

EXEMPLE D'APPLICATION DE PROSIMPLUS

ANALYSE ENERGETIQUE D'UN PROCÉDE D'ESTERIFICATION D'UNE HUILE VEGETALE

INTERET DE L'EXEMPLE

Cet exemple présente la simulation d'une unité de production d'ester et de glycérine (glycérol) par estérification d'huile végétale. Le module « Analyse pincement » est utilisé pour établir une analyse de la consommation énergétique du procédé.

DIFFUSION	<input checked="" type="checkbox"/> Libre-Internet	<input type="checkbox"/> Réservé aux clients ProSim	<input type="checkbox"/> Restreinte	<input type="checkbox"/> Confidentiel
------------------	---	--	--	--

FICHIER PROSIMPLUS CORRESPONDANT	<i>PSPS_EX_FR-Procéde-Esterification.pmp3</i>
---	---

Il est rappelé au lecteur que ce cas d'utilisation est un exemple et ne doit pas être utilisé à d'autres fins. Bien que cet exemple soit basé sur un cas réel il ne doit pas être considéré comme un modèle de ce type de procédé et les données utilisées ne sont pas toujours les plus exactes disponibles. ProSim ne pourra en aucun cas être tenu pour responsable de l'application qui pourra être faite des calculs basés sur cet exemple.

Energy

Fives ProSim

Siège social : Immeuble Stratège A - 51 rue Ampère - 31670 Labège - FRANCE

Tél. : +33 (0)5 62 88 24 30

S.A.S. au capital de 147 800 € - 350 476 487 R.C.S. Toulouse - Siret 350 476 487 00037 - APE 5829C - N° TVA FR 10 350 476 487

www.fivesgroup.com / www.fives-prosim.com

TABLE DES MATIERES

1. SIMULATION DU PROCEDE	3
1.1. Présentation du procédé	3
1.2. Diagramme du procédé	4
1.3. Notation des équipements	4
1.4. Constituants	6
1.5. Modèle thermodynamique	7
1.6. Réactions	8
1.7. Opérations unitaires du bloc « Esterification process »	9
1.8. Opérations unitaires du bloc « Demethanolization process »	13
1.9. Opérations unitaires du bloc « Glycerol purification process »	15
2. ANALYSE ENERGETIQUE DES CONSOMMATIONS DU PROCEDE	17
2.1. Paramétrage du module « Analyse Pincement »	17
2.2. Analyse des résultats de la méthode « Pincement »	19
3. BIBLIOGRAPHIE	23
4. ANNEXE : PROPRIETES MODIFIEES DU CONSTITUANT TRIOLEIN	24

1. SIMULATION DU PROCEDE

1.1. Présentation du procédé

Cet exemple présente la simulation d'une unité de production d'ester et de glycérine (glycérol) par estérification d'huile végétale. L'exemple décrit dans ce document permet de produire 10 t/h d'ester et 1 t/h de glycérol à partir de 10 t/h d'huile végétale.

Le procédé est divisé en 3 ateliers :

- « Esterification process » (section n°1) : c'est dans cet atelier que l'huile et le méthanol réagissent pour former l'ester et le glycérol. La réaction n'est pas complète en utilisant un seul réacteur, c'est pourquoi il existe deux trains de réaction. Ces réactions sont des réactions catalytiques se déroulant à haute pression et haute température. Le premier réacteur permet de convertir 70% de l'huile. Le deuxième réacteur dit « finisseur » atteint ensuite la conversion totale de l'huile en glycérol et en ester.
- « Demethanolization process » (section n°2) : cette partie du procédé permet de récupérer l'essentiel du méthanol introduit en excès pour la partie réactionnelle. Pour le cas traité, la récupération (séparation) du méthanol est réalisée par une série de flashes.
- « Glycerol purification process » (section n°3) : cette partie du procédé permet de purifier la glycérine. Cette purification passe par l'utilisation d'une colonne à distiller.

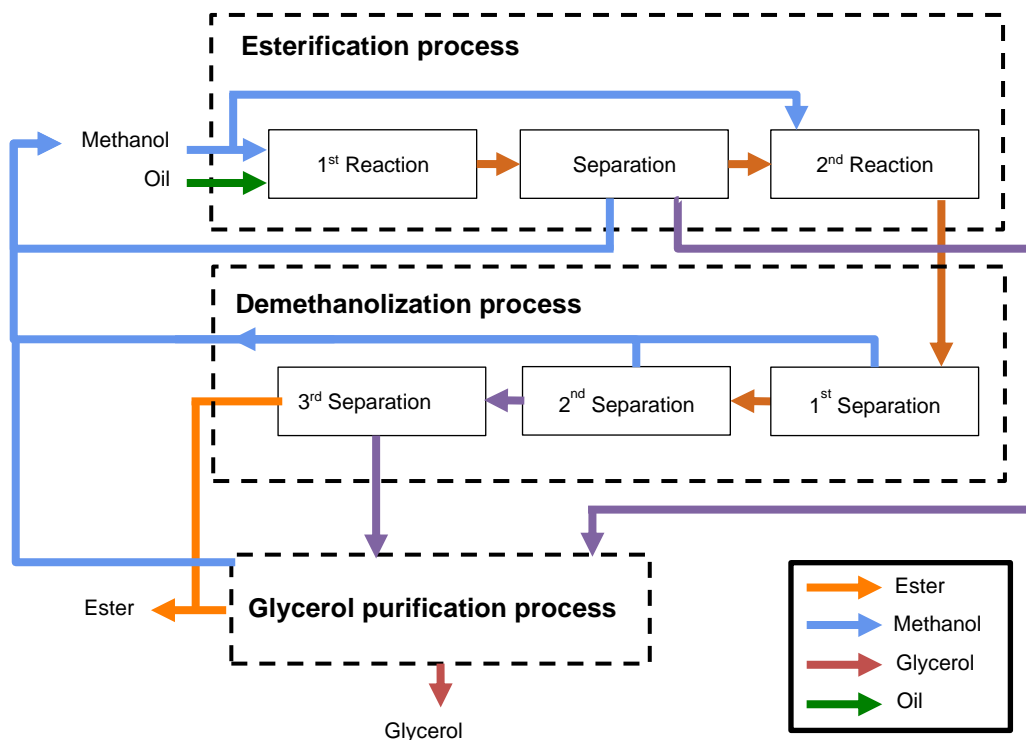


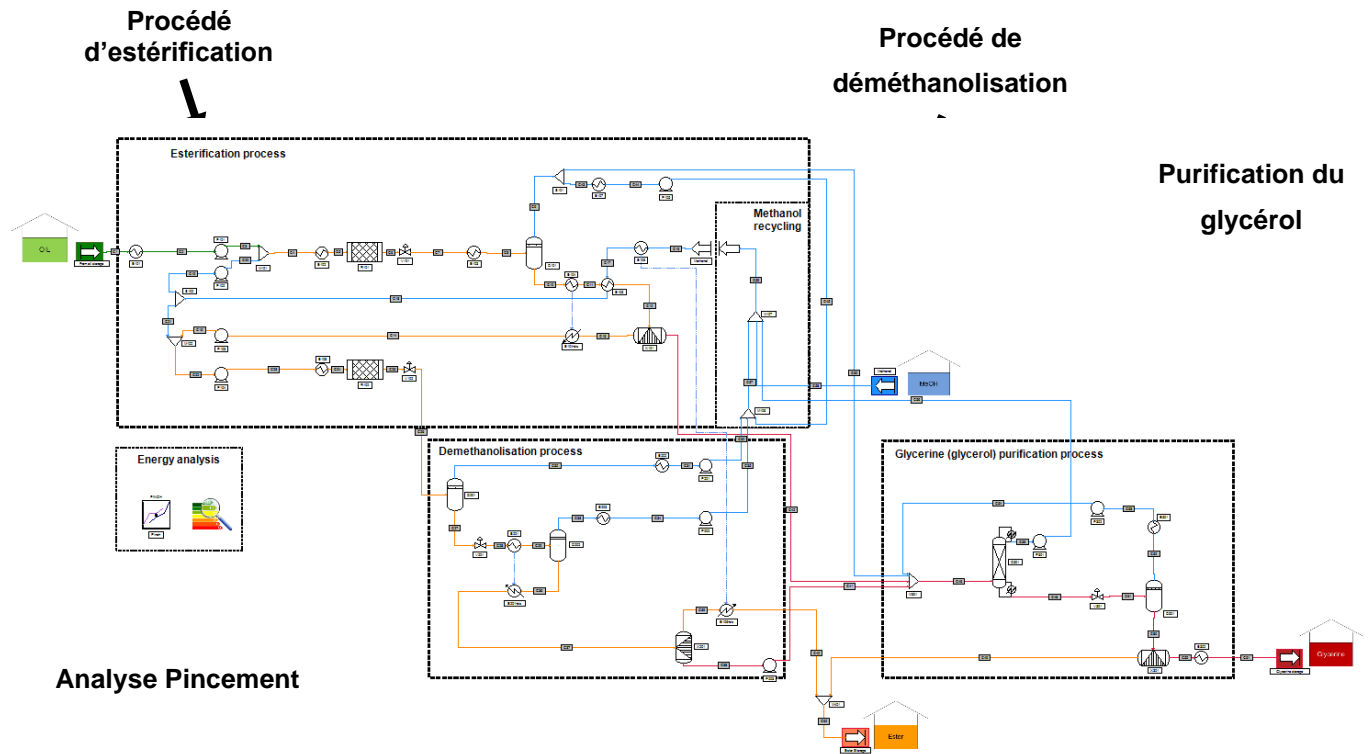
Schéma bloc d'un procédé d'estérification d'huile végétale

Les données d'entrée et les résultats de cet exemple sont basés sur plusieurs références [EJI10], [FUK01], [REF10] et [SIL10].

Cet exemple présente également l'utilisation du module « Pincement » afin de réaliser le diagnostic énergétique du procédé (analyse pinch).

1.2. Diagramme du procédé

Le diagramme du procédé est divisé en plusieurs blocs en adéquation avec le schéma bloc présenté plus haut.



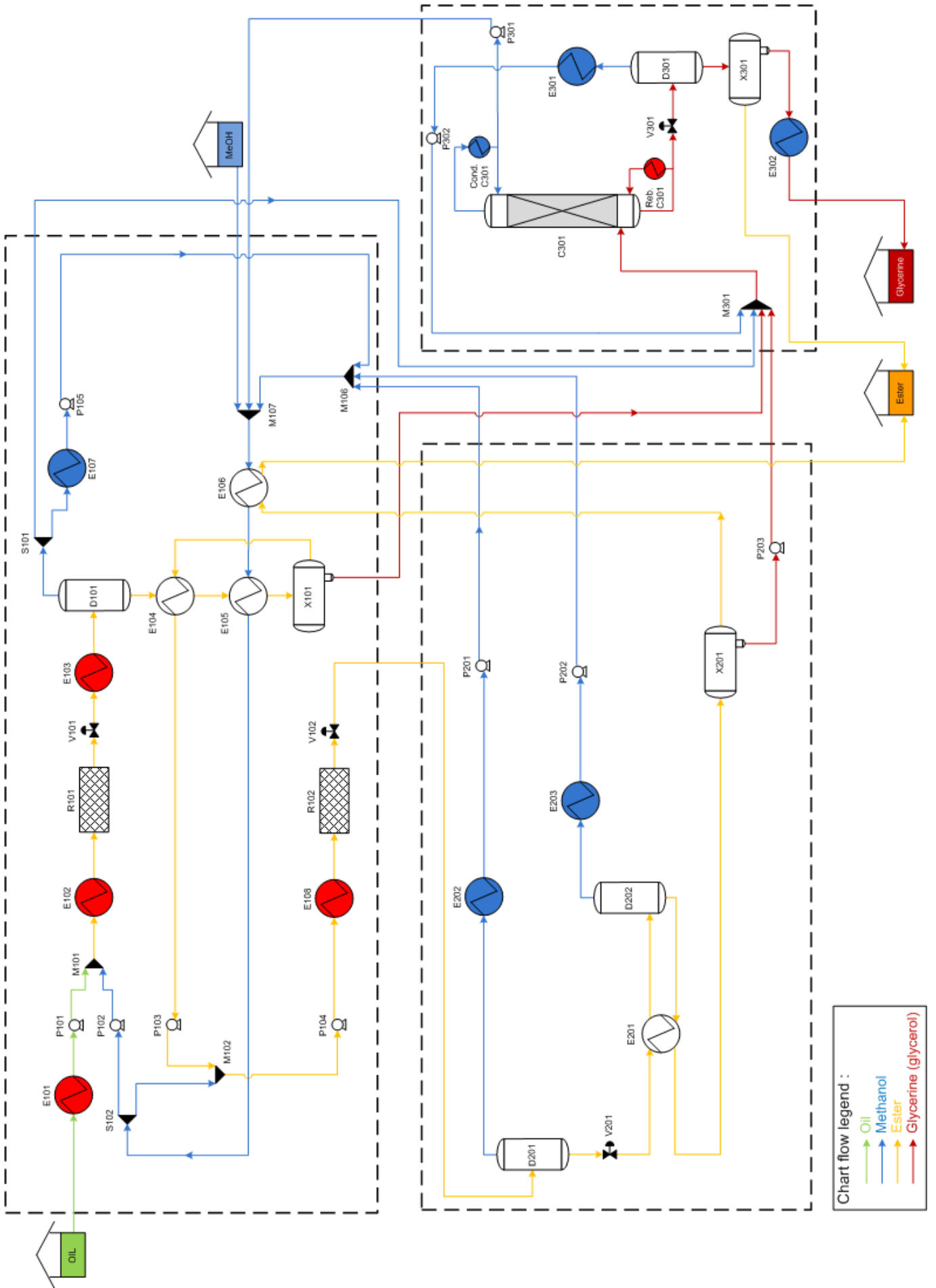
1.3. Notation des équipements

Tous les équipements (opérations unitaires) du procédé respectent la même nomenclature.

Exemple : la pompe P203 : **P** pour pompe, **2** pour la section dans laquelle la pompe est installée et **03** car c'est la troisième pompe présente dans cette section.

Les identifiants des équipements sont les suivants :

- B : Chaudière
- C : Colonne à distiller
- D : Séparateur diphasique L/V (drum)
- E : Echangeur de chaleur
- H : Pompe à chaleur
- M : Mélangeur
- P : Pompe
- R : Réacteur
- S : Diviseur de courants
- X : Séparateur de constituants



1.4. Constituants

Les constituants utilisés dans cet exemple sont listés dans le tableau suivant :

Nom	Formule chimique	Numéro CAS
METHANOL	CH_4O	67-56-1
GLYCEROL	$C_3H_8O_3$	56-81-5
ESTER (METHYL OLEATE)	$C_{19}H_{36}O_2$	112-62-9
OIL (TRIOLEIN)	$C_{57}H_{104}O_6$	122-32-7

Remarques :

Le constituant Triolein a été modifié par rapport aux constituants de la base « Standard » afin d'adapter le calculator au cas d'étude. Les propriétés modifiées / ajoutées sont les suivantes :

- Chaleurs spécifiques (C_p) liquide et gaz parfait
- Enthalpie de vaporisation (ΔH_{vap})

Ces valeurs sont utilisées notamment pour le calcul des flashes du procédé. Elles sont également nécessaires pour le calcul de propriétés thermodynamiques (enthalpie, entropie...).

Les valeurs des propriétés modifiées sont présentées en annexe de ce document.

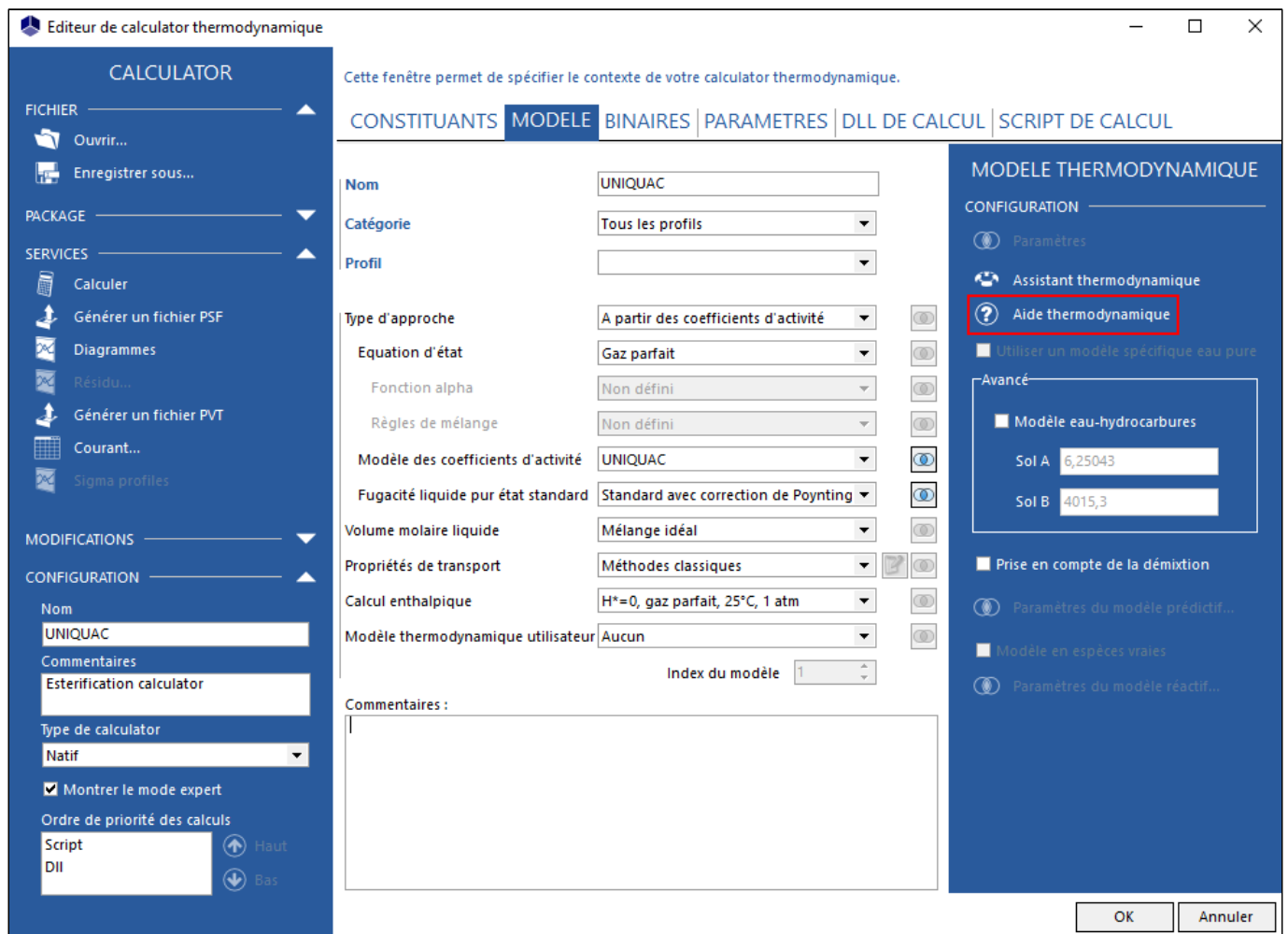
1.5. Modèle thermodynamique

Le modèle thermodynamique utilisé pour la simulation est le profil thermodynamique standard **UNIQUAC**.

Les paramètres d'interaction binaire sont les suivants :

Nom	Aij0	Aji0
METHANOL - GLYCEROL	80.446	65.4210
METHANOL - ESTER	-27.381	594.131
GLYCEROL - ESTER	-282.2	334.778

Pour plus d'informations sur les différents modèles thermodynamiques, il est possible d'accéder au guide utilisateur des modèles thermodynamiques, accessible depuis l'onglet « MODÈLE » dans la fenêtre de l'éditeur de calculator thermodynamique.

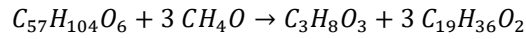
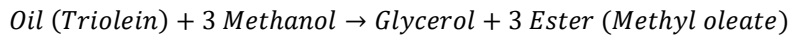


Fenêtre de définition du profil thermodynamique dans l'onglet « MODÈLE »

1.6. Réactions

Pour simplifier la simulation du procédé, les réactions d'estérification et de transestérification sont modélisées par une seule réaction.

Réaction « Oil esterification » :



Définition des réactions

1.7. Opérations unitaires du bloc « Esterification process »

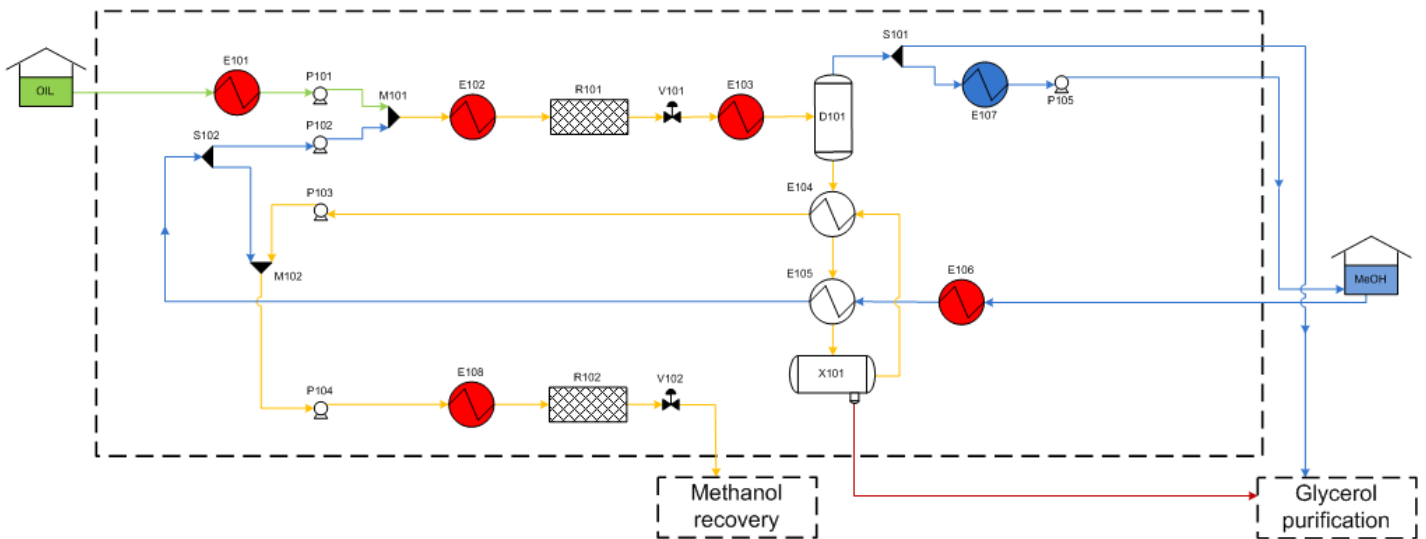
Les conditions opératoires des alimentations sont présentées ci-dessous :

- ✓ Alimentation en huile végétale

		From oil storage
Pourcentage massique	Oil (triolein)	100
Débit massique total (t/h)		10
Température (°C)		25
Pression (bar)		1

- ✓ Alimentation en méthanol

		Methanol
Pourcentage massique	Methanol	100
Débit massique total (t/h)		1.1
Température (°C)		20
Pression (bar)		3



Modélisation du bloc « Esterification process »

✓ Consignateurs de température

Nom	Température de sortie (°C)	Perte de charge (bar)
E101	135	0
E102	200	0
E103	100	0
E104	80	0
E106	54	0
E107	Sous refroidissement de 1°C par rapport à la température de bulle	0
E108	200	0

✓ Pompes

Conditions opératoires	P101
Pression de sortie (bar)	50
Rendement volumétrique	0.75
Rendement mécanique	0.95
Rendement électrique	1

Conditions opératoires	P102
Pression de sortie (bar)	50
Rendement volumétrique	0.75
Rendement mécanique	0.95
Rendement électrique	1

Conditions opératoires	P103
Pression de sortie (bar)	3
Rendement volumétrique	0.75
Rendement mécanique	0.95
Rendement électrique	1

Conditions opératoires	P104
Pression de sortie (bar)	55
Rendement volumétrique	0.75
Rendement mécanique	0.95
Rendement électrique	1

Conditions opératoires	P105
Pression de sortie (bar)	2
Rendement volumétrique	0.75
Rendement mécanique	0.95
Rendement électrique	1

✓ Echangeur généralisé

Conditions opératoires	E105
Type de contrainte : "Courant Chaud"	Température de sortie du courant chaud
Température de sortie (°C)	65

✓ Séparateur diphasique

Paramètres opératoires	D101
Type de séparateur	Séparateur Liquide-Vapeur
Pression (bar)	Pression d'entrée
Perte de charge (bar)	0
Quantité de chaleur échangée (W)	Adiabatique

✓ Séparateur de constituants

Paramètres opératoires	X101
Taux de récupération vers le produit de tête	Produit de tête vers le réacteur R102
Methanol	0.7
Glycerol	0.1
Ester	1
Oil	1

✓ Réacteurs simples

Paramètres opératoires	R101
Jeu de réactions	Jeu global
Type de spécification	Réacteur à température constante
Constituant clé	Oil
Taux de conversion de la réaction	0.7
Perte de charge (bar)	5

Paramètres opératoires	R102
Jeu de réactions	Jeu global
Type de spécification	Réacteur à température constante
Constituant clé	Oil
Taux de conversion de la réaction	1
Perte de charge (bar)	5

✓ Diviseurs de courant

Paramètres opératoires	S101
Type de spécification	Taux de division du courant vers la purification du glycérol (E107)
Taux de division	65.5%

Paramètres opératoires	S102
Type de spécification	Taux de division du courant vers le réacteur R101
Taux de division	56.09%

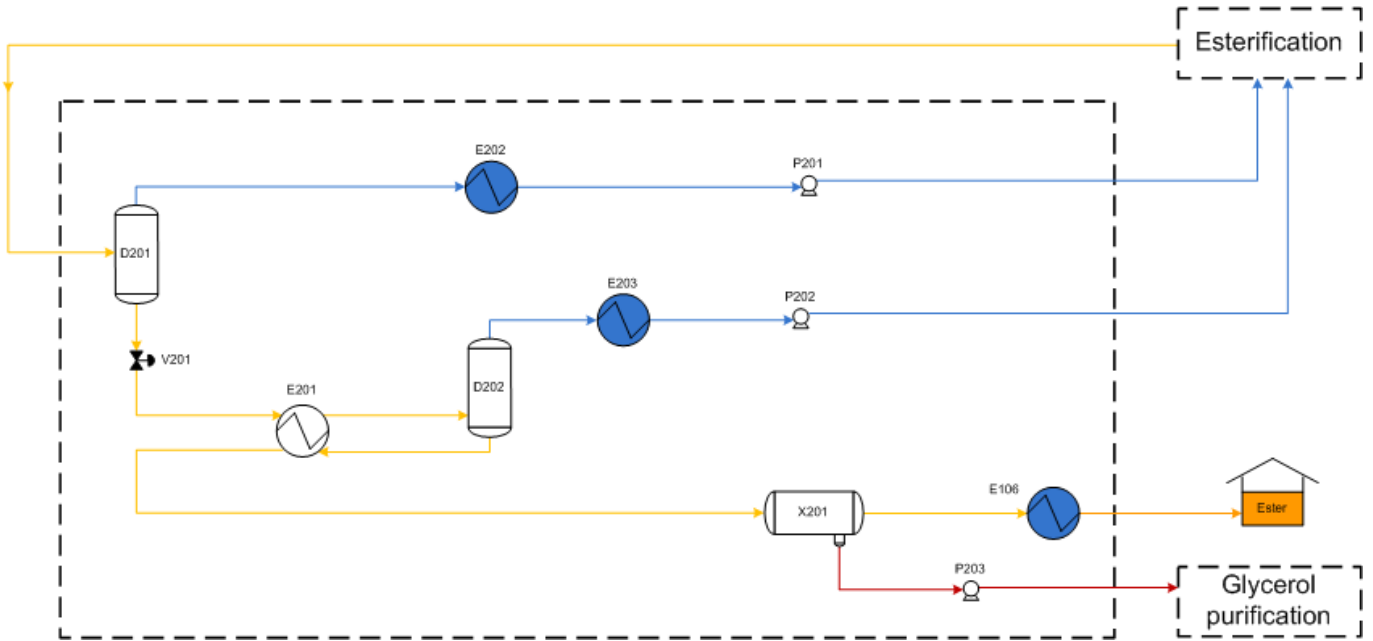
✓ Vannes de détente

Conditions opératoires	V101
Type de contrainte	Spécification de la pression
Pression fournie (barr)	1

Conditions opératoires	V102
Type de contrainte	Spécification de la pression
Pression fournie (bar)	1.5

1.8. Opérations unitaires du bloc « Demethanolization process »

Les conditions opératoires pour le bloc « Demethanolization process » sont présentées dans cette partie.



Modélisation du bloc « Demethanolization process »

✓ Consignateurs de température

Nom	Température de sortie (°C)	Perte de charge (bar)
E201	70	0
E202	25	0
E203	25	0

✓ Pompes

Conditions opératoires	P201 / P202 / P203
Pression de sortie (barr)	2
Rendement volumétrique	0.75
Rendement mécanique	0.95
Rendement électrique	1

- ✓ Vanne de détente

Conditions opératoires	V201
Type de contrainte	Spécification de la pression
Pression fournie (bar)	0.3

- ✓ Echangeurs simples

Nom	Quantité de chaleur (W)	Perte de charge (bar)
E201-bis	Relié par courant d'information au consignateur de température E201	0
E106-bis	Relié par courant d'information au consignateur de température E106	0

- ✓ Séparateurs diphasiques

Paramètres opératoires	D201
Type de séparateur	Séparateur Liquide-Vapeur
Pression (bar)	Pression d'entrée
Perte de charge (bar)	0
Quantité de chaleur échangée (W)	Adiabatique

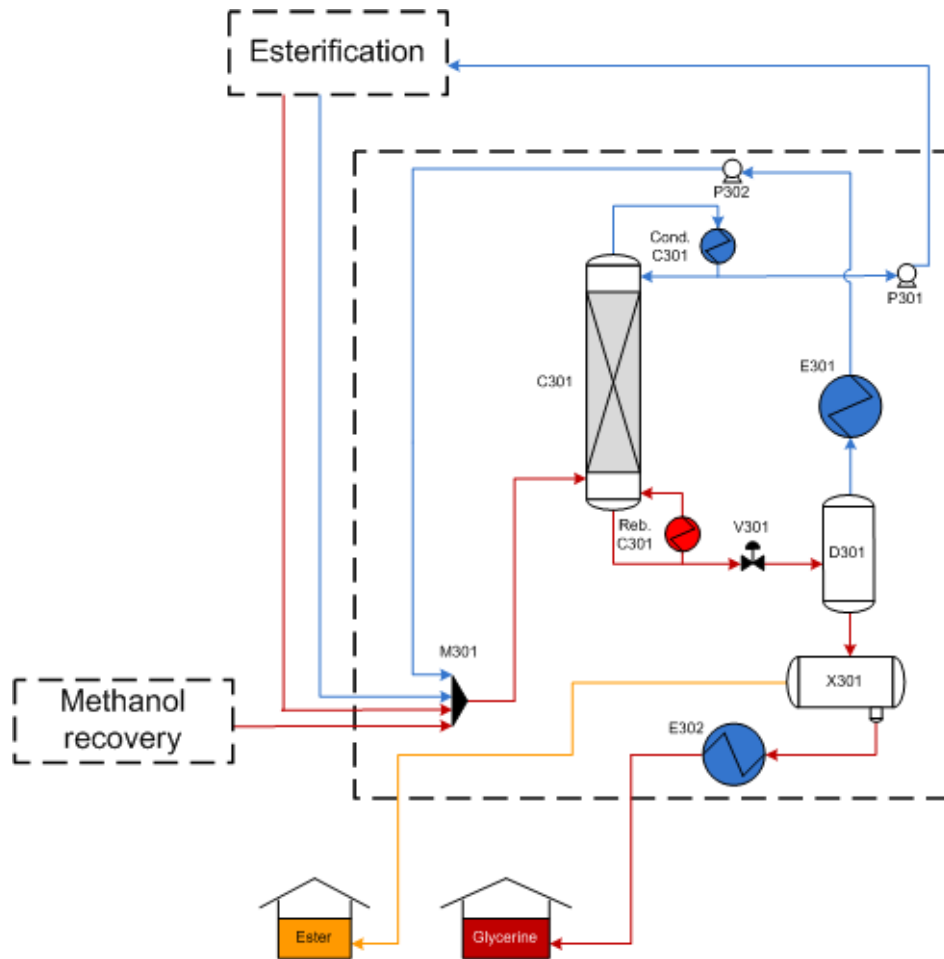
Paramètres opératoires	D202
Type de séparateur	Séparateur Liquide-Vapeur
Pression (bar)	Pression d'entrée
Perte de charge (bar)	0
Température fournie (°C)	150

- ✓ Séparateur de constituants

Paramètres opératoires	X201
Taux de récupération vers le produit de tête	Produit de tête vers la pompe P203
Methanol	0
Glycerol	1
Ester	0.005
Oil (triolein)	0

1.9. Opérations unitaires du bloc « Glycerol purification process »

Les conditions opératoires pour le bloc « Glycerol purification process » sont présentées dans cette partie.



Modélisation du bloc « Glycerol purification process »

✓ Consignateurs de température

Nom	Température de sortie (°C)	Perte de charge (bar)
E301	Sous refroidissement de 5°C par rapport à la température de bulle	0
E302	70	0

✓ Pompes

Conditions opératoires	P301 / P302
Pression de sortie (barr)	2
Rendement volumétrique	0.75
Rendement mécanique	0.95
Rendement électrique	1

✓ Séparateurs diphasiques

Paramètres opératoires	D301
Type de séparateur	Séparateur Liquide-Vapeur
Pression (bar)	Pression d'entrée
Perte de charge (bar)	0
Température fournie (°C)	140

✓ Séparateur de constituants

Paramètres opératoires	X301
Taux de récupération vers le produit de tête	Produit de tête vers le stockage d'ester
Methanol	0
Glycerol	0
Ester	1
Oil (triolein)	0

✓ Vanne de détente

Conditions opératoires	V301
Type de contrainte	Spécification de la pression
Pression fournie (bar)	0.1

✓ Colonne à distiller

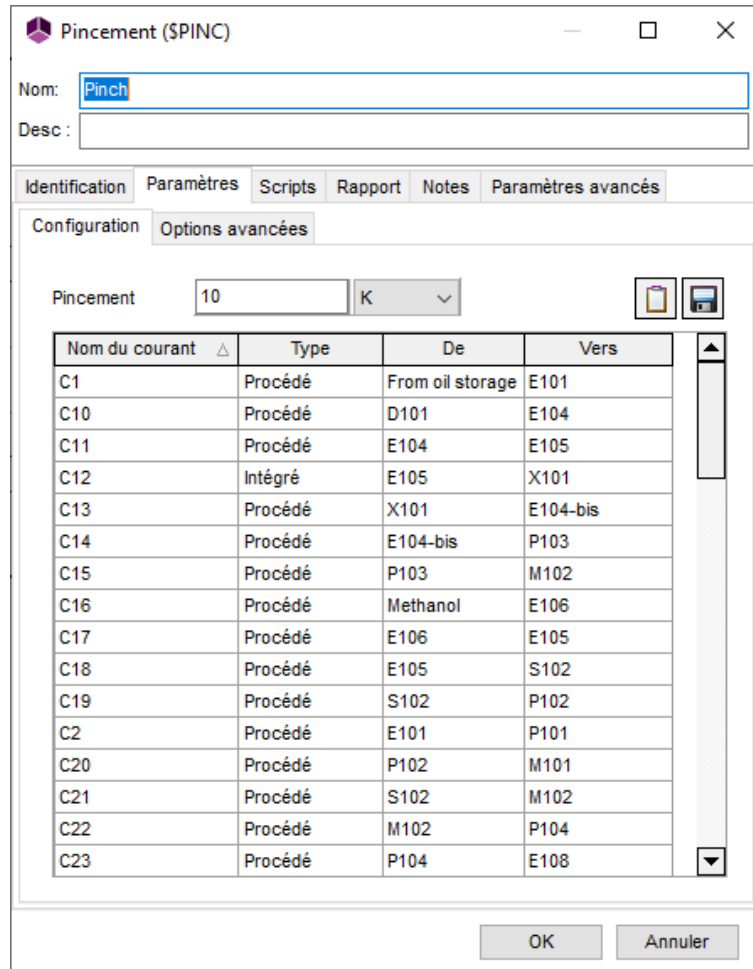
Conditions opératoires	C301
Nombre d'étages théoriques	10
Position de l'alimentation	9
Spécifications pour les conditions opératoires	Quantité de chaleur au rebouilleur et débit de reflux
Quantité de chaleur au rebouilleur (Mcal/h)	650
Débit de reflux (t/h)	2

2. ANALYSE ENERGETIQUE DES CONSOMMATIONS DU PROCEDE

Une analyse énergétique du procédé est ensuite réalisée afin d'établir un bilan sur les consommations d'énergie et les voies d'amélioration du procédé.

2.1. Paramétrage du module « Analyse Pincement »

Le module « Analyse Pincement » permet d'appliquer la méthode « Pincement » (aussi nommée « Analyse Pinch ») sur le procédé simulé.



Interface principale de paramétrage du module « Pincement »

L'utilisateur dispose dans l'interface de la liste complète des courants du flowsheet et il peut en spécifier le type parmi les choix suivants :

- Procédé (choix par défaut) ;
- Utilité chaude ;
- Utilité froide ;
- Intégré ;
- Ramené à l'ambient (disponible uniquement pour les sorties procédés) ;
- Ignoré (disponible uniquement pour les sorties procédés).

Seuls les courants typés **Procédé** ou **Ramené à l'ambient** sont intégrés au diagnostic énergétique.

Pour l'analyse énergétique du procédé, certains courants sont à définir :

- Les courants sortants du procédé (courant vers le bac de stockage d'ester, courant vers le bac de stockage de glycérol) sont ramenés à la température ambiante ;
- Le courant de sortie pour le recyclage de méthanol est configuré comme « Ignoré » (non pris en compte pour l'analyse) ;
- Les courants entrants dans les 2 réacteurs (R101 et R102) et dans les séparateurs de constituants (X101, X102 et X103) sont définis comme « Intégré » (non pris en compte pour l'analyse).

Dans le fichier de simulation associé à ce document, ces courants sont les suivants :

Nom du courant	Type	De	Vers
C59	Ignoré	M107	Methanol Process
C62	Ramené à l'ambient	M401	Ester Storage
C51	Ramené à l'ambient	E302	Glycerine storage
C12	Intégré	E105	X101
C80	Intégré	D301	X301
C37	Intégré	E201-bis	X201
C24	Intégré	E108	R102
C5	Intégré	E102	R101

Tableau de configuration des courants définis dans le module « Analyse Pincement »

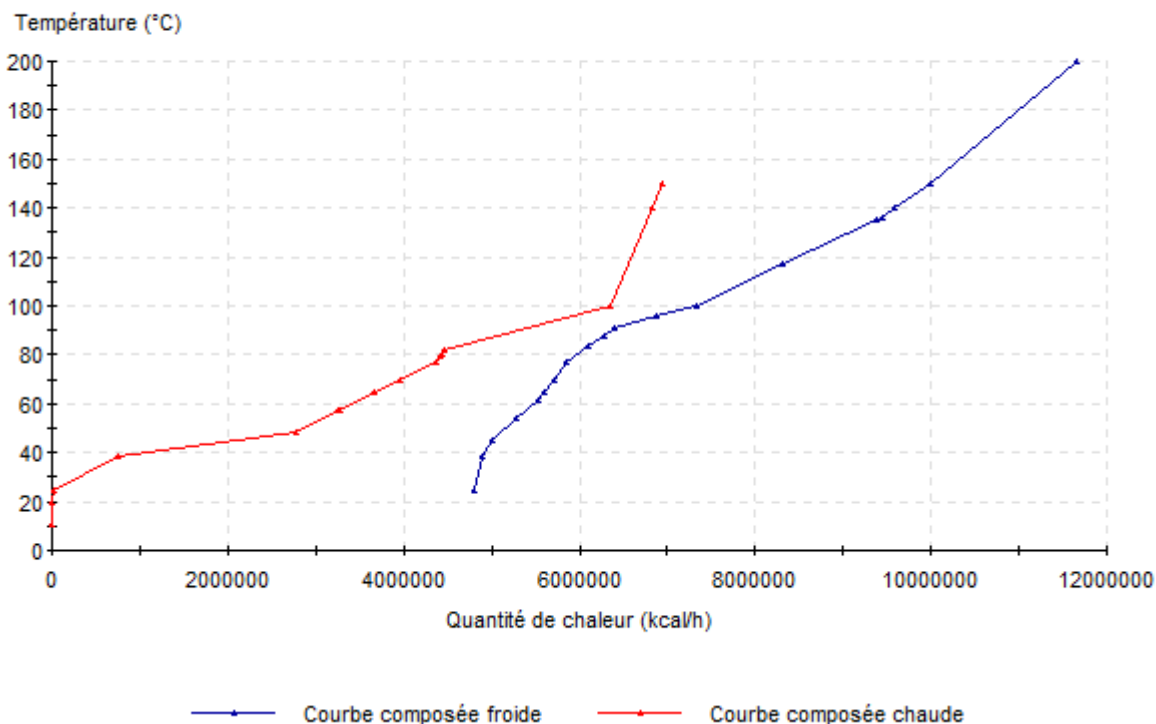
Les autres courants du flowsheet sont définis par défaut comme des courants « Procédé ».

2.2. Analyse des résultats de la méthode « Pincement »

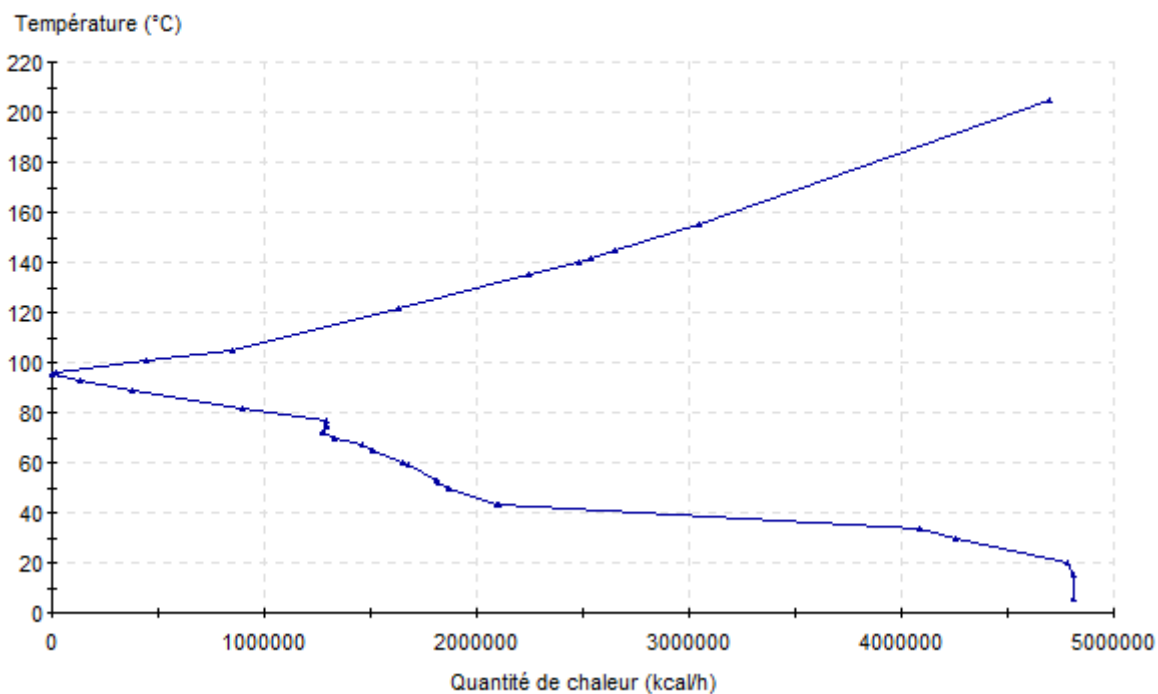
Les principaux résultats sont résumés dans le tableau suivant :

Courant	Etat physique	F*Cp (kcal/hr/k)	T In (°C)	T Out (°C)	Q (kcal/hr)
C1	L	5598.5	25.0	135.0	615829.7
C16	L	12863.6	45.0	54.0	115772.8
C4	L	17535.5	96.0	200.0	1824282.7
C7	LV	53389.9	90.8	100.0	491272.7
C17	L	13172.4	54.0	61.8	102886.1
C13	L	6140.5	65.0	88.0	141286.3
C23	L	15527.9	76.6	200.0	1915438.4
C28	LV	12990.1	38.6	70.0	408208.4
C29	LV	6902.6	70.0	150.0	552205.7
Rebo.C301	L	12420.4	83.9	136.2	650000.0
C61	LV	865.0	116.9	140.0	19961.2
C10	L	7064.3	100.0	80.0	141286.3
C11	L	6859.1	80.0	65.0	102886.1
C43	V	86842.1	100.0	82.1	1556510.7
C26	LV	225.0	76.7	76.7	2.3
C30	V	42039.9	76.7	25.0	2173071.9
C33	V	5143.6	150.0	25.0	642947.8
C36	L	5811.4	150.0	79.8	408208.4
C39	L	5149.4	79.8	57.3	115772.8
Cond.C301	V	152710.2	48.4	38.5	1515115.0
C52	V	189.7	140.0	11.0	24471.3
C62	L	4952.8	57.7	20.0	186791.5
C51	L	623.5	70.0	20.0	31175.7
C50	L	701.4	140.0	70.0	49098.9

Courbes composées chaude et froide



Courbe grande composée



Profils des courbes composées chaude et froide et de la grande courbe composée de l'onglet « Profils » du module « Analyse Pincement »

Les résultats du module sont les suivants :

Utilité froide (kcal/h)	4 810 723
Maximum d'énergie récupérable (kcal/h)	2 136 616
Utilité chaude (kcal/h)	4 700 528

Il est possible de récupérer 2.1 Gcal/h d'énergie en utilisant des échangeurs d'intégration pour faire échanger les courants « Procédé » chauds et froids entre eux. Cette valeur théorique est appelée le Maximum d'Énergie Récupérable (MER).

Le procédé présenté dans ce cas d'étude propose 4 échangeurs d'intégration : E104, E105, E106 et E201.

Il est possible d'afficher les pourcentages de récupération énergétique de ces échangeurs par rapport au MER. Pour ce faire, l'utilisateur doit cocher la case « Impression des potentiels d'intégration » :

Interface de paramétrage des options avancées du module « Pincement »

En relançant la simulation, les résultats des potentiels d'intégration sont les suivants :

	QUANTITE D'UTILITE (KCAL/HR)			TAUX DE SATISFACTION (%)
	MINIMALE	REELLE	MAXIMALE	
UTILITE FROIDE	4.810723E+06	6.179185E+06	6.947339E+06	11.057
UTILITE CHAUDE	4.700528E+06	6.068990E+06	6.837144E+06	11.235

Quantité maximale de chaleur récupérable = 2.136616E+06 (KCAL/HR)
 Température de pincement = 95.0000 (C)
 Taux d'intégration réel = 35.952 (%)

La puissance totale récupérée par les échangeurs d'intégration est de 0.76 Gcal/h. Ainsi, les 4 échangeurs d'intégration permettent de récupérer \approx 36% du MER.

Il est possible de récupérer de l'énergie au sein du procédé en ajoutant des échangeurs d'intégration.

Pour proposer un réseau d'échangeurs efficace, ProSim a mis au point un outil dédié à la conception de réseau d'échangeurs : Simulis Pinch.

Simulis Pinch permet de trouver rapidement une bonne configuration du procédé permettant le meilleur compromis entre investissement et coût de fonctionnement pour atteindre un objectif de réduction de la consommation énergétique. Ce réseau d'échangeurs proposé permet également de respecter les contraintes présentes sur le site (distances entre les flux, incompatibilité entres certains courants...).

3. BIBLIOGRAPHIE

- [EJ110] P.M. Ejikeme, "Catalysis in Biodiesel Production by Transesterification Processes-An Insight", E-Journal of Chemistry, 2010, 7(4), 1120-1132.
- [FUK01] H. Fukuda, "Biodiesel Fuel Production by Transesterification of Oils", Journal of Bioscience and Bioengineering, Vol. 92, No. 5, 405-416, 2001.
- [REF10] A. A. Refaat, "Different techniques for the production of biodiesel from waste vegetable oil", Int. J. Environ. Sci. Tech., 7(1), 183-213, Winter 2010.
- [SIL10] C. C. Silva, "Biodiesel production from soybean oil and methanol using hydrotalcites as catalyst", Fuel Processing Technology, 91, 205–210, 2010.

4. ANNEXE : PROPRIETES MODIFIEES DU CONSTITUANT TRIOLEIN

Editeur de constituant

CONSTITUANT

FICHER

- Ouvrir...
- Enregistrer sous...

OUTILS

- Sélectionner un constituant...
- Copier
- Coller
- Export PDF (Impression)
- Exporter vers Excel
- Importer
- Exporter
- Pseudo-constituant...
- Prédiction de propriétés...

AFFICHAGE

- Créer une vue
- Supprimer cette vue
- Modifier cette vue

MODIFICATIONS

- Défaire
- Refaire

Nom : OIL (TRIOLEIN)
 ID : {4902F75C-3C7D-4C3E-9FD7-E2845769EC46}
 ID original : 3878
 Emplacement original : Simulis® Compounds Files\Common files\Standard 2015

Aide sur les propriétés...

Complète

Propriétés

- Phase condensée
- Thermo-chimique
- Interaction, réaction phase gaz
- Propriétés utilisateur
- PPC-SAFT
- NRTL-SAC
- Propriétés dépendantes de la te...
- Chaleur spécifique solide
- Chaleur spécifique liquide
- Chaleur spécifique gaz parfait
- Pression de vapeur saturante
- Enthalpie de vaporisation
- Corrélation

Equation n° 106	
TMin	293,05 K
TMax	764 K
Coef A	380640000
Coef B	0
Coef C	0
Coef D	0
Coef E	0
- Conductivité thermique solide
- Conductivité thermique liquide
- Conductivité thermique gaz
- Viscosité liquide
- Viscosité gaz

Valeur

Molaire °C J/mol

Graphique Grille Formulation

Enthalpie de vaporisation (J/mol)

Echelle logarithmique Echelle 1/T

Outils

Température Min 293,05 K Température Max 764 K Points 20 Rafraîchir

Température 293,05 K Propriété 380640 J/mol

Copier Imprimer Régression

OK Annuler

Editeur de constituant

CONSTITUANT

FICHER

- Ouvrir...
- Enregistrer sous...

OUTILS

- Sélectionner un constituant...
- Copier
- Coller
- Export PDF (Impression)
- Exporter vers Excel
- Importer
- Exporter
- Pseudo-constituant...
- Prédiction de propriétés...

AFFICHAGE

- Créer une vue
- Supprimer cette vue
- Modifier cette vue

MODIFICATIONS

- Défaire
- Refaire

Nom : OIL (TRIOLEIN)
 ID : {4902F75C-3C7D-4C3E-9FD7-E2845769EC46}
 ID original : 3878
 Emplacement original : Simulis® Compounds Files\Common files\Standard 2015

Aide sur les propriétés...

Complète

Propriétés

- Phase condensée
- Thermo-chimique
- Interaction, réaction phase gaz
- Propriétés utilisateur
- PPC-SAFT
- NRTL-SAC
- Propriétés dépendantes de la te...
- Chaleur spécifique solide
- Chaleur spécifique liquide
- Corrélation

Equation n° 100	
TMin	293,05 K
TMax	617 K
Coef A	1050000
Coef B	2899,7
Coef C	0
Coef D	0
Coef E	0
- Chaleur spécifique gaz parfait
- Pression de vapeur saturante
- Enthalpie de vaporisation
- Conductivité thermique solide
- Conductivité thermique liquide
- Conductivité thermique gaz
- Viscosité liquide
- Viscosité gaz

Valeur

Molaire °C J/kmol/K

Graphique Grille Formulation

Chaleur spécifique liquide (J/kmol/K)

Echelle logarithmique Echelle 1/T

Outils

Température Min 293,05 K Température Max 617 K Points 20 Rafraîchir

Température 293,05 K Propriété 1,89976E+006 J/K

Copier Imprimer Régression

OK Annuler

The screenshot displays the 'Editeur de constituant' (Constituent Editor) software interface. The main window title is 'Editeur de constituant'. On the left, there is a navigation pane with sections: 'FICHIER' (Ouvrir..., Enregistrer sous...), 'OUTILS' (Sélectionner un constituant..., Copier, Coller, Export PDF (Impression), Exporter vers Excel, Importer, Exporter, Pseudo-constituant..., Prédiction de propriétés...), 'AFFICHAGE' (Créer une vue, Supprimer cette vue, Modifier cette vue), and 'MODIFICATIONS' (Défaire, Refaire).

The central area shows the 'Propriétés' (Properties) of the constituent 'OIL (TRIOLEIN)'. The 'Complète' (Complete) tab is active, displaying a tree view of properties. The 'Chaleur spécifique gaz parfait' (Perfect gas specific heat) property is selected, showing a table of coefficients:

Propriété	Valeur
Equation n° 107	
TMin	300 K
TMax	1500 K
Coef A	1031076,5477025
Coef B	3035901,1691706
Coef C	1645,6429740689
Coef D	2107503,7072071
Coef E	748,02380850982

On the right, the 'Graphique' (Graph) tab is active, showing a plot of 'Chaleur spécifique gaz parfait (J/kmol/K)' versus 'Température (°C)'. The y-axis ranges from 1000000 to 4000000, and the x-axis ranges from 0 to 1400. A blue curve shows the specific heat increasing with temperature. Below the graph, there are checkboxes for 'Echelle logarithmique' and 'Echelle 1/T', both of which are unchecked. At the bottom right, there are 'Outils' (Tools) including 'Température Min' (300 K), 'Température Max' (1500 K), 'Points' (20), and a 'Rafraîchir' (Refresh) button. Below these are 'Température' (300 K) and 'Propriété' (1,39034E+006 J/k) fields, along with 'Copier', 'Imprimer', and 'Régression' buttons. 'OK' and 'Annuler' buttons are at the bottom right of the window.