

Le tis : une nouvelle conception industrielle des boucles de circulation en filtration tangentielle

73

RÉSUMÉ Le TIS (Tangential Integrated System) est un concept de filtration innovant par la position de la boucle de circulation, à l'intérieur d'un carter.

L'originalité principale est l'utilisation de membranes en lieu et place des canalisations tubulaires, qui constituent la boucle de circulation des systèmes classiques. Le TIS peut être considéré comme une unité de filtration de taille réduite, qu'il est possible de multiplier pour obtenir des surfaces de filtration importantes.

Cette conception permet une grande modularité, un faible encombrement et une moindre consommation d'énergie. Elle entraîne aussi une réduction importante du volume mort, d'un facteur 3 par rapport à un système de microfiltration tangentielle traditionnel.

Par comparaison aux installations classiques, le concept du TIS permet une réduction significative des coûts de fabrication et un échauffement extrêmement limité du vin.

La comparaison économique avec les installations classiques de type filtre à terres montre que l'achat d'un TIS s'amortit rapidement, en raison de frais de fonctionnement très inférieurs.

MOTS CLÉS

FILTRATION TANGENTIELLE, CLARIFICATION DU VIN, MEMBRANES CÉRAMIQUES, FILTRES, TIS (TANGENTIAL INTEGRATED SYSTEM)

ABSTRACT The TIS (Tangential Integrated System) is a new filtration system concept, which originality comes from the integration of the circulation loop inside the housing.

The originality comes from the use of the membranes instead of the stainless steel pipes that make up a standard system. The TIS can therefore be considered as a small system that can be duplicated in order to obtain larger filtration areas.

The advantages coming from this concept are the following: a great modularity, a considerable reduction of the hold-up volume (reduction by a factor 3), small foot print and a reduction of the energy consumption.

By comparison with the traditional installations, the TIS concept allows a significant reduction of the manufacturing costs and an extremely limited effect on the wine temperature.

The economic comparison with the traditional installations like diatomaceous earth filters shows that the return on investment for a TIS system is really short thanks to the much lower operating costs.

KEYWORDS

TANGENTIAL FILTRATION, WINE CLARIFICATION, CERAMIC MEMBRANES, FILTERS, TIS (TANGENTIAL INTEGRATED SYSTEM)

Dominique GIRARD
Philippe LESCOCHE
SIVA ZA les Laurons
26110 Nyons
info@siva-unit.com
04 75 27 09 47



Dominique GIRARD



Philippe LESCOCHE

Pour effectuer le décolmatage tangentiel nécessaire à la filtration industrielle, les fabricants de systèmes réalisent des boucles de circulation qui sont constituées de carters contenant les membranes, de pompes et de tuyauteries pour relier ces parties entre elles.

PRINCIPE DU SYSTÈME TIS

Le principe du TIS est de réaliser la boucle de circulation à l'intérieur d'un carter contenant des membranes tubulaires. L'extrémité du carter est munie d'une pompe de circulation, de type immergée, qui aspire le fluide à traiter à partir de 50 % des membranes et le refoule dans les 50 % restantes.

Cette conception utilise les membranes à l'intérieur du carter comme tuyauteries. L'ensemble est donc très compact et représente un système de filtration à lui seul. Pour cette raison, il est désigné par l'acronyme TIS de « Tangential Integrated System ». La figure 1 présente ce nouveau concept.

La pièce (1) est un moteur électrique qui entraîne la turbine de la pompe (3). Cette dernière est à l'intérieur d'un corps de pompe (2) en acier inoxydable. Les valeurs du couple débit/pression de cette pompe sont déterminées pour permettre la compensation des pertes de charge de l'écoulement du vin dans les membranes, pour le débit considéré. Le

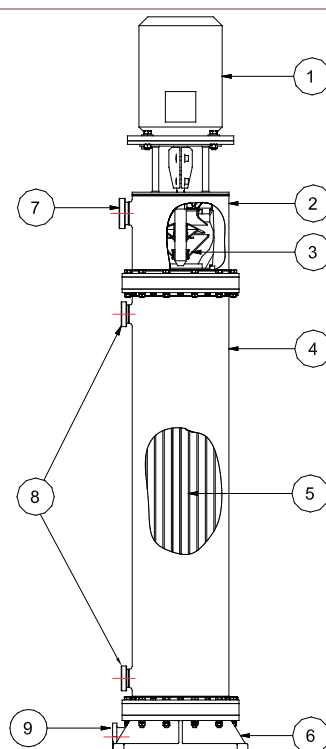
carter (4) contient 37, 91 ou 159 membranes céramiques (5). Il est lié dans sa partie supérieure au corps de pompe (2), par l'intermédiaire d'une pièce spéciale (non représentée) qui permet la séparation des membranes en deux couronnes concentriques. Chaque couronne contient 50% des membranes. Le premier groupe de membranes permet l'alimentation de la pompe de circulation (3). Le deuxième recueille le débit sortant de cette dernière. Dans la partie inférieure du carter, la pièce (6) qui sert d'embase au TIS permet également d'assurer la communication entre les deux couronnes. Cette pièce reçoit de plus une sortie (9) qui correspond au rétentat. L'arrivée du vin à filtrer se fait à l'entrée (7) de la pompe de circulation, afin de conserver la pression d'alimentation à ce niveau. Le vin filtré, ou perméat, sort du carter (4) par les deux sorties (8). Selon les versions, il peut également être collecté à l'embase (6).

Les membranes tubulaires du TIS sont exclusivement en céramique, en raison de la durée de vie et de la stabilité chimique intéressantes de ce matériau.

La grande originalité de ce procédé est d'utiliser les membranes en lieu et place des canalisations tubulaires indispensables aux systèmes classiques.

Schéma de principe d'un TIS

figure 1



The TIS: a new industrial concept of circulation loops for crossflow filtration



75



Ce concept fait l'objet de deux brevets internationaux.

Le TIS peut être considéré comme un petit système qu'il est possible de multiplier pour obtenir des surfaces de filtration importantes.

De cette originalité découle quatre caractéristiques importantes:

- il est facilement modulable,
- le volume interne de la boucle est faible,
- son encombrement est réduit,
- sa consommation énergétique est réduite.

Par rapport aux installations classiques, ces caractéristiques permettent d'obtenir les avantages suivants.

La modularité du TIS permet :

- de réaliser facilement une extension de l'installation existante, par ajout d'un ou plusieurs TIS (l'extension d'une installation classique nécessite des modifications conséquentes voire impossibles),

- de disposer les TIS en série ou en parallèle, sans difficulté industrielle,

- d'isoler un ou plusieurs TIS, et non pas toute l'installation, pour des besoins de procédés spécifiques, ou en cas d'incident,

- une grande facilité pour changer le type de membranes (par exemple, pour modifier le seuil de coupure ou le diamètre hydraulique).

Le faible volume interne de la boucle du TIS permet :

- de réduire la durée du traitement, ce qui limite l'élévation de température du vin,

- de limiter le brassage du vin,

- de réduire les quantités d'eau et de produits de nettoyage.

Le faible encombrement du TIS permet de le placer à des endroits non spécifiques.

Quant à la suppression des pertes de charges dépendantes des canalisations, elle fait apparaître une baisse de la consommation d'énergie, d'où une plus faible quantité de calories générées par la pompe de circulation.

A titre d'exemple, le tableau 1 présente la comparaison entre :

- un filtre classique comportant 4 carters de 19 membranes céramiques, de diamètre externe 25 mm, avec 39 canaux non circulaires de 2,5 mm de diamètre hydraulique,

- un filtre de trois TIS, comprenant 37 membranes de 20 mm de diamètre externe, et 32 canaux non circulaires de 2 mm de diamètre hydraulique.

Pour une surface de filtration sensiblement identique, le concept du TIS permet de réduire fortement toutes les caractéristiques définissant l'installation. En particulier, le volume interne de la boucle de l'installation est réduit de 100 à 40 litres.

CONSÉQUENCES DES CARACTÉRISTIQUES DU TIS

- Conséquences découlant de la modularité

Le tis : une nouvelle conception industrielle des boucles de circulation en filtration tangentielle

Caractéristique de l'installation	filtre classique comportant 4 carters de 19 membranes céramiques	filtre comportant 3 TIS de 37 membranes céramiques
Longueur (mm)	2000	1600
Largeur (mm)	800	640
Hauteur (mm)	2250	1770
Poids (kg)	450	195
Surface de filtration (m ²)	38	37
Volume interne de la boucle (l)	100	40

tableau 1

Comparaison entre TIS et installation classique

Incidence sur les coûts et comparaison avec des systèmes de filtration à membranes comportant une boucle classique

→ Éléments de coût d'une installation classique de filtration

Comme beaucoup d'outils du «génie chimique», les systèmes industriels de filtration sont généralement adaptés à l'utilisation finale, ce qui limite la possibilité de standardisation. Les éléments de coût de ces systèmes peuvent être divisés en trois parties:

- les études, puisque le procédé n'est pas standard,
- la fabrication du système,
- les membranes et carters.

Ces derniers éléments sont inadaptés aux filtres TIS qui associe carter et pompe. Cette répartition a toutefois été maintenue en remplaçant membranes et carters par la valeur des TIS.

→ Choix de la membrane pour cette comparaison

Le TIS utilise exclusivement des membranes céramiques. La comparaison a donc été réalisée à partir de ce type de membrane.

Les membranes en céramique ont nettement évolué, adoptant une forme de canaux non circulaire. Cette évolution a permis, en particulier, d'accroître la surface de filtration spécifique des membranes (m² de surface de filtration/m³ de volume de membrane), permettant ainsi d'obtenir des carters avec des surfaces de filtration importantes.

→ Configurations permettant la comparaison

Pour que la comparaison entre installations classiques et TIS soit homogène, nous avons analysé les structures de coûts des installations, qui possèdent des surfaces sensiblement identiques.

a) Une installation classique comportant 8 carters de 37 membranes céramique, d'un diamètre externe de 25 mm, et 19 canaux circulaires d'un diamètre hydraulique de 3,5 mm. La surface totale est de 74 m². Ces 8 carters sont disposés selon 4 groupes de 2 carters en série. Ces groupes sont placés en parallèle. Cette configuration est appelée 2S4P 37 19cx.

b) Une installation classique comportant 6 carters de 37 membranes céramique, d'un diamètre externe de 25 mm, et 23 canaux non circulaires d'un diamètre hydraulique de 3,5 mm.

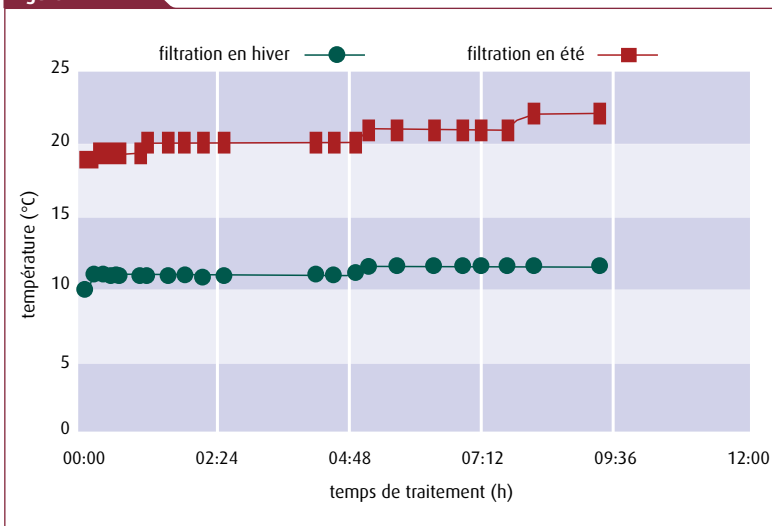
La surface totale est de 77,7 m². Ces 6 carters sont disposés selon 3 groupes de 2 carters en série. Ces groupes sont placés en parallèle. Cette configuration est appelée 2S3P 37 23cx.

c) 4 TIS 91 (comportant 91 membranes) avec des membranes céramique d'un diamètre externe de 20 mm, et 13 canaux non circulaires d'un diamètre hydraulique de 3,5 mm. La surface totale est de 76,4 m². Les 4 TIS sont en parallèle et cette configuration est appelée 4 TIS 91 13cx.

Pour la clarification des vins, des membranes à canaux non circulaires, d'un diamètre hydraulique de 2 mm, sont utilisées. Ceci permet de travailler à des vitesses et des volumes morts plus faibles, et cela permet de réduire encore l'incidence sur la température et le brassage du vin. Ce diamètre hydraulique n'existant pas en canaux circulaires, la comparaison a été faite sur des membranes dont le diamètre hydraulique est 3,5 mm.

Evolution de la température du vin en fonction du temps de traitement.

figure 2



Type d'installation	Coût installation (valeur relative)
2S4P 37 19cx	1,00
2S3P 37 23cx	0,90
4 TIS 91 13cx	0,81

tableau 2

Comparaison des coûts

→ Résultats

a) Comparaison du coût des installations

Le tableau 2 présente en valeur relative, par rapport à la première configuration classique (2S4P 37 19cx), la variation du coût des installations en fonction de leur type.

Les valeurs du tableau 2 montrent l'intérêt des membranes céramique à canaux non circulaires, affichant une baisse de 10 % du coût, ainsi que l'incidence du TIS avec une économie de 19 %.

b) Détails du coût d'une installation

Le tableau 3 présente les valeurs relatives des coûts selon la répartition décrite précédemment.

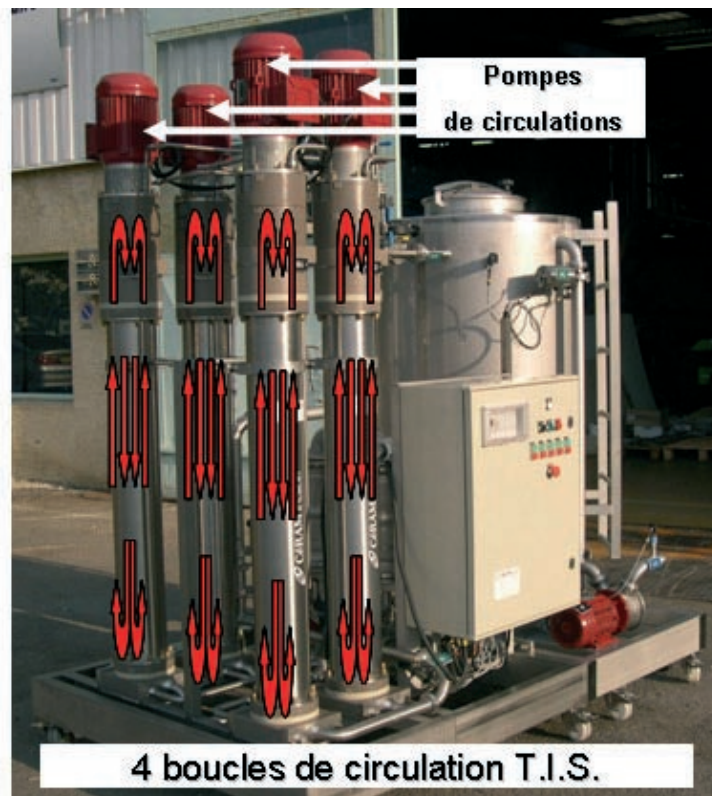
Les éléments du coût sont sensiblement identiques pour les installations munies de membranes à canaux non circulaires et celles à canaux circulaires. Ceci est la conséquence, d'une part, de la relative indépendance entre la

répartition des coûts d'une installation classique et le type de membrane utilisée; et d'autre part, de surfaces de filtration sensiblement identiques. En effet, s'il est connu que les éléments du coût d'une installation varient en fonction de la dimension de celle-ci, cette variation devient très faible quand les surfaces sont voisines avec deux configurations relativement proches (2S4P 37 19cx et 2S3P 37 23cx).

En revanche, les éléments du coût d'une installation à partir de TIS sont très différents des autres. Chaque TIS étant un système, il est aisé de standardiser la fabrication d'une installation, quelle que soit l'utilisation. Cette standardisation permet d'abord de réduire les frais d'études, mais aussi le coût de la fabrication du système.

Simplicité des systèmes

En raison de la modularité, les éléments composants l'installation sont facilement identifiables. Aussi, l'installation est-elle plus facile à comprendre et à utiliser. Sur le terrain, cette simplicité est très recherchée par les utilisateurs.



Le tis : une nouvelle conception industrielle des boucles de circulation en filtration tangentielle

tableau 6

Cahier des charges de la filtration

Volume à traiter	100 000 hl/an - 50 sem/an
Jours de production par semaine	4 jour/sem - 20 h/jour
Répartition par type des vins rouge / blancs / rosés	65% / 25% / 10%
Prix moyen du vin à l'hl	80,00 €/hl
Prix du Kw	0,06 €/kw
Prix du m ³ d'eau froide	1,00 €/m ³
Prix du m ³ d'eau chaude	1,25 €/m ³
Taxe sur rejets en eaux	1,29 €/m ³
Salaire horaire moyens des opérateurs	13,00 € Charges Comprises / h
Nombre d'années d'amortissement	5 années
Prix d'un alcalin	1,20 € / kg

Informations sur la chaîne de traitement actuelle de filtration sur terre

Nombre de filtrations sur terre (blanche, rose)	2
Durée journalière de filtration sur terre	6 h/jour
Consommation annuelle de terre	20 000 kg/an
Prix moyen du kg de terre Kieselguhr	1 €/kg
Coût du traitement des terres kieselguhr usagées	152 €/tonne
Consommation électrique (puissance installée des filtres)	17 Kw/h
Consommation de produit chimique	700 €/an
Coût de maintenance	300 €/an
Investissement en filtres Kieselguhr	28 000 €
Amortissement	5 années
Coût annuel de filtration sur membrane (cartouches)	34 000 €/an

Filtration sur TIS

Nombre de TIS	3 TIS 91 32 cx
Investissement	150 000,00 €

• **Conséquences découlant du faible volume interne de la boucle**

Intérêt technique

Le faible volume interne de la boucle a pour conséquence de limiter le temps où le vin reste dans le système. Ainsi, l'échauffement du vin, provoqué par les déperditions calorifiques des pompes de circulation et d'alimentation, est réduit.

Comparaison des éléments du coût des installations.

tableau 3

Éléments du coût	Type d'installation		
	2S4P 37 19cx	2S3P 37 23cx	4 TIS 91 13cx
TIS (avec membranes)	0%	0%	57,9%
Carters (avec membranes)	37,4%	37,0%	0%
Etudes	2,6%	2,5%	1,6%
Fabrication du système	60,0%	60,5%	40,5 %



De plus, ce faible volume interne fait que le vin est moins brassé et donc, davantage respecté par ce traitement, ce qui est particulièrement intéressant dans le cas d'un vin fragile.

Enfin, comme les modules TIS sont montés en parallèle, quelque soit la taille de l'installation, le temps de passage du vin reste le même



Variation de température pour différentes installations

Les conditions expérimentales sont :

- Liquide utilisé : vin rouge
- Température initiale du vin en hiver: 10 °C
- Température extérieure en hiver : 10 °C
- Débit de perméat en hiver : 75 l/h/m²
- Température initiale du vin en été: 19 °C
- Température extérieure en été : 23 °C
- Débit de perméat en été: 100 l/h/m²
- Vitesse de circulation : 3,5 m/s
- Configuration : un seul TIS
- Echangeur de chaleur : sans

tableau 4

Type d'installation	T°C Durée 120 min	Volume interne de la boucle (l)
2S4P 37 19cx classique / canaux circulaires	32	545
2S3P 37 23cx classique / canaux non circulaires	31	340
4 TIS 91 13cx	21	120

L'augmentation de température est faible, de l'ordre de 1,5 °C en hiver et 3 °C en été.

Le système TIS permet donc une déperdition thermique limitée.

Ces résultats, obtenus sur un seul TIS, ont été complétés par des mesures de température sur les trois types d'installations comparées précédemment. (tableau 4)

Les conditions expérimentales sont les suivantes :

- Liquide utilisé : eau
- température initiale de l'eau: 17 °C
- température extérieure : 15 °C
- vitesse de circulation : 3,5 m/s

Dans des conditions identiques, le concept TIS se différencie des autres systèmes par une très

Comparaison économique entre terres filtrantes et TIS

tableau 5

Procédé	Terres filtrantes		TIS	
	Poste	Coût annuel	Coût annuel	%
Terre		29 120 €	0 €	0 %
Lavage		1 616 €	2 281 €	4 %
Electricité		1 222 €	4 216 €	7 %
Main d'oeuvre		10 920 €	5 200 €	9 %
Maintenance		300 €	2 800 €	5 %
Pertes en vin		64 000 €	24 000 €	39 %
Poste filtration Membrane stérilisante		34 000 €	22 667 €	37 %
Total Coût d'exploitation		141 178 €	61 163 €	100 %

que pour un seul TIS. Tel n'est pas le cas pour une installation industrielle classique où l'élévation de température augmente avec la taille du système.

La figure 2 montre la variation de la température interne à un TIS, en fonction de la durée de fonctionnement.

Le tis : une nouvelle conception industrielle des boucles de circulation en filtration tangentielle

80

faible élévation de température, de 4°C contre 15 et 14°C pour les deux autres installations.

Intérêt économique:

Le vin est un produit sensible et fragile, qui nécessite, tout au long de sa chaîne d'élaboration, des technologies respectueuses. Pour cela, il est nécessaire d'éviter les contraintes thermiques, en limitant les variations de température. Il est déconseillé d'utiliser un échangeur thermique, qui ne supprime pas l'échauffement mais lui associe un refroidissement. De plus, si l'échangeur limite la perte d'arômes, il ne peut l'empêcher complètement. Pour cela, il faudrait éviter l'échauffement.

Il est important également d'éviter les contraintes mécaniques et pour cela, associer cette limitation de l'échauffement à un faible brassage.

Le TIS permet d'arriver à ce résultat, qui représente la condition nécessaire pour aborder le traitement des vins.

La condition suffisante est d'être économiquement compétitif.

L'exemple suivant compare un procédé à base de TIS à un système de filtration sur terre (kieselguhr).

Cette comparaison est faite à partir des données du tableau 6.

Les résultats économiques sont regroupés dans le tableau 5.

L'économie apportée par le système TIS sur le fonctionnement de la filtration est de 80 015. Par rapport au système de filtration sur terres, le coût d'achat de l'installation TIS sera amorti en 2,06 ans.



CONCLUSION

Le résultat économique ci-dessus montre tout l'intérêt d'appliquer ce concept au vin.

L'intégration d'une boucle dans un carter favorise l'émergence de caractéristiques techniques intéressantes qui permettent :

- de standardiser la fabrication quelle que soit l'application et de permettre si nécessaire de réaliser des extensions à moindre coût,
- de limiter les conséquences de la pompe de circulation sur la qualité du vin à traiter.

Le concept TIS représente ainsi une avancée significative dans la fabrication des systèmes, et tout particulièrement dans la filtration des vins.

La simplicité est un avantage immédiatement perceptible par les utilisateurs de systèmes membranaires. Plus les constructeurs innoveront dans le sens de la simplicité, du respect des vins et de la fiabilité, plus les membranes progresseront dans l'industrie vinicole.