EXEMPLE D'APPLICATION DE PROSIMPLUS

UNITE DE PRODUCTION DE BIOETHANOL

INTERET DE L'EXEMPLE
Cet exemple illustre la simulation d'une unité de production de bioéthanol. L'éthanol est ici produit à partir de biomasse par des procédés d'hydrolyse et de fermentation de sucres. La biomasse subit dans un premier temps un pré-traitement à l'acide et aux enzymes pour produire du sucre qui est ensuite fermenté en alcool. L'éthanol produit contient encore une quantité importante d'eau qui est retirée par distillation. Cet exemple illustre notamment l'ajout de nouveaux constituants aux bases de données de corps-purs de ProSimPlus et la mise en œuvre de plusieurs jeux de réactions complexes dans un procédé.

DIFFUSION	☑ **Libre-Internet**	☐ **Réservée clients**	☐ **Restreinte**	☐ **Confidentielle**

FICHIER PROSIMPLUS CORRESPONDANT	*PSPS_EX_FR-Production-Bioethanol.pmp3*

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.Fives ProSim ne pourra en aucun cas être tenu pour responsable de l'application qui pourra être faite des calculs basés sur cet exemple.

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 MATIÈRES

1. INTRODUCTION 3
2. MODELISATION DU PROCEDE 3
2.1. Présentation du procédé 3
2.2. Schéma du procédé 5
2.3. Constituants 6
2.4. Modèle thermodynamique 7
2.5. Réactions chimiques 8
2.6. Conditions opératoires 10
3. RESULTATS 13
3.1. Commentaires sur les résultats 13
3.2. Bilans matière et énergie 14
3.3. Profils des colonnes 16
4. BIBLIOGRAPHIE 21

Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés

1. INTRODUCTION

Il y a deux sortes d'éthanol produit industriellement : l'éthanol de synthèse et l'éthanol produit par fermentation. L'éthanol de fermentation (ou bioéthanol) peut être produit à partir de biomasse contenant des sucres, de l'amidon ou de la cellulose (l'amidon et la cellulose étant des formes plus complexes de sucres). Tous ces procédés de fabrication requièrent une étape de fermentation pour convertir le sucre en éthanol ainsi que des étapes plus ou moins complexes de distillation afin de séparer l'alcool de l'eau.

L'éthanol est un biocarburant couramment utilisé en tant qu'alternative aux combustibles fossiles. En plus d'être renouvelable, l'éthanol présente le gros avantage d'être facilement miscible à l'essence. Dans certains cas l'éthanol est d'abord converti dans sa forme éther (ETBE), obtenu par réaction avec de l'isobutène produit en raffinerie. L'ajout de petites quantités d'éthanol à de l'essence présente de nombreux avantages dont notamment la réduction des rejets de monoxyde de carbone et autres polluants à la sortie des pots d'échappement des véhicules. En outre, comme l'éthanol est produit à partir de matières végétales qui absorbent du dioxyde de carbone et rejettent de l'oxygène pendant leur croissance, il permet de réduire les émissions de gaz à effets de serre. L'éthanol est aussi ajouté à l'essence afin d'en améliorer l'indice d'octane.

Pour toutes ces raisons et afin de satisfaire une demande croissante, de nombreux producteurs d'éthanol ainsi que nombre de sociétés d'ingénierie s'efforcent de concevoir et de construire de nouvelles unités le plus rapidement possible. Parallèlement, la simulation rigoureuse de procédés telle qu'elle peut-être faite avec ProSimPlus est aujourd'hui de plus en plus utilisée afin de concevoir mais surtout d'optimiser les procédés de production de bioéthanol.

2. MODELISATION DU PROCEDE

2.1. Présentation du procédé

La matière première est ici du fourrage de maïs. Les principaux constituants sont la cellulose, l'hémicellulose et la lignine. La modélisation démarre juste après le lavage de la matière première, étape qui provoque une augmentation de l'humidité de la matière première.

Le procédé comporte trois étapes réactionnelles :

1. L'hydrolyse (réacteur R101) : l'alimentation est chauffée (190°C) sous haute pression (12,1 atm) en présence d'un catalyseur acide (H_2SO_4) et l'essentiel de l'hémicellulose est convertie en xylose.
2. La saccharification (réacteur R102) : une réaction enzymatique qui convertit la cellulose en glucose.
3. la fermentation (réacteur R103) : la plupart du glucose et du xylose est ici convertie en éthanol et dioxyde de carbone.

Un flash de séparation (S101) à pression atmosphérique est placé entre le réacteur d'hydrolyse et le réacteur de saccharification afin d'évacuer une partie de l'eau et certains sous-produits. Un autre flash (S102) est utilisé après le réacteur de fermentation (R103), afin de séparer les incondensables (CO_2).

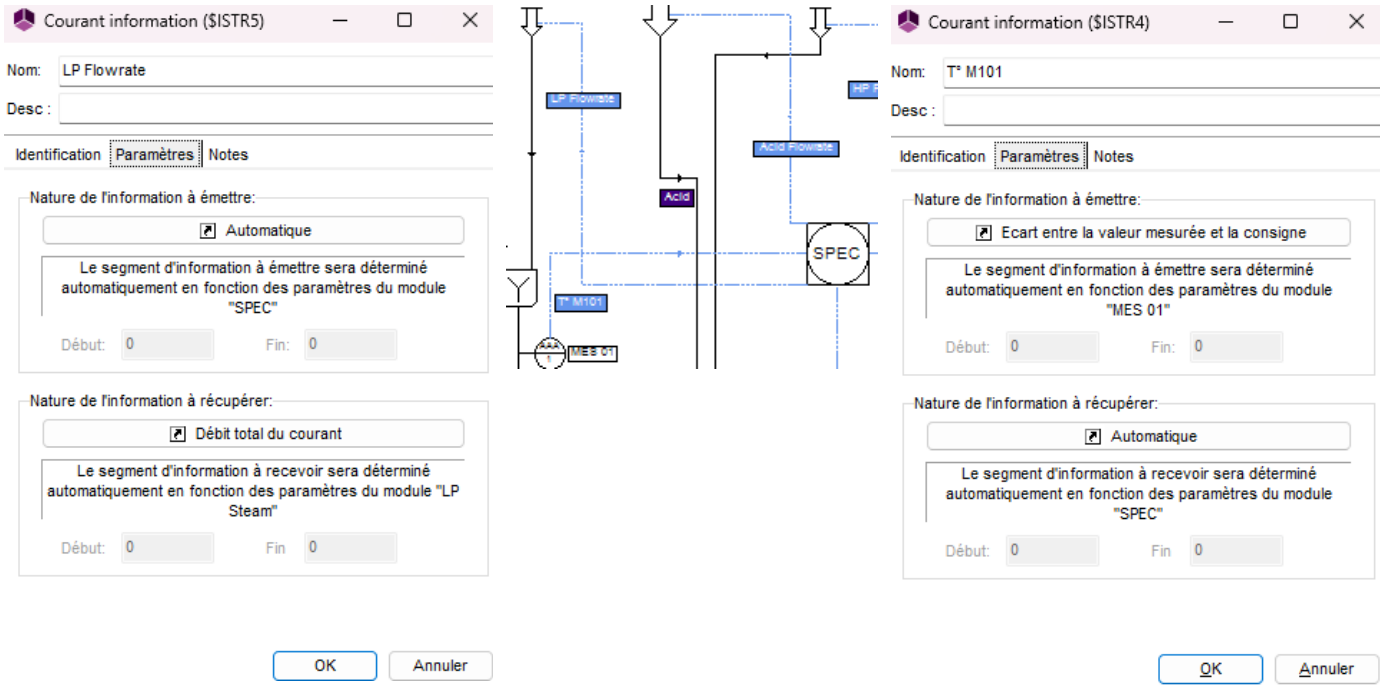
La première colonne de distillation (C101) sépare le reste des incondensables (CO_2) qui est récupéré au distillat vapeur (courant C10). L'eau, les sucres et la matière première n'ayant pas réagi sont récupérés en pied de colonne (courant C11) et l'éthanol (≈ 40% mass) est soutiré en milieu de colonne (courant C09). Ce soutirage est dirigé vers une seconde colonne de distillation (C102). Cette colonne sépare l'éthanol (≈ 92% mass), qui est récupéré au

Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés

distillat vapeur, de l'eau récupérée en pied de colonne pour être recyclée (courant C18). L'éthanol est finalement séché sur un tamis moléculaire (C103) qui est modélisé ici par un séparateur idéal de constituants.
Enfin, un scrubber (C104) sépare l'éthanol et l'eau contenue dans les courants vapeurs provenant du flash (S102) en sortie du réacteur de fermentation et le distillat vapeur de la première colonne de distillation (C101).

Plusieurs spécifications sont imposées dans le procédé. Les principales sont :

- ✓ Une température de 100°C à la sortie du premier mélangeur (M101) par action sur le débit du courant LP Steam (utilisation du module de Gestion des contraintes et recyclages (SPEC) associé aux courants d'information T° M101 et LP Flowrate et au module de mesure MES 01).



- ✓ Une température de 190°C à la sortie du réacteur d'hydrolyse (R101) par action sur le débit de HP Steam (utilisation similaire du module de Gestion des contraintes et recyclages (SPEC) associé aux courants d'information T° R101 output delta et HP Flowrate et au module de mesure MES 02).
- ✓ Une fraction massique en H_2SO_4 de 1,1% à la sortie du réacteur d'hydrolyse R101 par action sur le débit du courant Acid (utilisation similaire du module de Gestion des contraintes et recyclages (SPEC) associé aux courants d'information Acid fraction delta et Acid Flowrate et au module de mesure MES 03).

L'exemple simulé ici est tiré d'une publication [1].

Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés

2.2. Schéma du procédé

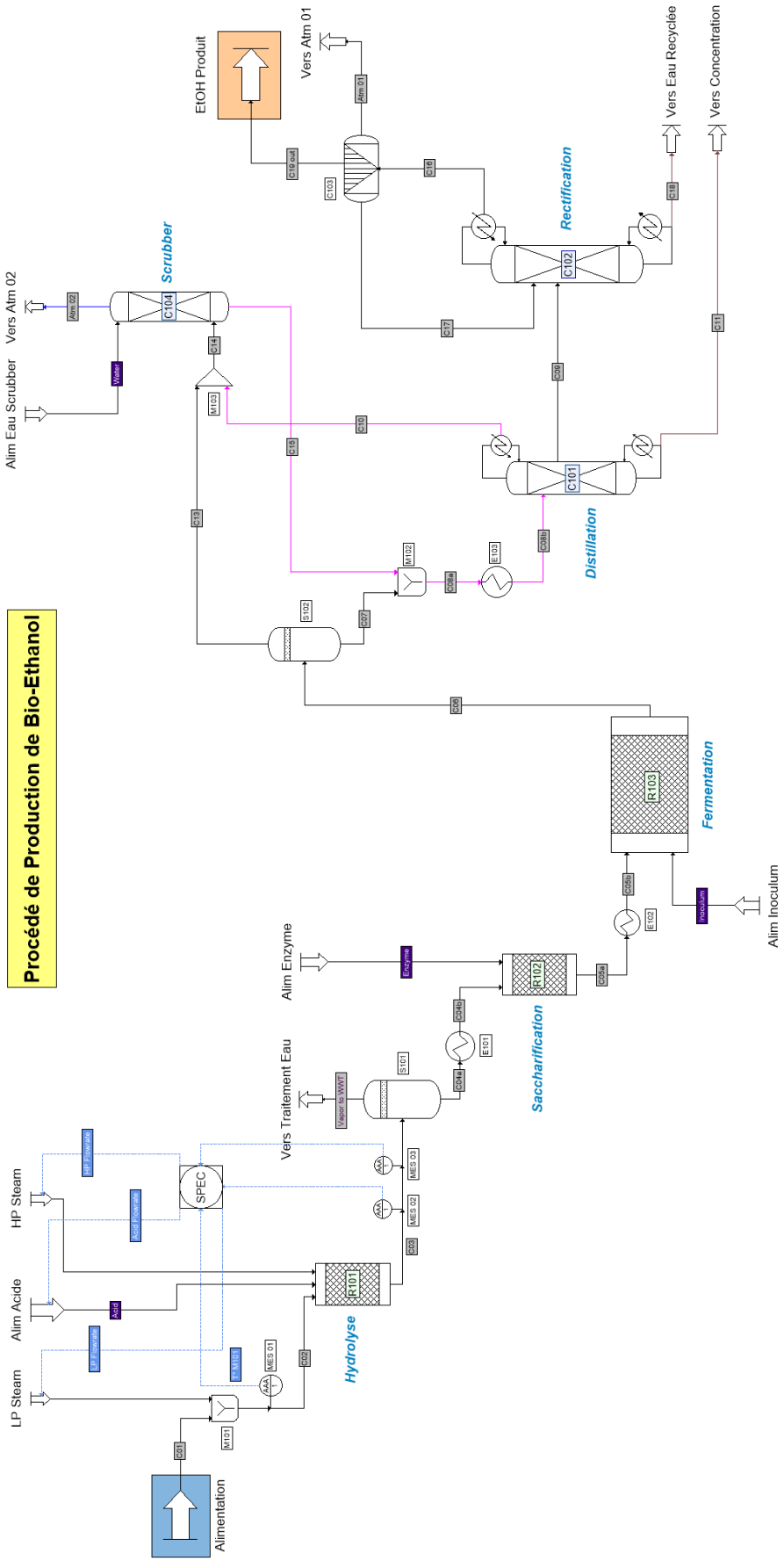


Schéma de l'unité de production de bioéthanol

2.3. Constituants

Les constituants pris en considération dans cet exemple sont listés dans le tableau ci-dessous.

Nom	Formule chimique	Numéro CAS	Origine dans le procédé
Acétate	$C_2H_4O_2$	-	Groupements acétate présents dans le polymère d'hémicellulose
Acide acétique	$C_2H_4O_2$	64-19-7	Provenant de l'hydrolyse de l'acétate et sous-produit de la fermentation
Dioxyde de carbone	CO_2	124-38-9	Sous-produit de la fermentation
Cellobiose	$C_{12}H_{22}O_{11}$	-	Provenant de l'hydrolyse et de la saccharification de la cellulose
Cellulose	$C_5H_{10}O_5$	-	Matière première
Corn steep liquor (CSL)	inconnue (modélisé comme de l'eau)	-	Source d'alimentation en azote des bactéries
Diammonium phosphate (DAP)	$(NH_4)_2HPO_4$	7783-28-0	Source d'alimentation en azote des bactéries
Enzyme	$CH_{1.57}N_{0.29}O_{0.31}S_{0.007}$	-	Enzyme de saccharification
Éthanol	C_2H_6O	64-17-5	Produit recherché
Furfural	$C_5H_4O_2$	98-01-1	Sous-produit de l'hydrolyse de l'hémicellulose
Glucose	$C_6H_{12}O_6$	50-99-7	Provenant de l'hydrolyse et de la saccharification de la cellulose
Glycérol	$C_3H_8O_3$	56-81-5	Sous-produit de la fermentation
Hémicellulose	$C_5H_8O_4$	-	Matière première
Acide lactique	$C_3H_6O_3$	598-82-3	Sous-produit de la fermentation
Lignine	$C_{10}H_{13.9}O_{1.3}$	-	Matière première
Oxygène	O_2	7782-44-7	Produit de la fermentation
Acide succinique	$C_4H_6O_4$	110-15-6	Sous-produit de la fermentation
Acide sulfurique	H_2SO_4	7664-93-9	Catalyseur acide
Eau	H_2O	7732-18-5	Humidité de la matière première, lavage et produit de réactions
Xylitol	$C_5H_{12}O_5$	-	Sous-produit de la fermentation
Xylose	$C_5H_{10}O_5$	-	Provenant de l'hydrolyse et de la saccharification de la cellulose
Z. mobilis	$CH_{1.8}O_{0.5}N_{0.2}$	-	Bactérie de fermentation

Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés

Certains de ces constituants ne sont pas présents dans la base de données standard de ProSim. Dans certains cas les constituants ont donc été modélisés par des composés similaires et certaines propriétés ont été estimées. La façon dont ces constituants ont été pris en compte est détaillée dans le tableau suivant.

Constituant	Propriétés
Acétate	Modélisé comme de l'acide acétique.
Cellobiose	Modélisé comme du glucose. Modification : masse molaire(E)
Cellulose	Modélisé comme du glucose. Modification : masse molaire(E), enthalpie de formation gaz parfait à 25°C(E), volume molaire liquide(E), chaleur spécifique liquide(E)
CSL	Modélisé comme de l'eau. Modification : pression de vapeur saturante
Enzyme	Modélisé comme du glucose.
Hémicellulose	Modélisé comme du glucose. Modification : masse molaire(E), enthalpie de formation gaz parfait à 25°C(E), volume molaire liquide(E), chaleur spécifique liquide(E)
Lignine	Modélisé comme du glucose. Modification : masse molaire(E), volume molaire liquide (E), chaleur spécifique liquide (E)
Xylitol	Modélisé comme de l'hémicellulose. Modification : masse molaire(E)
Xylose	Modélisé comme du glucose. Modification : masse molaire(E), température critique(E), pression critique(E), volume critique(E), facteur acentrique(E), enthalpie de formation gaz parfait à 25°C(E), volume molaire liquide (E), chaleur spécifique liquide(E)
Z. mobilis	Modélisé comme du glucose. Modification : enthalpie de formation gaz parfait à 25°C(E), volume molaire liquide (E), chaleur spécifique liquide (E)

Note : (E) propriété estimée.

2.4. Modèle thermodynamique

Le système considéré contient des constituants polaires (tels que l'eau ou l'éthanol) qui conduisent à de fortes interactions en phase liquide. La pression de travail étant relativement faible (de 1 à 5 atm), le comportement de la phase vapeur peut être assimilé à celui d'un gaz parfait. En conséquence le modèle NRTL a été choisi. Certains paramètres d'interaction binaire nécessaires qui n'étaient pas disponibles dans la base de données de coefficients d'interaction binaire de ProSim ont été estimés par un modèle prédictif grâce à la fonctionnalité offerte par Simulis Thermodynamics.

Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés

Le tableau ci dessous fournit les paramètres d'interaction binaire pris en compte :

Constituant		c_{12}^0	c_{21}^0	a_{12}^0	$c_{12}(T)$	$c_{21}(T)$	$a_{12}(T)$	Note
1	2							
Eau	CO_2	922,65	2256,3	0,3	7,1259	-5,548	0	A
Eau	Éthanol	1616,81	-635,56	0,1448	2,0177	0,9907	0	B
Eau	Furfural	2602,6374	436,9686	0,3958	0	0	0	C
CO_2	Éthanol	2,0708	-3,5177	0,3	927,13	-18,62	0	A

Note A : les paramètres d'interaction binaire du modèle ont été estimés à partir des coefficients d'activité à dilution infinie calculés par le modèle UNIFAC-PSRK.

Note B : ces paramètres d'interaction binaire sont disponibles dans la base de données des paramètres d'interaction binaire de ProSim.

Note C : extrait de [2].

2.5. Réactions chimiques

Trois jeux de réactions chimiques sont définis.

Pour toutes les réactions chimiques, les chaleurs de réaction sont calculées à partir des enthalpies standard de formation à 298,15 K.

- ✓ Réactions dans l'hydrolyseur de pré-traitement:

Réactions	*Réactif*	*Fraction convertie en produit*
Cellulose + H_2O ➔ Glucose	Cellulose	0,077
Cellulose + 0,5 H_2O ➔ 0,5 Cellobiose	Cellulose	0,007
Hémicellulose + H_2O ➔ Xylose	Hémicellulose	0,925
Hémicellulose ➔ Furfural + 2 H_2O	Hémicellulose	0,05
Acétate ➔ Acide acétique	Acétate	1

- ✓ Réactions de saccharification :

Réactions	*Réactif*	*Fraction convertie en produit*
Cellulose + H_2O ➔ Glucose	Cellulose	0,94
Cellulose + 0,5 H_2O ➔ 0,5 Cellobiose	Cellulose	0,012
Cellobiose + H_2O ➔ 2 Glucose	Cellobiose	1

Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés

✓ Réactions de fermentation :

Réactions	*Réactif*	*Fraction convertie en produit*
Glucose ➔ 2 Éthanol + 2 CO_2	Glucose	0,95
Glucose + CSL + 0,018 DAP ➔ 6 Z.mobilis + 2.4 H_2O + 0,3 O_2	Glucose	0,02
Glucose + 2 H_2O ➔ 2 Glycerol + O_2	Glucose	0,004
Glucose + 2 CO_2 ➔ 2 Acide succinique + O_2	Glucose	0,006
Glucose ➔ 3 Acide acétique	Glucose	0,015
Glucose ➔ 2 Acide lactique	Glucose	0,002
3 Xylose ➔ 5 Éthanol + 5 CO_2	Xylose	0,85
Xylose + 0,833 CSL + 0,015 DAP ➔ 5 Z.mobilis + 2 H_2O + 0,25 O_2	Xylose	0,019
3 Xylose + 5 H_2O ➔ 5 Glycérol + 2.5 O_2	Xylose	0,003
Xylose + H_2O ➔ Xylitol + 0,5 O_2	Xylose	0,046
3 Xylose + 5 CO_2 ➔ 5 Acide succinique + 2,5 O_2	Xylose	0,009
2 Xylose ➔ 5 Acide acétique	Xylose	0,014
3 Xylose ➔ 5 Acide lactique	Xylose	0,002

Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés

2.6. Conditions opératoires

✓ Alimentation du procédé

	Alimentation
Eau (kg/h)	45 007
Cellulose (kg/h)	31 178
Hémicellulose (kg/h)	22 924
Lignine (kg/h)	15 002
Acetate (kg/h)	2 435
Température (°C)	45
Pression (atm)	1

✓ Alimentations vapeur

	Basse pression (LP Steam)	*Haute pression (HP Steam)*
Eau (kg/h)	6 700 (initialisation)	10 000 (initialisation)
Température (°C)	164	268
Pression (atm)	4,42	13

✓ Alimentation catalyseur

	Acide
Eau (kg/h)	98 256
Acide sulfurique (hg/h)	2 104 (initialisation)
Température (°C)	745
Pression (atm)	4

✓ Alimentation du scrubber

	Eau
Eau (kg/h)	36 000 (initialisation)
Température (°C)	26
Pression (atm)	1

Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés

✓ Alimentation des réacteurs

Caractéristiques	*Enzyme de saccharification Enzyme*	*Bactérie de fermentation Inoculum*
Eau (kg/h)	6 255	33 881
Enzyme (kg/h)	568	
Z. mobilis (kg/h)		193
Diammonium Phosphate (kg/h)		136
Corn Steep Liquor (kg/h)		1 087
Température (°C)	20	41
Pression (atm)	1	1

✓ Réacteurs

Paramètres de fonctionnement	*Réacteur d'hydrolyse R101*	*Réacteur de saccharification R102*	*Réacteur de fermentation R103*
Type de réacteur	Simple	Simple	Simple
Jeu de réaction	Hydrolyse	Saccharification	Fermentation
Température en sortie (°C)	Adiabatique	65	41
Pression en sortie (atm)	12,1	1	1

✓ Séparateurs

Paramètres de fonctionnement	*S101 Évaporation d'eau*	*S102 Évent du réacteur R102*
Type de séparateur	Séparateur Liquide-Vapeur	Séparateur Liquide-Vapeur
Température (°C)	Adiabatique	Température d'entrée
Pression (atm)	1	Pression d'entrée

✓ Échangeurs de chaleur

Nom	*Type*	*Température de sortie (°C)*
E101	Consignateur de température	65
E102	Consignateur de température	41
E103	Consignateur de température	100

Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés

✓ Colonnes

Paramètres de fonctionnement	*C101*	*C102*	*C104*
Type de colonne	Colonne de distillation diphasique	Colonne de distillation diphasique	Absorbeur
Nombre d'étages	34	62	4
Étage d'alimentation	5	Pied du scrubber : 20 Soutirage C101 : 45	-
Soutirage intermédiaire			
Étage	9	-	-
Débit (kmol/h)	2 472,5		
État	Vapeur		
Débit de distillat vapeur (kg/h)	491	30 740	-
Taux de reflux molaire	3	3,2	
Pression			
Tête de colonne (atm)	1,86	1,7	1
Soutirage (atm)	1,91	-	-
Pied de colonne (atm)	2,1		
Efficacité des plateaux	0,48	0,57	1

Spécifications complémentaires pour la colonne C104 :

Spécification		*Type de produit*	*Constituant*	*Valeur*	*Phase*	*Type*	*Action*
1:	Taux de récupération	Distillat vapeur	CO_2	0,998	Vapeur	Mass	Débit d'eau d'alimentation

✓ Tamis moléculaire *C103 (modélisé comme un séparateur de constituants idéal)*

Paramètres de fonctionnement	*Produit de tête*	*Produit de pied*	*Autre produit*
Température (°C)	Température d'entrée	70	Température de bulle
Pression (atm)	Pression d'entrée	1,53	Pression d'entrée
Taux de récupération	Dioxyde de carbone : 1 Oxygène : 1		Eau : 0,05 Éthanol : 0,80

✓ Mélangeur *M102*

	Paramètre de fonctionnement
Pression de sortie (atm)	4,76

Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés

3. RESULTATS

3.1. Commentaires sur les résultats

La séquence de calcul (l'ordre de calcul des modules) est générée automatiquement. Aucune initialisation n'est nécessaire pour obtenir la convergence du flowsheet (pas d'initialisation des courants de recyclage). Bien qu'il y ait deux courants de recyclage et trois spécifications, la convergence du flowsheet est obtenue aisément.

Trois débits d'entrée sont ajustés afin d'atteindre les bonnes conditions opératoires pour les réactions d'hydrolyse. 6,7 T/h de *LP Steam* et 38,2 T/h de *HP Steam* sont nécessaires pour atteindre le niveau de température requis dans le réacteur d'hydrolyse. 2,9 T/h d'équivalent H_2SO_4 pur sont nécessaires pour atteindre la fraction massique en acide requise au niveau du réacteur d'hydrolyse. Pour atteindre un taux de récupération du CO_2 de 99,8% dans le scrubber, un débit d'eau de 41,7 t/h est nécessaire.

La production de l'unité est d'environ 22,8 T/h d'éthanol équivalent pur (99,5% mass) pour une alimentation en matière première de 71,6 T/h équivalent matière sèche (à 39% massique d'humidité).

Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés

3.2. Bilans matière et énergie

Ce document ne présente que les bilans matière et énergie sur les courants les plus pertinents. ProSimPlus fournit cependant des résultats complets sur tous les courants et sur chaque opération unitaire.

Courants d'alimentation principaux

Courants		C01	Acid	Inoculum	Enzyme
De		Alimentation	Alim Acide	Alim Inoculum	Alim Enzyme
Vers		M101	R101	R103	R102
Débits partiels		t/h	t/h	t/h	t/h
WATER		45,00	98,26	33,88	6,25
CARBON DIOXIDE		0	0	0	0
ETHANOL		0	0	0	0
SULFURIC ACID		0	2,88	0	0
GLUCOSE		0	0	0	0
XYLOSE		0	0	0	0
CELLULOSE		31,19	0	0	0
HEMICELLULOSE		22,92	0	0	0
LIGNIN		15,00	0	0	0
FURFURAL		0	0	0	0
CELLOBIOSE		0	0	0	0
ENZYME		0	0	0	0,57
Z. MOBILIS		0	0	0,19	0
DIAMMONIUM PHOSPHATE		0	0	0,14	0
OXYGEN		0	0	0	0
CSL		0	0	1,09	0
GLYCEROL		0	0	0	0
SUCCINIC ACID		0	0	0	0
ACETIC ACID		0	0	0	0
LACTIC ACID		0	0	0	0
XYLITOL		0	0	0	0
ACETATE		2,44	0	0	0
Débit total	t/h	116,55	101,14	35,3	6,82
État physique		Liquide	Liquide	Liquide	Liquide
Température	°C	45	74	41	20
Pression	atm	1,00	4,00	1,00	1,00
Enthalpie	kcal/h	-36684723,5	-52926070,5	-19912675,4	-3846201,37
Fraction vapeur		0	0	0	0

Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés

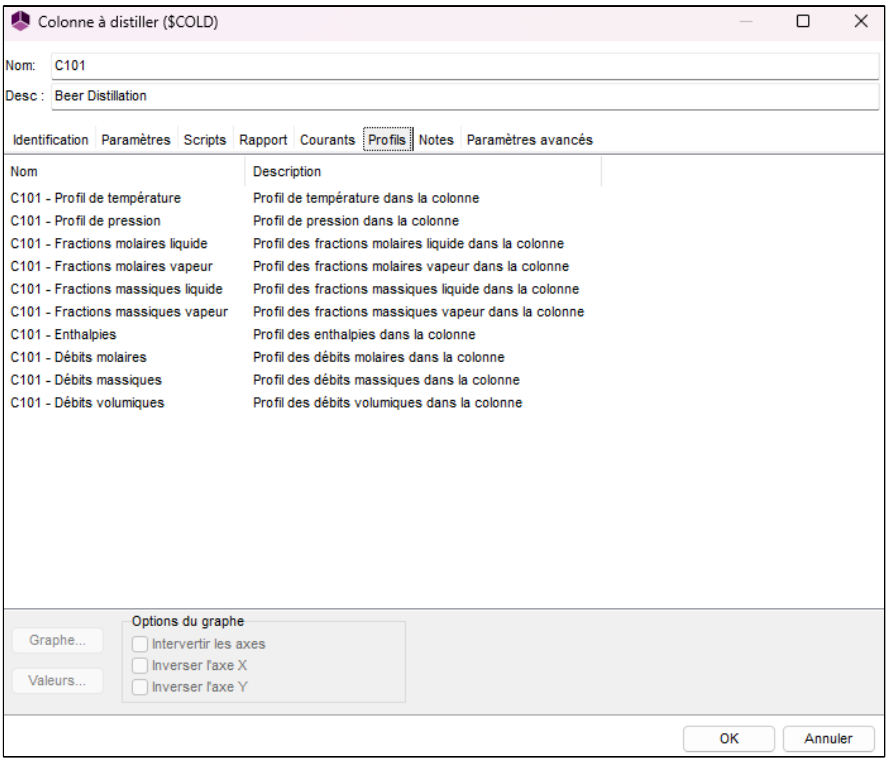
Autres courants

Courants		C02	C05a	C06	C09	C19 out
De		MES 01	R102	R103	C101	C103
Vers		R101	E102	S102	C102	>>>
Débits partiels		t/h	t/h	t/h	t/h	t/h
WATER		51,65	152,13	186,11	34,10	0,11
CARBON DIOXIDE		0	0	25,00	2,2E-04	0
ETHANOL		0	0	26,39	26,38	22,75
SULFURIC ACID		0	2,88	2,88	6,10E-05	0
GLUCOSE		0	32,75	0,10	0	0
XYLOSE		0	24,10	1,37	0	0
CELLULOSE		31,19	1,37	1,37	0	0
HEMICELLULOSE		22,92	0,57	0,57	0	0
LIGNIN		15,00	15,00	15,00	1,14E-07	0
FURFURAL		0	0,47	0,47	0,33	0
CELLOBIOSE		0	0,36	0,36	0	0
ENZYME		0	0,57	0,57	0	0
Z. MOBILIS		0	0	1,11	8,42E-09	0
DIAMMONIUM PHOSPHATE		0	0	0,12	0	0
OXYGEN		0	0	0,29	5,91E-08	0
CSL		0	0	0,98	7,44E-09	0
GLYCEROL		0	0	0,21	1,09E-05	0
SUCCINIC ACID		0	0	0,54	3,77E-06	0
ACETIC ACID		0	2,15	2,98	0,22	0
LACTIC ACID		0	0	0,11	9,63E-05	0
XYLITOL		0	0	1,12	0	0
ACETATE		2,44	0	0	0	0
Débit total	t/h	123,2	232,35	267,65	61,03	22,86
État physique		Liquide	Liquide	Liq./Vap.	Vapeur	Liquide
Température	°C	100	65	41,00	111,39	92,37
Pression	atm	1,00	1,00	1,00	1,91	1,70
Enthalpie	kcal/h	-36267858,8	-96099288,4	-115571198,5	2188539,8	-3947068,7
Fraction vapeur		0	0	0,0536	1	0

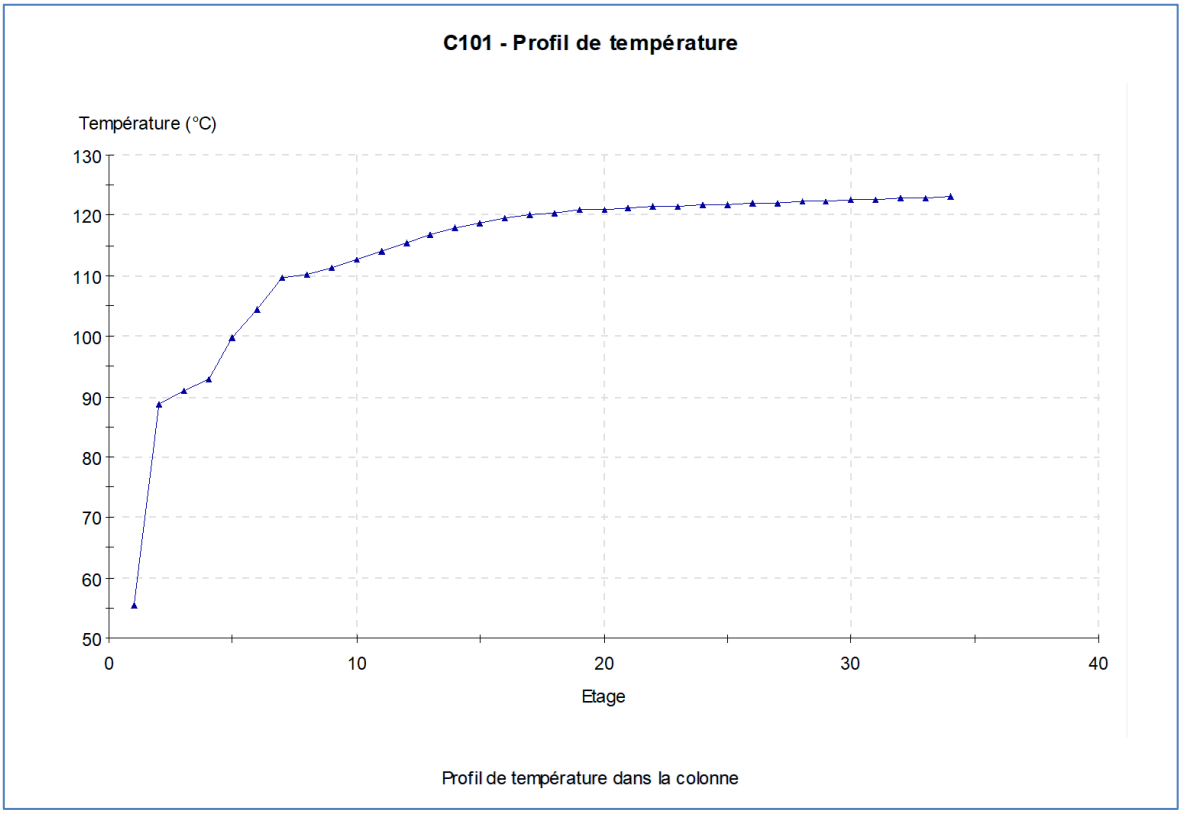
Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés

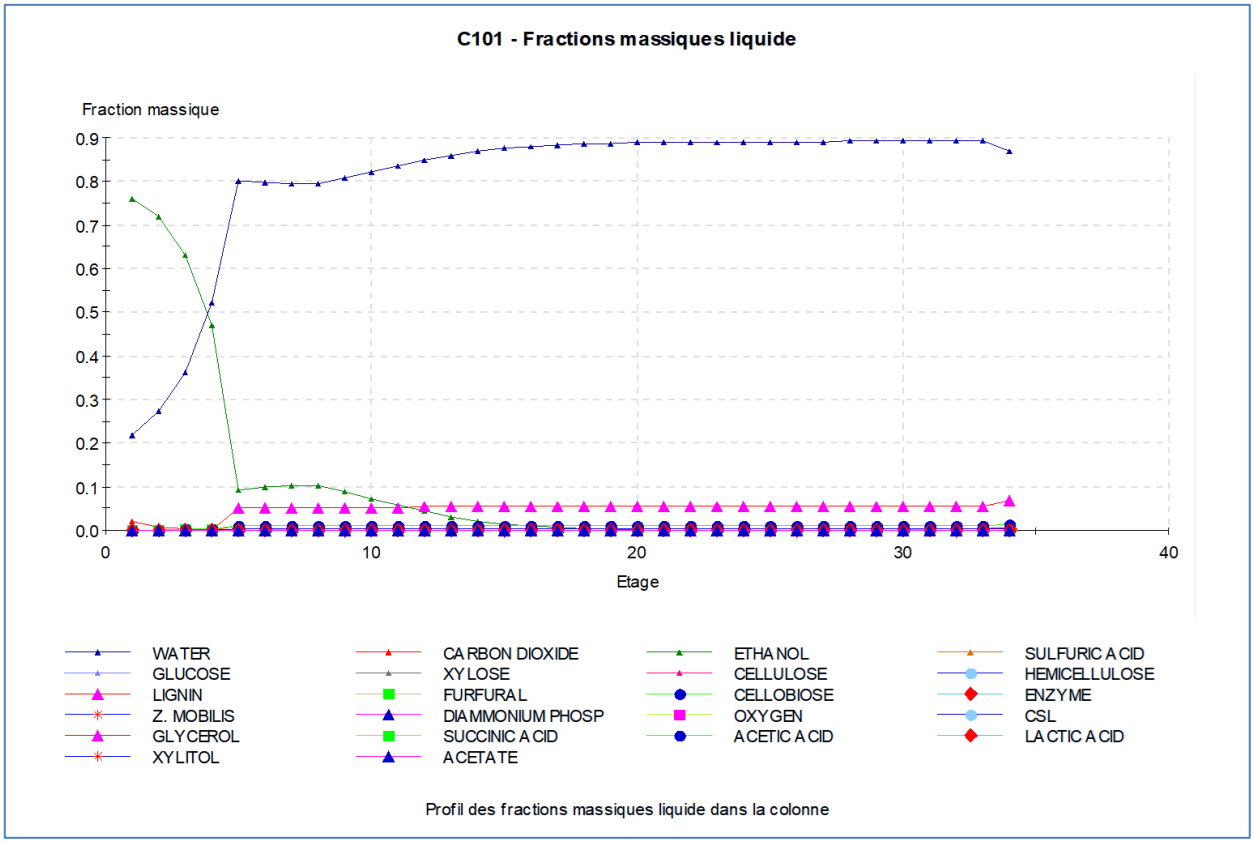
3.3. Profils des colonnes

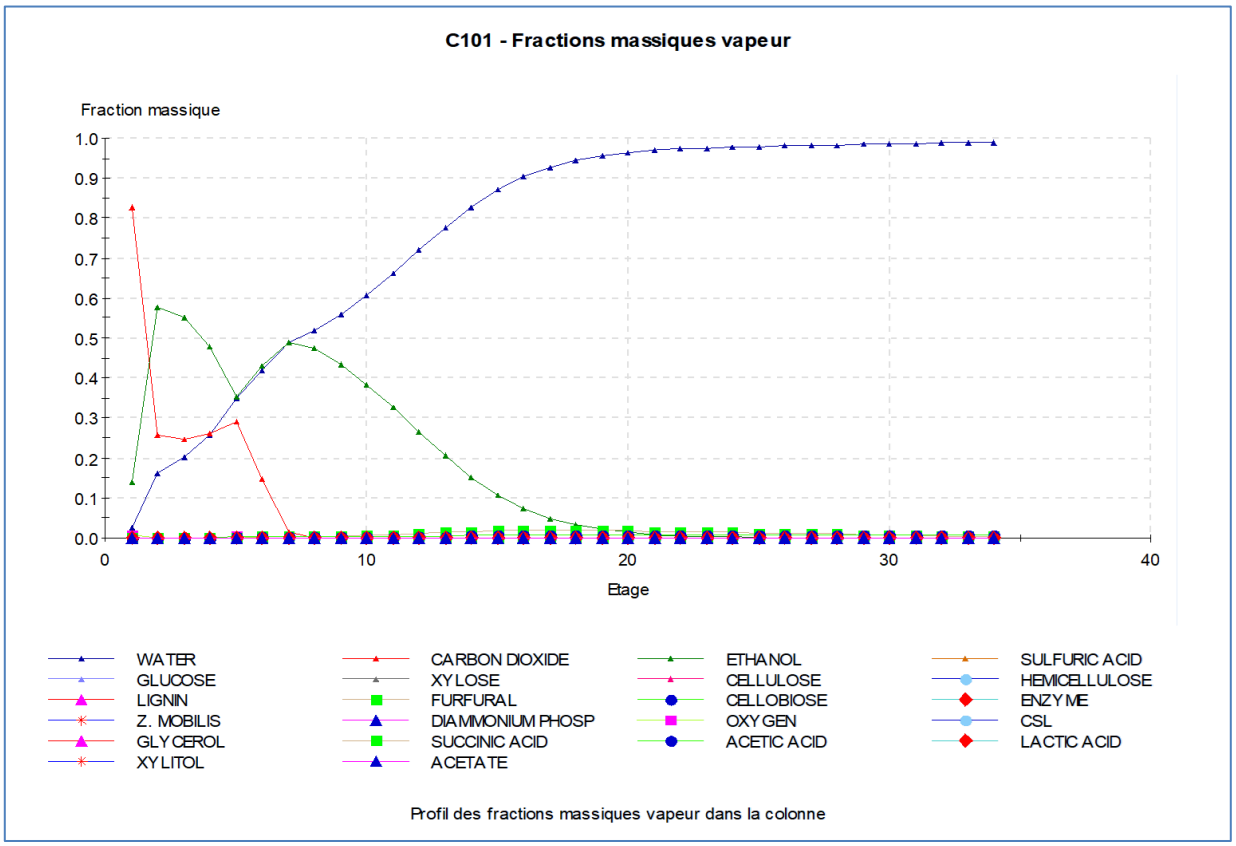
Les profils de colonne sont obtenus après la simulation dans la fenêtre de configuration de la colonne, sous l'onglet « Profils ». Un double-clic sur le profil souhaité, génère le graphique. Il est à noter que dans ProSimPlus, les étages des colonnes sont numérotés de haut en bas (le premier plateau correspond au condenseur, le dernier au rebouilleur).



Colonne C101

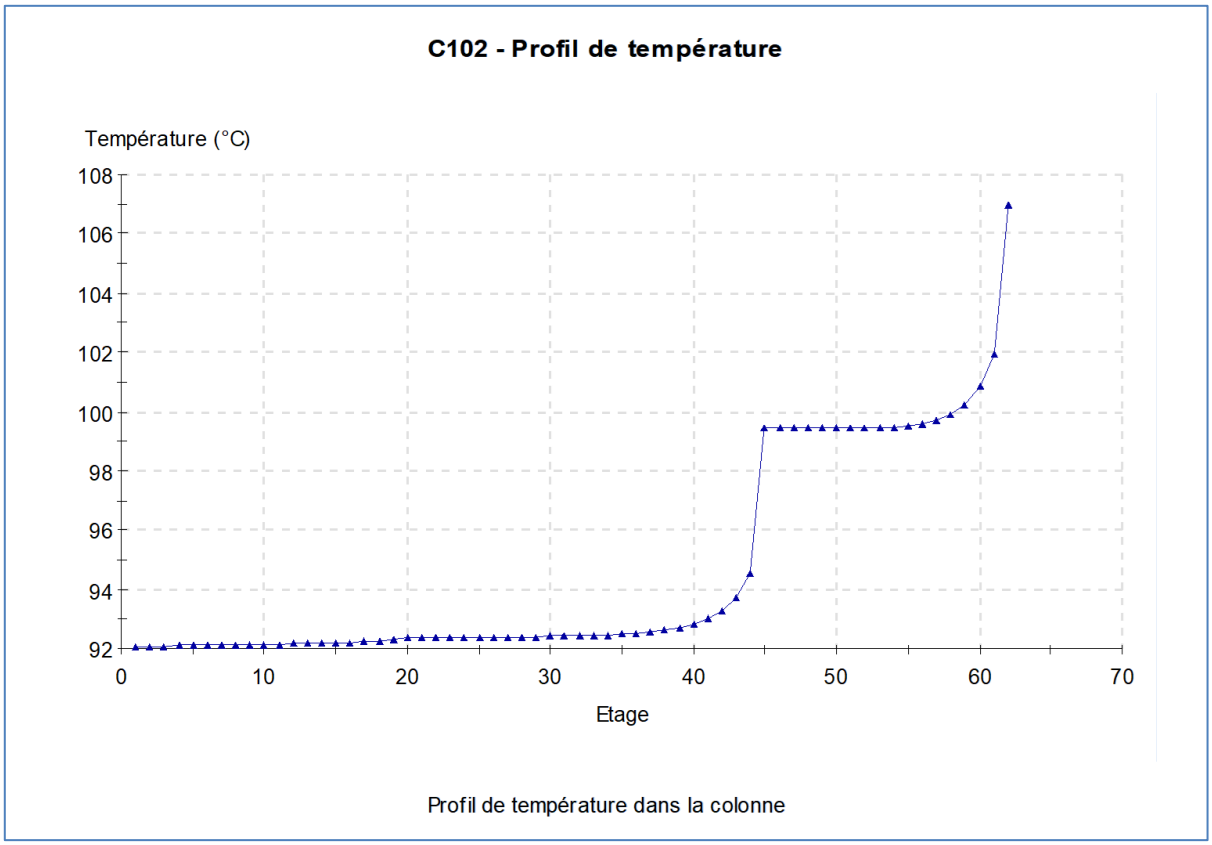


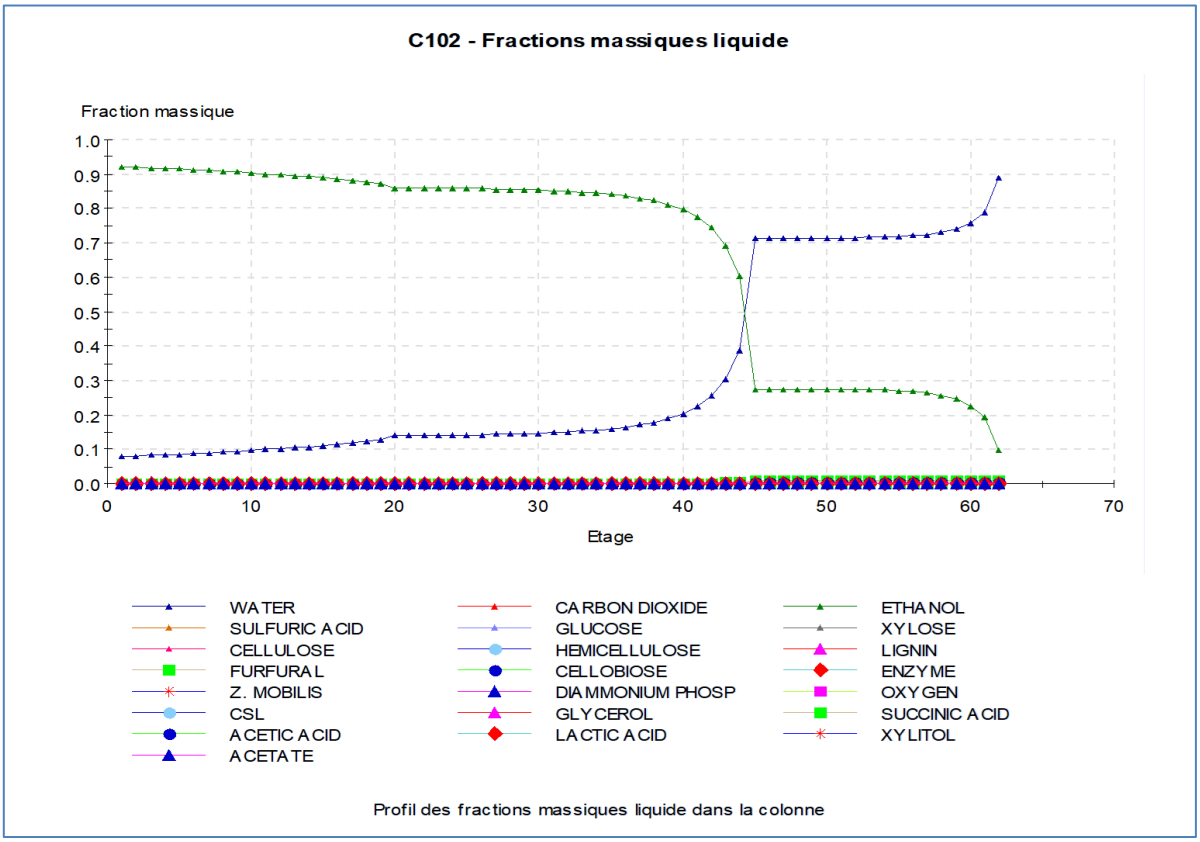




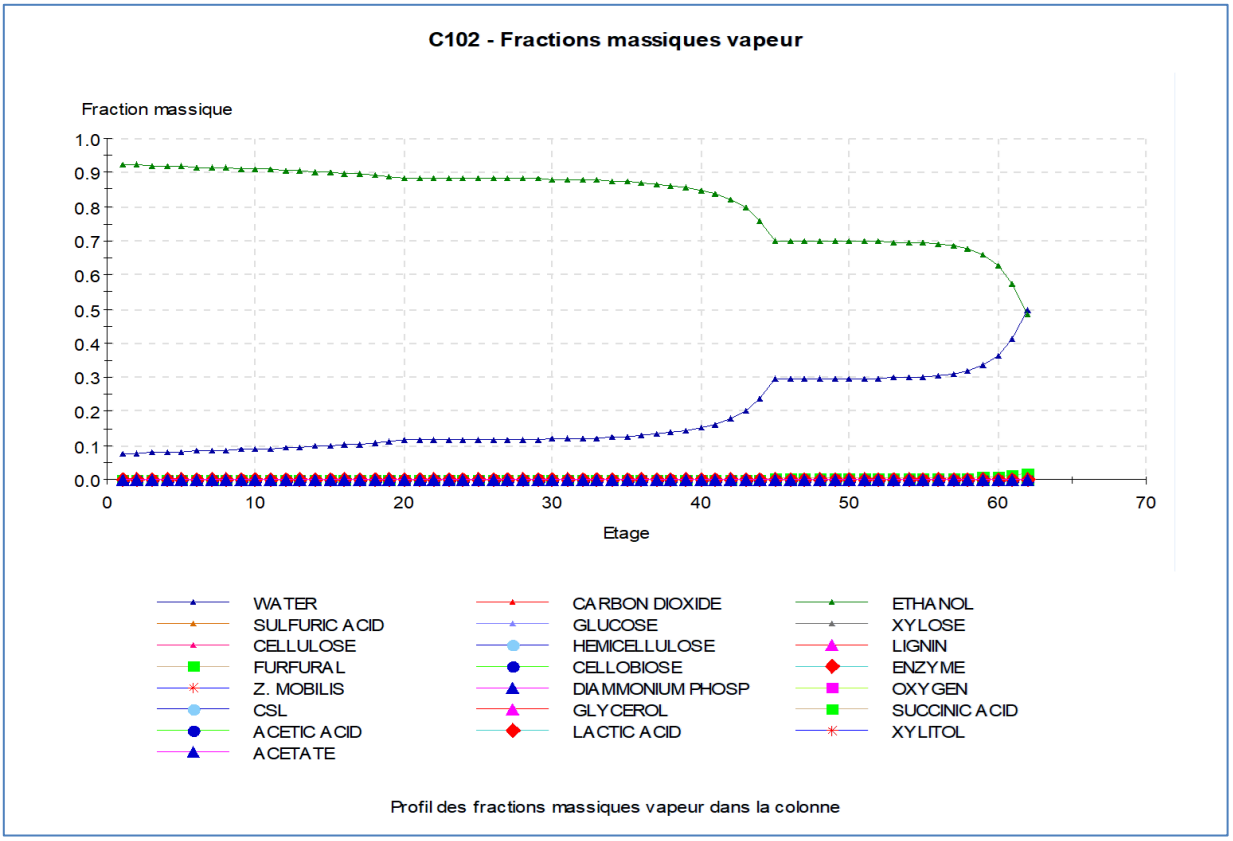
Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés

Colonne C102

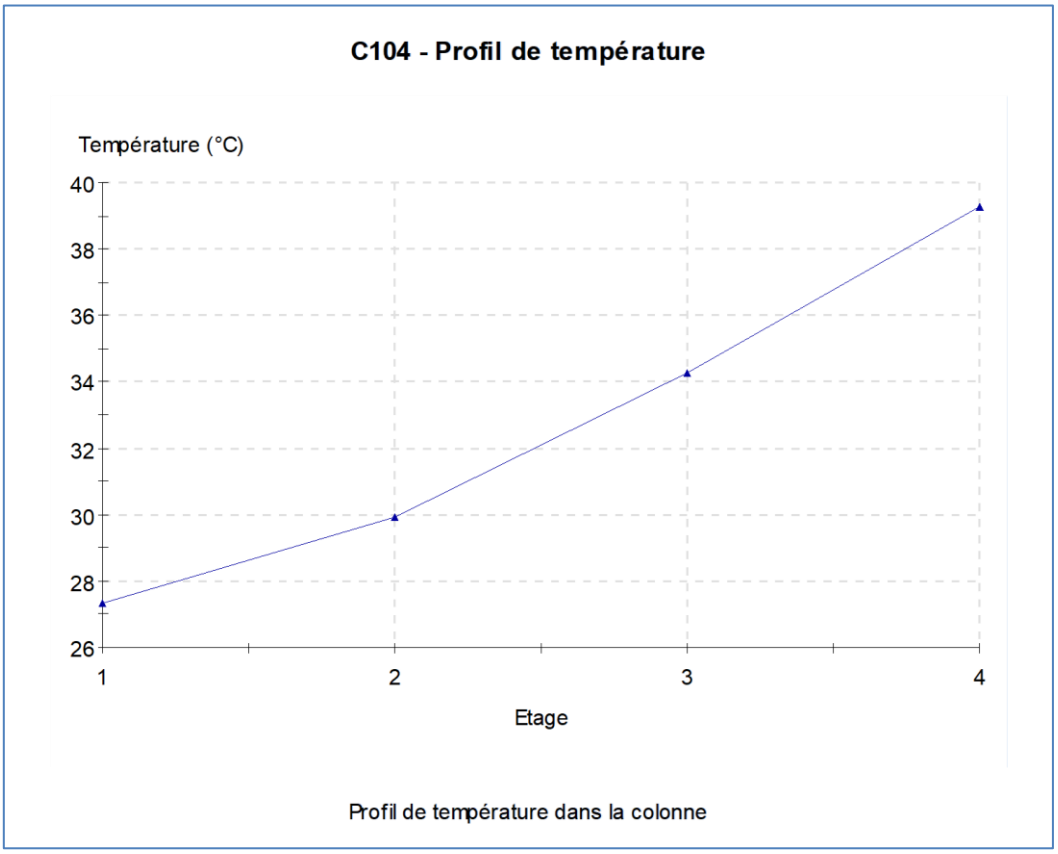




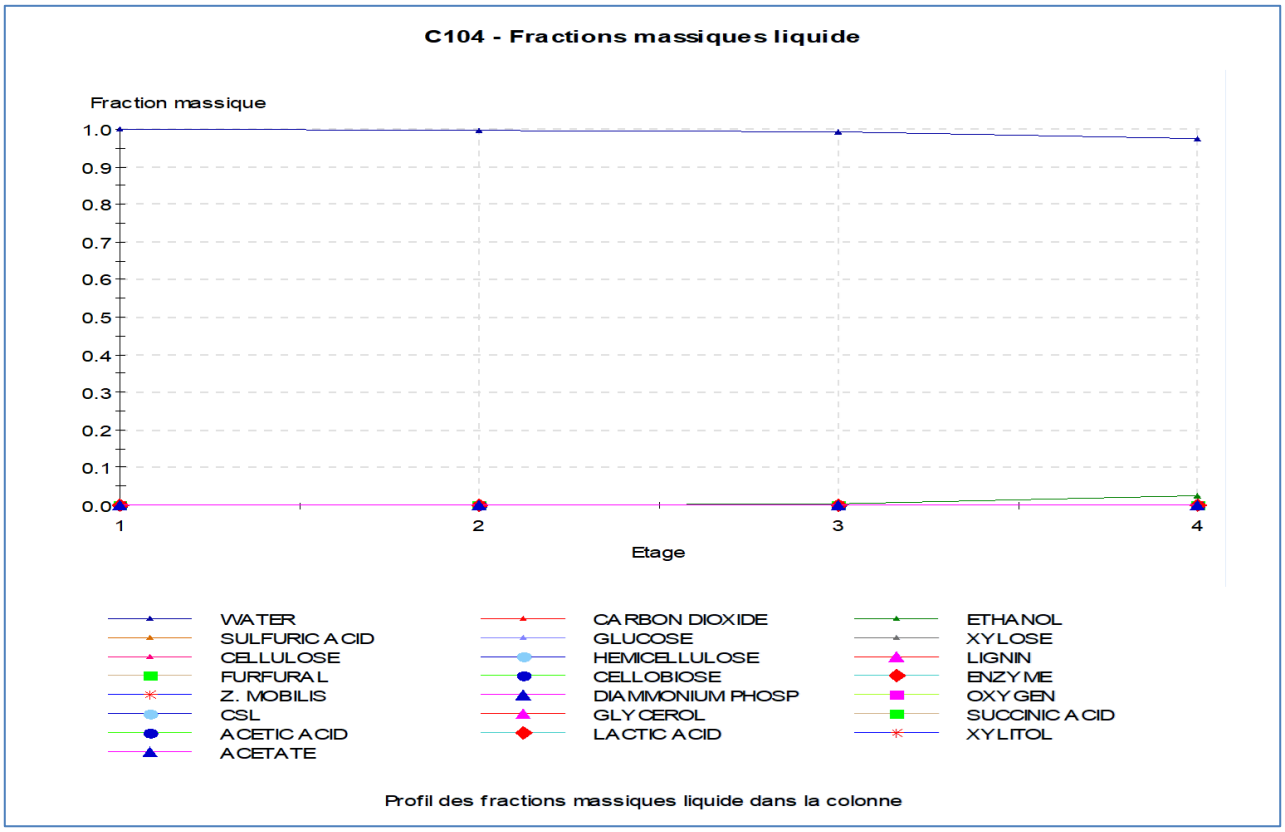
Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés

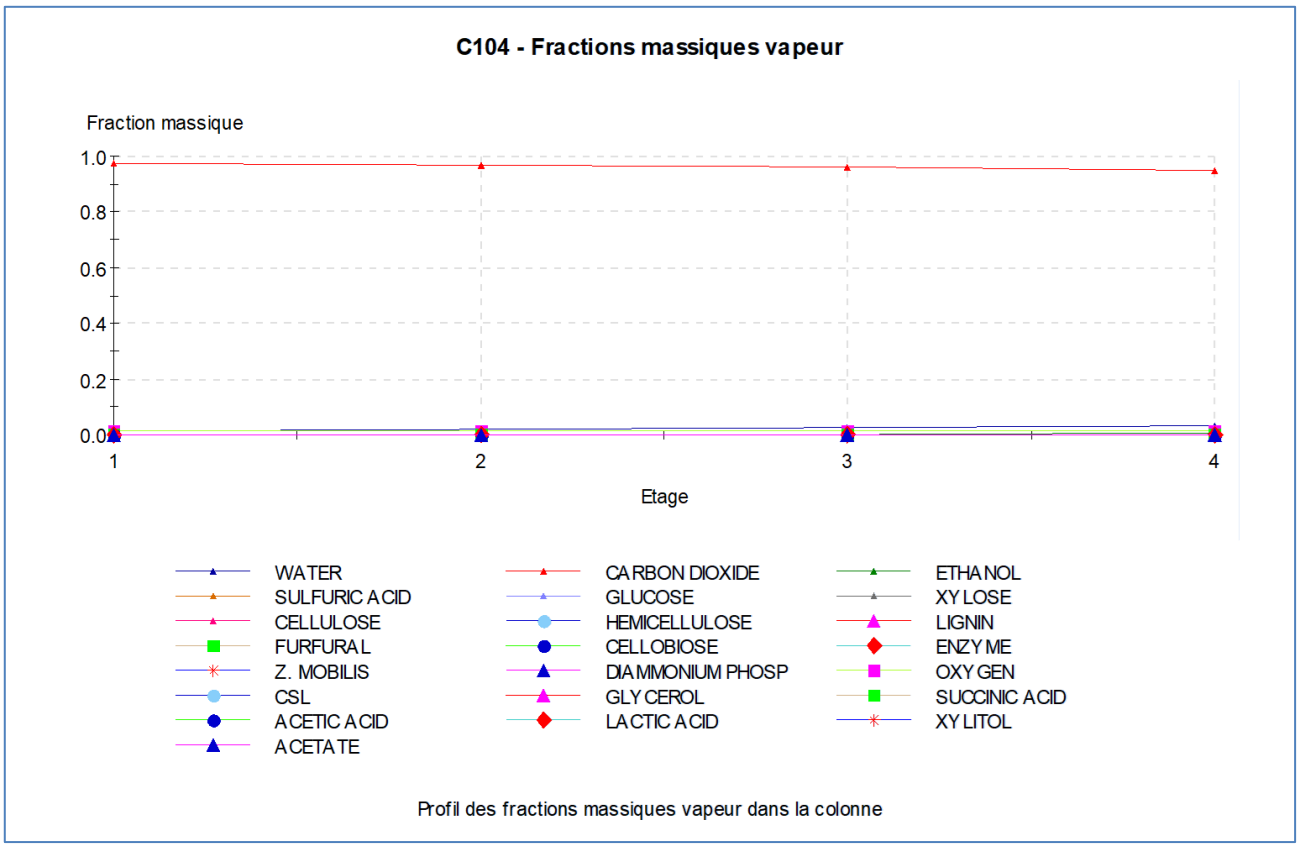


Colonne C104



Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés





Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés

4. BIBLIOGRAPHIE

[1] A. Aden, M. Ruth, K. Ibsen, J; Jechura, K. Neeves, J. Sheehan, B. Wallace
Lignocellulosic Biomass to Ethanol Design and Economics Utilizing Co-Current Dilute Acid Prehydrolysis and Enzymatic Hydrolysis for Corn Stover.
NREL, NREL/TP-510-32438, 2002.

[2] DECHEMA
Deutsche Gellelschaft Für Chemische Technik und Biotechnology e.V.

Copyright © 2024 Fives ProSim, Labège, France – Tous droits réservés