# Démarrer avec Simulis<sup>®</sup> Pinch module "Energy"

## Cas 3 : Intégration énergétique d'un procédé d'estérification - Analyse de sensibilité et atteinte de spécifications avec Simulis Pinch Energy

**Release Simulis Pinch 2.0.0** 

Software & Services In Process Simulation



We guide You to efficiency

© 2021 ProSim S.A. All rights reserved.

Ce guide de démarrage vous présente l'utilisation de la fonction étude de sensibilité de Simulis Pinch Energy pour effectuer une analyse économique de l'intégration énergétique d'un procédé.

Cet exemple est tiré de l'exemple d'application de ProSimPlus « Analyse énergétique d'un procédé d'estérification d'une huile végétale ». Ce document fait suite au guide « Cas 2 : Intégration énergétique d'un procédé d'estérification – Utilisation avancée de Simulis Pinch Energy »

Ce guide est organisé comme suit :

- Étape 1 : Utilisation de la fonction *Etude de sensibilité*
- Étape 2 : Analyse des résultats
- Étape 3 : Utilisation de la fonction **Spécification**

## Introduction

Les données d'entrée et les paramètres utilisés dans cet exemple sont identiques à ceux renseignés dans le guide « Cas 2 : Intégration énergétique d'un procédé d'estérification – Utilisation avancée de Simulis Pinch Energy » :

Analyse du réseau d'échangeurs	23
Caractérisation d'un échange	
Puissance échangée minimale (kcal/h)	5000
Pourcentage minimum récupéré / MER (%)	0
Degré de couplage maximum ?	3
Autoriser la division de courant 🕜	Utilité à préserver © Utilité chaude © Utilité froide
Synthèse du réseau d'échangeurs	
Méthode de sélection :      Automatique      C :     Critères pour la sélection automatique des échangeur	Semi-Automatique O Manuelle
Premier critère (Puissance*efficacité)	) maximale 💽
Deuxième critère Index minimal	•
Troisième critère Distance minimale	•
Critères d'arrêt de la procédure	
Facteur multiplicatif du nombre de courants initiaux	x 😧 1
Seuil minimum de chaleur récupérée / MER initial (%	%) 100
Nombre d'échangeurs maximum	10
	Options graphiques
Contraintes optionnelles Aide Paramèt	tres par défaut < Retour Calculer Annuler

## Introduction

Les contraintes optionnelles sont elles aussi identiques au guide « Cas 2 : Intégration énergétique d'un procédé d'estérification – Utilisation avancée de Simulis Pinch Energy » :

Synthèse du réseau d'échangeurs : Contraintes optionnelles	8
Contraintes de zone	Evaluation économique
Aucune     Echanges intrazones uniquement	Unité de surface m²
Echanges interzones sous conditions	Devise €
Sélection des zones	Prix par unité de surface 1000 (€/m²)
	Sélection des coefficients d'échange
Sélection des zones froides autorisées	Matrice d'incompatibilité 2
Sélection des zones chaudes autorisées	Sélection Valide
Cartographie	✓ Difficulté
Distance maximale 100	Difficulté maximum 5
Sélection	Sélection valide
Aide Générer t	Valider Annuler

Pour accéder à la fonction *Etude de sensibilité* avec Simulis Pinch Energy, il est nécessaire de lancer les calculs une première fois afin d'obtenir des feuilles de résultats.

Dans la feuille « Données d'entrée » générée à la suite des calculs, l'accès à la fonction est possible en cliquant sur le bouton *Etude de sensibilité* :

#### PINCEMENT

Valeur du pincement	50	( )	Etude de	
Unité de puissance	(kcal/h)			Spécification
Noms des courants	Etat physique	F*Cp (kcal/h/°C)	T entrée (°C)	T objectif (°C)
C1	L	5 598,5	25,0	135,0
C16	L	12 863,6	45,0	54,0
C4	L	17 535,5	96,0	200,0
C7	LV	53 389,9	90,8	100,0
C17	L	13 172,4	54,0	61,8
C13	L	6 140,5	65,0	88,0
C23	L	15 527,9	76,6	200,0
C28	LV	12 990,1	38,6	70,0
C29	LV	6 902,6	70,0	150,0
Rebo.C301	L	12 420,4	83,9	136,2
C61	LV	865,0	116,9	140,0
C10	L	7 064,3	100,0	80,0
C11	L	6 859,1	80,0	65,0
C43	V	86 842,1	100,0	82,1
C26	LV	225,0	76,7	76,7
C30	V	42 039,9	76,7	25,0
C33	V	5 143,6	150,0	25,0
C36	L	5 811,4	150,0	79,8
C39	L	5 149,4	79,8	57,3
Cond.C301	V	152 710,2	48,4	38,5
C52	V	189,7	140,0	11,0
C62	L	4 952,8	57,7	20,0
C51	L	623,5	70,0	20,0
C50	L	701,4	140,0	70,0

Comme indiqué dans la feuille, l'utilisateur doit définir les paramètres qu'il souhaite modifier pour réaliser l'étude de sensibilité.

Pour cet exemple, la valeur du pincement est la variable de l'analyse de sensibilité.

Les valeurs de pincement suivantes seront utilisées : 5, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 35, 40 et 50°C.

tude de sensibilité						
<ol> <li>Renseignez une ou plusieurs cellules d'entrée (cellules bleues)</li> <li>Appuyez sur le bouton pour compléter les données d'entrée n</li> <li>Appuyez sur le bouton pour exécuter l'analyse de sensibilité Note : Pour utiliser un solveur, utilisez le bouton 'Spécification' d</li> <li>Compléter avec les paramètres par défaut</li> </ol>	nanquantes (si nécessaire) le la feuille des données d'entrée					
Nom de la feuille des données d'entrée	Données d'entrée					
Type d'analyse pincement	Energie		1			
1 Valeur du pincement (°C)		5	10	12	15	20
2 Puissance échangée minimale (kcal/h)						
3 Pourcentage minimum récupéré / MER (%)						
4 Degré de couplage maximum						
5 Autoriser la division de courant						
6 Facteur multiplicatif du nombre de courants initiaux						
7 Seuil minimum de chaleur récupérée / MER initial (%)						
8 Nombre d'échangeurs maximum						

Lorsque les différentes valeurs de pincement ont été renseignées, le bouton **Compléter avec les** *paramètres par défaut* apparait.

Cliquez sur ce bouton afin de remplir les paramètres manquants nécessaire à l'étude de sensibilité

### Etude de sensibilité 1) Renseignez une ou plusieurs cellules d'entrée (cellules bleues) 2) Appuyez sur le bouton pour compléter les données d'entrée manguantes (si nécessaire) 3) Appuyez sur le bouton pour exécuter l'analyse de sensibilité Note : Pour utiliser un solveur, utilisez le bouton 'Spécification' de la feuille des données d'entrée Compléter avec les paramètres par défaut Liste des données d'entrée modifiables Nom de la feuille des données d'entrée Données d'entrée Type d'analyse pincement Energie 1 Valeur du pincement (°C) 5 10 12 15 20 2 Puissance échangée minimale (kcal/h) 3 Pourcentage minimum récupéré / MER (%) 4 Degré de couplage maximum 5 Autoriser la division de courant 6 Facteur multiplicatif du nombre de courants initiaux 7 Seuil minimum de chaleur récupérée / MER initial (%) 8 Nombre d'échangeurs maximum



L'étude de sensibilité peut également être multifactorielle (variation de la valeur du pincement et du nombre d'échangeurs maximum par exemple)

Lorsque toutes les données d'entrée ont été renseignées, le bouton *Exécuter l'étude de sensibilité* apparait. Cliquez sur ce bouton pour lancer l'étude de sensibilité

### Etude de sensibilité

1) Renseignez une ou plusieurs cellules d'entrée (cellules bleues)

2) Appuyez sur le bouton pour compléter les données d'entrée manquantes (si nécessaire)

3) Appuyez sur le bouton pour exécuter l'analyse de sensibilité

Note : Pour utiliser un solveur, utilisez le bouton 'Spécification' de la feuille des données d'entrée

Exécuter l'étude de sensibilité

### Liste des données d'entrée modifiables

Nom de la feuille des données d'entrée	Données d'entrée				
Type d'analyse pincement	Energie				
1 Valeur du pincement (°C)	5	10	12	15	20
2 Puissance échangée minimale (kcal/h)	5000	5000	5000	5000	5000
3 Pourcentage minimum récupéré / MER (%)	0	0	0	0	0
4 Degré de couplage maximum	3	3	3	3	3
5 Autoriser la division de courant	Faux	Faux	Faux	Faux	Faux
6 Facteur multiplicatif du nombre de courants initiaux	1	1	1	1	1
7 Seuil minimum de chaleur récupérée / MER initial (%)	100	100	100	100	100
8 Nombre d'échangeurs maximum	10	10	10	10	10



Les paramètres utilisés pour compléter les données d'entrée sont ceux de la feuille « Données entrée »

© 2021 ProSim S.A. All ri

Après avoir cliqué sur le bouton d'exécution de l'étude de sensibilité, Simulis Pinch Energy procède aux calculs et relance autant de fois l'outil qu'il y a de nombre de cas à traiter :

#### Liste des données d'entrée modifiables

Nom de la feuille des données d'entrée	Données d'entrée				
Type d'analyse pincement	Energie				
1 Valeur du pincement (°C)		5	10	12	15
2 Puissance échangée minimale (Mcal/h)		5000	5000	5000	5000
3 Pourcentage minimum récupéré / MER (%)		0	0	0	0
4 Degré de couplage maximum		3	3	3	3
5 Autoriser la division de courant	Faux	Fa	ux Faux	Faux	
6 Facteur multiplicatif du nombre de courants initiaux		1	1	1	1
7 Seuil minimum de chaleur récupérée / MER initial (%)		100	100	100	100
8 Nombre d'échangeurs maximum		10	10	10	10

#### Variables suivies

1 Nombre initial d'échanges possibles01816132 Facteur multiplicatif du nombre de courants initiaux0,833333330,83333330,91666670,833333333 Pourcentage cumulé de la quantité de chaleur récupérée29,9687032635,95187537,03133937,61480944 Nombre d'échangeurs629,9687032636,8153,560761230,7706573,636 Quantité de chaleur encore récupérable (Mcal/h)70031161077894,231003854,65904664,9677 Quantité d'utilité froide encore nécessaire (Mcal/h)6179185,2036179185,2036179185,2618609,6969 Nombre d'échangeurs d'utilité chaude606899,284606899,284606899,284605899,28560590,4776161484,489 Nombre d'échangeurs d'utilité froide11010111010 Nombre d'échange globale (m²)15,316215,31629774,448,76112 Investissement global (€)153809,519153,809519153,809519155,11629774,448,76112 Investissement global (€)153809,519153,809519153,809519352,747,0335192,764Statut de convergence41001111111114111111111111111111111111111111111						
2 Facteur multiplicatif du nombre de courants initiaux 3 Pourcentage cumulé de la quantité de chaleur récupérée 4 Nombre d'échangeurs 5 Puissance totale récupérée (Mcal/h) 6 Quantité d'utilité froide encore nécessaire (Mcal/h) 7 Quantité d'utilité froide encore nécessaire (Mcal/h) 9 Nombre d'échangeurs d'utilité chaude encore nécessaire (Mcal/h) 9 Nombre d'échangeurs d'utilité chaude encore nécessaire (Mcal/h) 9 Nombre d'échangeurs d'utilité froide 10 Nombre d'échangeurs d'utilité froide 10 Nombre d'échange globale (m <sup>2</sup> ) 11 Aire d'échange globale (m <sup>2</sup> ) 12 Investissement global (€) Coût de l'utilité (€) Somme (Coût de l'utilité + Investissement global) (€) Statut de convergence 11 n'y a plus aucun échange possible avant d'atteindre 11 n'y a plus aucun échange possible avant d'atteindre 11 n'y a plus aucun échange possible avant d'atteindre 12 novestissement global (€) 13 Nombre d'echange dobale (m <sup>2</sup> ) 14 Nombre d'echange dobale (m <sup>2</sup> ) 15 Nombre d'echange dobale (m <sup>2</sup> ) 16 Nombre d'échange dobale (m <sup>2</sup> ) 17 Nombre d'échange dobale (m <sup>2</sup> ) 18 Nombre d'échange dobale (m <sup>2</sup> ) 19 Nombre d'échange dobale (m <sup>2</sup> ) 10 Nombre d'échange dobale (m <sup>2</sup> ) 10 Nombre d'échange dobale (m <sup>2</sup> ) 11 N'y a plus aucun échange possible avant d'atteindre 11 n'y a plus aucun échange possible avant d	1 Nombre initial d'échanges possibles	20	18	16	13	1
3 Pourcentage cumulé de la quantité de chaleur récupérée37,01133937,61480944 Nombre d'échangeurs4465 Puissance totale récupérée (Mcal/h)768153,560768153,560768153,560761239,07720659,3636 Quantité de chaleur encore récupérable (Mcal/h)1500420,1631077894,231003854,65904664,9677 Quantité d'utilité froide encore nécessaire (Mcal/h)6179185,2036179185,2036179185,206186099,096226679,48 Quantité d'utilité chaude encore nécessaire (Mcal/h)6068990,284606890,2846075904,776116484,489 Nombre d'échangeurs d'utilité chaude1010111010 Nombre d'échange globale (m³)153,809519153,809519153,809519105516,27711 Aire d'échange globale (m³)153,809519153,809519105516,27774,448,765112 Investissement global (€)351905,004351905,0143421954,743444603,87Somme (Coût de l'utilité + Investissement global) (€)3571905,0043571905,0043527471,03351952,64Hiry a plus aucun échange possible avant d'atteinder un critère d'arrêt !avantav	2 Facteur multiplicatif du nombre de courants initiaux	0,83333333	0,83333333	0,91666667	0,83333333	
4 Nombre d'échangeurs4465 Puissance totale récupérée (Mcal/h)768153,560768153,560768153,560761239,07720659,3636 Quantité de chaleur encore récupérable (Mcal/h)1070894,231070894,231003854,65904664,9677 Quantité d'utilité froide encore nécessaire (Mcal/h)616919,2036179185,2036179185,2036179185,2066168090,286068990,286075904,776116484,489 Nombre d'échangeurs d'utilité chaude6068990,2846068990,2846068990,286075904,776116484,489 Nombre d'échangeurs d'utilité chaude606101010111010 Nombre d'échangeurs d'utilité froide60610101001110011 Aire d'échange globale (m²)105,1629774,448,765124,448,765112 Investissement global (€)153809,519153809,519153809,51915516,29774,448,7651Somme (Coût de l'utilité + Investissement global) (€)3571905,0443571905,0443521905,044351905,264Statut de convergenceIn 'y a plus aucun échange possible avant d'atteindreaucunaucunaucunaucunvantvantvantvantvantvantvant10 'y a plus aucun échange possible avant d'atteindrejossiblejossiblejossible3418095,48342195,44342195,74342195,74342195,74351905,61107,990,990,990,990,990,990,990,990,990,9	3 Pourcentage cumulé de la quantité de chaleur récupérée	29,96870326	35,9518756	37,0313339	37,6148094	
5 Puissance totale récupérée (Mcal/h)768153,603768153,603768153,603761239,07720659,3636 Quantité de chaleur encore récupérable (Mcal/h)1500420,1631077894,231003854,65904664,9677 Quantité d'utilité froide encore nécessaire (Mcal/h)6179185,2036179185,206186990,2846068990,2846068990,2846068990,2846075904,776116484,489 Nombre d'échangeurs d'utilité chaude1010111010111010 Nombre d'échange globale (m²)153,809519153,809519153,809519105,516,29774,448765112 Investissement global (€)153,809519153,809519155,629774,448,7651Coût de l'utilité + Investissement global) (€)3571905,004351905,343351905,344Statut de convergenceaucun échange possible avant d'atteindre un critère d'arrêt !aucun échangeaucun échangeaucun échangeStatut de convergenceavant é d'atteindreávant avant d'atteindreávant avantavant	4 Nombre d'échangeurs	4	4	4	6	
6 Quantité de chaleur encore récupérable (Mcal/h)1003854,65904664,9677 Quantité d'utilité froide encore nécessaire (Mcal/h)6179185,2036179185,2036186099,096226679,48 Quantité d'utilité chaude encore nécessaire (Mcal/h)6068990,2846068990,284607594,776116484,489 Nombre d'échangeurs d'utilité chaude1010111010 Nombre d'échangeurs d'utilité froide1010111011 Aire d'échange globale (m²)153,8095191153,8095191153,809519110516,29774,448765112 Investissement global (€)153809,5191153809,519110516,29774,448,7651Coût de l'utilité + Investissement global) (€)3418095,4853418095,4853421954,743444603,877Somme (Coût de l'utilité + Investissement global) (€)11 n'y a plus aucun échange possible avant échange possible avant d'atteindreaucunaucunaucunéchangeéchangeéchangeéchangeéchangeéchangeéchangeStatut de convergence11 n'y a plus aucun échange possible avant d'atteindreavantavantavantéchangeéchangeéchangeéchangeéchangeéchangeot atteindre10 n'y a plus aucun échange possible avant d'atteindreéchangeéchangeéchangeéchangeéchangeéchangeéchangeéchangeéchangeéchangeí atteindrei n'y a plus aucun échange possible avant d'atteindreáutuintavantavantéchangeéchangeéchange <td< td=""><td>5 Puissance totale récupérée (Mcal/h)</td><td>768153,5603</td><td>768153,56</td><td>761239,07</td><td>720659,363</td><td></td></td<>	5 Puissance totale récupérée (Mcal/h)	768153,5603	768153,56	761239,07	720659,363	
7 Quantité d'utilité froide encore nécessaire (Mcal/h)6179185,2036179185,2036186099,6936226679,48 Quantité d'utilité chaude encore nécessaire (Mcal/h)6068990,2846068990,2846075904,776116484,489 Nombre d'échangeurs d'utilité chaude1010111010 Nombre d'échange globale (m²)1010111011 Aire d'échange global (€)153809,519153809,519105516,29774,44876512 Investissement global (€)3418095,4883421954,743444603,87Coût de l'utilité + Investissement global) (€)3571905,0043571905,0043571905,03Statut de convergencein 'y a plus aucun échange possible avant fechangeaucunaucunéchangeéchangeéchangeéchangeéchangey avantavantavantavantavantavantétheindred'atteindred'atteindred'atteindred'atteindre	6 Quantité de chaleur encore récupérable (Mcal/h)	1500420,163	1077894,23	1003854,65	904664,967	
8 Quantité d'utilité chaude encore nécessaire (Mcal/h)       6068990,284       6068990,284       6075904,77       6116484,48         9 Nombre d'échangeurs d'utilité chaude       10       10       11       10         10 Nombre d'échangeurs d'utilité froide       10       11       10         11 Aire d'échange globale (m²)       153,8095191       153,8095191       155,516297       74,4487651         12 Investissement global (€)       153809,5191       153809,5191       105516,297       74448,7651         Coût de l'utilité (€)       3418095,485       3418095,485       3418095,485       3421954,74       3444603,87         Somme (Coût de l'utilité + Investissement global) (€)       11       10       3571905,004       3571905       3527471,03       3519052,64         Statut de convergence       II n'y a plus aucun échange possible avant échange possible avant échange       aucun       aucun       aucun       aucun         échange       échange       échange       échange       échange       échange       possible         Statut de convergence       un critère d'arrêt !       avant       avant       avant       avant	7 Quantité d'utilité froide encore nécessaire (Mcal/h)	6179185,203	6179185,2	6186099,69	6226679,4	
9 Nombre d'échangeurs d'utilité énaude10111010 Nombre d'échangeurs d'utilité froide10111011 Aire d'échange globale (m²)153,809510153,809510155,51629774,448765112 Investissement global (€)153809,510153809,51015516,29774,448,7651Coût de l'utilité (€)3418095,4853418095,4853418095,4853421954,743444603,87Somme (Coût de l'utilité + Investissement global) (€)3571905,00435719053527471,033519052,64Statut de convergenceIntry a plus aucun échange possible avant échange un critère d'arrêt !aucunaucunaucunéchange possible avantéchange d'atteindreórstible avantavantavant	8 Quantité d'utilité chaude encore nécessaire (Mcal/h)	6068990,284	6068990,28	6075904,77	6116484,48	
10 Nombre d'échangeurs d'utilité froide10111011 Aire d'échange globale (m²)153,8095101153,8095101153,8095101155,51629774,448,765112 Investissement global (€)153809,5101153809,5101153809,51015516,29774448,7651Coût de l'utilité (€)3418095,4853418095,4853421954,743444603,87Somme (Coût de l'utilité + Investissement global) (€)35719053527471,033519052,64Statut de convergenceIn y a plus aucun échange possible avant échangeaucunaucunaucunéchangeéchangeéchangeéchangein y a plusin y a plusaucunáute indred'atteindred'atteindred'atteindred'atteindred'atteindre	9 Nombre d'échangeurs d'utilité chaude	10	10	11	10	
11 Aire d'échange globale (m²)       153,8095191       153,8095191       153,8095191       105,516297       74,448,7651         12 Investissement global (€)       153809,5191       153809,5191       153809,519       105516,297       74448,7651         Coût de l'utilité (€)       3418095,483       3418095,483       3421954,74       3444603,87         Somme (Coût de l'utilité + Investissement global) (€)       3571905,004       3571905       3527471,03       3519052,64         Statut de convergence       In 'y a plus aucun échange possible avant échange possible avant échange       aucun       aucun       aucun         Statut de convergence       échange       échange       possible       possible       avant         d'atteindre       d'atteindre       d'atteindre       d'atteindre       d'atteindre	10 Nombre d'échangeurs d'utilité froide	10	10	11	10	
12 Investissement global (€)       105516,297       74448,7651         Coût de l'utilité (€)       3418095,488       3418095,488       3421954,74       3444603,87         Somme (Coût de l'utilité + Investissement global) (€)       3571905,004       3571905       3527471,03       3519052,64         Investissement global (€)       10 y a plus aucun échange possible avant d'atteindre       aucun       aucun       aucun         Statut de convergence       échange       échange       échange       échange       possible         Vant       avant       avant       avant       avant       avant	11 Aire d'échange globale (m <sup>2</sup> )	153,8095191	153,809519	105,516297	74,4487651	
Coût de l'utilité (€)3418095,483418095,483421954,743444603,87Somme (Coût de l'utilité + Investissement global) (€)357190535719053527471,033519052,64In ry a plus aucun échange possible avant d'atteindreaucunaucunaucunéchangeéchangeéchangeéchangepossibleun critère d'arrêt !avantavantavantd'atteindred'atteindred'atteindred'atteindre	12 Investissement global (€)	153809,5191	153809,519	105516,297	74448,7651	I.
Somme (Coût de l'utilité + Investissement global) (€)       3571905,004       3571905,004       3571905,004       3571905,004       111 y a plus       111 y a plus         Statut de convergence       II n'y a plus aucun échange possible avant d'atteindre       aucun       aucun       échange       échange         un critère d'arrêt !       avant       avant       avant       avant	Coût de l'utilité (€)	3418095,485	3418095,48	3421954,74	3444603,87	
Statut de convergence Statut de convergence Il n'y a plus aucun échange possible avant d'atteindre un critère d'arrêt ! avant avant avant d'atteindre d'atteindre	Somme (Coût de l'utilité + Investissement global) (€)	3571905,004	3571905	3527471,03	3519052,64	
Statut de convergence II n'y a plus aucun échange possible avant d'atteindre échange échange échange ossible un critère d'arrêt ! avant avant avant avant avant d'atteindre d'			ii ii y a pius	ii ii y a pius	ii ii y a pius	ſ
Statut de convergence II n'y a plus aucun échange possible avant d'atteindre possible possible possible possible avant avant avant avant avant d'atteindre d'attei			aucun	aucun	aucun	
Statut de convergence possible	Statut de convergence	Il n'y a plus aucun échange possible avant d'atteindre	echange	echange	echange	
avant avant avant d'atteindre d'atteindre		un critère d'arrêt !	possible	possible	possible	
d'atteindre d'atteindre d'atteindre			avant	avant	avant	
			d'atteindre	d'atteindre	d'atteindre	

Résultats de l'étude de sensibilité

Message à convergence

Sous les tableaux de résultats présentés précédemment, vous pouvez également consulter les profils de résultats de l'analyse de sensibilité.

L'utilisateur a la possibilité de modifier les profils affichés par défaut. Il peut changer les axes des abscisses et des ordonnées parmi la liste prédéfinie :



Les profils affichés automatiquement par Simulis Pinch Energy permettent d'analyser facilement les résultats.

Dans le cadre de cet exemple, il est intéressant d'observer la variation de la puissance totale récupérée en fonction de la valeur du pincement (AT\_\_)



L'évolution de la puissance récupérée par rapport au  $\Delta T_{min}$  est cohérente avec la théorie : plus le pincement est faible et plus le MER (Maximum d'Energie Récupérable) est important. Il est alors logique de récupérer plus d'énergie (avec le réseau d'échangeurs) si le MER augmente.

Observation intéressante : si le  $\Delta T_{min}$  est inférieur à 10°C, le MER stagne. Pour minimiser les aires d'échange, il n'est pas nécessaire de descendre en dessous de 10°C car le MER n'augmente pas.

Le profil *Aire d'échange globale* en fonction de *la Valeur du pincement* permet lui aussi de mettre en avant un concept théorique : plus la valeur du pincement diminue, plus la différence de température logarithmique moyenne (DTML) diminue et donc plus l'aire d'échange augmente pour une même quantité de chaleur échangée



 $\Delta T_{min}$ 

L'utilisateur peut générer dans MS-Excel un profil de la *Puissance totale récupérée* en fonction de l'*Investissement global* 



L'analyse de ce profil montre un point d'inflexion. Cette inflexion est située entre des valeurs de pincement de 12 et 15°C.

Cela signifie que :

- Première partie de la courbe : plus le réseau d'échangeurs permet de récupérer de l'énergie mais le coût augmente peu
- Deuxième partie de la courbe : à partir du point d'inflexion, le réseau d'échangeurs coûte beaucoup plus cher et permet de récupérer peu d'énergie

L'utilisateur peut également réaliser une analyse économique plus avancée directement dans MS-Excel. En prenant, par exemple, l'hypothèse d'un coût d'utilités froide et chaude de 30 €/MWh, il alors possible d'ajouter le coût annuel des utilités (en considérant 8000 h/an de fonctionnement).

Variables suivies

1 Nombre initial d'échanges possibles	20
2 Facteur multiplicatif du nombre de courants initiaux	0,833333333
3 Pourcentage cumulé de la quantité de chaleur récupérée	29,96870326
4 Nombre d'échangeurs	4
5 Puissance totale récupérée (kcal/h)	768153,5603
6 Quantité de chaleur encore récupérable (kcal/h)	1500420,163
7 Quantité d'utilité froide encore nécessaire (kcal/h)	6179185,203
8 Quantité d'utilité chaude encore nécessaire (kcal/h)	6068990,284
9 Nombre d'échangeur d'utilité chaude	10
10 Nombre d'échangeur d'utilité froide	10
11 Aire d'échange globale (m <sup>2</sup> )	153,8095191
12 Investissement global (€)	153809,5191
Cout de l'utilité (€)	=0,03*(E31+E32)*8000/860

Le coût de l'utilité en fonction de la valeur du pincement évolue de manière quasi-linéaire.



Cette analyse économique permet de retrouver un concept théorique :

- Plus le pincement augmente, moins la récupération d'énergie est efficace car le MER diminue. De ce fait, le coût de l'énergie (coût de l'utilité) augmente lorsque le pincement augmente
- Plus le pincement diminue, plus le réseau d'échangeurs est efficace et permet de récupérer de l'énergie.
   Mais plus ce pincement diminue, plus l'aire d'échange et donc l'investissement augmentent



En théorie, il existe une valeur de pincement optimale pour laquelle le réseau d'échangeurs est optimal

L'analyse économique du cas étudié retranscrit ce concept théorique.

Si l'utilisateur réalise un bilan (somme du coût de l'utilité et de l'investissement global), le profil suivant peut être tracé :



En théorie, le pincement optimal se situe entre 12 et 15°C.

Dans le cadre de cet exemple, un pincement de 10°C a été retenu afin de maximiser la récupération énergétique pour un coût proche du coût optimal.

### Étape 3 : Utilisation de la fonction Spécification

Pour accéder à la fonction **Spécification** avec Simulis Pinch Energy, il est nécessaire de lancer les calculs une première fois afin d'obtenir des feuilles de résultats.

Dans la feuille « Données d'entrée » générée à la suite des calculs, l'accès à la fonction est possible en cliquant sur le bouton *Spécification* :

### PINCEMENT

Valeur du pincement	50	(°C)	Etude de	
Unité de puissance	(kcal/h)		sensibilité	Spécification
				L
Noms des courants	Etat physique	F*Cp (kcal/h/°C)	T entrée (°C)	T objectif (°C)
C1	L	5 598,5	25,0	135,0
C16	L	12 863,6	45,0	54,0
C4	L	17 535,5	96,0	200,0
C7	LV	53 389,9	90,8	100,0
C17	L	13 172,4	54,0	61,8
C13	L	6 140,5	65,0	88,0
C23	L	15 527,9	76,6	200,0
C28	LV	12 990,1	38,6	70,0
C29	LV	6 902,6	70,0	150,0
Rebo.C301	L	12 420,4	83,9	136,2
C61	LV	865,0	116,9	140,0
C10	L	7 064,3	100,0	80,0
C11	L	6 859,1	80,0	65,0
C43	V	86 842,1	100,0	82,1
C26	LV	225,0	76,7	76,7
C30	V	42 039,9	76,7	25,0
C33	V	5 143,6	150,0	25,0
C36	L	5 811,4	150,0	79,8
C39	L	5 149,4	79,8	57,3
Cond.C301	V	152 710,2	48,4	38,5
C52	V	189,7	140,0	11,0
C62	L	4 952,8	57,7	20,0
C51	L	623,5	70,0	20,0
C50	L	701,4	140,0	70,0

### Étape 3 : Utilisation de la fonction Spécification

La feuille « Spécification » générée propose les mêmes fonctionnalités que la feuille « Etude de sensibilité ». A la différence de la fonction *Etude de sensibilité*, l'exécution du calcul est effectuée automatiquement. L'utilisateur n'a qu'à renseigner une seule valeur et le calcul s'exécute.

#### Spécification

1) Renseignez une ou plusieurs cellules d'entrée (cellules bleues)

2) Le calcul est effectué automatiquement

Note : L'utilisation d'un solveur est possible

L'utilisation des tables de données et de la valeur cible n'est pas possible

#### Liste des données d'entrée modifiables



### Seule valeur renseignée par l'utilisateur

Les paramètres utilisés pour le calcul sont les données d'entrée de la feuille « Données entrée »

#### Variables suivies

1 Nombre initial d'échanges possibles	18	
2 Facteur multiplicatif du nombre de courants initiaux	0,83333333	
3 Pourcentage cumulé de la quantité de chaleur récupérée	35,95187562	
4 Nombre d'échangeurs	4	
5 Puissance totale récupérée (Mcal/h)	768153,5603	
6 Quantité de chaleur encore récupérable (Mcal/h)	1077894,227	Dégultoto de l'avégution guternatique
7 Quantité d'utilité froide encore nécessaire (Mcal/h)	6179185,203	Resultats de l'execution automatique
8 Quantité d'utilité chaude encore nécessaire (Mcal/h)	6068990,284	
9 Nombre d'échangeurs d'utilité chaude	10	
10 Nombre d'échangeurs d'utilité froide	10	
11 Aire d'échange globale (m <sup>2</sup> )	153,8095191	
12 Investissement global (€)	153809,5191	

Cette fonction Spécification est intéressante pour l'utilisation du solveur MS-Excel ou de tout autre type de solveur externe ou d'optimiseur avec Simulis Pinch Energy.







ProSim SA 51, rue Ampère Immeuble Stratège A F-31670 Labège France

**2**: +33 (0) 5 62 88 24 30

## www.prosim.net info@prosim.net

ProSim, Inc. 325 Chestnut Street, Suite 800 Philadelphia, PA 19106 U.S.A.

**\*:** +1 215 600 3759