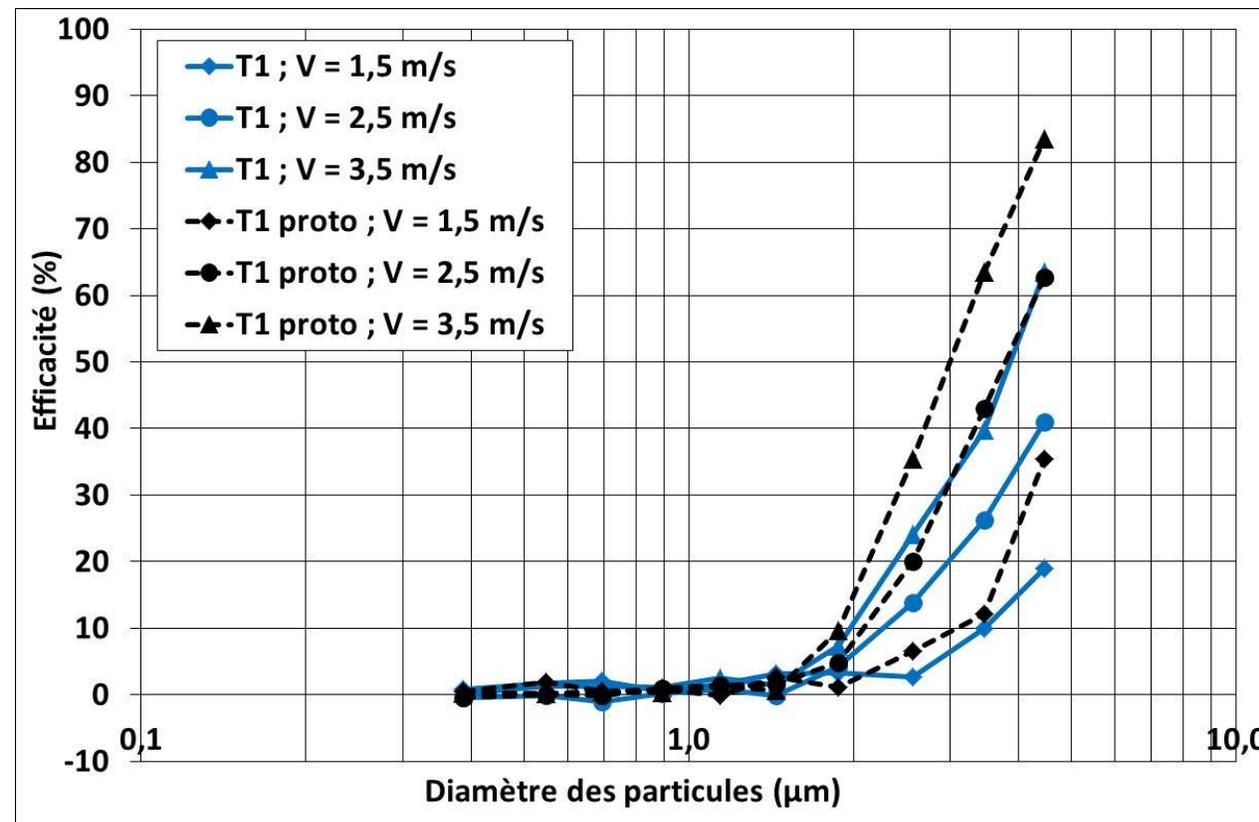
- > Lien entre changement d'épaisseur et diminution ou augmentation de la perte de charge



Tricots métalliques prototypes : essais sur DEHS

Efficacité initiale (T1 et T1 proto)

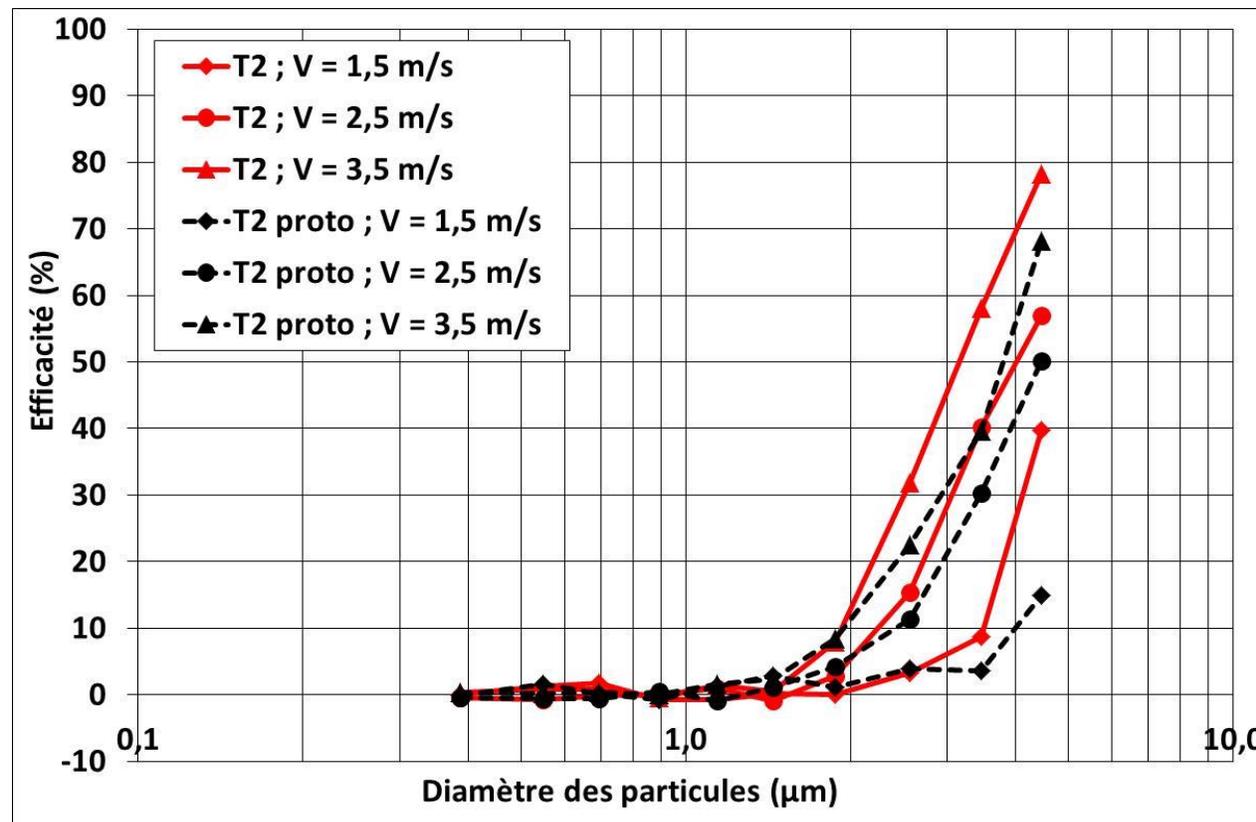
> Augmentation de l'efficacité (augmentation de l'épaisseur)



Tricots métalliques prototypes : essais sur DEHS

Efficacité initiale (T2 et T2 proto)

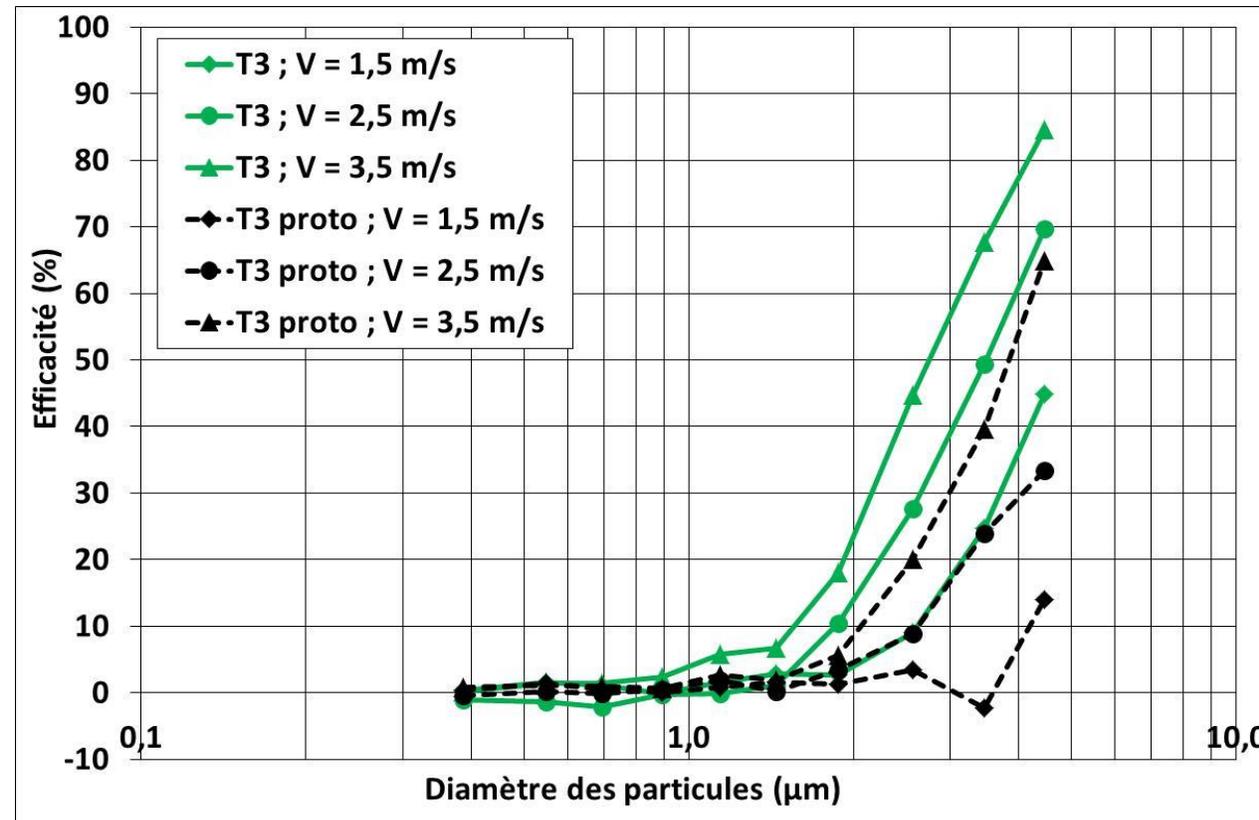
> Diminution de l'efficacité (diminution de l'épaisseur)



Tricots métalliques prototypes : essais sur DEHS

Efficacité initiale (T3 et T3 proto)

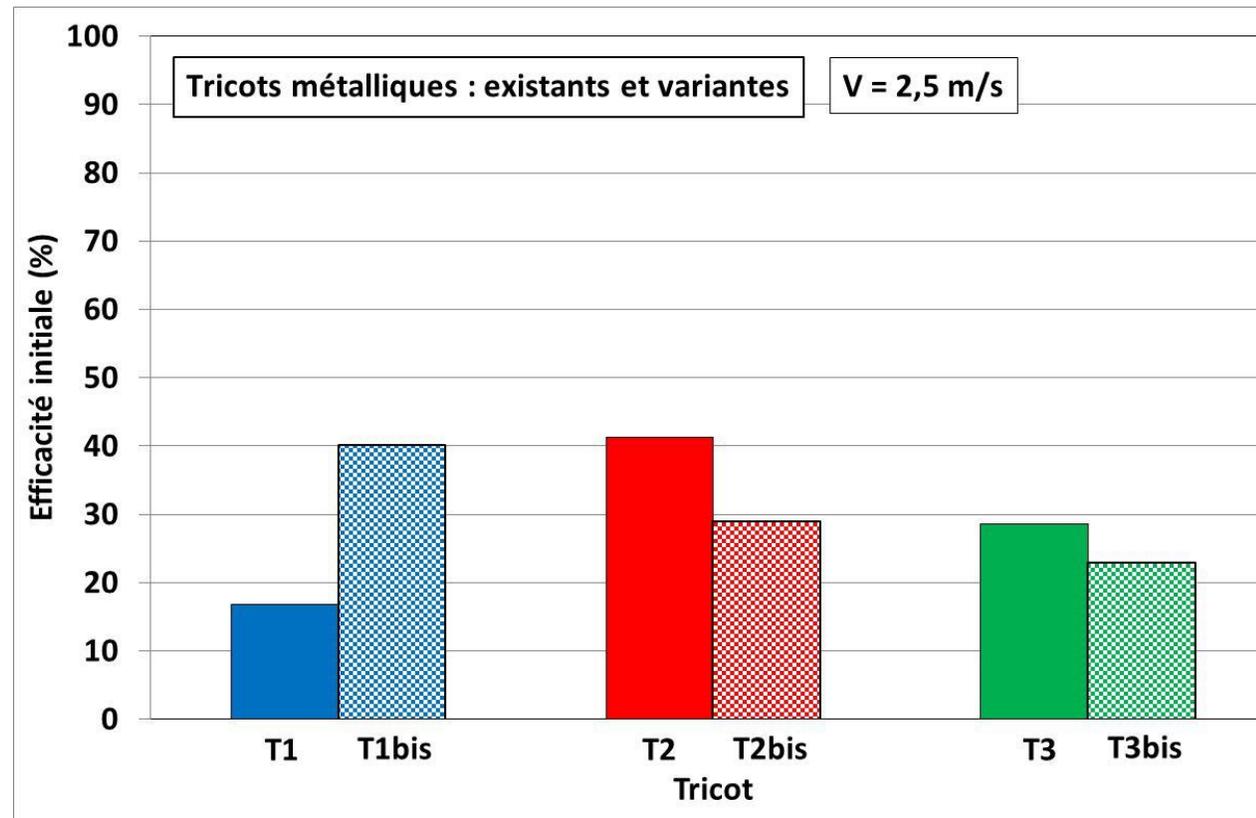
> Diminution de l'efficacité (diminution de l'épaisseur)



Tricots métalliques prototypes : essais sur gouttelettes d'eau

Efficacité initiale

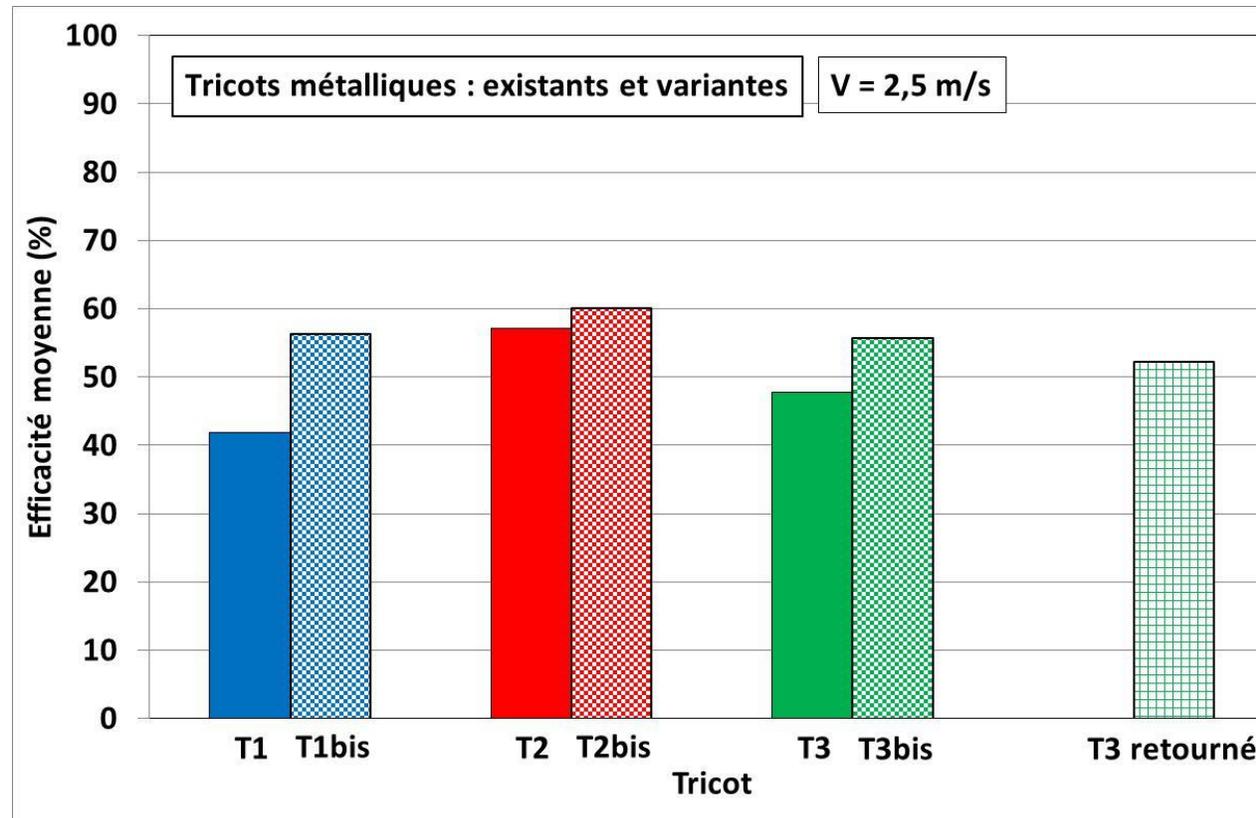
- > Lien entre changement d'épaisseur et diminution ou augmentation de l'efficacité



Tricots métalliques prototypes : essais sur gouttelettes d'eau

Efficacité moyenne

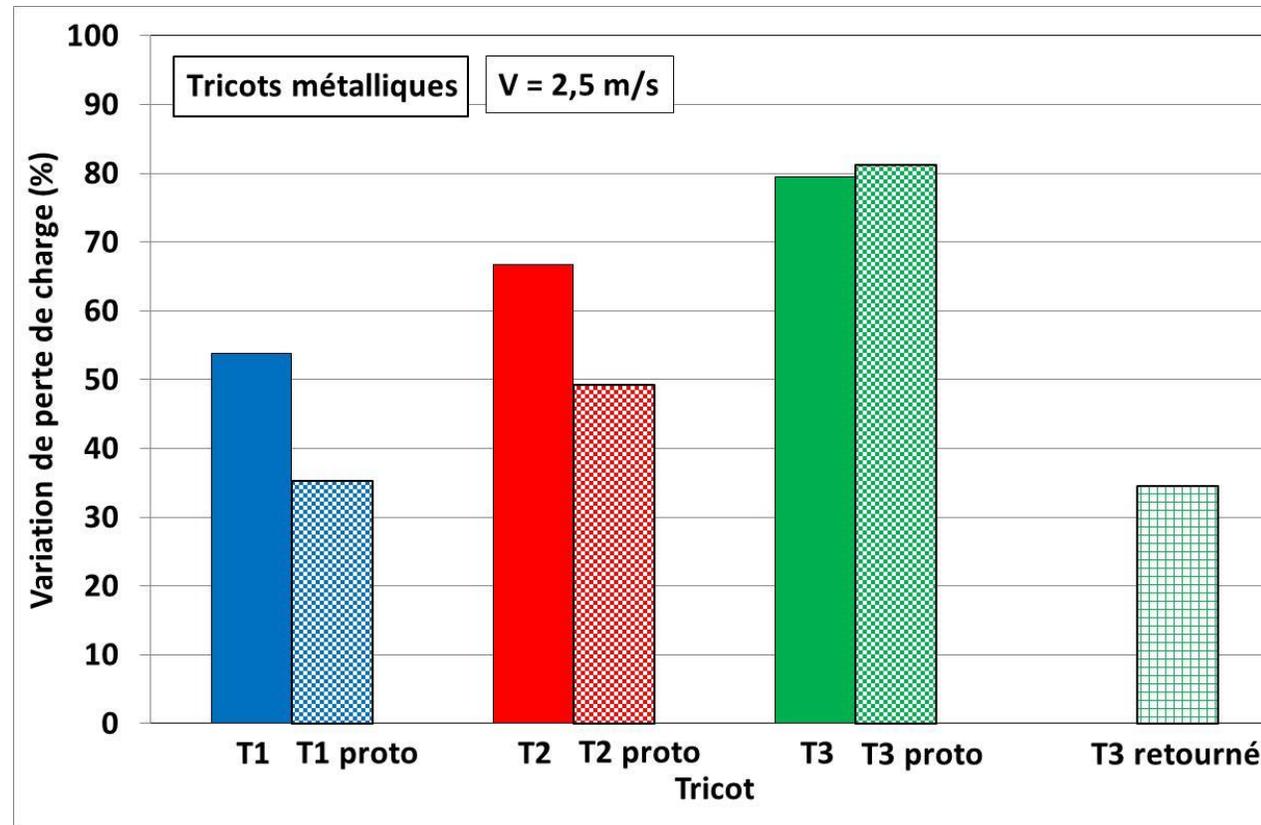
> Pas de lien avec le changement d'épaisseur



Tricots métalliques prototypes : essais sur gouttelettes d'eau

Augmentation de perte de charge au cours du temps

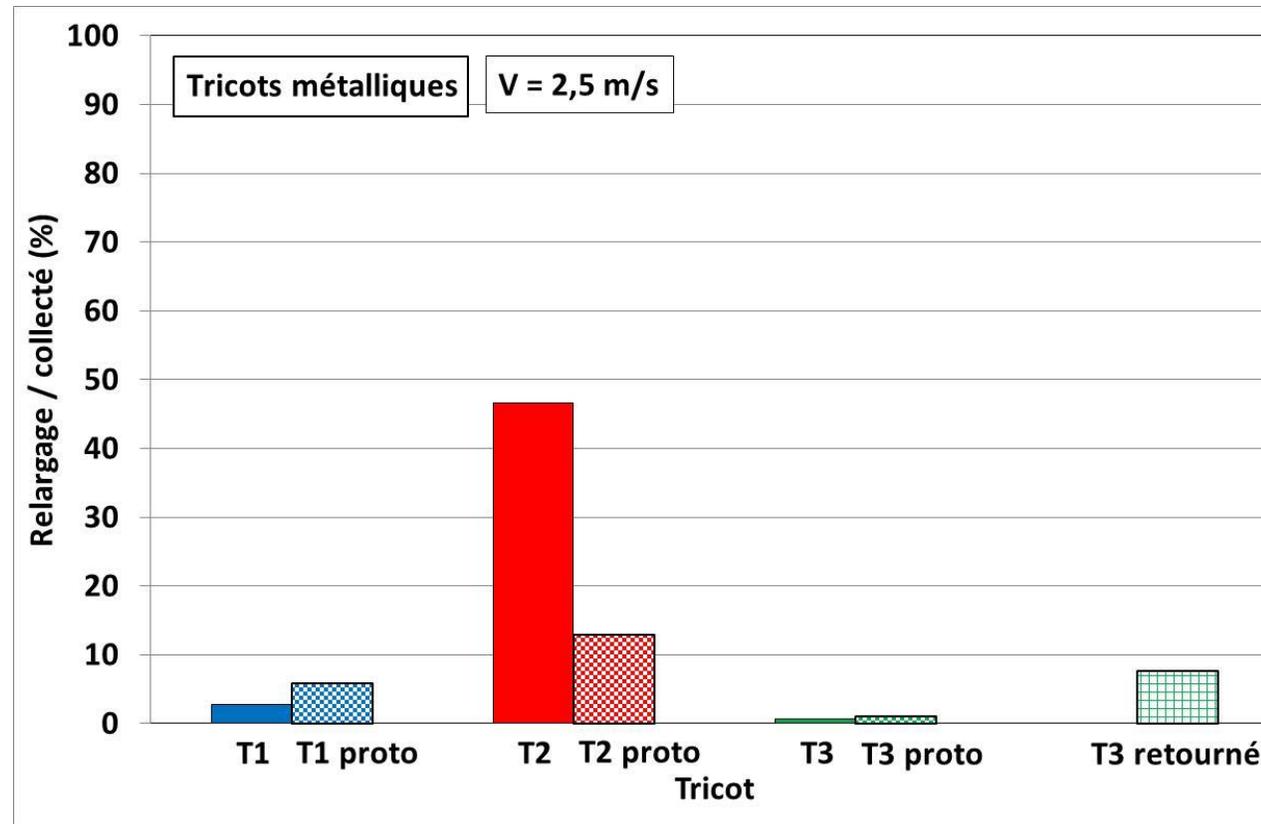
> Pas de lien avec le changement d'épaisseur



Tricots métalliques prototypes : essais sur gouttelettes d'eau

Relargage

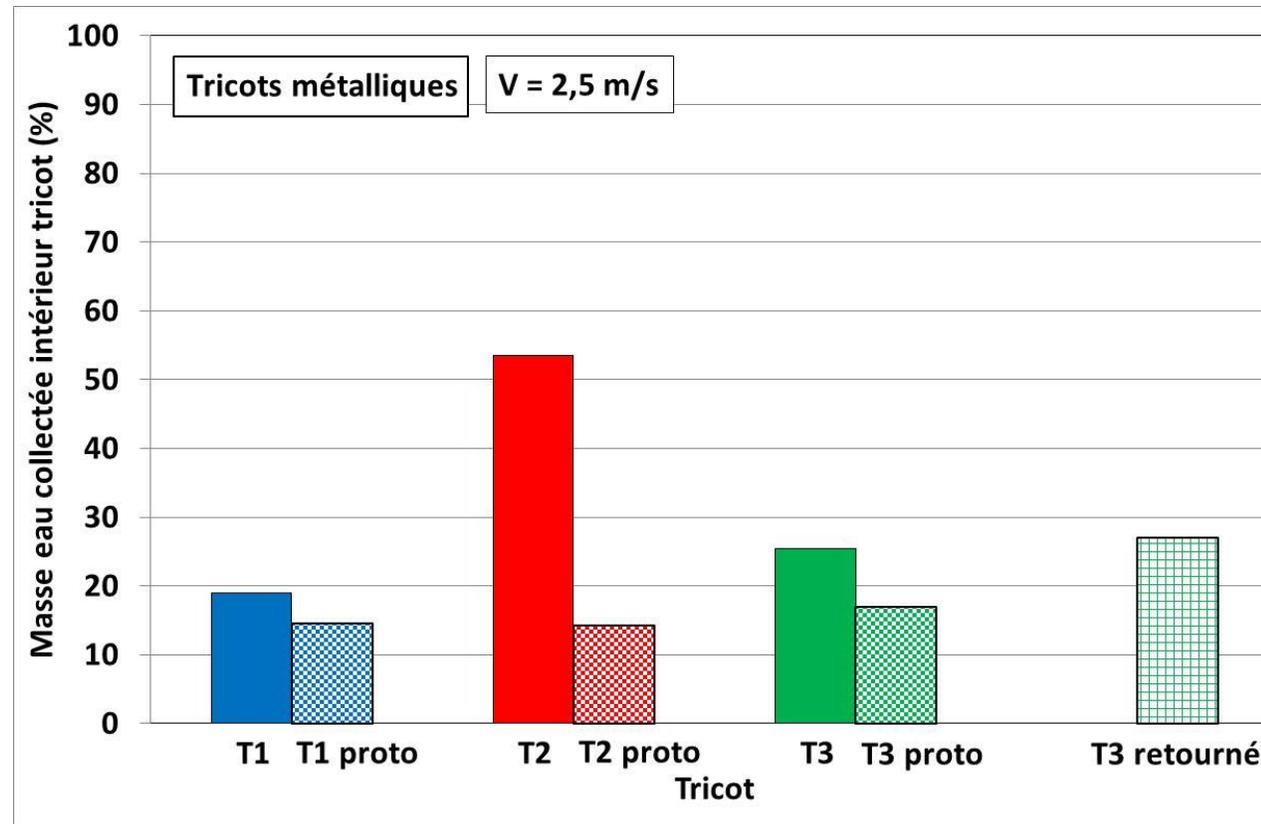
> Pas de lien avec le changement d'épaisseur



Tricots métalliques prototypes : essais sur gouttelettes d'eau

Masse d'eau collectée à l'intérieur des tricots

> Pas de lien avec le changement d'épaisseur



Choix et performances des séparateurs à lames prototypes

Simulations numériques CFD

Caractérisation et vérification des performances des 2 séparateurs à lames

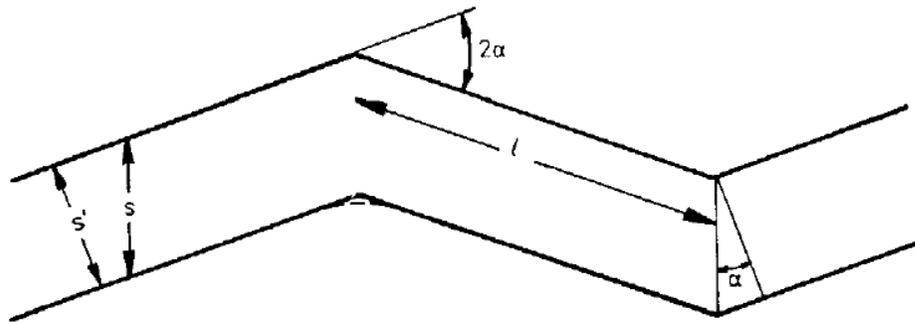
Identification des modifications géométriques pour l'optimisation (prototypes)

> **Par le Groupe de pilotage**

- Critère : meilleur compromis efficacité / perte de charge
- 8 prototypes testés par calculs (4 par séparateur modélisé)
 - 2 prototypes (1 par séparateur existant) choisis pour essais

Optimisation des séparateurs (prototypes)

Influence des modifications géométriques sur les performances des séparateurs à lames



Augmentation	Efficacité de séparation	Perte de charge
α	>	>
s	<	=
l	=	>
n	>	>
$> \rightarrow)$	<	<

Verlaan, C. C. J., *Performance of novel mist eliminators*, Delft University of Technology, Delft, Dissertation ISBN 90-370-0054-1, 1991.

Variantes des séparateurs à lames simulées

Séparateur L1

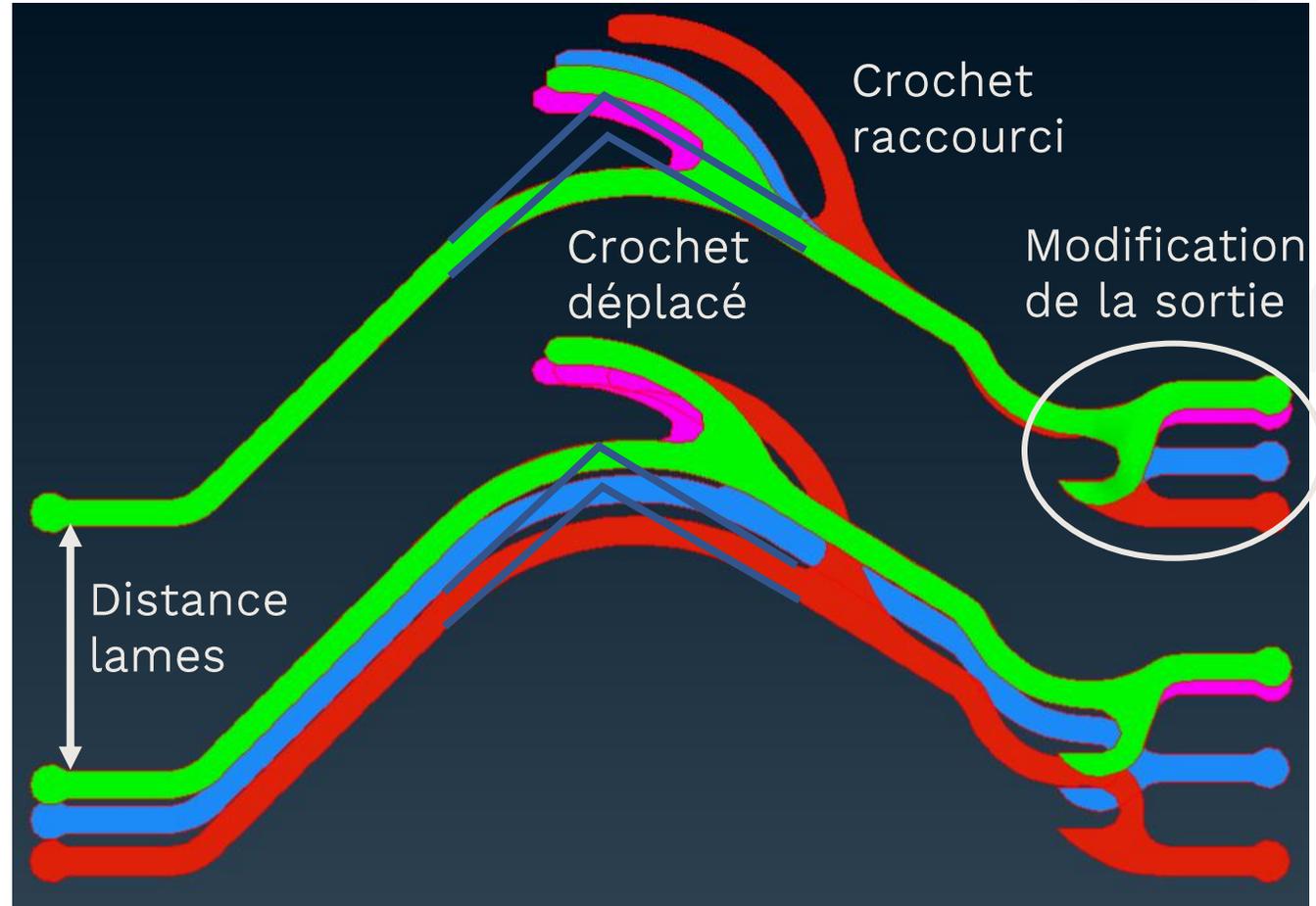
Existant
($d_{\text{lames}} = 23 \text{ mm}$)

Modif 1 « (» → « < »

Modif 2
($d_{\text{lames}} = 20 \text{ mm}$)

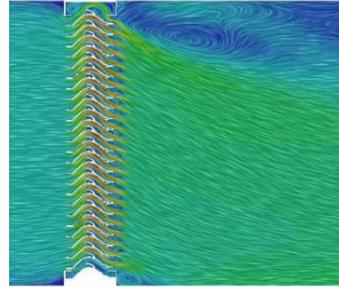
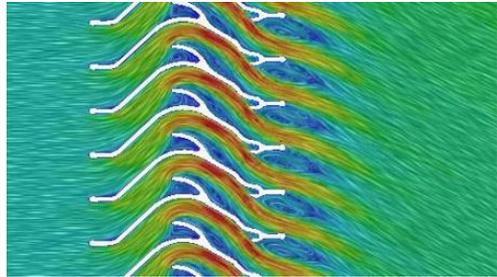
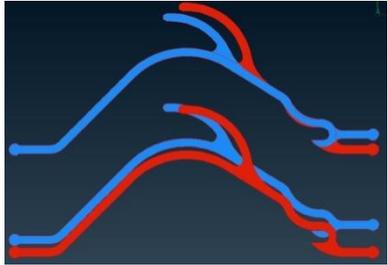
Modif 3

Modif 4

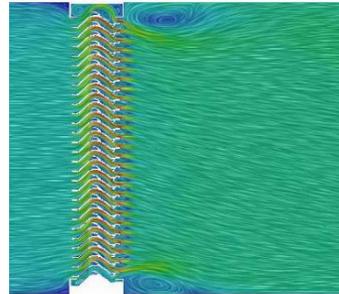
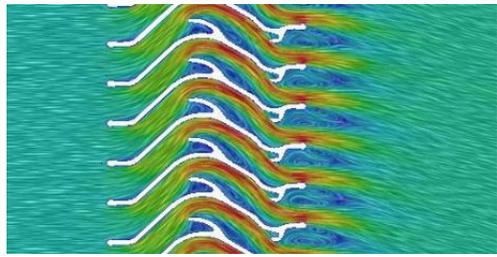
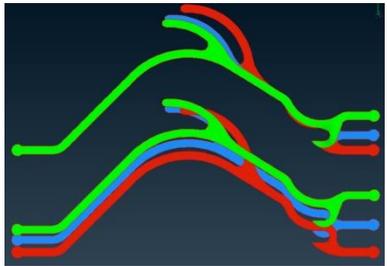


Performances des séparateurs L1 modifiés

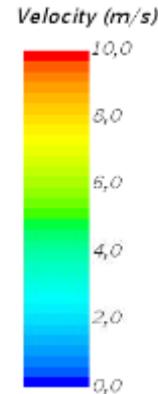
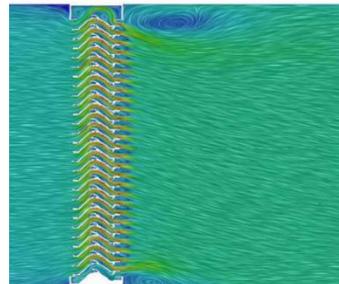
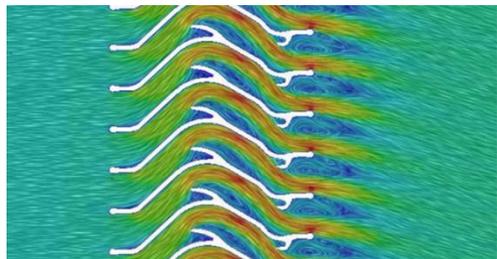
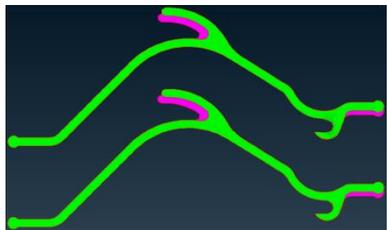
Modif 2



Modif 3



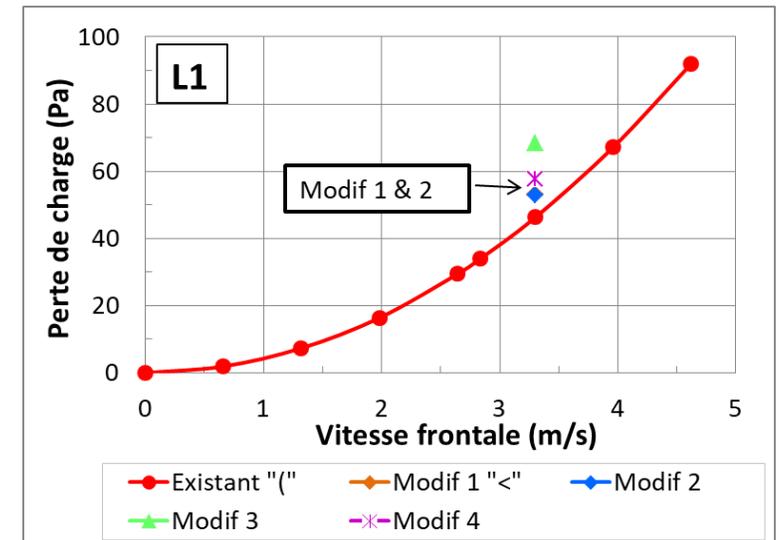
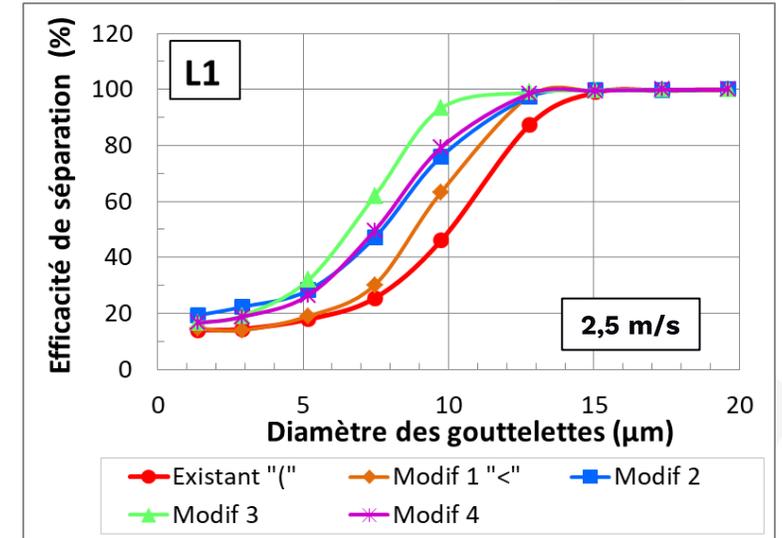
Modif 4



Modifications

Zoom : écoulement autour des lames

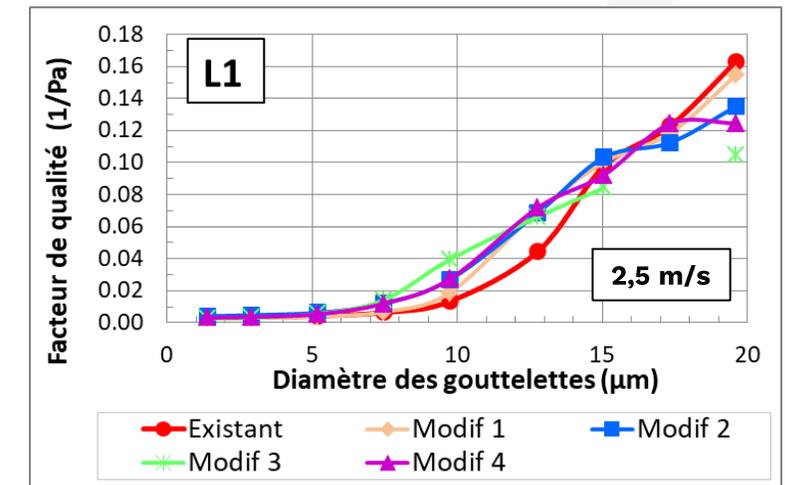
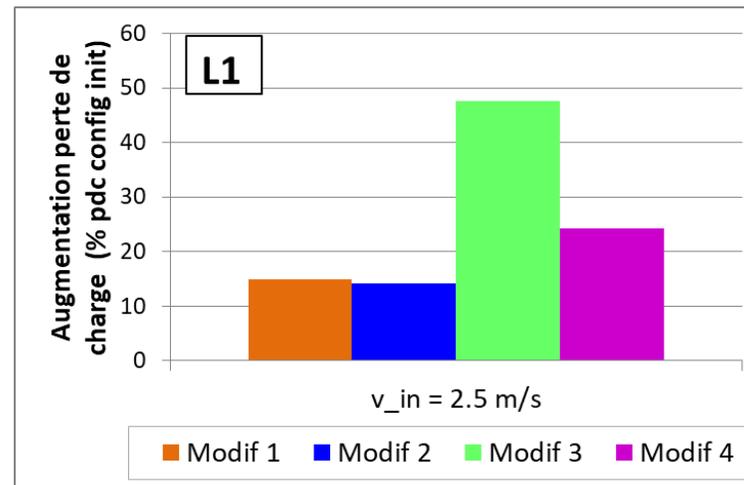
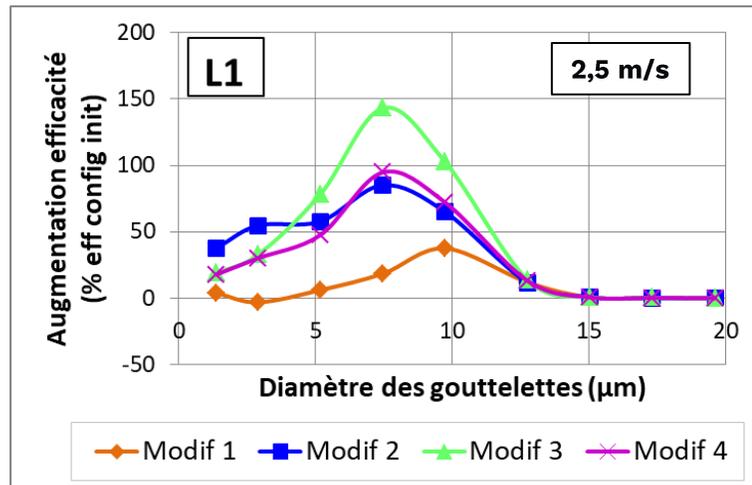
Vue de dessous



Choix du séparateur L1 prototype

Meilleur compromis efficacité / perte de charge (pdc)

- > **Modif 1** : faible augmentation de l'efficacité et de la pdc
- > **Modif 2** et **Modif 4** se valent en termes d'efficacité et facteur de qualité mais **Modif 2** est meilleur sur la perte de charge
- > **Modif 3** : augmentation importante de l'efficacité et de la pdc



Choix variante → **Modif 2**

$$\text{Facteur de qualité} = \frac{\text{LN}(1 - \text{efficacité})}{\text{Perte de charge}}$$

Variantes des séparateurs à lames simulées

Séparateur L2

Existant

($d_{lames} = 25 \text{ mm}$)

Modif 1 (Diminution distance entre lames)

($d_{lames} = 17,7 \text{ mm}$)

Modif 2 (Crochet rallongé de 3 mm)

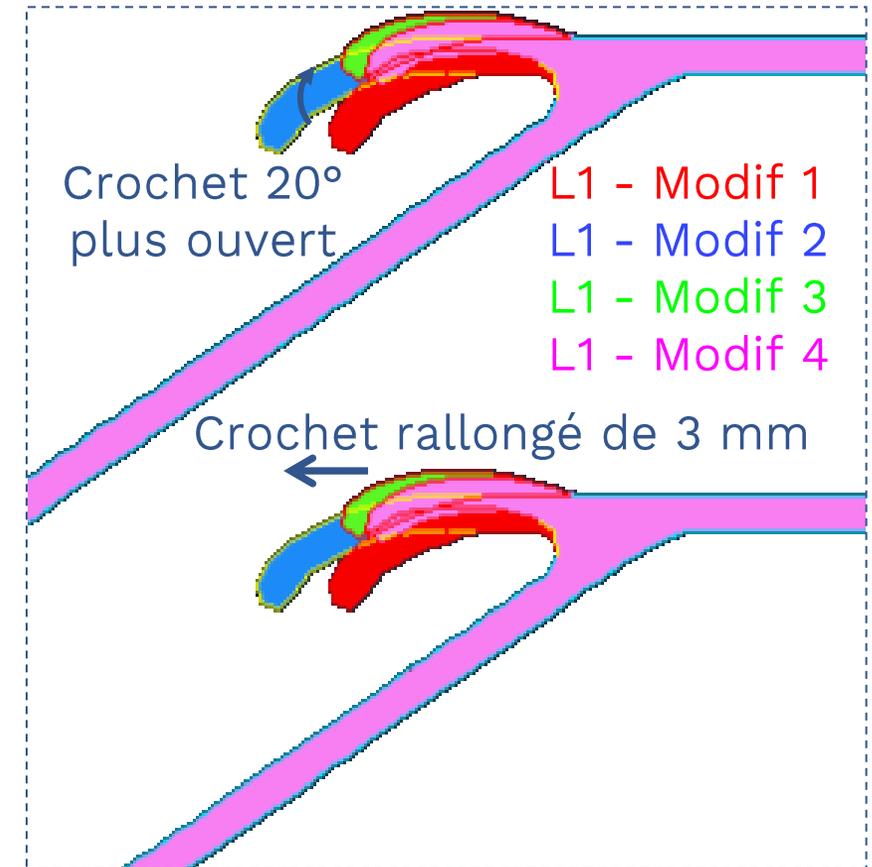
Modif 3

(Crochet plus ouvert 20° & 1 mm plus court)

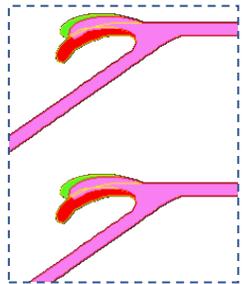
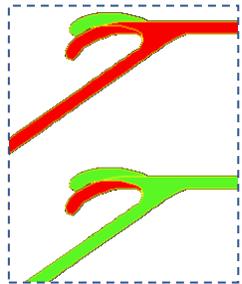
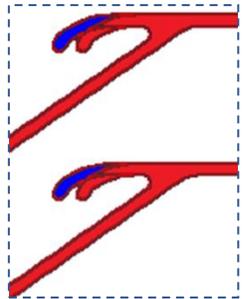
Modif 4

(Crochet plus ouvert 20° & 2 mm plus court)

Zoom modifications

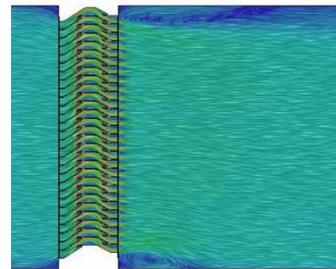
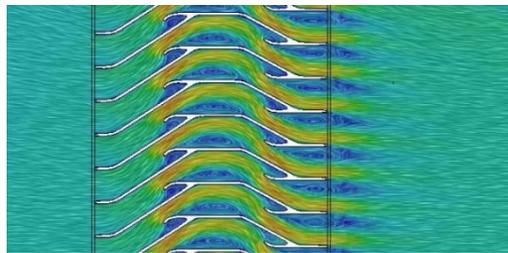


Performances des séparateurs L2 modifiés

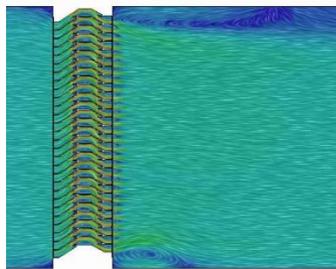
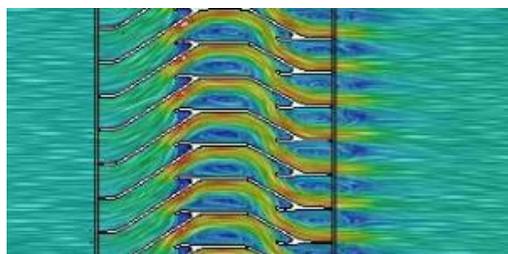


Modifications

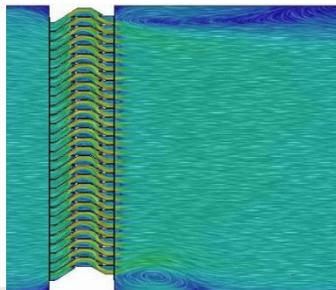
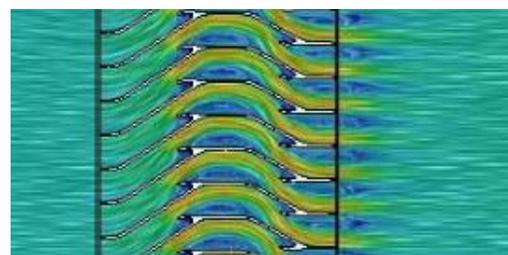
Modif 2



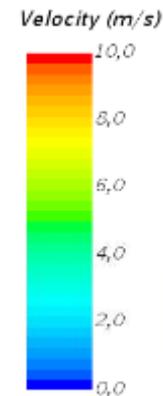
Modif 3



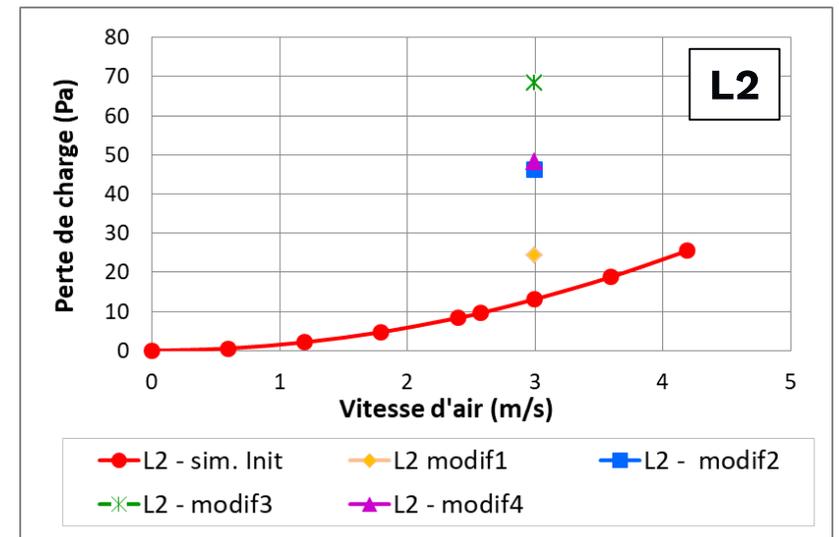
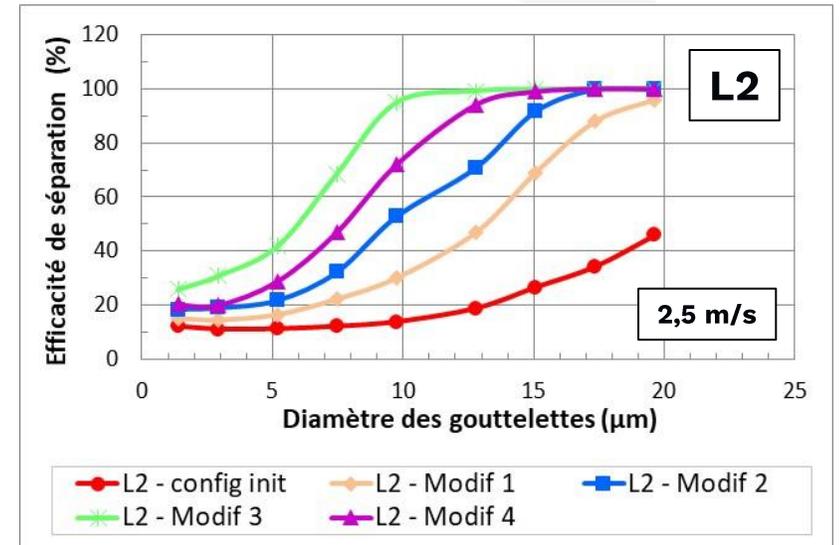
Modif 4



Zoom : écoulement autour des lames



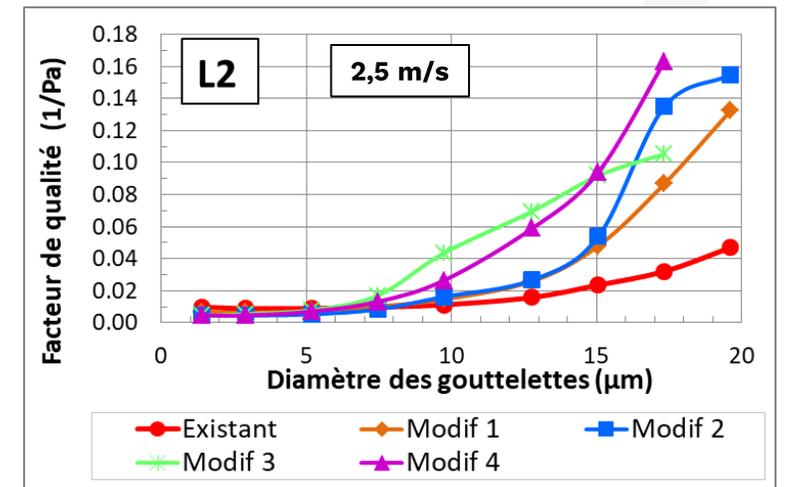
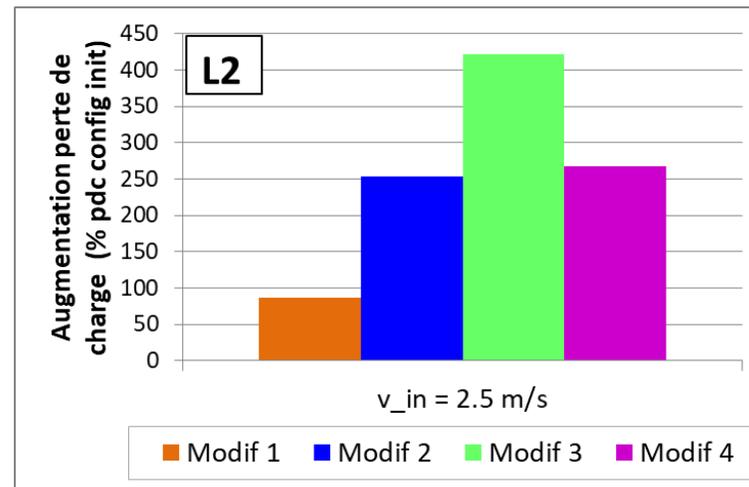
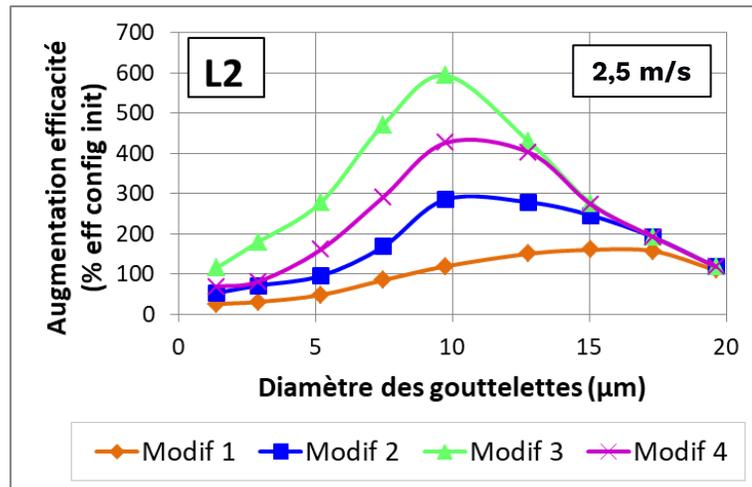
Vue de dessous



Choix du séparateur L2 prototype

Meilleur compromis efficacité / perte de charge (pdc)

- > **Modif1** : faible augmentation de l'efficacité et de la pdc
- > **Modif2** : même pdc que **modif4** avec une efficacité et facteur de qualité plus faible
- > **Modif3** : augmentation importante de l'efficacité et de la pdc



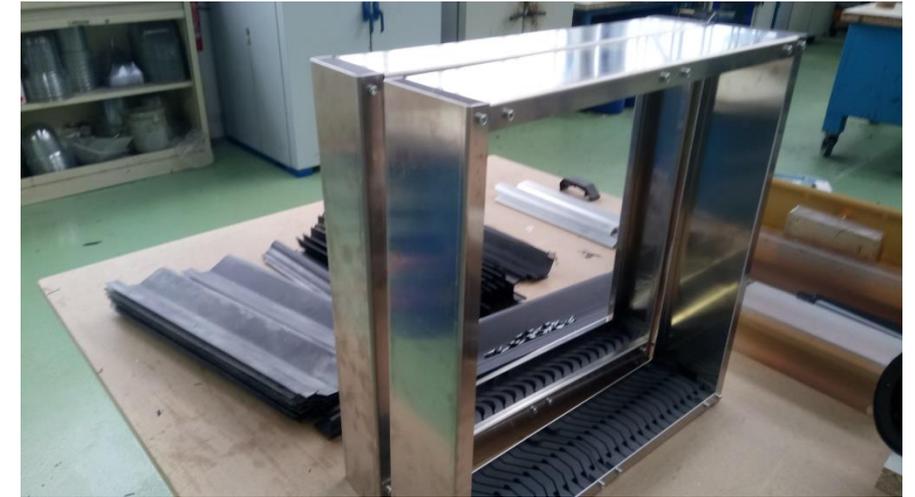
Choix variante → **Modif 4**

$$\text{Facteur de qualité} = \frac{\text{LN}(1 - \text{efficacité})}{\text{Perte de charge}}$$

Séparateurs à lames prototypes

Fabrication

- > Ateliers cini : <https://cini.fr/>
- > Lames fabriquées par imprimante 3D insérées dans un cadre métallique



L1 proto



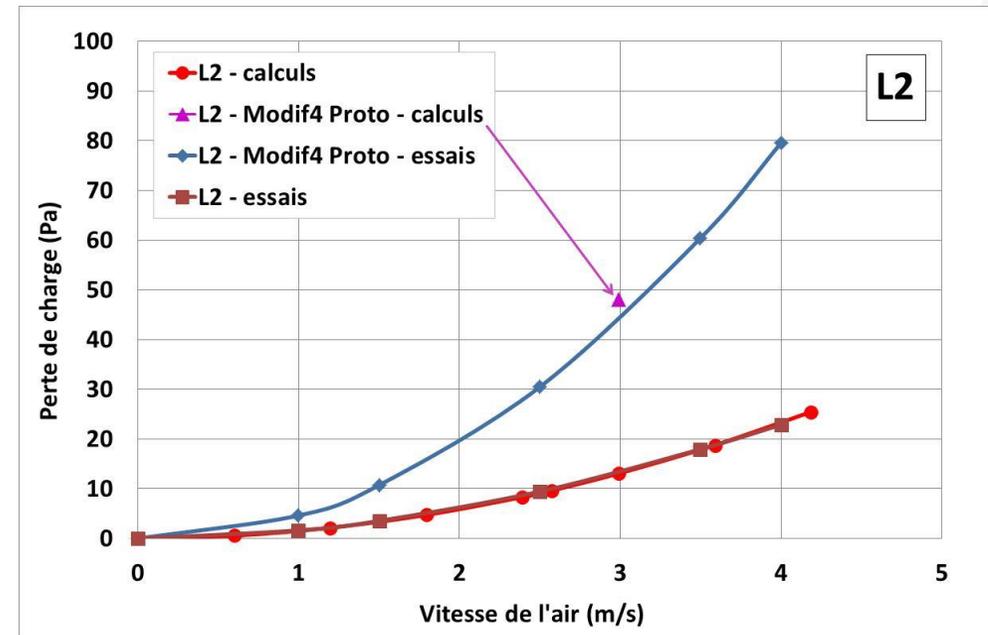
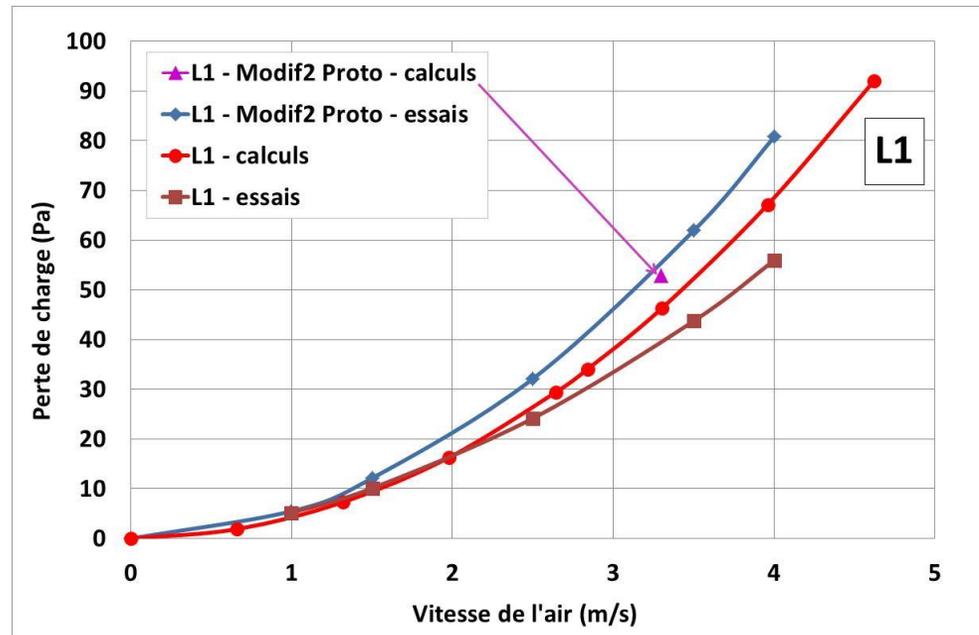
L2 proto



Séparateurs à lames prototypes : résultats essais

Perte de charge

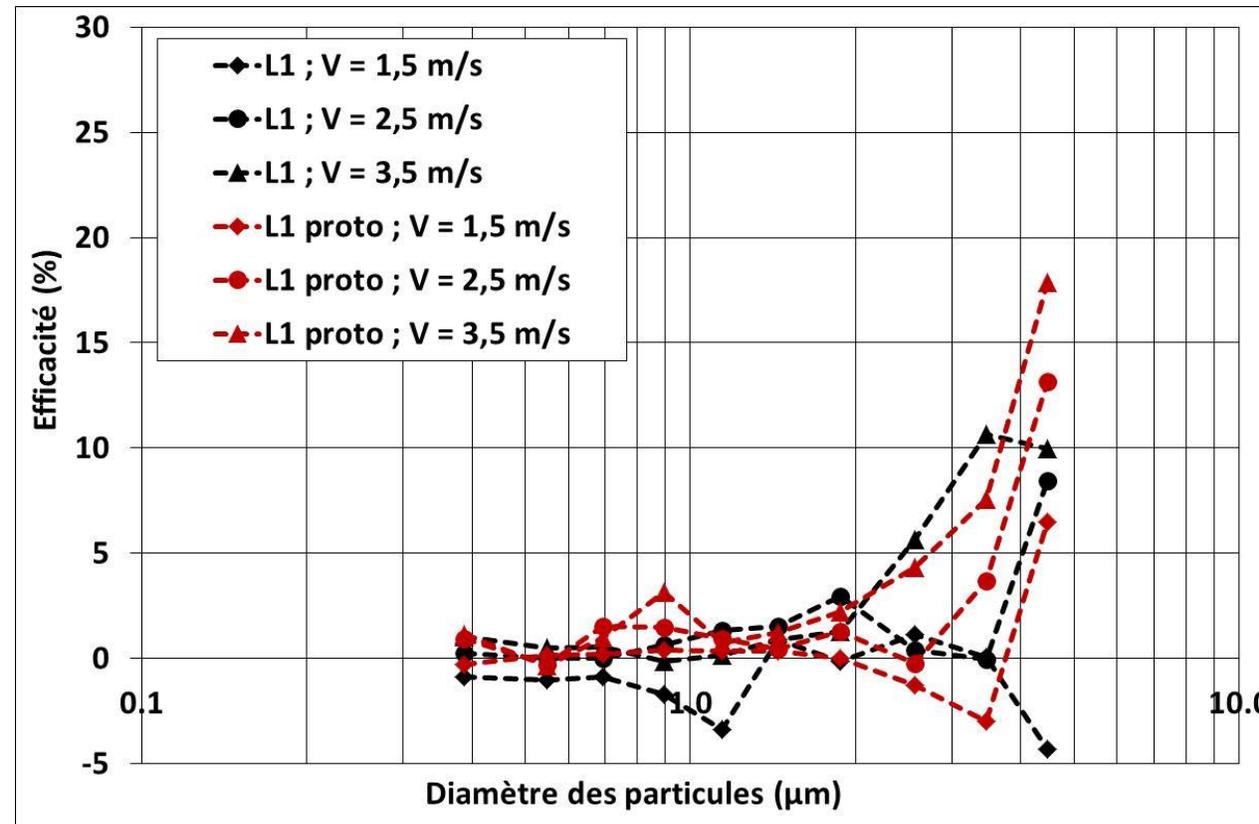
- > **Plus élevée pour les prototypes**
 - Plus forte augmentation pour L2 prototype
- > **Bon accord calculs / mesures**



Séparateurs à lames prototypes : résultats essais Aérosol de DEHS

L1 et L1 proto

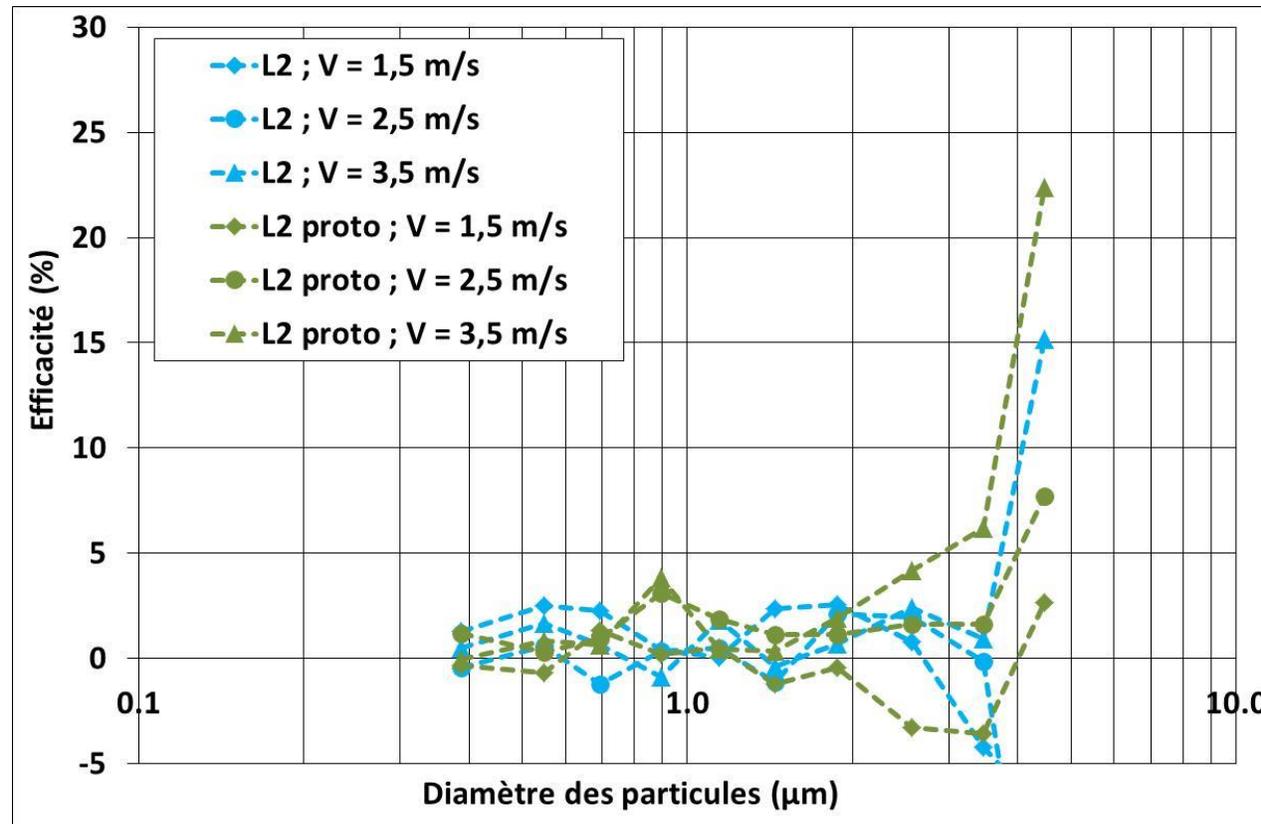
> Augmentation de l'efficacité / L1 ($d_p > 3 \mu\text{m}$)



Séparateurs à lames prototypes : résultats essais Aérosol de DEHS

L2 et L2 proto

> Augmentation de l'efficacité / L2 ($d_p > 3 \mu\text{m}$)

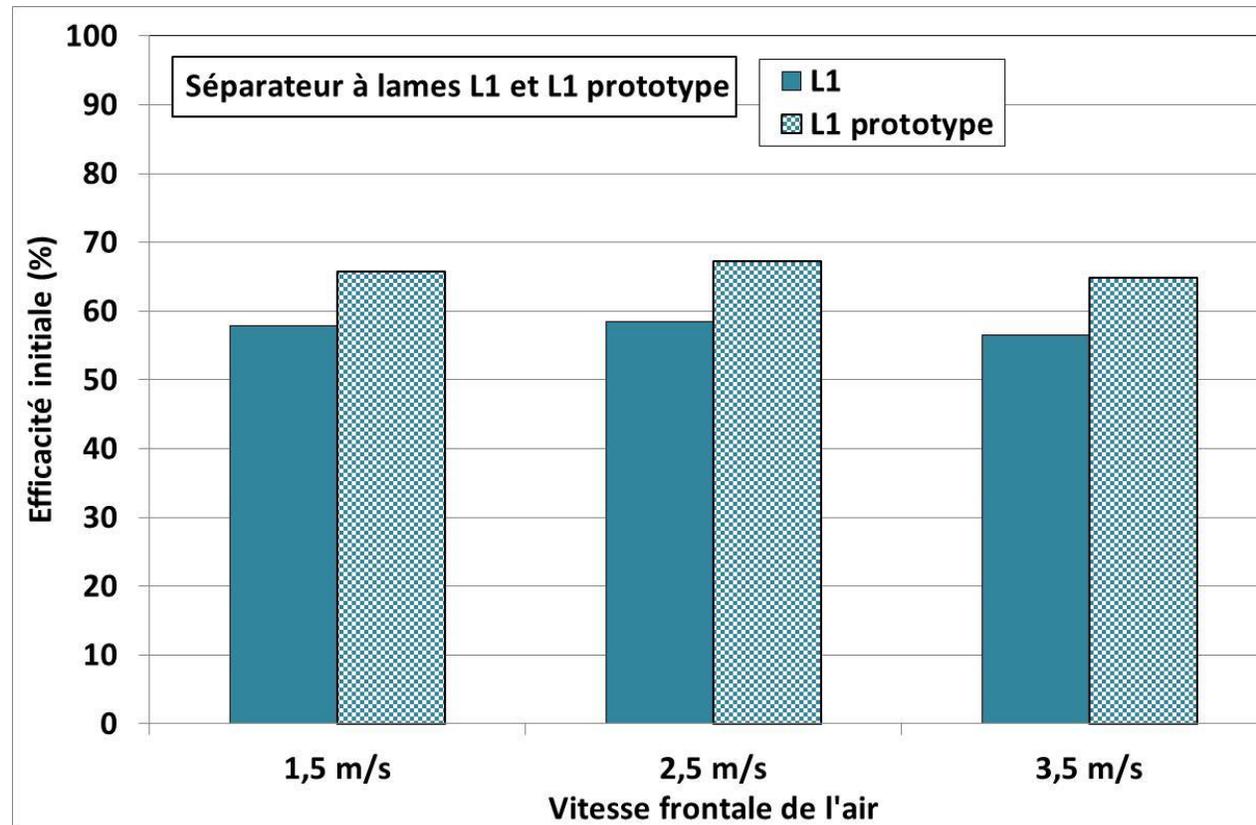


Séparateur à lames prototypes : résultats essais

Aérosol de gouttelettes d'eau

Prototype L1

> Augmentation de l'efficacité / L1

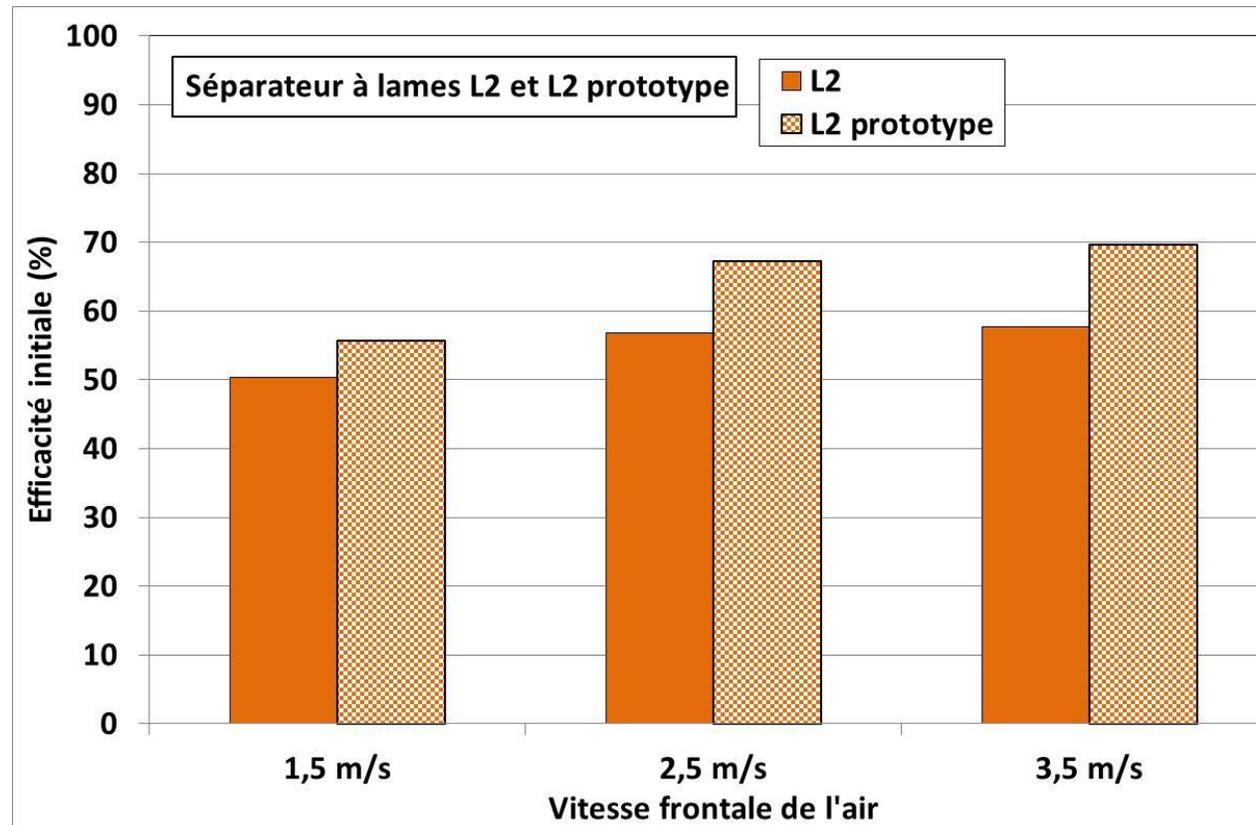


Séparateur à lames prototypes : résultats essais

Aérosol de gouttelettes d'eau

Prototype L2

> Augmentation de l'efficacité / L2



Conclusion

État de l'art

- > **Acquisition de connaissances**
- > **Orientation suite projet**
 - Choix des séparateurs étudiés, méthodes de mesures et de calculs, etc.

Moyens d'essais et de calculs

- > **Ils permettent la caractérisation des performances des séparateurs et la compréhension des phénomènes**

Les séparateurs étudiés (représentatifs)

- > **Tricots métalliques**
 - Mise en évidence des phénomènes de séparation
 - Filtration, coalescence, relargage, etc.
- > **Séparateurs à lames**
 - Les méthodes de calcul permettent d'évaluer les performances (perte de charge et efficacité)
 - Vérification lors des mesures
 - Compréhension de l'influence de paramètres dimensionnels sur les performances

Conclusion

Tricots : comportement

- > **Augmentation de la perte de charge jusqu'à obtention d'un état d'équilibre entre**
 - Arrêt gouttelettes
 - Éclatement gouttelettes ?
 - Coalescence
 - Drainage (ruissellement)
 - Relargage (réentraînement)
 - Évaporation ?
- > **Le relargage augmente lorsque la vitesse frontale de l'air augmente (pour T2 et surtout pour T5)**
 - S'il y a du relargage, c'est que la coalescence s'effectue mais le drainage (ruissellement) pas bien
 - Avec pour conséquence une plus forte augmentation de perte de charge



Résultats des essais utilisés pour le choix des prototypes

Conclusion

Tricots métalliques prototypes : synthèse

> **Perte de charge**

- La perte de charge initiale des tricots est directement corrélée à l'épaisseur

> **Efficacité initiale sur microgouttelettes de DEHS**

- L'efficacité initiale de séparation est directement corrélée avec l'épaisseur des tricots

> **Efficacité sur aérosol de gouttelettes d'eau**

- L'efficacité initiale est directement corrélée à l'épaisseur des tricots
- Difficile de conclure pour le comportement au colmatage
 - Efficacité moyenne, augmentation de la perte de charge, relargage, masse d'eau retenue dans les tricots,...

Conclusion

Séparateurs à lames : comportement

- > **Augmentation de la vitesse de l'air entre les lames**
- > **Présence de zones de recirculation**
 - Autour des crochets
 - En sortie de séparateur
- > **Pas de relargage**
- > **Flux d'air incliné en sortie de séparateur**
- > **Lien entre efficacité et nombre de Stokes**



Résultats des calculs utilisés pour le choix des prototypes

Conclusion

Séparateurs à lames prototypes : synthèse

- > **Perte de charge des prototypes plus élevée que celle des versions initiales (c'était prévu par les calculs)**
 - Plus grosse différence pour L2 prototype
 - Bon accord calculs / mesures
- > **Prototypes plus efficaces que les versions initiales (c'était prévu par les calculs)**
 - Sur les gouttelettes de DEHS de diamètre $> 3 \mu\text{m}$
 - Sur aérosol de gouttelettes d'eau
 - +8 % pour L1 prototype
 - +5 à +12 % pour L2 prototype suivant vitesse de l'air
 - Augmentation de l'efficacité qui peut apparaître modeste mais elle est significative sur les plus fines particules dont la contribution en masse est plus faible

Documents disponibles

État de l'art

> **Note Technique NT 2021/010**

Essais et calculs des séparateurs existants

> **Note Technique NT 2022/026**

Présentation à la conférence Indoor Air 2022

> **Note Technique NT 2022/035**



Note Technique finale (ensemble du projet) disponible prochainement

Remerciements



Les sociétés qui ont fourni des séparateurs

- > **CAMFIL**
- > **INTERFILTRE**
- > **VIM**

Le groupe de pilotage du projet PR9

- > **ATLANTIC, CAMFIL, INTERFILTRE, SP DEFENSE, UNICLIMA, VIM**

Le personnel CETIAT : montage banc + essais

- > **Hervé BINGAN**
- > **Fabrice ATTARD**
- > **Jean-Hugues SALAZAR**
- > **Dominique PUGNET**

 25 avenue des Arts (La Doua)
BP 52042
69603 Villeurbanne Cedex – France

 commercial@cetiat.fr

 +33 (0)4 72 44 49 00

 cetiat.fr