

EXEMPLE D'APPLICATION DE PROSIMPLUS

ATELIER DE PRODUCTION D'ÉTHANOL

INTERET DE L'EXEMPLE

Cet exemple illustre une unité de production d'alcool de bouche (éthanol) avec des spécifications de pureté très contraignantes. La simulation de ce procédé est complexe de par sa structure car le procédé comporte cinq colonnes de distillation diphasiques ou tri-phasiques très interconnectées avec de nombreux recyclages. En outre la représentation des équilibres entre phases est également particulièrement complexe à cause de la forte non-idéalité du système : spécifications de pureté très strictes, phénomènes de démixtion, azéotropes multiples, etc. Le point particulier qui est détaillé au niveau de cet exemple est la possibilité d'imposer des spécifications sur les courants de sortie d'une colonne de distillation ou de tout module de séparation multi-étagé dans ProSimPlus.

DIFFUSION	<input type="checkbox"/> Libre-Internet	<input checked="" type="checkbox"/> Réservée clients	<input type="checkbox"/> Restreinte	<input type="checkbox"/> Confidentielle
------------------	---	---	-------------------------------------	---

FICHIER PROSIMPLUS CORRESPONDANT	<i>PSPS_EX_FR-Production-Ethanol.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. Fives 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 MATIÈRES

1. MODELISATION DU PROCEDE	3
1.1. Présentation du procédé	3
1.2. Schéma du procédé	4
1.3. Spécifications	5
1.4. Constituants	5
1.5. Modèle thermodynamique	5
1.6. Conditions opératoires	6
1.7. Initialisation des courants coupés	13
1.8. "Trucs et astuces"	14
2. RESULTATS	16
2.1. Commentaires sur les résultats	16
2.2. Bilans matière et énergie	16
2.3. Profils des colonnes	18
3. REFERENCES	24

1. MODELISATION DU PROCEDE

1.1. Présentation du procédé

L'objectif de cette unité est de produire de l'alcool "de bouche", c'est à dire de l'éthanol, avec une pureté importante.

Le procédé est alimenté en phlegmes, un mélange issu d'une étape de fermentation. Il est constitué principalement d'eau et d'éthanol et en plus faible quantité de différentes impuretés que l'on cherchera à éliminer telles que le méthanol, le 1-Propanol, le 2-Méthyl-1-Propanol, le 1-Butanol, le 3-Méthyl-1-Butanol, l'Acétaldéhyde ou l'Ethyl Acétate.

Ces phlegmes sont alimentées en tête de la colonne à distiller avec condenseur total D530 (courants 1 et 2). La colonne D530 est une colonne de distillation extractive : elle reçoit dans sa partie enrichissement une importante quantité d'eau (extractant) (courant 34) qui provoque le départ en tête des impuretés de l'alimentation ayant moins d'affinité pour l'eau que l'alcool. L'alcool se retrouve en pied de colonne et alimente les autres colonnes diphasiques D540 et D541 (courant 5 qui se divise en 6 et 7). Cette étape est appelée purification par hydro-sélection.

Dans les colonnes D540 et D541, l'alcool est extrait dans les soutirages latéraux liquides sur les plateaux de tête riches en éthanol (courants 12 et 17). Le distillat de ces colonnes (courants 9 et 14) ainsi que des soutirages latéraux effectués aux plateaux inférieurs des colonnes (courants 11, 13 et 16, 18) sont renvoyés en amont du procédé, après mélange (M101) et réchauffement (E101), au niveau de la tête de la colonne D530 (courant 34).

Le pied de la colonne D540 alimente la colonne D541 au niveau des plateaux inférieurs (courant 10). Le résidu extrait en pied de la colonne D541 est essentiellement constitué d'eau avec quelques impuretés (courant 15), avec un débit semblable à celui de l'arrosage de la colonne D530.

L'alcool extrait au niveau des colonnes D540 et D541 est envoyé dans la colonne à distiller D550 (du courant 21) pour éliminer le méthanol résiduel. On récupère en pied de colonne (courant 23) l'alcool affiné et en tête un distillat liquide contenant une concentration plus importante en méthanol (courant 22).

Les impuretés provenant de la tête de la colonne D530 sont envoyées dans la colonne triphasique D560 (colonne dite "de mauvais goûts") (courant 24). On récupère en tête de cette colonne de l'alcool dit "à brûler" (courants 25 et 26) et en pied les "flegmasses" (courant 27). En outre, un soutirage latéral est effectué (courant 28), permettant de récupérer des huiles qui sont ensuite lavées à l'eau dans un décanteur (D101). La phase aqueuse sortant du décanteur est renvoyée à la colonne D560 (courant 30). Les huiles extraites sont les huiles dites "de fusel" (courant 29). Un autre soutirage latéral au niveau des plateaux supérieurs de la colonne (courant 31) permet de recycler les impuretés en amont du procédé. Le courant rejoint les soutirages des colonnes D540 et D541 avant d'alimenter la tête de colonne D530.

1.2. Schéma du procédé

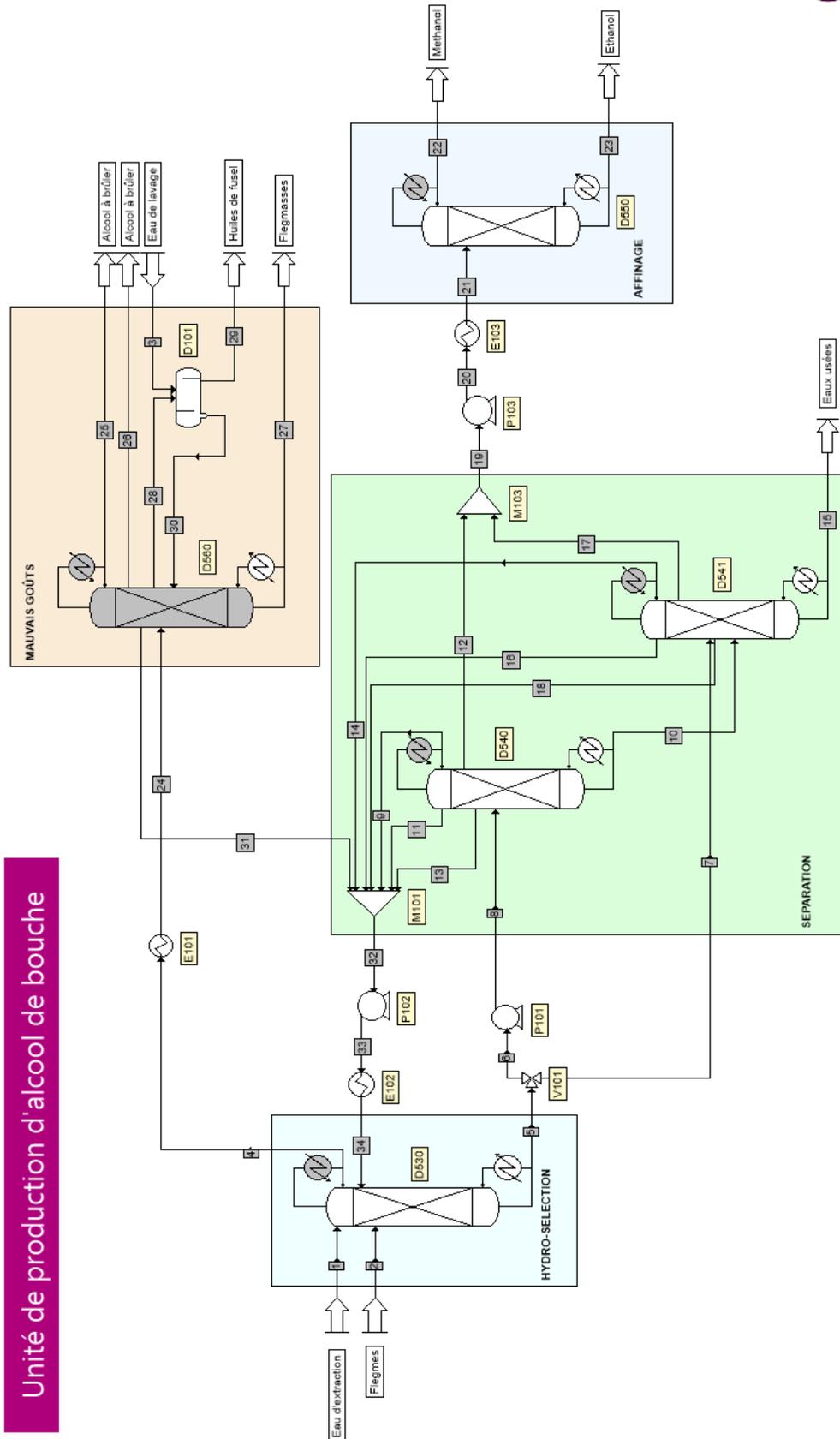


Schéma de l'atelier de production d'éthanol

1.3. Spécifications

La principale spécification imposée sur ce procédé est de produire de l'alcool à 96°GL (équivalent à une fraction massique en éthanol supérieure à 94%) et ne contenant plus que quelques ppm des différentes impuretés présentes dans l'alimentation.

1.4. Constituants

Les constituants pris en compte dans la simulation sont extraits de la base de données standard de ProSimPlus:

- | | | |
|-----------------------|----------------------|-----------------|
| ❖ Ethanol | ❖ 1-Propanol | ❖ Méthanol |
| ❖ Acétaldéhyde | ❖ 1-Butanol | ❖ Ethyl Acétate |
| ❖ 2-Methyl-1-Propanol | ❖ 3-Methyl-1-Butanol | ❖ Eau |

1.5. Modèle thermodynamique

Compte tenu de la nature des constituants en présence, le modèle thermodynamique utilisé pour la représentation des équilibres entre phases, ainsi que des autres grandeurs thermodynamiques nécessaires à la simulation, telle l'enthalpie, repose sur le modèle de calcul de coefficients d'activité NRTL [1].

Afin de bien représenter toute la complexité du système, des paramètres d'interaction de ce modèle ont été obtenus par régression de valeurs expérimentales d'équilibre sur les différentes zones de concentration d'intérêt. Il a été ainsi régressé 5 jeux de paramètres d'interaction binaire :

- le premier (global, NRTL D530) est utilisé dans la colonne D530 ainsi que le décanteur D101 et les modules P101, P102, E101, E102, M101, V101 et les alimentations du procédé ;
- le deuxième (NRTL D540) est utilisé dans la colonne D540 ;
- le troisième (NRTL D541) est utilisé dans la colonne D541 ;
- le quatrième (NRTL D550) est utilisé dans la colonne D550 ainsi que les modules P103, E103 et M103 ;
- le cinquième (NRTL D560) est utilisé dans la colonne D560.

La qualité des calculs effectués avec cet ensemble de modèles thermodynamiques a pu être appréciée en comparant les résultats de simulation avec des valeurs relevées sur un site industriel.

1.6. Conditions opératoires

✓ Alimentations du procédé

	2	1	3
Température (°C)	74,8	84	20
Pression (bar)	0,75	0,7	1
<i>Débits massiques partiels (kg/h)</i>			
Ethanol	3490,19	-	-
Acétaldéhyde	1,1083	-	-
2-Methyl-1-Propanol	3,6958	-	-
1-Propanol	1,8369	-	-
1-Butanol	0,023	-	-
3-Methyl-1-Butanol	8,9073	-	-
Méthanol	1,6754	-	-
Ethyl Acétate	0,5624	-	-
Eau	382,832	42075,1	199,2

✓ Colonne D530

Type de colonne	Diphasique
Type de condenseur	Total
Nombre d'étages théoriques	51
Plateau d'alimentation extractant (1)	2
Plateau d'alimentation (2)	22
Plateau d'alimentation recyclages flegmes (34)	7
Débit molaire de distillat (kmol/h)	100,61
Débit molaire de reflux (kmol/h)	76,27
Pression de tête (bar)	0,624
Pression en pied de colonne (bar)	0,865

Spécifications complémentaires de la colonne :

Spécifications		Type de produit	Constituant	Valeur	Phase	Type	Action
1 :	Taux de récupération	Distillat liquide	3-Methyl-1-Butanol	0,8315	Liq.	Mass.	Débit du distillat
2 :	Taux de récupération	Distillat liquide	Ethanol	0,0638	Liq.	Mass.	Débit de reflux

Efficacité des plateaux (par mots-clés sous l'onglet « paramètres avancés ») :

$$EFF=50*1.55$$

✓ **Colonne D540**

Type de colonne	Diphasique
Type de condenseur	Total
Nombre d'étages théoriques	66
Plateau d'alimentation (courant 8)	51
Débit molaire de distillat liquide (kmol/h)	1,1611
Débit molaire de reflux (kmol/h)	292,714
Pression de tête (bar)	1,888
Pression de pied (bar)	2,074

Spécifications complémentaires de la colonne :

Spécifications		Type de produit	Constituant	Valeur	Phase	Type	Action
1 :	Taux de récupération	Distillat liquide	Ethanol	0,0194	Liq.	Mass.	Débit de distillat
2 :	Taux de récupération	Soutirage 12	Ethanol	0,9307	Liq.	Mass.	Débit de soutirage 12
3 :	Taux de récupération	Soutirage 11	Ethanol	0,0333	Liq.	Mass.	Débit de soutirage 11
4 :	Taux de récupération	Résidu liquide	Eau	0,9902	Liq.	Mass.	Débit de reflux

Valeurs d'initialisation pour les soutirages :

Courants	Plateau	Taux molaire	Etat
11	43	0,00176	Liquide
12	5	0,03632	Liquide
13	48	0,00425	Liquide

Efficacité des plateaux :

Plateaux 1 à 4	1
Plateaux 5 à 45	0,3
Plateaux 46 à 65	1

✓ **Colonne D541**

Type de colonne	Diphasique
Type de condenseur	Total
Nombre d'étages théoriques	66
Plateau d'alimentation (courant 7)	49
Plateau d'alimentation (courant 10)	66
Débit molaire de distillat liquide (kmol/h)	1,2221
Débit molaire de reflux (kmol/h)	124,766
Pression de tête (bar)	0,3
Pression de pied (bar)	0,546

Spécifications complémentaires de la colonne :

Spécifications		Type de produit	Constituant	Valeur	Phase	Type	Action
1 :	Taux de récupération	Distillat liquide	Ethanol	0,0414	Liq.	Mass.	Débit de distillat
2 :	Taux de récupération	Soutirage 17	Ethanol	0,8887	Liq.	Mass.	Débit de soutirage 17
3 :	Taux de récupération	Soutirage 16	Ethanol	0,0393	Liq.	Mass.	Débit de soutirage 16
4 :	Taux de récupération	Résidu liquide	Eau	0,9971	Liq.	Mass.	Débit de reflux

Valeurs d'initialisation pour les soutirages :

Courants	Plateau	Taux molaire	Etat
16	37	0,0007	Liquide
17	5	0,0117	Liquide
18	43	0,0015	Liquide

Efficacité des plateaux :

Plateaux 1 à 4	1
Plateaux 5 à 40	0,4
Plateaux 41 à 65	1

Valeur d'initialisation fournie : Température tête de colonne : 46,3 °C

✓ **Colonne D550**

Type de colonne	Diphasique
Type de condenseur	Total
Nombre d'étages théoriques	51
Plateau d'alimentation (courant 21)	14
Débit molaire de distillat liquide (kmol/h)	0,85170
Débit molaire de reflux (kmol/h)	138,559
Pression plateau 2 (bar)	0,31
Pression plateau 50 (bar)	0,545

Spécifications complémentaires de la colonne :

Spécifications		Type de produit	Constituant	Valeur	Phase	Type	Action
1 :	Taux de récupération	Distillat liquide	Ethanol	0,0109	Liq.	Mass.	Débit de distillat
2 :	Taux de récupération	Distillat liquide	Méthanol	0,3845	Liq.	Mass	Débit de reflux

Efficacité des plateaux : 0,5

✓ Colonne D560

Type de colonne	Triphasique
Type de condenseur	Total
Nombre d'étages théoriques	43
Plateau d'alimentation (courant 24)	28
Plateau d'alimentation (courant 30)	34
Débit molaire de distillat liquide (kmol/h)	3,5078
Débit molaire de reflux (kmol/h)	28,443
Pression de tête (bar)	0,41
Pression de pied (bar)	0,55

Spécifications complémentaires de la colonne (par mots-clés sous l'onglet « paramètres avancés ») :

	Spécifications	Type de produit	Constituant	Valeur	Phase	Type	Action
1 :	Taux de récupération	Distillat liquide	Ethanol	0,467	Liq.	Mass.	Débit de distillat
2 :	Taux de récupération	Soutirage 31	Ethanol	0,305	Liq.	Mass.	Débit de soutirage 31
3 :	Taux de récupération	Soutirage 26	Ethanol	0,0783	Liq.	Mass.	Débit de soutirage 26

! 1. Spécification sur l'éthanol au distillat

SPEC:TAUX=0.4670 CONS=1 SOUT=1 PHASE=L MASS

ACT: DL

!

! 2. Spécification sur l'éthanol au soutirage de tête

SPEC:TAUX=0.3050 CONS=1 SOUT=8 PHASE=L MASS

ACT: SOUT=8 PHASE=L

!

! 3. Spécification sur l'éthanol au deuxième soutirage

SPEC:TAUX=0.0783 CONS=1 SOUT=23 PHASE=L MASS

ACT: SOUT=23 PHASE=L

Valeurs d'initialisation pour les soutirages :

Courants	Plateau	Débit molaire (kmol/h)	Etat
26	23	0,8459	Liquide
31	8	2,3907	Liquide
28	27	2,8177	Liquide

Efficacité des plateaux : 0,3

✓ **Echangeur E101**

Type d'échangeur	Consignateur de température
Température (°C)	Température de bulle
Perte de charge (bar)	0

✓ **Echangeur E102**

Type d'échangeur	Consignateur de température
Température (°C)	88,5
Perte de charge (bar)	0,05

✓ **Echangeur E103**

Type d'échangeur	Consignateur de température
Température (°C)	74,8
Perte de charge (bar)	0,01

✓ **Diviseur de courant V101**

Taux de partage vers courant 6	0,664
--------------------------------	-------

✓ **Pompe P101**

Pression de refoulement (bar)	2,05
Efficacité volumétrique	0,65
Efficacité mécanique	1
Efficacité électrique	1

✓ **Pompe P102**

Pression de refoulement (bar)	0,39
Efficacité volumétrique	0,65
Efficacité mécanique	1
Efficacité électrique	1
Etat physique liquide imposé	Oui

✓ **Pompe P103**

Pression de refoulement (bar)	0,39
Efficacité volumétrique	0,65
Efficacité mécanique	1
Efficacité électrique	1
Etat physique liquide imposé	Oui

✓ **Décanteur D101**

Température	Mélange adiabatique des alimentations
Pression (bar)	La plus faible des alimentations

✓ **Mélangeur M101**

Type de mélange	Adiabatique
-----------------	-------------

✓ **Mélangeur M103**

Type de mélange	Adiabatique
-----------------	-------------

1.7. Initialisation des courants coupés

✓ **34**

Température (°C)	88,5
Pression (bar)	0,7
Débit total (kg/h)	600
<i>Fraction massique</i>	
Ethanol	0,66
Eau	0,34

✓ **30**

Température (°C)	30
Pression (bar)	0,5
Débit total (kg/h)	270
<i>Fraction massique</i>	
Ethanol	0,15
Eau	0,85

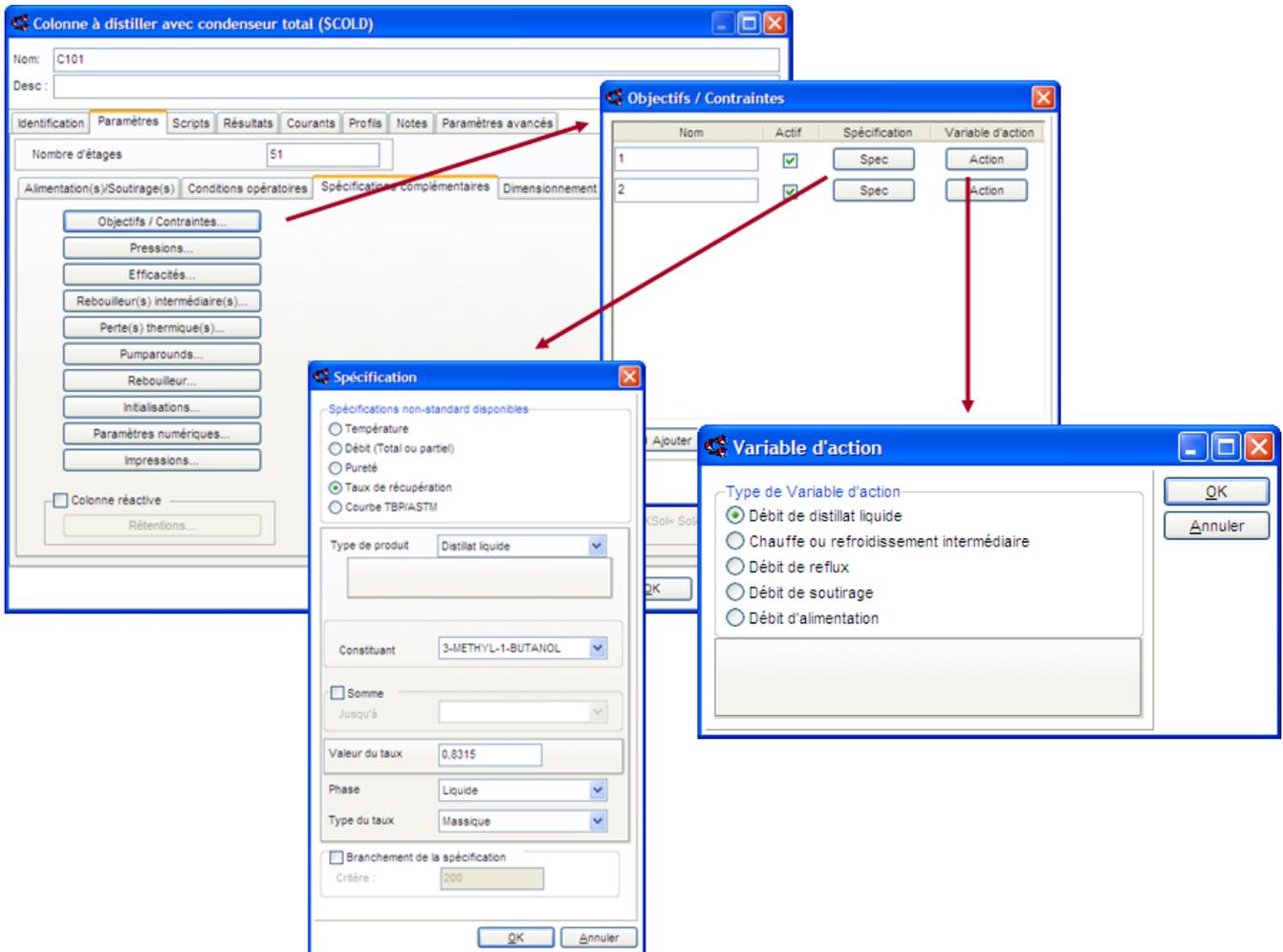
1.8. "Trucs et astuces"

Dans l'approche modulaire utilisée dans ProSimPlus, les caractéristiques (température, pression, composition...) des courants sortants de chaque module sont calculées à partir de la connaissance des paramètres du module et des caractéristiques des courants entrants. Dans la pratique, l'utilisateur souhaite souvent imposer une ou plusieurs caractéristiques des courants sortants d'un module (un débit, une pureté ou un taux de récupération). C'est fréquemment le cas avec les colonnes de distillation ou de stripping (séparateurs multi-étagés).

La possibilité d'imposer des paramètres de sortie (ou en d'autres termes de fixer des contraintes ou des "spécifications non-standard") est intégrée dans chaque module colonne de ProSimPlus, grâce à l'option "Objectifs/Contraintes" (fenêtre de configuration du module / onglet « Paramètres » / sous-onglet « Spécifications complémentaires »). Cette option permet de choisir la caractéristique de sortie que l'on souhaite imposer ainsi que la "variable d'action" associée, c'est à dire le paramètre qui va être ajusté pour satisfaire la contrainte. Sur une même colonne, Il est possible d'imposer plusieurs contraintes en jouant sur plusieurs variables d'action.

Cette possibilité est illustrée ici sur une des deux spécifications non-standard de la colonne D530 qui consiste à imposer un taux de récupération massique du 3-Methyl-1-Butanol au distillat de 83,15% en jouant sur le débit de distillat. Le bouton "Objectifs / Contraintes" donne accès à la fenêtre qui permet de créer des spécifications non-standard. A ce niveau :

- le bouton "Spec" permet de choisir ce que l'on souhaite imposer. Ici un taux de récupération au distillat liquide du constituant 3-Methyl-1-Butanol, égal à 0,8315 en phase liquide et en massique.
- Le bouton "Action" permet de choisir sa variable d'action. Ici le débit de distillat liquide.



Lorsque l'on utilise cette possibilité il faut garder présent à l'esprit les deux points suivants :

- on ne peut pas imposer plus de spécifications non-standard qu'il y a de degrés de liberté sur le fonctionnement d'une colonne. Par exemple, sur une colonne d'absorption ayant en entrée, un courant vapeur et un courant liquide, et en sortie, un courant vapeur et un courant liquide, il n'est pas possible d'imposer de spécification non-standard. Sur la colonne D530 ci-dessus il y deux degrés de liberté (le débit de distillat liquide et le reflux) on peut donc imposer deux spécifications non-standard.
- le logiciel ne peut satisfaire que des contraintes qu'il est physiquement possible d'atteindre. Par exemple si l'on impose de récupérer tous les constituants lourds au distillat et les constituants légers au résidu, cela conduira à une non-convergence de la colonne.

On remarquera également qu'il est possible de désactiver une spécification non-standard préalablement décrite. Cette fonctionnalité permet de ne pas prendre en compte telle ou telle spécification au niveau des calculs ce qui peut se révéler utile dans la mise au point de la convergence d'une colonne particulièrement complexe.

2. RESULTATS

2.1. Commentaires sur les résultats

La séquence de calcul (l'ordre de calcul des modules) est générée automatiquement.

La convergence de l'ensemble du flowsheet est obtenue en 9 itérations, soit 11 passages dans le réseau cyclique maximum.

2.2. Bilans matière et énergie

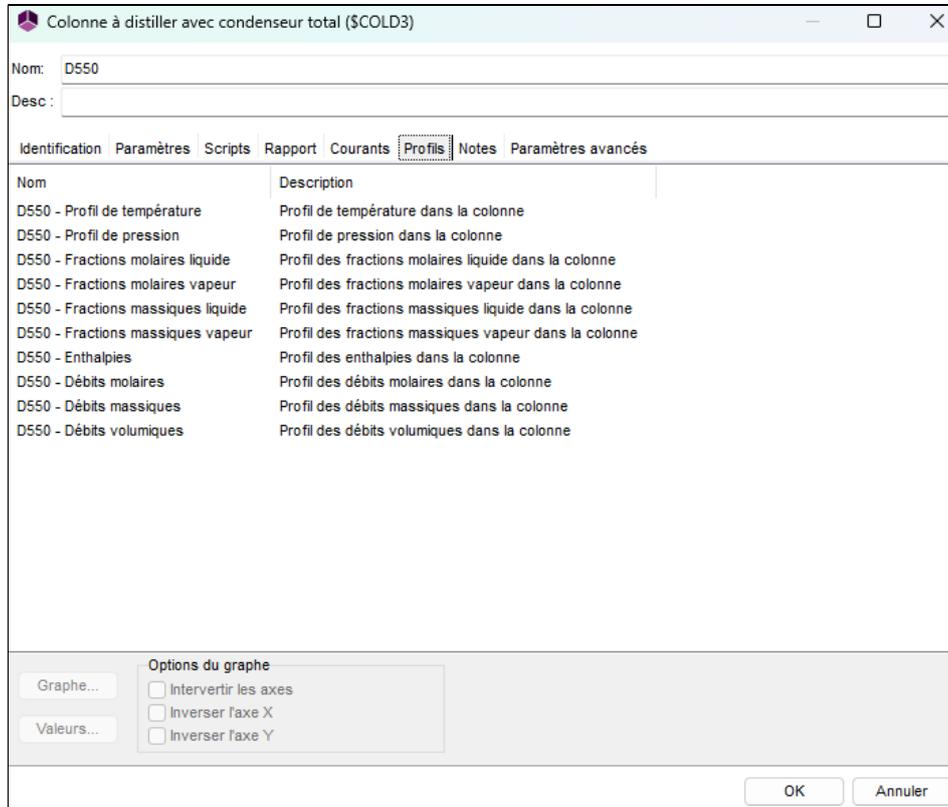
Ce document ne présente que les bilans matière énergie sur les courants les plus pertinents. ProSimPlus fournit cependant des résultats complets sur tous les courants et sur chaque opération unitaire.

Courants		2	1	4	5	10	21
De		Flegmes	Eau d'extraction	D530	D530	D540	E102
Vers		D530	D530	D560	V101	D541	D550
Débits partiels		kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h
ETHANOL		3490,19	0	247,267737	3628,40213	0,00729591	3325,7566
ACETALDEHYDE		1,1083	0	1,17693343	0	0	0
2-METHYL-1-PROPANOL		3,6958	0	4,02038814	0,18475065	0	0,00300141
1-PROPANOL		1,8369	0	2,26477859	1,0943653	0	0,01172401
1-BUTANOL		0,023	0	0,00732432	0,01579003	0,01047991	0
3-METHYL-1-BUTANOL		8,9073	0	8,96257799	1,81622897	0	1,1745E-05
METHANOL		1,6754	0	0,02985659	1,92733414	0,00734255	1,6126539
ETHYL ACETATE		0,5624	0	0,58461276	0	0	0
WATER		382,832	42075	1075,02767	41579,9436	27338,5136	204,08179
Débit total	kg/h	3890,8311	42075	1339,34188	45213,3842	27338,5387	3531,46578
Fractions massiques							
ETHANOL		0,89702943	0	0,18461884	0,08025062	2,6687E-07	0,94174963
ACETALDEHYDE		0,00028485	0	0,00087874	0	0	0
2-METHYL-1-PROPANOL		0,00094987	0	0,00300176	4,0562E-06	0	8,4990E-07
1-PROPANOL		0,00047211	0	0,00169096	2,4204E-05	0	3,3199E-06
1-BUTANOL		5,9113E-06	0	5,4686E-06	3,4923E-07	3,8334E-07	0
3-METHYL-1-BUTANOL		0,00228931	0	0,00669178	4,0170E-05	0	3,3259E-09
METHANOL		0,0004306	0	2,2292E-05	4,2628E-05	2,6858E-07	0,00045665
ETHYL ACETATE		0,00014454	0	0,00043649	0	0	0
WATER		0,09839337	1	0,80265367	0,91963794	0,99999908	0,05778954
Etat physique		Vapeur	Liquide	Liquide	Liquide	Liquide	Vapeur
Température	°C	74,8	84	75,1577507	88,839413	121,425521	74,8
Pression	bar	0,7499998	0,69999981	0,62399983	0,86499977	2,07399944	0,3851674
Enthalpie	kcal/h	71244,2083	-22037230	-620068,813	-22206316,5	-13285835,5	64026,144
Fraction vapeur		1	0	0	0	0	1

Courants		23	22	27	26	25
De		D550	D550	D560	D560	D560
Vers		Ethanol	Méthanol	Flegmasses	Alcool à brûler	Alcool à brûler
Débits partiels		kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h
ETHANOL		3289,50585	36,2507457	5,5240365	22,0137558	131,295325
ACETALDEHYDE		0	0	0	0,01364405	1,09220044
2-METHYL-1-PROPANOL		0,00300137	3,8745E-08	0,00606037	1,71204823	0,09512987
1-PROPANOL		0,01172356	4,4485E-06	0,21807512	0,89342595	0,19252216
1-BUTANOL		0	0	0,00109851	0,00205541	2,0885E-05
3-METHYL-1-BUTANOL		1,1745E-05	0	0,21640501	1,81918285	0,00831942
METHANOL		0,99250847	0,62006595	0,00390635	0,00113922	0,02020705
ETHYL ACETATE		0	0	0	0,00546581	0,55436049
WATER		202,723439	1,35835076	1238,10742	10,3852512	11,6855114
Débit total	kg/h	3493,23661	38,2291629	1244,07807	36,8459685	144,943597
Fractions massiques						
ETHANOL		0,94167851	0,94824848	0,00444048	0,59745358	0,90583736
ACETALDEHYDE		0	0	0	0,0003703	0,00753535
2-METHYL-1-PROPANOL		8,5919E-07	1,0135E-09	5,5144E-06	0,04646501	0,00065632
1-PROPANOL		3,3561E-06	1,1636E-08	0,00017529	0,02424759	0,00132826
1-BUTANOL		0	0	8,8299E-07	5,5784E-05	1,4409E-07
3-METHYL-1-BUTANOL		3,3623E-09	0	0,00017395	0,04937264	5,7398E-05
METHANOL		0,00028415	0,01621971	3,1400E-06	3,0918E-05	0,00013941
ETHYL ACETATE		0	0	0	0,00014834	0,00382466
WATER		0,05803313	0,03553179	0,99520074	0,28185583	0,08062109
Etat physique		Liquide	Liquide	Liquide	Liquide	Liquide
Température	°C	63,3009533	55,2321919	83,2207258	63,57261585	56,6963075
Pression	bar	0,54499985	0,3851674	0,54999985	0,4833332	0,40999989
Enthalpie	kcal/h	-741292,435	-8053,01953	-650479,61	-10481,5494	-32407,9491
Fraction vapeur		0	0	0	0	0

2.3. Profils des colonnes

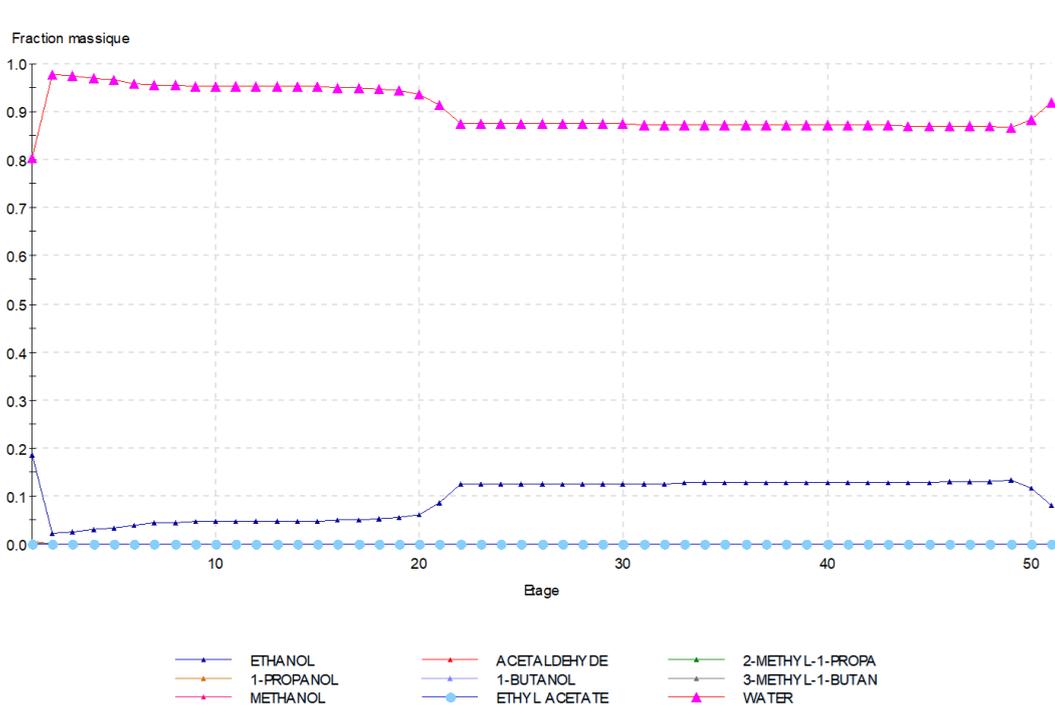
Les profils de colonne sont obtenus après la simulation dans la fenêtre de configuration de la colonne, sous l'onglet « Profils ». Un double-clic sur le profil souhaité, génère le graphique. Dans la suite, pour illustration, seuls les profils de fractions massiques liquides ont été représentés pour toutes les colonnes.



Compte tenu des différences en termes d'ordre de grandeur, les compositions en phase liquide ont été représentées sur deux graphiques distincts, le premier présentant l'évolution des compositions des constituants majoritaires (éthanol et eau), le second présentant les profils de compositions des impuretés dans la colonne.

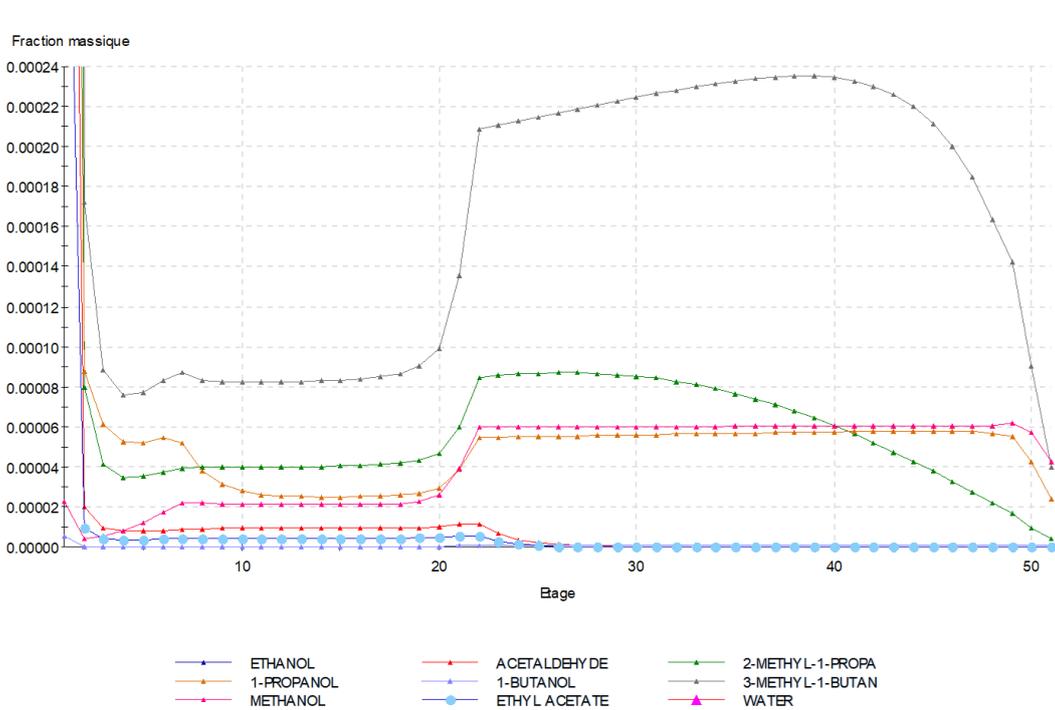
Colonne D530

D530 - Fractions massiques liquide



Profil des fractions massiques liquide dans la colonne

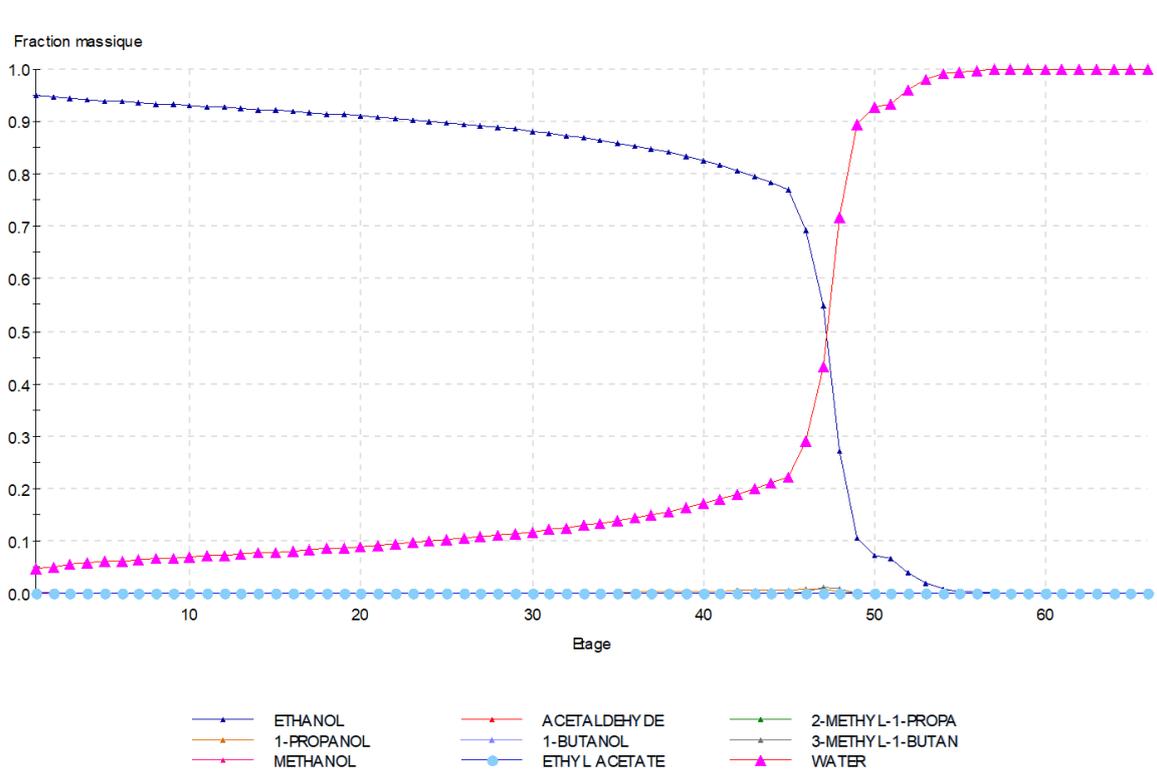
D530 - Fractions massiques liquide



Profil des fractions massiques liquide dans la colonne

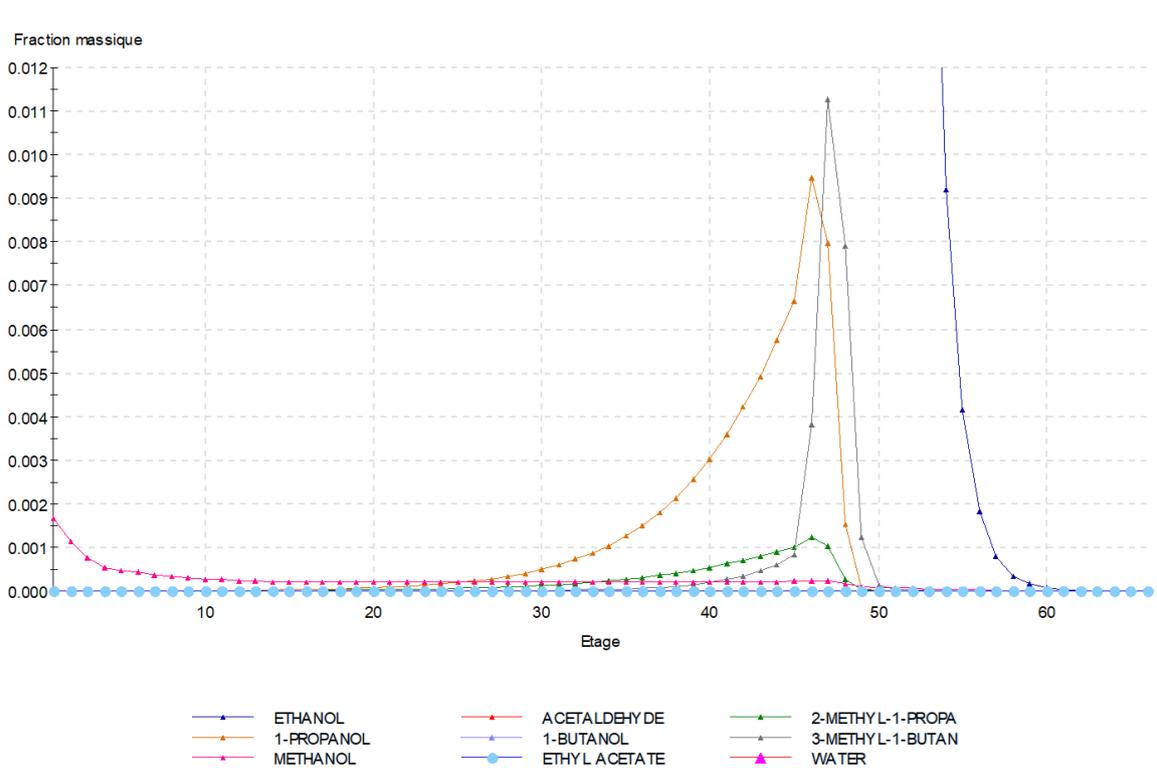
Colonne D540

D540 - Fractions massiques liquide



Profil des fractions massiques liquide dans la colonne

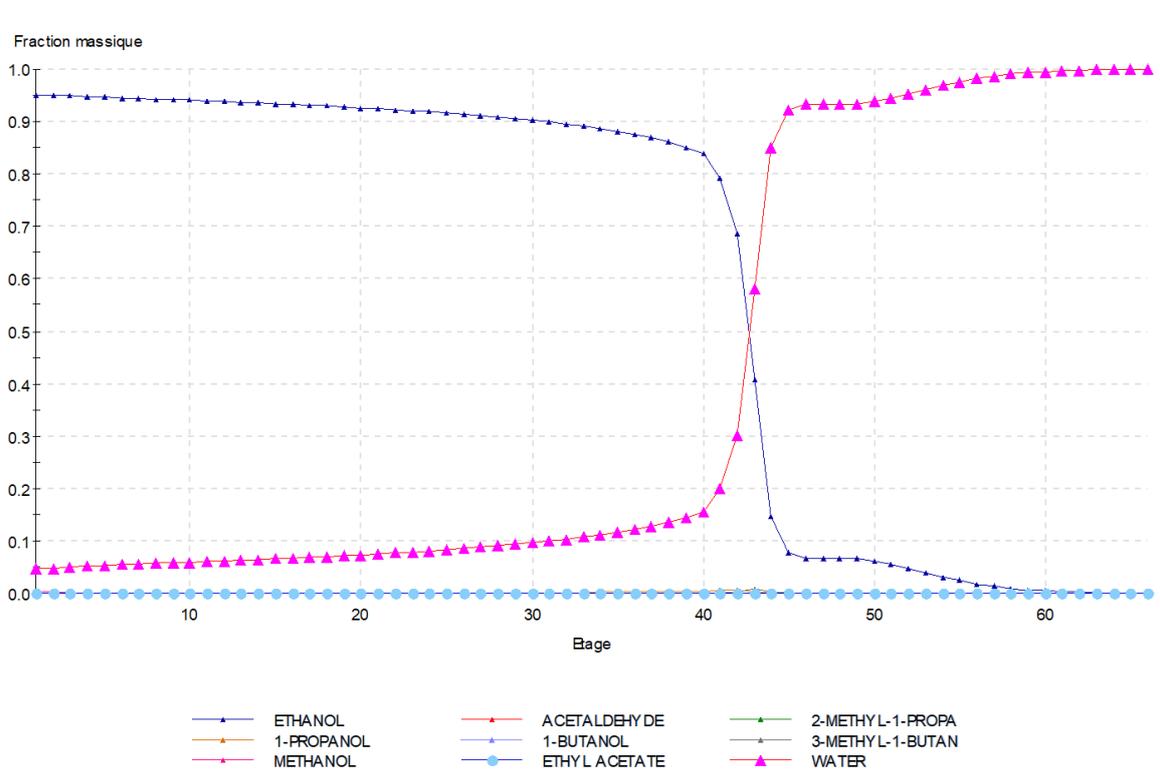
D540 - Fractions massiques liquide



Profil des fractions massiques liquide dans la colonne

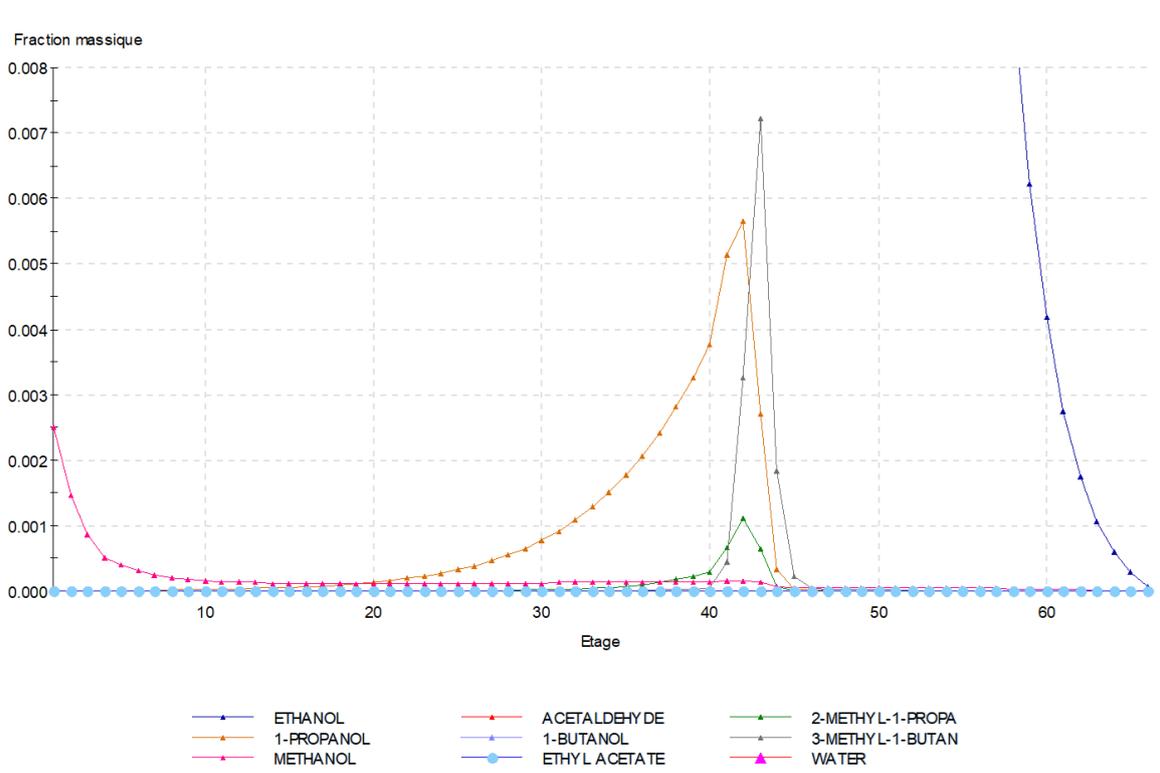
Colonne D541

D541 - Fractions massiques liquide



Profil des fractions massiques liquide dans la colonne

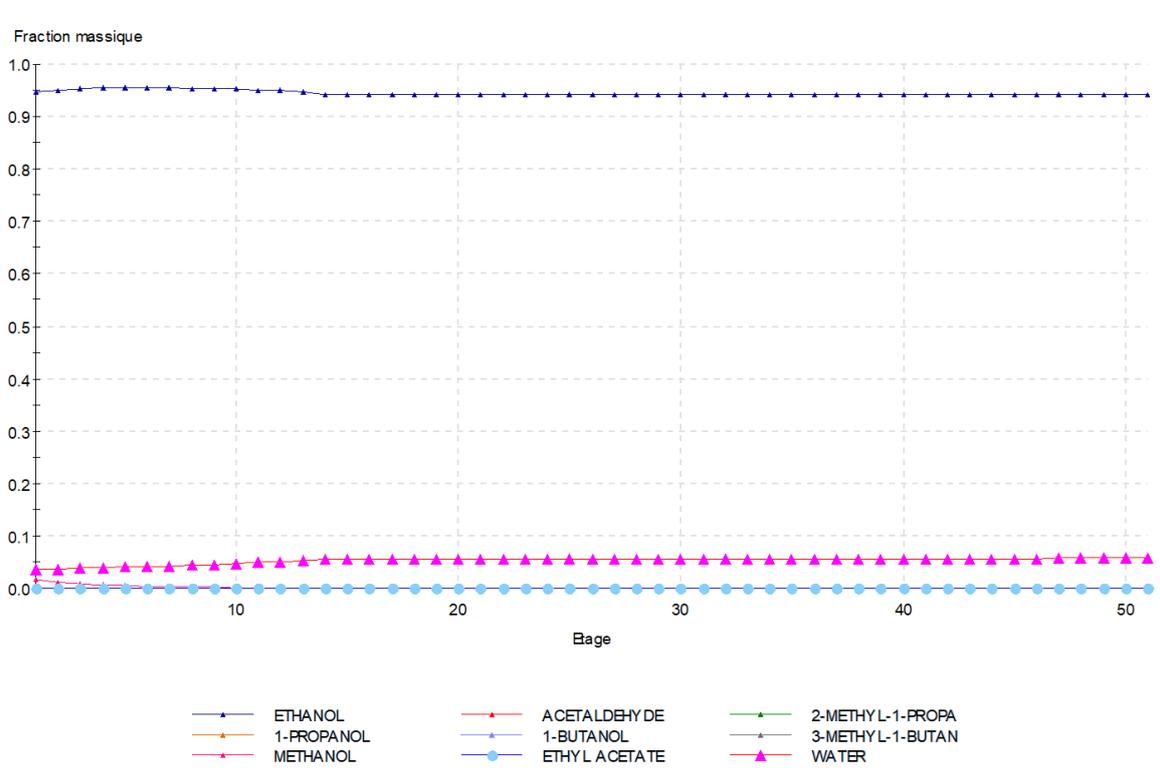
D541 - Fractions massiques liquide



Profil des fractions massiques liquide dans la colonne

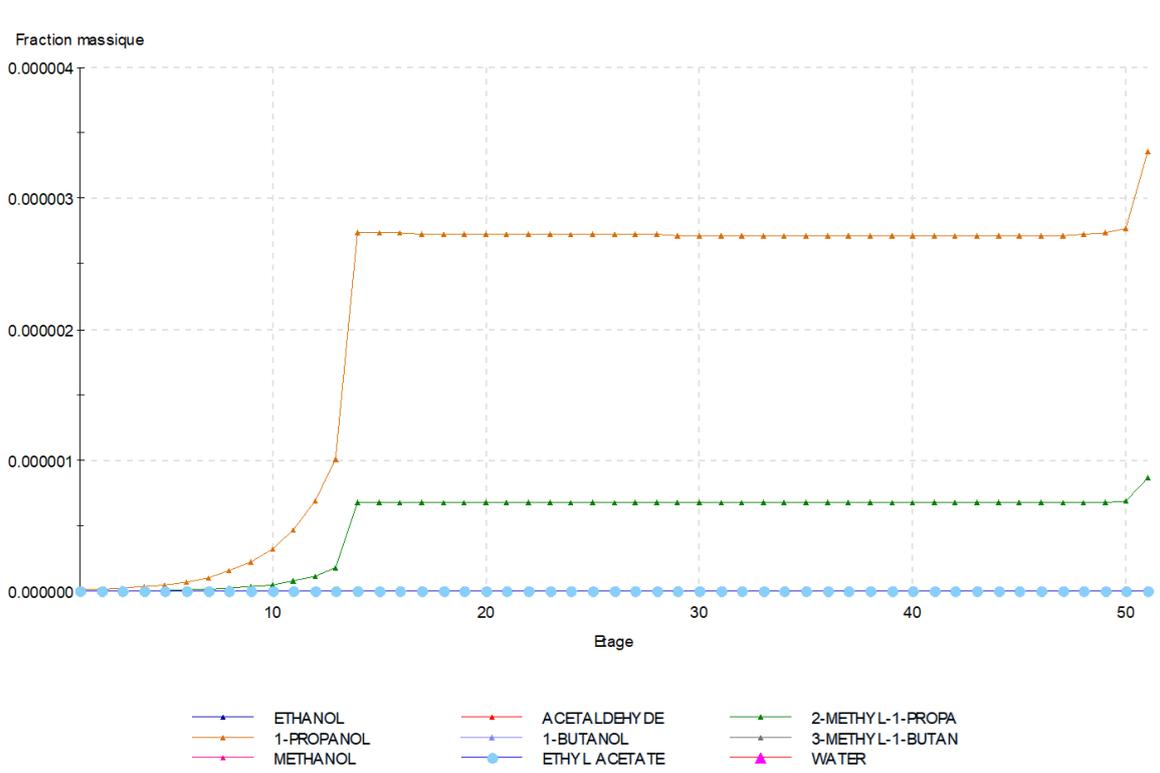
Colonne D550

D550 - Fractions massiques liquide



Profil des fractions massiques liquide dans la colonne

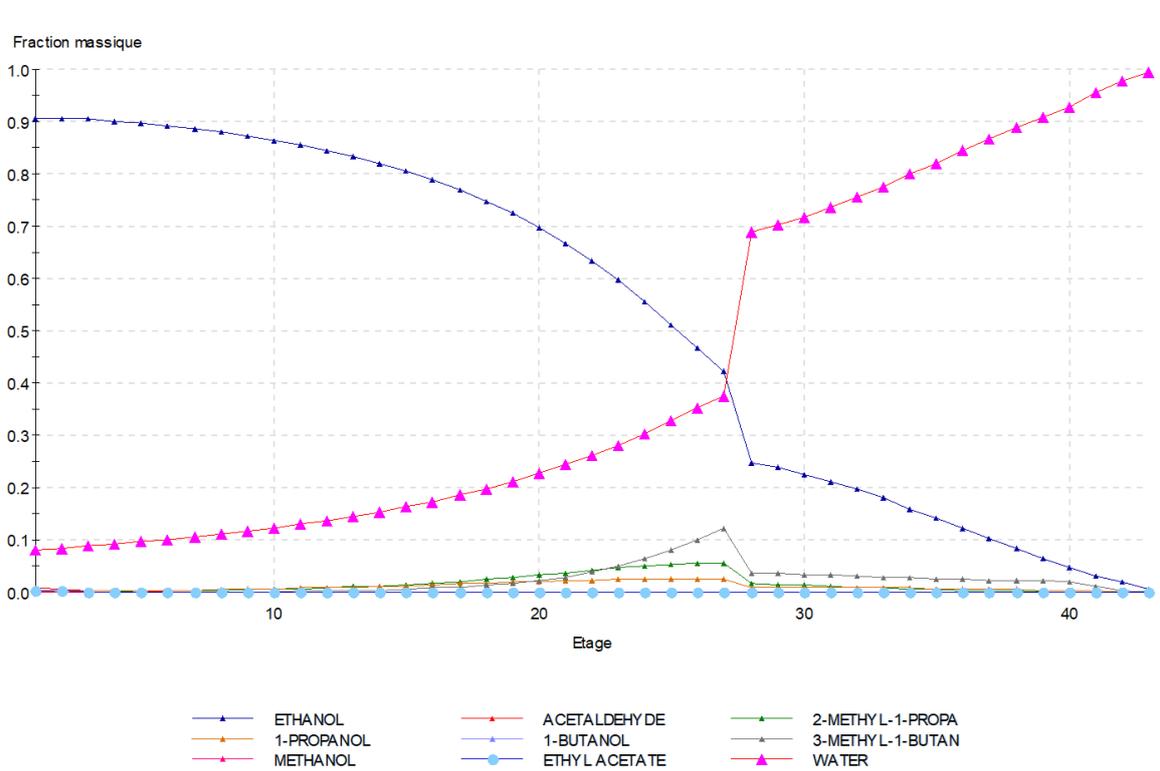
D550 - Fractions massiques liquide



Profil des fractions massiques liquide dans la colonne

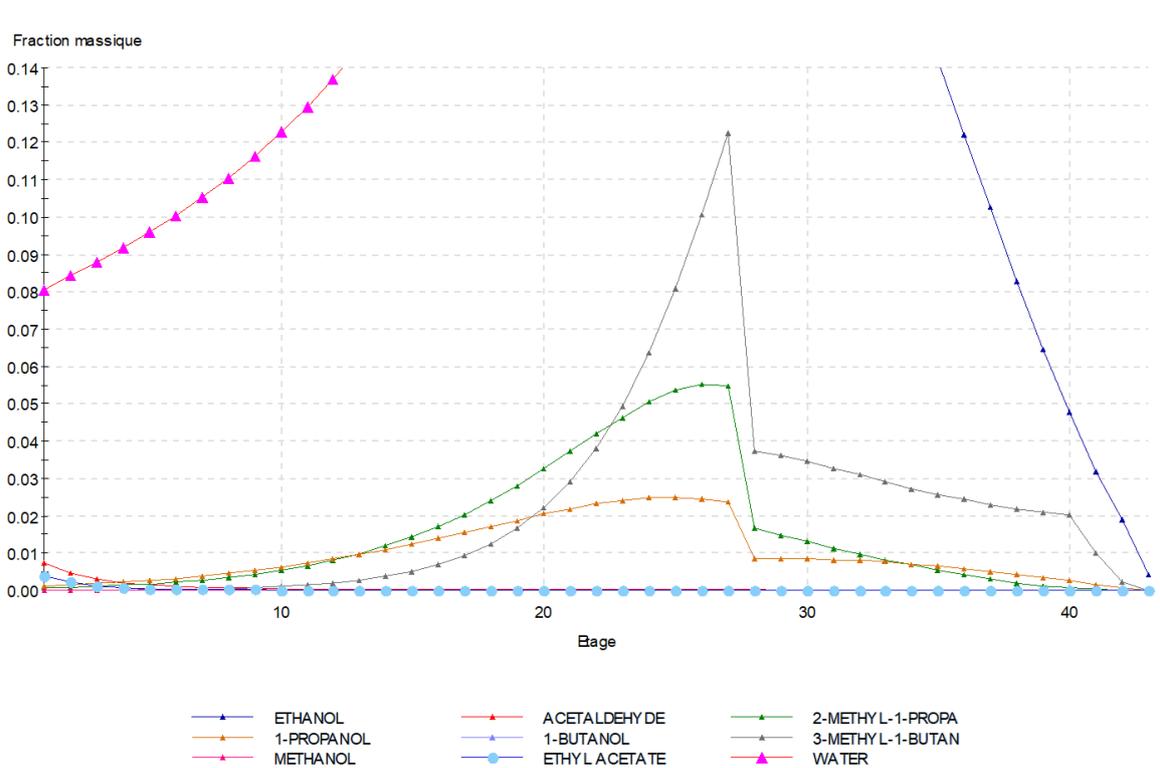
Colonne D560

D560 - Fractions massiques Liquide 1



Profil des fractions massiques liquide 1 dans la colonne

D560 - Fractions massiques Liquide 1



Profil des fractions massiques liquide 1 dans la colonne

3. REFERENCES

- [1] Renon H., Prausnitz J. M.,
"Local compositions in thermodynamic excess functions for liquid mixtures"
A.I.Ch.E. J., 14, 3, 135-144 (1968)