

Démarrer avec Simulis® Pinch module “Water”

Cas 3 : Intégration d’une raffinerie de pétrole
Analyse multi-contaminants

Release Simulis Pinch 2.0.0

Software & Services In Process Simulation

We guide You to efficiency






ProSim

Introduction

Ce guide de démarrage vous présente la prise en main de Simulis Pinch Water pour effectuer une analyse multi-contaminants d'un procédé.

Ce guide est organisé comme suit :

-  Étape 1 : Génération des données dans Microsoft™ Excel
-  Étape 2 : Définition de l'optimum théorique des consommations d'eau du procédé
-  Étape 3 : Conception du réseau d'eau

Ce document fait suite au guide « Cas 1 : Intégration d'un procédé de production d'acrylonitrile – Principes de base de Simulis Pinch Water » fondé sur une analyse mono-contaminant.

Étape 1 : génération des données dans Microsoft™ Excel

Ce document présente l'étude du réseau d'eau d'une raffinerie de pétrole. Cet exemple est étudié dans :
Gunaratnam M., « Automated Design of Total Water Systems », Ind. Eng. Chem. Res., 2005, 44, 588-599.

Les 3 contaminants limitant les réutilisations sont les suivants :

- **Les matières en suspension** : la notion de matière en suspension (ou MES) (ou particules en suspension) désigne l'ensemble des matières solides insolubles visibles à l'œil nu présentes en suspension dans un liquide. Plus une eau en contient, plus elle est dite turbide.

La matière en suspension est une « matrice » capable d'adsorber divers polluants, qui peuvent s'y transformer et être transportés. Ainsi, les MES sont les polluants les plus courants des procédés industriels.

- **Le sulfure d'hydrogène (H₂S)** : le soufre présent dans le H₂S est un polluant pour les catalyseurs et provoque des pluies acides suite à sa combustion. Il faut par conséquent limiter ses rejets le plus possible. Pour ces raisons, des procédés d'« hydrodésulfuration » sont utilisés au sein des raffineries de pétrole, et des procédés « Claus » sont mis en place pour traiter le H₂S et le valoriser en soufre.

- **Les hydrocarbures** : ce sont des polluants notamment pour les colonnes de stripping à la vapeur et pour les sections d'hydrodésulfuration car ils dégradent les performances de ces équipements. Il faut donc limiter les réutilisations avec de fortes concentrations en hydrocarbures.

Étape 1 : génération des données dans Microsoft™ Excel

Les données utilisées sont les suivantes :

Operation	Flowrate (t/h)	Contaminant	C_{in} (ppm)	C_{out} (ppm)
Steam stripping	50	H.C.	0	15
		H ₂ S	0	400
		S.S.	0	35
Hydro-desulphurization I	34	H.C.	20	120
		H ₂ S	300	12500
		S.S.	45	180
Desalter	56	H.C.	120	220
		H ₂ S	20	45
		S.S.	200	9500
Ejector steam for vacuum column	8	H.C.	0	20
		H ₂ S	0	60
		S.S.	0	20
Hydro-sulphurization II	8	H.C.	50	150
		H ₂ S	400	8000
		S.S.	60	120

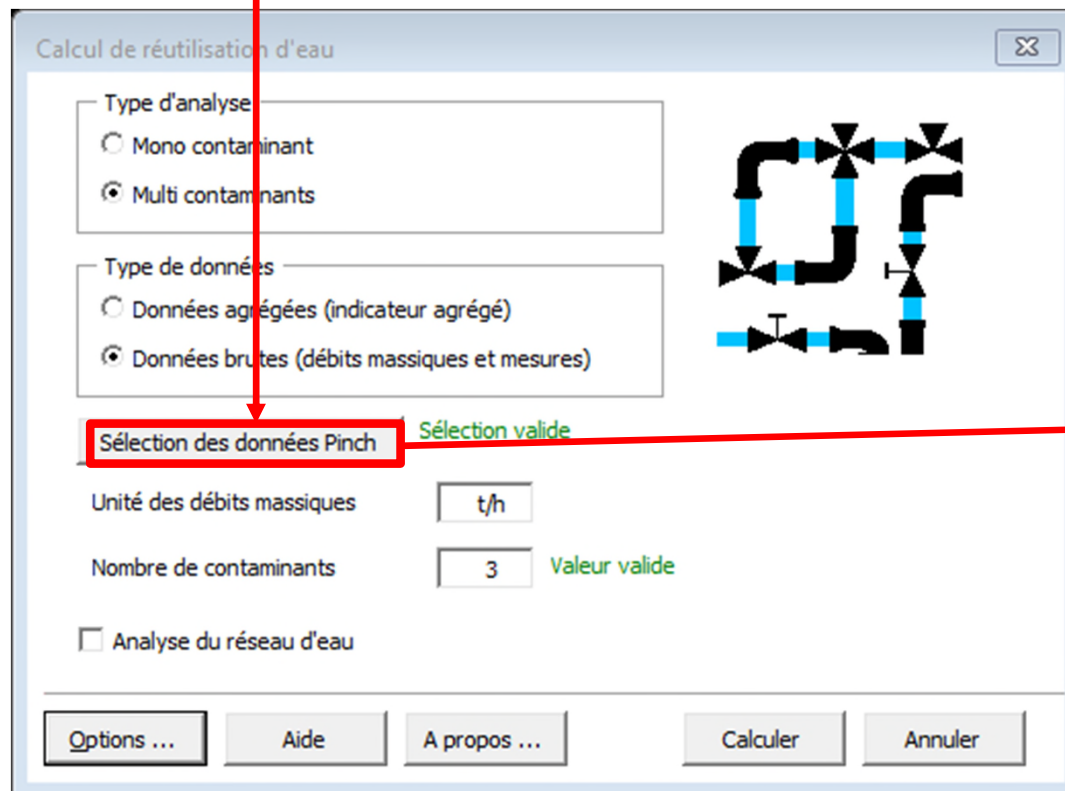
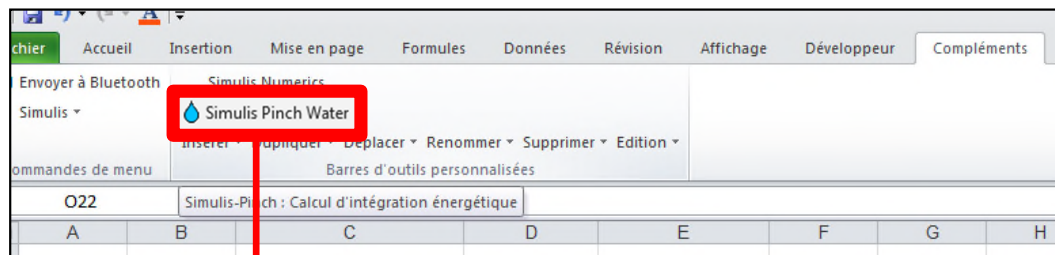
*H.C. : Hydrocarbon

*S.S. : Suspended solids (matière en suspension)

Étape 2 : définition de l'optimum théorique des consommations d'eau du procédé

5

1. Lancez Simulis Pinch Water
2. Sélectionnez les colonnes contenant les débits des courants (F) et les concentrations (C) des différents contaminants (uniquement les valeurs numériques, et non les titres de colonnes, comme présenté dans les copies d'écran ci après)



Données d'entrée				
Noms des courants	Débit massique (F)	Mesure (C) contaminant 1	Mesure (C) contaminant 2	Mesure (C) contaminant 3
SK-O1	50,0	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
SK-O2	34,0	2,00E+01	3,00E+02	4,50E+01
SK-O3	56,9	1,20E+02	2,00E+01	2,00E+02
SK-O4	8,0	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
SK-O5	8,0	5,00E+01	4,00E+02	6,00E+01
SR-O1	- 50,0	1,50E+01	4,00E+02	3,50E+01
SR-O2	- 34,0	1,20E+02	1,25E+04	1,80E+02
SR-O3	- 56,9	2,20E+02	4,50E+01	9,50E+03
SR-O4	- 8,0	2,00E+01	6,00E+01	2,00E+01
SR-O5	- 8,0	1,50E+02	8,00E+03	1,20E+02

Données brutes

Étape 2 : définition de l'optimum théorique des consommations d'eau du procédé

6

1. Définir le type d'analyse et le type de données
(analyse multi-contaminants à partir de données brutes pour cet exemple)

Calcul de réutilisation d'eau

Type d'analyse

- ☐ Mono contaminant
- ☒ Multi contaminants

Type de données

- ☐ Données agrégées (indicateur agrégé)
- ☒ Données brutes (débits massiques et mesures)

Sélection des données Pinch

Sélection valide

Unité des débits massiques

t/h

Nombre de contaminants

3

Valeur valide

☐ Analyse du réseau d'eau

Options ... Aide A propos ... Calculer Annuler

2. Renseignez l'unité des débits (F) et le nombre de contaminants (ici 3 contaminants)

3. Cliquez sur **Calculer**

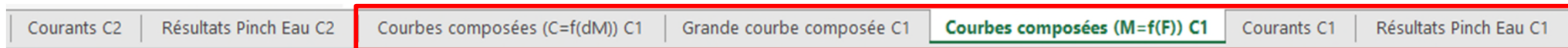
Étape 2 : définition de l'optimum théorique des consommations d'eau du procédé

7

Lors d'une analyse multi-contaminants (à partir de données brutes), les résultats de diagnostic sont fournis pour chaque contaminant pris indépendamment des autres.

De ce fait, pour chaque contaminant, plusieurs feuilles sont générées :

1. La grande courbe composée
2. Les courbes composées sources et puits
3. Les courants traités (courants sources et courants puits)
4. Les résultats de l'analyse pincement (données et résumé des résultats)



Il est possible d'agréger ces contaminants en un seul indicateur unique (selon un calcul d'agrégation défini par l'utilisateur). Dans ce cas, l'utilisateur choisit l'option « Données agrégées (indicateur agrégé) » pour la définition du type de données.

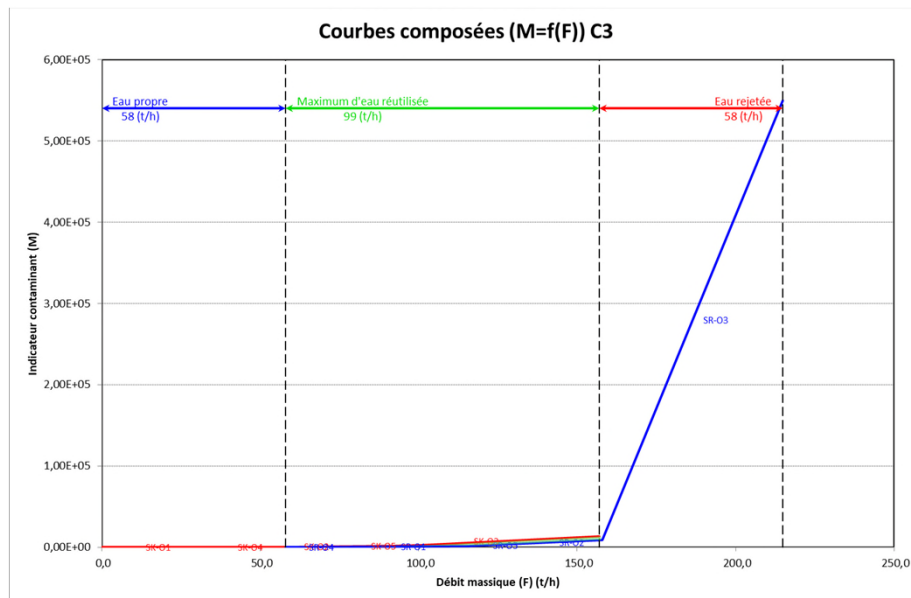
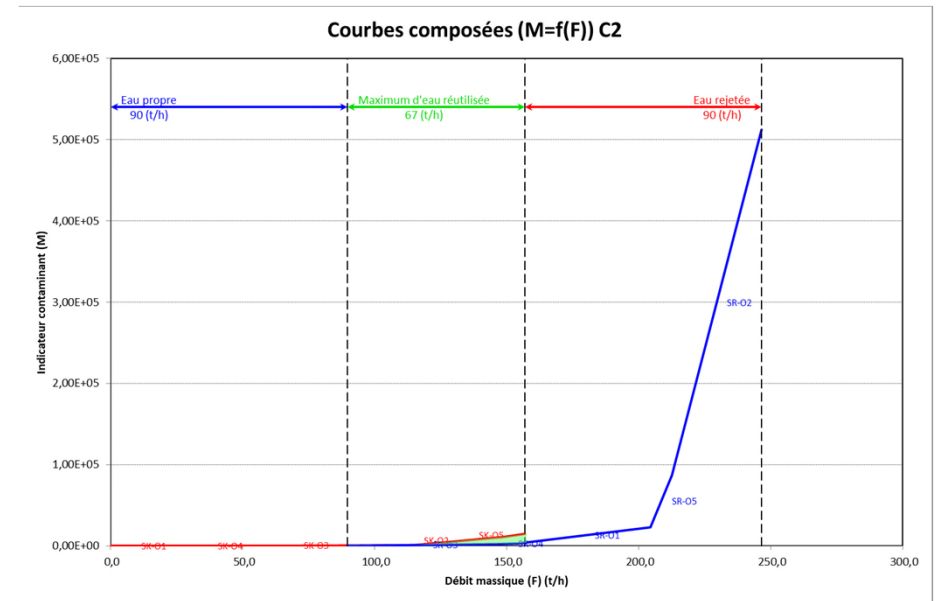
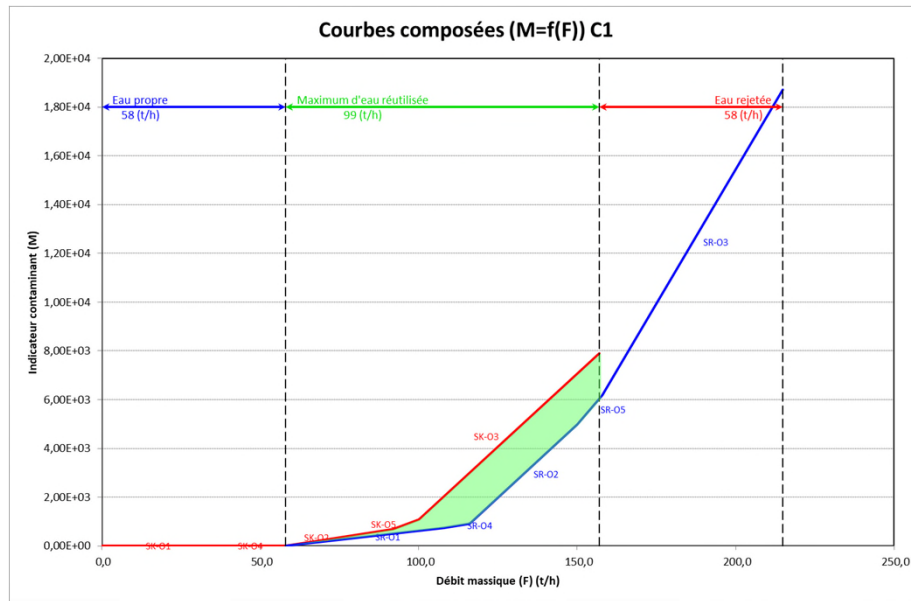
Cette méthode permet de tracer un seul jeu de données (1 seule courbe grande composée, 1 seul diagnostic pour l'analyse pincement eau...) et ainsi de simplifier l'analyse pincement eau.

Ce calcul d'agrégation peut également être réalisé dans ProSimPlus à l'aide du module « Analyse Pincement Eau » en effectuant une analyse multi-contaminants.

Une interface utilisateur avec deux sections. La première section, 'Type d'analyse', contient deux boutons radio : 'Mono contaminant' et 'Multi contaminants' (sélectionné). La seconde section, 'Type de données', contient deux boutons radio : 'Données agrégées (indicateur agrégé)' (sélectionné et entouré d'une bordure rouge) et 'Données brutes (débits massiques et mesures)'.

Étape 2 : définition de l'optimum théorique des consommations d'eau du procédé

8



En analysant les courbes composées, il est possible d'observer que pour les 3 contaminants, un MWR existe (zone verte). Le minimum des MWR est associé au contaminant C2 (autrement dit, le H₂S pour cet exemple) avec 67 t/h.

Étape 3 : conception du réseau d'eau

Si l'utilisateur dispose d'une licence pour l'utilisation de Simulis Pinch, l'outil lui permet de générer un réseau d'eau dont le but est de réutiliser un maximum d'eau interne au procédé

Calcul de réutilisation d'eau

Type d'analyse

☐ Mono contaminant

☒ Multi contaminants

Type de données

☐ Données agrégées (indicateur agrégé)

☒ Données brutes (débits massiques et mesures)


Sélection des données Pinch

Unité des débits massiques t/h

Nombre de contaminants 3 Valeur valide

☒ Analyse du réseau d'eau

Options ... Aide A propos ... Suivant > Annuler



Étape 3 : conception du réseau d'eau

1. Définir le type d'analyse et le type de données (analyse multi-contaminants à partir de données brutes pour cet exemple)

2. Renseignez l'unité des débits (F) et le nombre de contaminants

Calcul de réutilisation d'eau

Type d'analyse

☐ Mono contaminant

☒ Multi contaminants

Type de données

☐ Données agrégées (indicateur agrégé)

☒ Données brutes (débits massiques et mesures)

Sélection des données Pinch

Sélection valide

Unité des débits massiques

t/h

Nombre de contaminants

3

Valeur valide

☒ Analyse du réseau d'eau

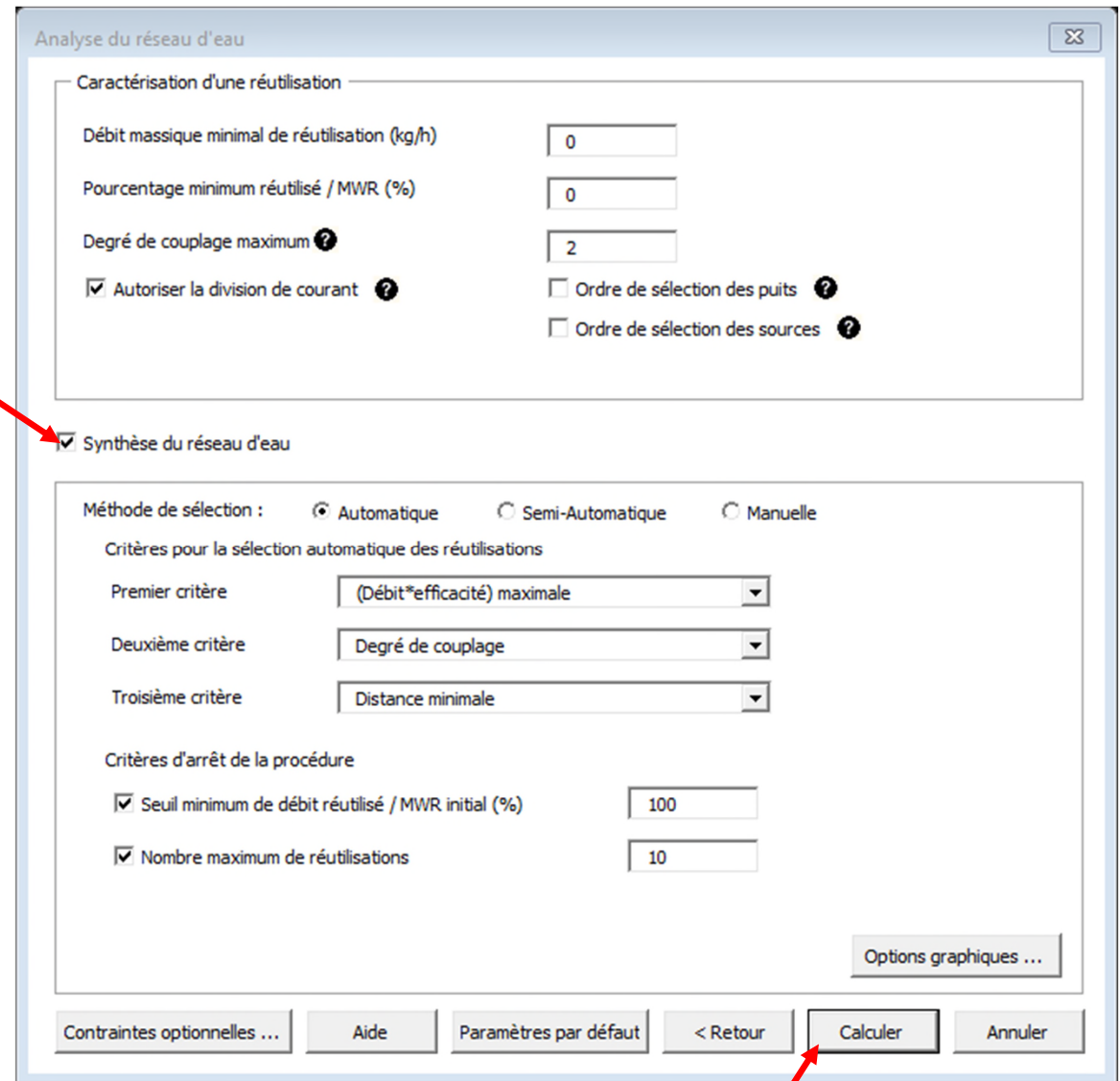
Options ... Aide A propos ... Suivant > Annuler

3. Cochez l'option **Analyse du réseau d'eau**

4. Cliquez sur **Suivant**

Étape 3 : conception du réseau d'eau

1. Cochez l'option **Synthèse du réseau d'eau**



Analyse du réseau d'eau

Caractérisation d'une réutilisation

Débit massique minimal de réutilisation (kg/h)

Pourcentage minimum réutilisé / MWR (%)

Degré de couplage maximum ?

☒ Autoriser la division de courant ? ☐ Ordre de sélection des puits ?

☐ Ordre de sélection des sources ?

☒ Synthèse du réseau d'eau

Méthode de sélection : ☒ Automatique ☐ Semi-Automatique ☐ Manuelle

Critères pour la sélection automatique des réutilisations

Premier critère

Deuxième critère

Troisième critère


Critères d'arrêt de la procédure

☒ Seuil minimum de débit réutilisé / MWR initial (%)

☒ Nombre maximum de réutilisations

Options graphiques ...

Contraintes optionnelles ... Aide Paramètres par défaut < Retour Calculer Annuler

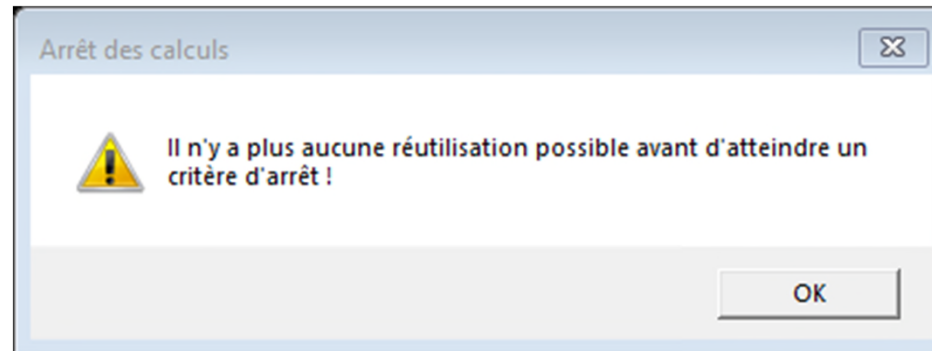
 Dans un premier temps, les critères par défaut seront conservés
(Sélection automatique des réutilisations)

2. Cliquez sur **Calculer**

Étape 3 : conception du réseau d'eau

Un message indiquera la fin des calculs (lorsqu'un critère d'arrêt est atteint)

Pour cet exemple, Simulis Pinch Water ne peut plus proposer de réutilisation supplémentaire et la construction du réseau d'eau s'arrête car aucune réutilisation supplémentaire ne peut plus être déterminée



Étape 3 : conception du réseau d'eau

Trois feuilles supplémentaires ont été générées :

1. **Données d'entrée**
2. **Résultats Réseau d'eau**
3. **Réseau d'eau**

BILAN SUR LE RÉSEAU D'EAU

Nombre initial de réutilisations possibles :	18
Pourcentage cumulé de la quantité d'eau réutilisée :	41,13
Nombre de réutilisations :	3
Débit massique total d'eau réutilisée (t/h) :	36,3
Quantité d'eau encore réutilisable (t/h) :	0,0
Quantité d'eau propre encore nécessaire (t/h) :	120,6
Quantité d'eau rejetée restante (t/h) :	120,6
Nombre de courants sources restants :	4
Nombre de courants puits restants :	2

RÉSULTATS DE LA SYNTHÈSE AUTOMATIQUE DU RÉSEAU D'EAU

Numéro de la réutilisation	Courant puits					DONNÉES D'ENTRÉE		
	Nom	Mesure contaminant (C1)	Mesure contaminant (C2)	Mesure contaminant (C3)	F objectif (t/h)	Nom	Mesure contaminant (C1)	Mesure contaminant (C2)
1	SK-O2	2,00E+01	3,00E+02	4,50E+01	34,0	SR-O1	1,50E+01	4,00E+01
2	SK-O5	5,00E+01	4,00E+02	6,00E+01	8,0	SR-O4	2,00E+01	6,00E+01
3	SK-O3	1,20E+02	2,00E+01	2,00E+02	56,9	SR-O1	1,50E+01	4,00E+01

PLUS AUCUNE RÉUTILISATION POSSIBLE

LISTE DES COURANTS RESTANTS APRÈS LA SYNTHÈSE DU RÉSEAU D'EAU

Noms des courants	Débit massique (F) (t/h)	Mesure contaminant (C1)	Mesure contaminant (C2)	Mesure contaminant (C3)
SR-O2	34,0	1,20E+02	1,25E+04	1,80E+02
SR-O5	8,0	1,50E+02	8,00E+03	1,20E+02
SR-O3	56,9	2,20E+02	4,50E+01	9,50E+03
SR-O1	21,7	1,50E+01	4,00E+02	3,50E+01
SK-O1	50,0	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
SK-O4	8,0	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

CARACTÉRISTIQUES DE L'EAU PROPRE

...	Résultats Pinch Eau C1	Réutilisation n°3	Réutilisation n°2	Réutilisation n°1	Réseau d'eau	Res. Réseau d'eau	Données d'entrée	Tableaux optionnels
-----	------------------------	-------------------	-------------------	-------------------	--------------	--------------------------	------------------	---------------------

Étape 3 : conception du réseau d'eau

La première partie de la feuille « Résultats Réseau d'eau » récapitule les informations globales sur l'intégration du procédé et sur le réseau d'eau

BILAN SUR LE RÉSEAU D'EAU

Nombre initial de réutilisations possibles :	18
Pourcentage cumulé de la quantité d'eau réutilisée :	41,13
Nombre de réutilisations :	3
Débit massique total d'eau réutilisée (t/h) :	36,3
Quantité d'eau encore réutilisable (t/h) :	0,0
Quantité d'eau propre encore nécessaire (t/h) :	120,6
Quantité d'eau rejetée restante (t/h) :	120,6
Nombre de courants sources restants :	4
Nombre de courants puits restants :	2

Dans le cas étudié, avec 3 réutilisations, le réseau d'eau proposé par Simulis Pinch Water permet de récupérer $\approx 41\%$ du MWR moyen (**M**aximum **W**ater **R**euse ou Maximum d'eau réutilisable). Ici le MWR moyen est la moyenne des MWR obtenus pour les différents contaminants.

Ce pourcentage de réutilisation n'est pas très pertinent pour une analyse multi-contaminants. Il est plus judicieux de comparer les consommations d'eau actuelle du procédé (157 t/h) avec celles obtenues par le nouveau réseau d'eau (120 t/h). Une économie de 37 t/h d'eau pour ce procédé (soit 23.5 % de la consommation actuelle du procédé).

Étape 3 : conception du réseau d'eau

Les 3 réutilisations sont décrites dans un tableau présentant les caractéristiques des réutilisations :

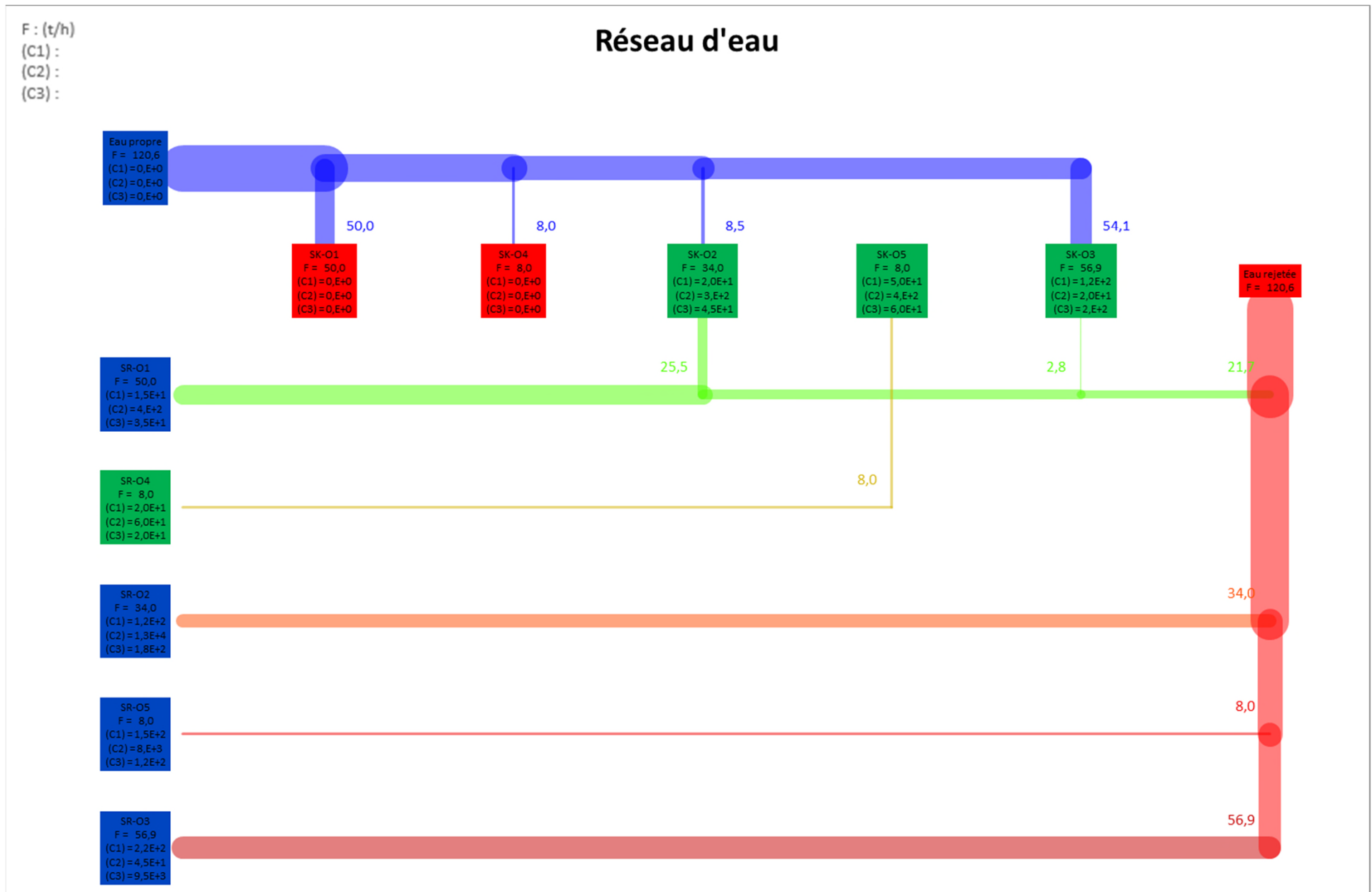
RÉSULTATS DE LA SYNTHÈSE AUTOMATIQUE DU RÉSEAU D'EAU

Numéro de la réutilisation	DONNÉES D'ENTRÉE				
	Courant puits				
	Nom	Mesure contaminant (C1)	Mesure contaminant (C2)	Mesure contaminant (C3)	F objectif (t/h)
1	SK-O2	2,00E+01	3,00E+02	4,50E+01	34,0
2	SK-O5	5,00E+01	4,00E+02	6,00E+01	8,0
3	SK-O3	1,20E+02	2,00E+01	2,00E+02	56,9

CARACTÉRISTIQUES DES RÉUTILISATIONS				INFORMATIONS SUR LA RÉUTILISATION D'EAU					
Courant source 1	Courant source 2	Débit massique total (t/h)	Eau propre (t/h)	% du débit d'eau réutilisée / MWR	Degré de couplage	Efficacité	Taux de division		Débit mass.* efficacité
Débit massique (t/h)	Débit massique (t/h)						Source 1	Source 2	
25,5	0,0	34,0	8,5	28,9	1	1,00	0,5	0,0	25,5
8,0	0,0	8,0	0,0	14,7	1	1,00	1,0	0,0	8,0
2,8	0,0	56,9	54,1	6,1	1	0,06	0,1	0,0	0,2

Étape 3 : conception du réseau d'eau

Le réseau d'eau peut être visualisé dans la feuille « Réseau d'eau » :



Étape 3 : conception du réseau d'eau

Les **options graphiques** de Simulis Pinch Water permettent de tracer les diagrammes de chaque réutilisation :

Analyse du réseau d'eau

Caractérisation d'une réutilisation

Débit massique minimal de réutilisation (kg/s)

Pourcentage minimum réutilisé / MWR (%)

Degré de couplage maximum

☒ Autoriser la division de courant ☐ Ordre de sélection des puits

☒ Respecter la charge ☐ Ordre de sélection des sources

☒ Synthèse du réseau d'eau

Méthode de sélection : ☒ Automatique ☐ Semi-Automatique ☐ Manuelle

Critères pour la sélection automatique des réutilisations

Premier critère

Deuxième critère

Troisième critère

Critères d'arrêt de la procédure

☒ Seuil minimum de débit réutilisé / MWR initial (%)

☒ Nombre maximum de réutilisations

Options graphiques ...

Contraintes optionnelles ... Aide Paramètres par défaut < Retour Calculer Annuler

Synthèse du réseau d'eau : Options graphiques

☒ Affichage du réseau d'eau dans Microsoft Excel®

Couleur des flux

Type d'affichage des flux

☒ Autres résultats graphiques

☒ Tracer les réutilisations

☐ Tracer les connexions entre les courants

☒ Afficher les noms des courants

☒ Afficher les numéros des réutilisations

☐ Ajouter une image en fond

Aucune image sélectionnée

Sélection des dimensions

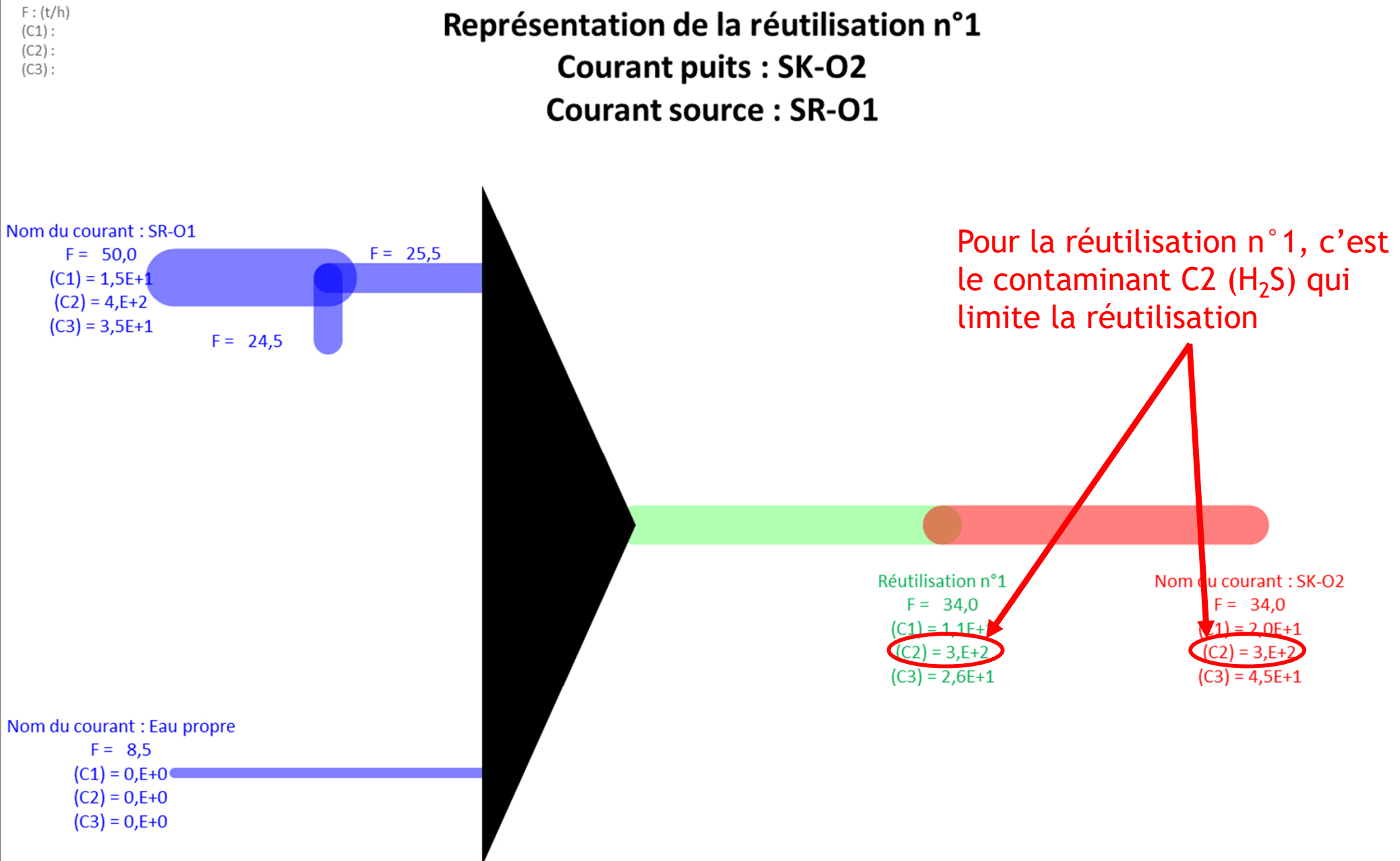
Aide Valider Annuler

Étape 3 : conception du réseau d'eau

Représentation de la réutilisation n°1

Courant puits : SK-O2

Courant source : SR-O1





ProSim SA

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

☎: +33 (0) 5 62 88 24 30



ProSim

Software & Services In Process Simulation

www.prosim.net
info@prosim.net



ProSim, Inc.

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

☎: +1 215 600 3759