

Rapport final, Mars 2016

Analyse Pinch

UCB Farchim

Mit Unterstützung von



Diese Studie wurde mit Unterstützung von EnergieSchweiz erstellt.

Für den Inhalt sind alleine die Autoren verantwortlich

EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie BFE

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen. Postadresse: 3003 Bern

Infoline 0848 444 444. www.energieschweiz.ch/beratung

energieschweiz@bfe.admin.ch, www.energieschweiz.ch

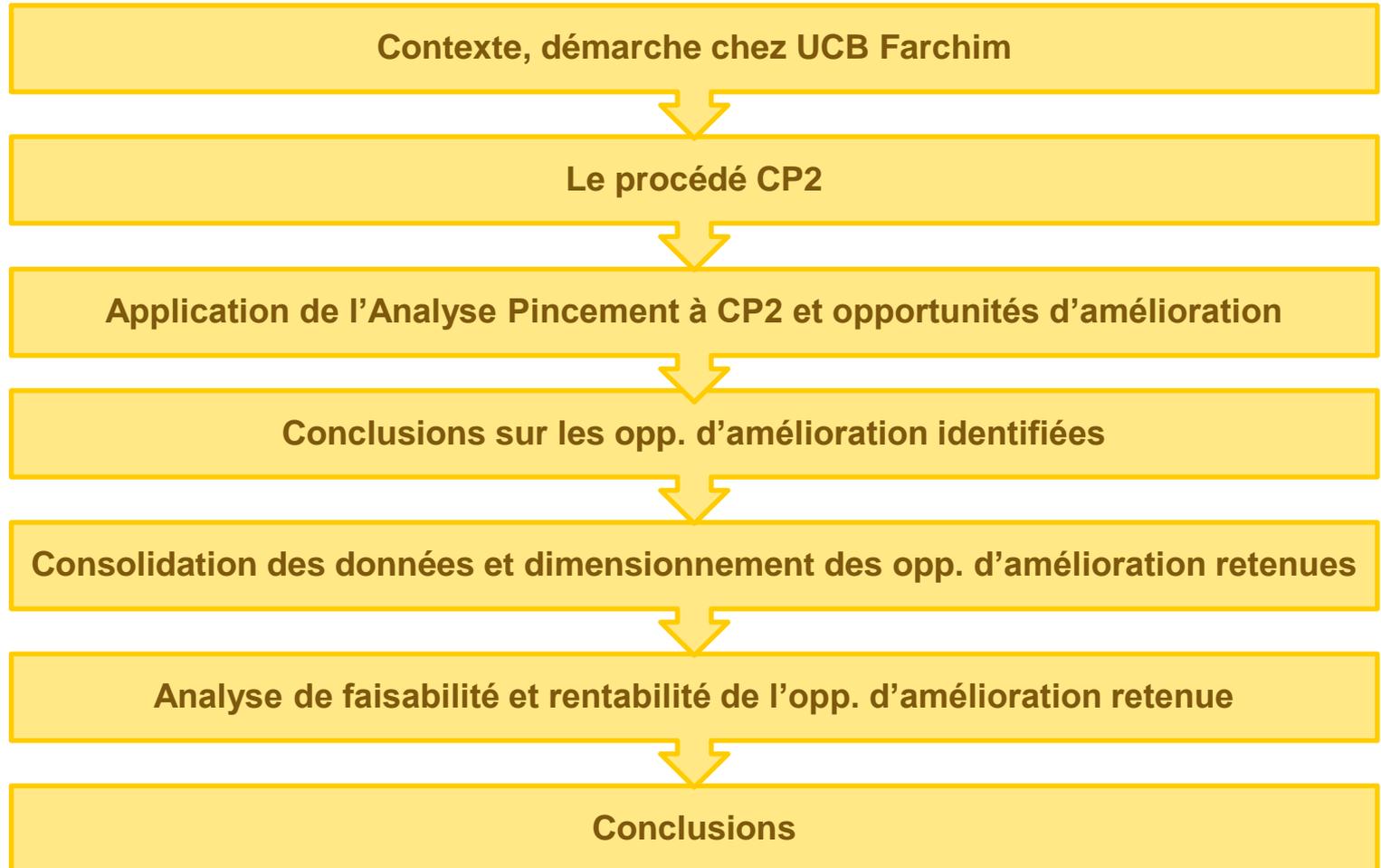


L'intégration énergétique par Analyse Pincement appliquée au procédé CP2

*Rapport final – UCB Farchim, Bulle
Mars 2016*



Stéphanie Perret, Planair SA
Fabrice Marchal, Planair SA



- UCB Farchim : industrie grande consommatrice d'énergies thermiques de chaleur et refroidissement
- Pré-analyse selon la méthode du Pincement en 2010 pour évaluer l'intérêt de la méthode pour les procédés d'UCB
- Le procédé CP2 a été retenu pour:
 - Son temps de fonctionnement élevé: environ 8000h/an
 - La simplicité du mix de produit: majoritairement un produit L059C
- Réalisation de l'étude du pincement pour CP2
 - Projet soutenu par l'OFEN dans le cadre de Suisse Energie
 - Phase 1: Identification des opportunités d'amélioration avec les outils de la méthode Pincement
 - Phase 2: Précisions des données procédés et de la faisabilité des opportunités d'amélioration retenues

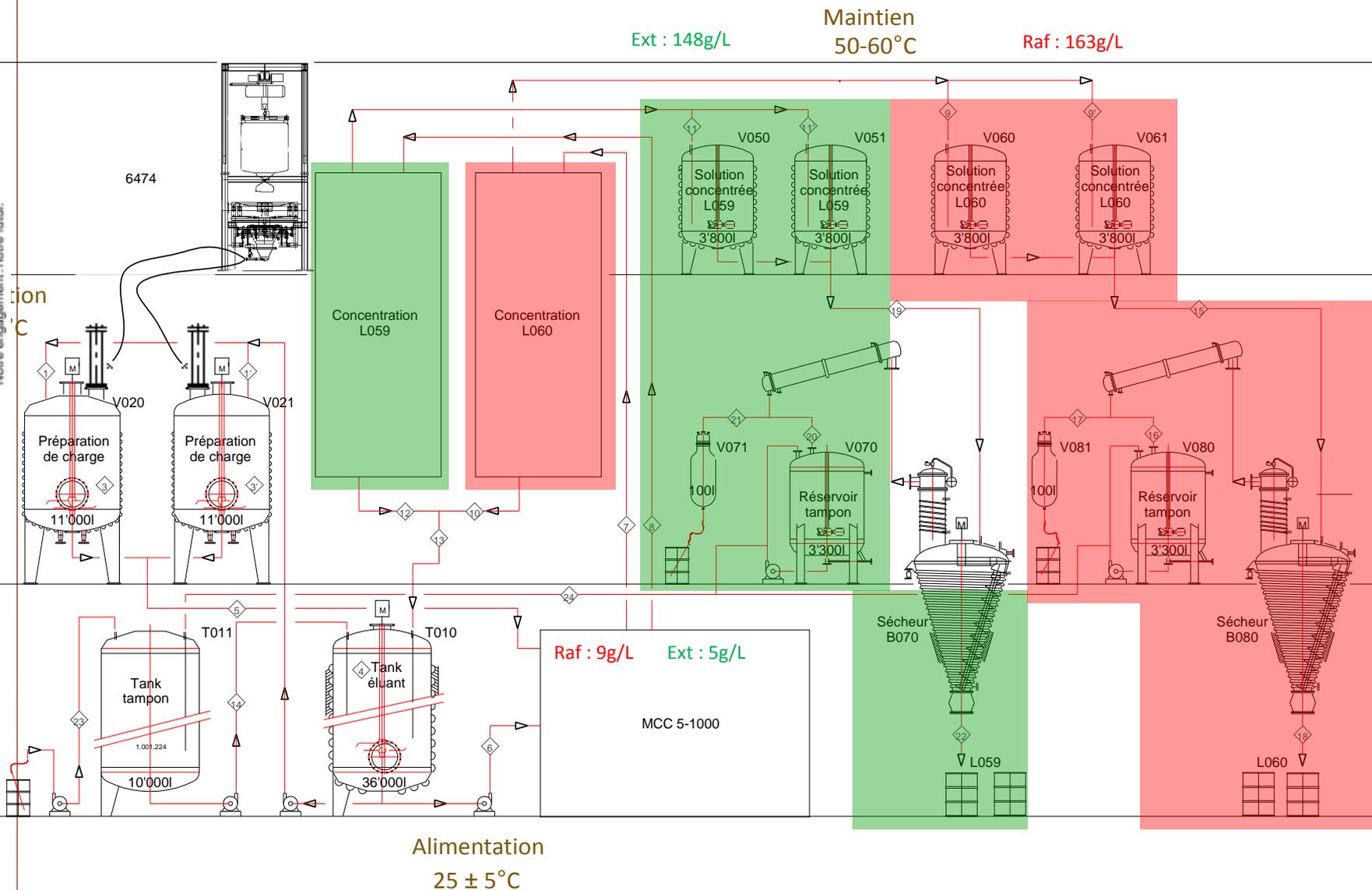


- Déroulement de la phase 1:
- Recueil des données procédés sur les températures, temps de fonctionnement, chauffage, refroidissement, maintien en température
- Intégration des données et traitement avec l'outil PinCH
- Identification de solutions d'intégration énergétique
- Economies d'énergie et rentabilité, chiffrages sommaires





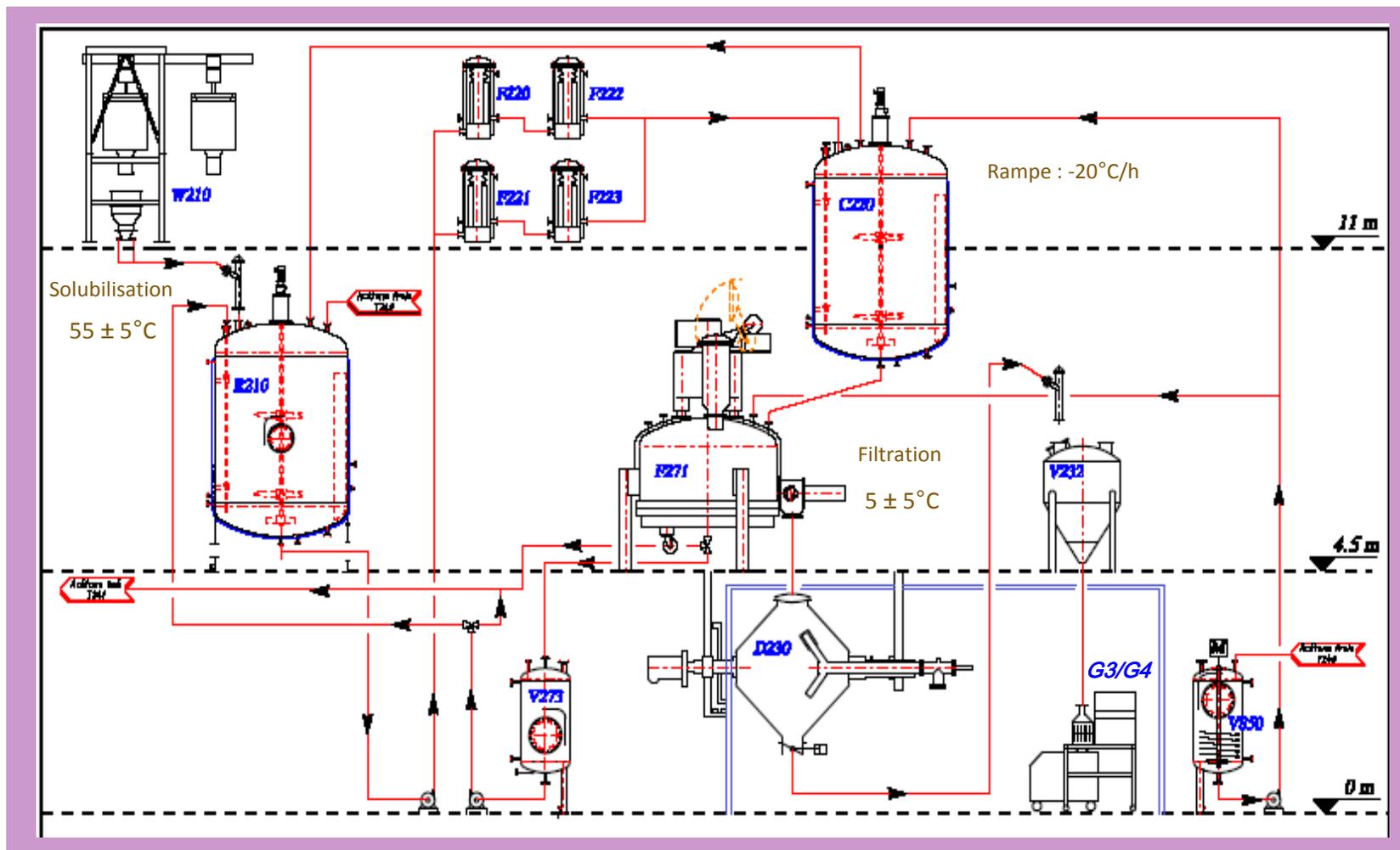
➔ Lignes 2.1 et 2.3: séparation chromatographique et concentration



suissénergie
Notre engagement : notre futur.

PLANAIR
Ingénieurs conseils en énergies et environnement

➔ Ligne 2.2: purification par recristallisation



Séchage 1 : $50 \pm 5^\circ\text{C}$

Séchage 2 : $80 \pm 5^\circ\text{C}$

Séchage 3 : $60 \pm 5^\circ\text{C}$

Exemples de données rassemblées

- Données procédés et utilités extraites de la supervision, analyse des niveaux de température et des étapes

PRC

Produit	Matière	Niveau de stock	Taille	Unité	Statut
Trassol Copy	Produit	2000	1000	L	OK
Produit	Produit	2000	1000	L	OK
Produit	Produit	2000	1000	L	OK

PARAMETRES	Date	Visa OP		
Thermostatisation*				
Consigne de thermostatation: 25.0 °C				
Eclairc	2003.06.27	ATE		
Température min: 20.00 max: 25.00 (25 à 9°C)				
Charge	2003.06.27	ATE		
Température min: 20.00 max: 25.00 (25 à 9°C)				
Recyclage	2003.06.27	ATE		
Température min: 20.00 max: 25.00 (25 à 9°C)				
Evaporateurs Extra et Raffinat à film tombant (RDFH)				
Contrôler que la température des évaporateurs Extra et Raffinat sur toute la durée du lot.				
Température				
1°C à 80°C (E2-TT-4010 et E2-TT-2010)				
Conforme <input checked="" type="checkbox"/> Non-conforme <input type="checkbox"/>	2003.06.27	ATE		
Contrôler que la pression des évaporateurs Extra et Raffinat sur toute la durée du lot.				
Pression				
1.5 à 1.8 bar (Super: 850 mbar)				
(E2: PTT-13010 et E2-PTT-2010)				
Conforme <input checked="" type="checkbox"/> Non-conforme <input type="checkbox"/>	2003.06.27	ATE		
Purifié chimie (PM)				
Cycle	Extra	Value cible	Spécification	Raffinat
		okk 0%	okk 0%	
3.143.5	38.8	ok	ok	27.3
				13.03.45

* Des valeurs inférieures à 20°C peuvent être acceptées pendant quelques minutes sans impacter la qualité du produit (cf. spécifications)

Séquentiel

ligne 2.1
Cuve V020

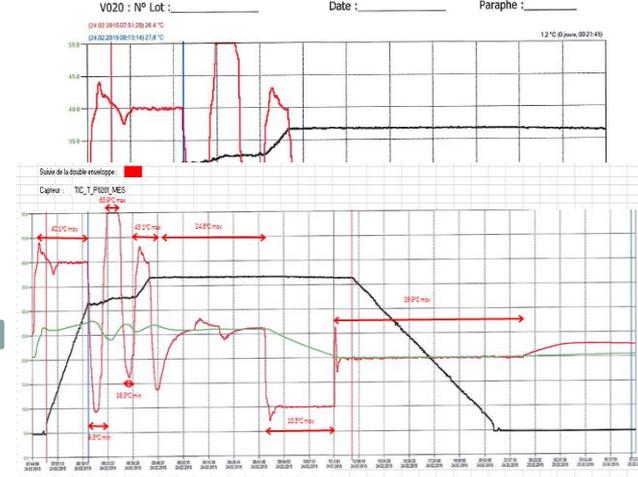
- 1.1 Ajout du solvant
- 1.2 Ajout étheracetam
- 1.3 Ajout de solvant restant
- 1.4 Solubilisation
- 1.5 Descente en température à 20°C
- 1.6 Alimentation MCC

ligne 2.3
Cuve V021

- 1.1 Ajout du solvant
- 1.2 Ajout étheracetam
- 1.3 Ajout de solvant restant
- 1.4 Solubilisation
- 1.5 Descente en température à 20°C
- 1.6 Alimentation MCC

Intégration des données
Traitement avec l'outil PinCH

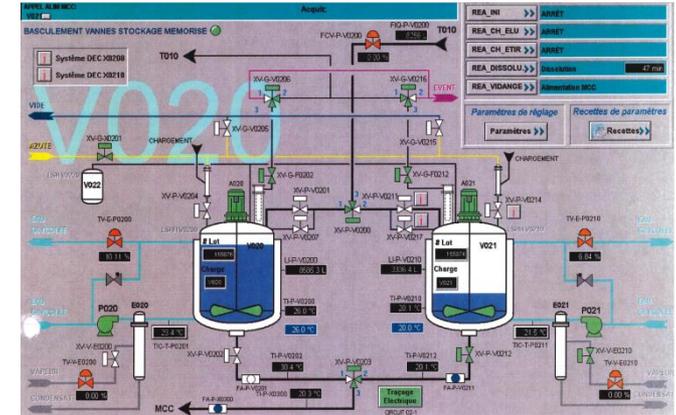
Suivi des paramètres de production

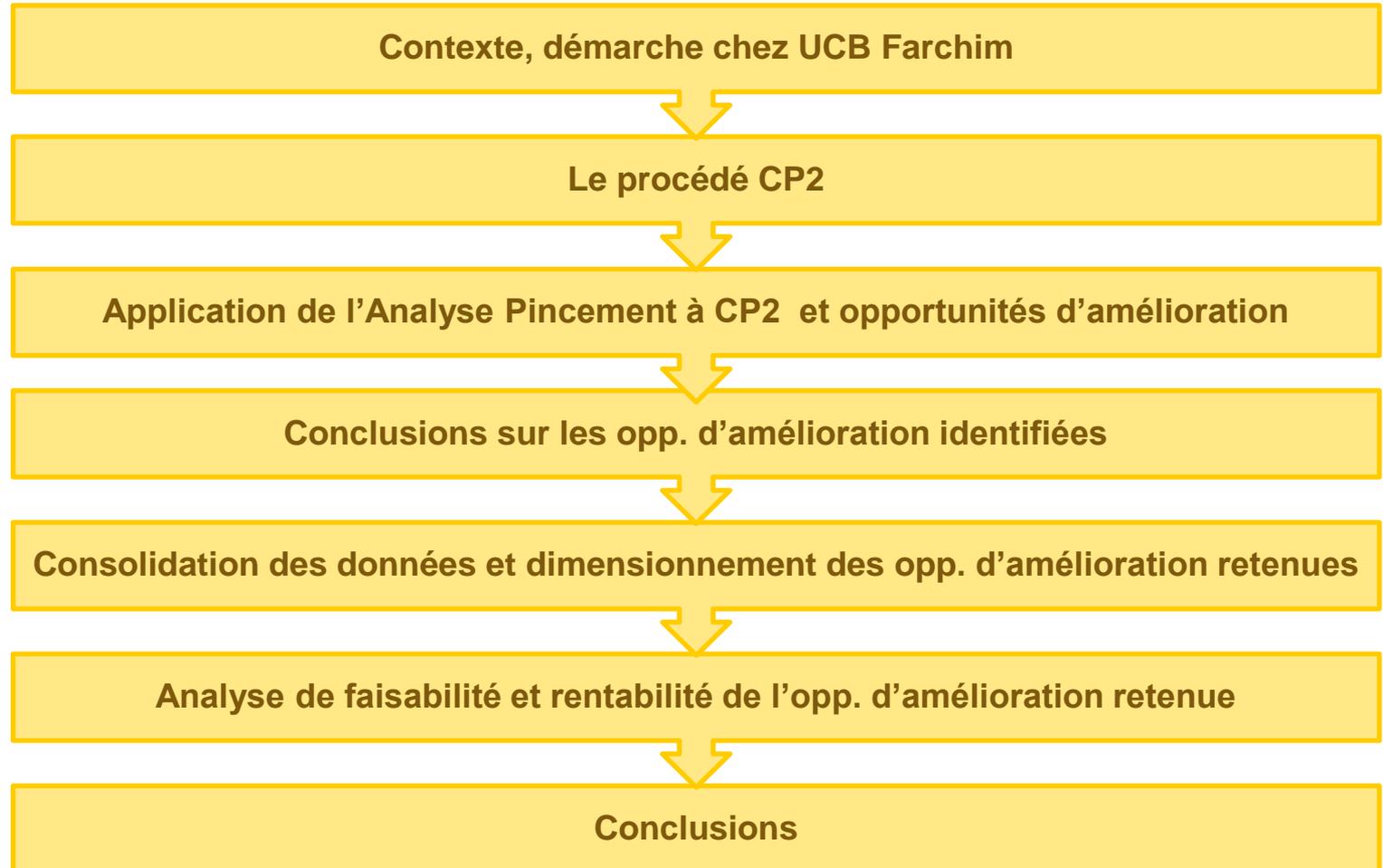


Fichier récapitulatif

n°	Process/Util	Name	Hot/Cold	Niveau de st	Tin		Tmax		Tat		Masse solvant		Flow	Cp	Phase	Charge	Heat min	Heat max	Alte	Vite	Taille utile	Etat	Equip	Comment, référence doc	
					°C	°C	°C	°C	kg	L	kg/L	kg/L													kWh
1.1	process	solvant	cold		20.0	25.3	27.5				5003	7923									0745	0843	V020	Ajout du solvant (température élévateur solvant 20°C)	
1.2	process	etheracetam	cold		24.1	26.2	27.9				5003	8210										0843	0847	V020	Ajout étheracetam
1.3	process	solvant	cold		25.7	26.1	27				6000	9102										0847	0845	V020	Ajout de solvant restant
1.4	process	charge	cold		25.9	26.1	27				6045	8246										0845	0846	V020	Solubilisation
1.5	process	charge	hot		15.0	20.0	22.5				6000	9102										0846	0845	V020	Descente en température à 20°C
1.6	process	charge	hot		20.0	20.0	20.1				6000	9102										0845	0847	V020	Alimentation MCC
1.1	utilite	utilite	hot				36.2	40.1	40.0													0745	0843	V020	Ajout du solvant
1.2	utilite	utilite	hot				5.5	20.1	23.9													0843	0847	V020	Ajout étheracetam
1.3	utilite	utilite	hot				30.2	40.1	42.1													0847	0845	V020	Ajout de solvant restant
1.4	utilite	utilite	hot				10.3	24.4	28.7													0845	0846	V020	Solubilisation
1.5	utilite	utilite	cold				7.2	10.5	24.0													0846	0845	V020	Descente en température à 20°C
1.6	utilite	utilite	cold				17	19.9	20.5													0845	0847	V020	Alimentation MCC

Impression d'écran





Le Pincement appliqué à CP2

Evaporateurs

- Le cahier des charges du procédé est représenté par le tableau des flux

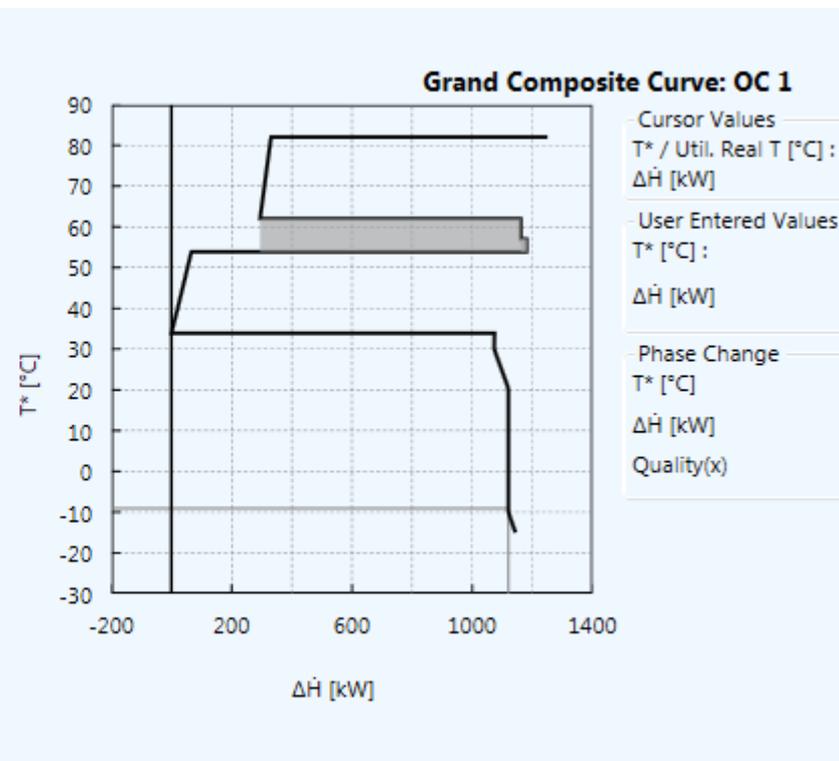
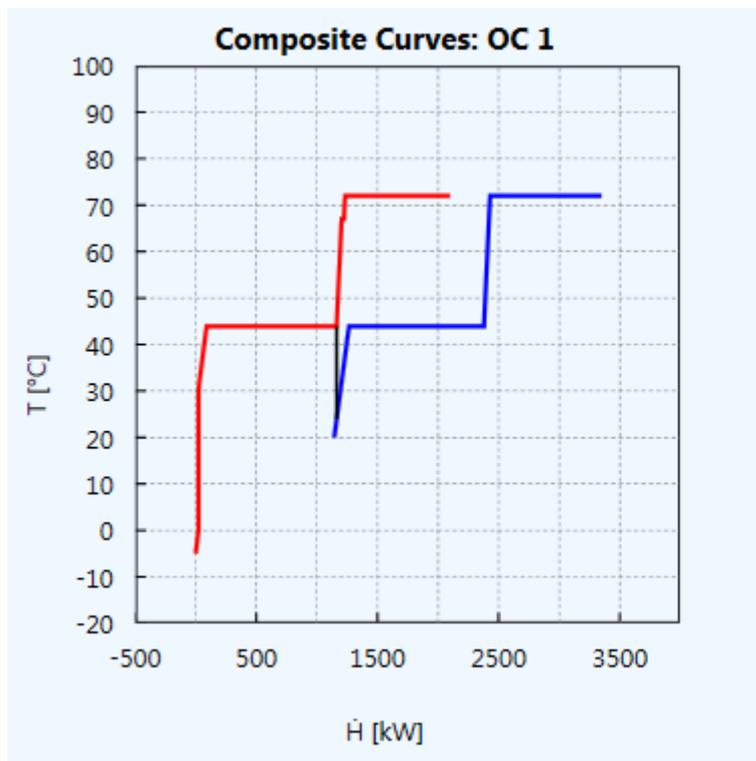
3 Process Streams - Kühni 2.3

+/-	Name	Hot/Cold	Tin [°C]	Tout [°C]	m [kg/s]	Cp [kJ/(kg*K)]	Phase Change [kJ/kg]	α [W/(m ² *K)]	Pressure [bar(a)]	CP [kW/K]	$\Delta\dot{H}$ [kW]
		↗	20	72	0.383	2.3697	-	500	-	0.91	47.19
		↗	72	72	0.383	-	1200	500	-	-	459.6
		↘	72	57.5	0.361	85.1283	-	-	-	30.73	445.6
		↘	72	72	0.361	-	1200	500	-	-	433.2
		↘	72	57.5	0.361	2.3697	-	1000	-	0.86	12.4
		↘	57.5	31	0.361	2.3697	-	500	-	0.86	22.67
		↘	72	50	0.022	2.3697	-	500	-	0.05	1.15
		↗	20	43.9	0.696	2.3697	-	500	-	1.65	39.42
		↗	43.9	43.9	0.696	-	800	1000	-	-	556.8
		↘	43.9	43.4	0.671	1602.3697	-	-	-	1075.19	537.6
		↘	43.9	43.9	0.671	-	800	500	-	-	536.8
		↘	43.9	43.4	0.671	2.3697	-	1000	-	1.59	0.8
		↘	43.4	30	0.671	2.3697	-	500	-	1.59	21.31
		↘	67	67	0.012	-	800	500	-	-	9.6
		↘	0	-5	0.5556	4.18	-	500	-	2.32	11.61



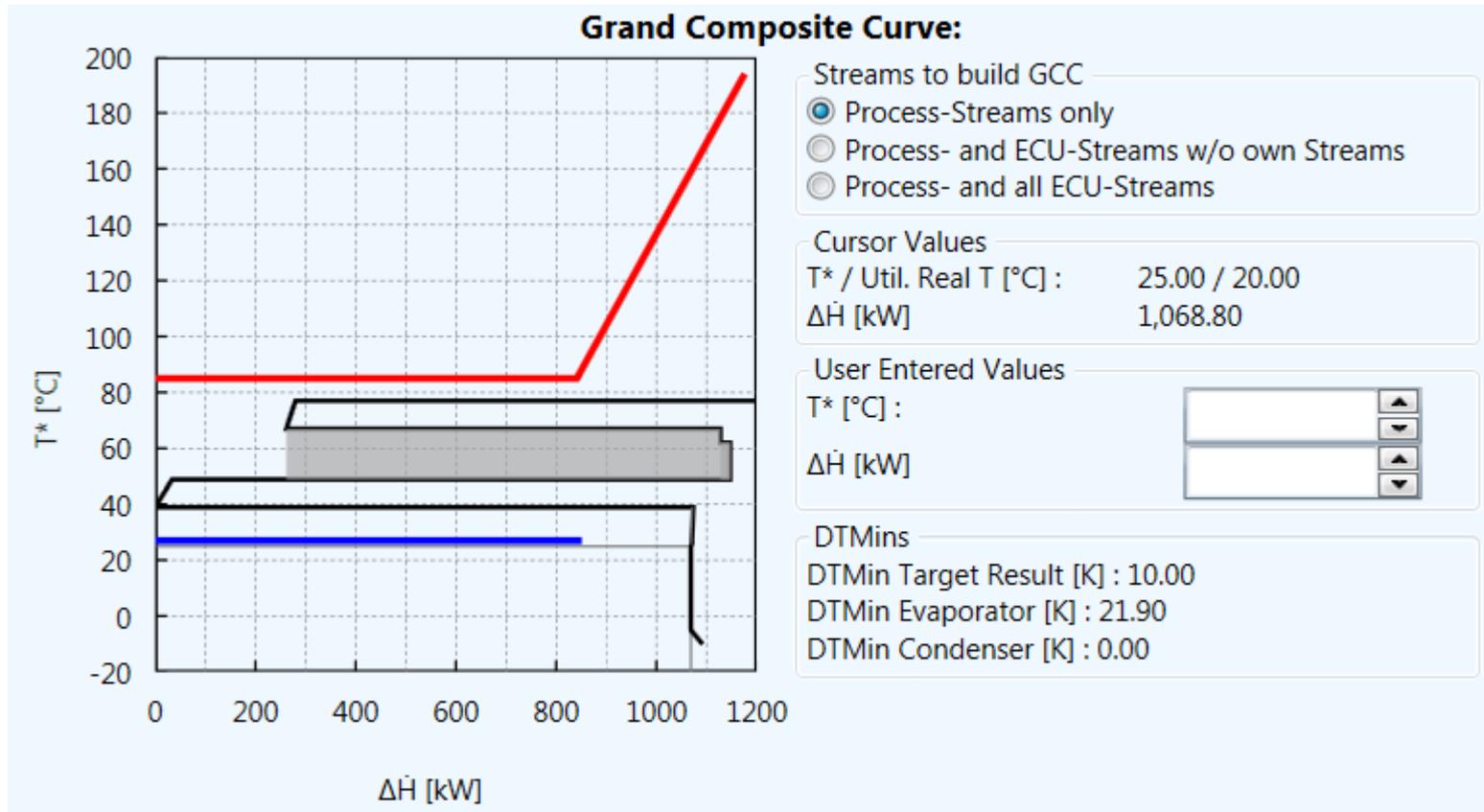
Evaporateurs

- Composites chaude (rouge), composite froide (bleu)
 - Récupération de chaleur
 - Besoin en utilité chaude, besoin en utilité froide
- Grande Composite
 - Unité de conversion d'énergie : pompe à chaleur ouverte (RMV) ou fermée

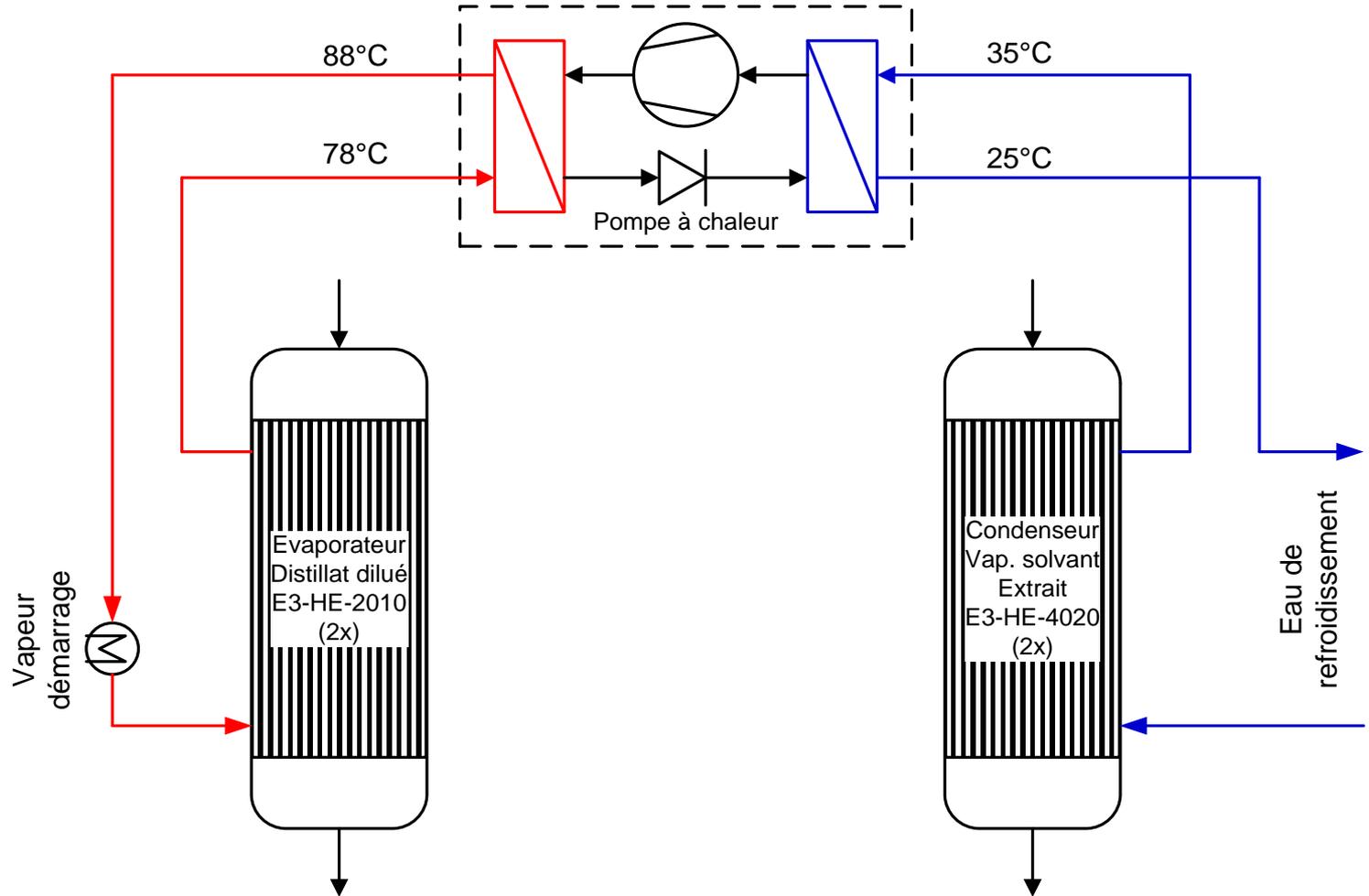


Évaporateurs

- Intégration d'un système de pompe à chaleur (à ammoniac)
 - Courbe rouge: condenseur de la PAC
 - Courbe bleue: évaporateur de la PAC
 - COP estimé une valeur de 3



➔ Intégration énergétique optimisée des évaporateurs



➔ Intégration énergétique optimisée des évaporateurs

➤ Une opportunité d'amélioration prometteuse et ambitieuse

- Revalorisation de la chaleur de condensation du solvant de l'extrait pour le chauffage des évaporateurs de raffinat dilué par pompe à chaleur
- Potentiel 2 x 400 kW de vapeur, 8000h/an

MWh vapeur économisés	MWh élec. supplémentaires	Économie CHF vapeur/an	Coûts CHF électricité/an	Bilan économie CHF/an
-6400	1600	-512'000	192'000	-320'000

■ Éléments techniques modifiés ou nouveaux

- Remplacement des échangeurs de chaleur pour la vaporisation du raffinat (actuel. vapeur)
- Intégration énergétique du condenseur de vapeur de solvant de l'extrait avec l'évaporateur du raffinat: une pompe à chaleur permet de rehausser le niveau de température de l'eau de refroidissement (30°C) pour alimenter en chaleur (eau à 90°C) l'évaporateur du raffinat

Hypothèses: Prix de la vapeur: 80CHF/MWh vapeur et Prix de l'électricité: 120 CHF/MWh



➔ Intégration énergétique optimisée des évaporateurs

➤ Questions ouvertes

- Caractéristiques thermodynamiques du solvant (chaleur latente de vaporisation aux pressions spécifiques des différents équipements),
- Températures actuelles dans les évaporateurs (solvant azéotropique),
- Marge d'ajustement des températures coté Extrait,
- Fonctionnement détaillé du système (débits et pressions aux différents équipements),
- Technologies disponibles et fiables pour ces échanges de chaleur (pompe à chaleur, échangeurs de chaleur, recompression mécanique),
- Implantation de ces éléments

➤ Risques

- Adaptation des évaporateurs liée au changement d'utilité (eau chaude vs vapeur)
- Vérification du procédé avec la modification d'utilité proposée
- Investissement conséquent, à confirmer

➤ Opportunités

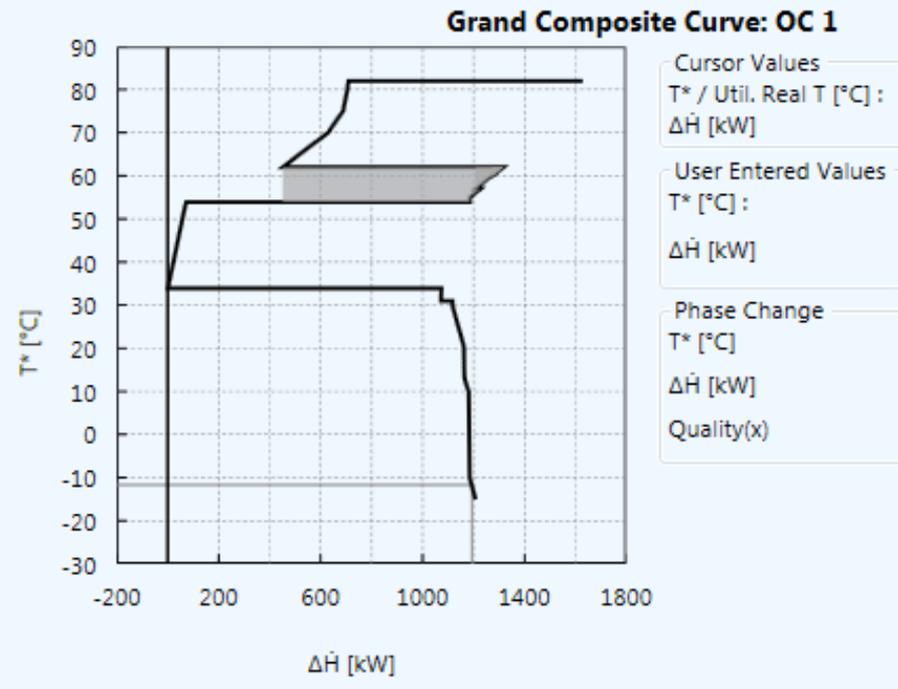
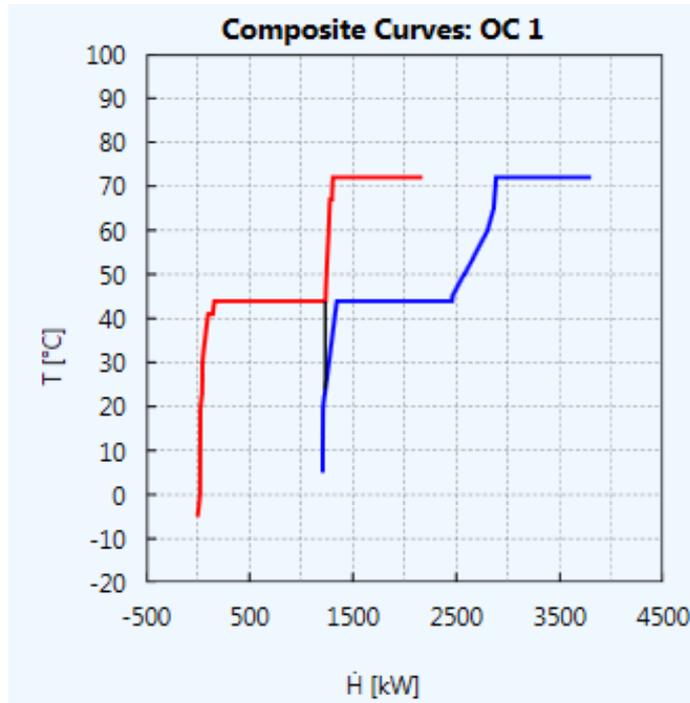
- Optimisation transposable sur d'autres sites UCB
- Economie annuelle envisagée de plus de CHF 300'000.-/an



Le Pincement appliqué à CP2

Tous les flux CP2, y compris chauffage CP2

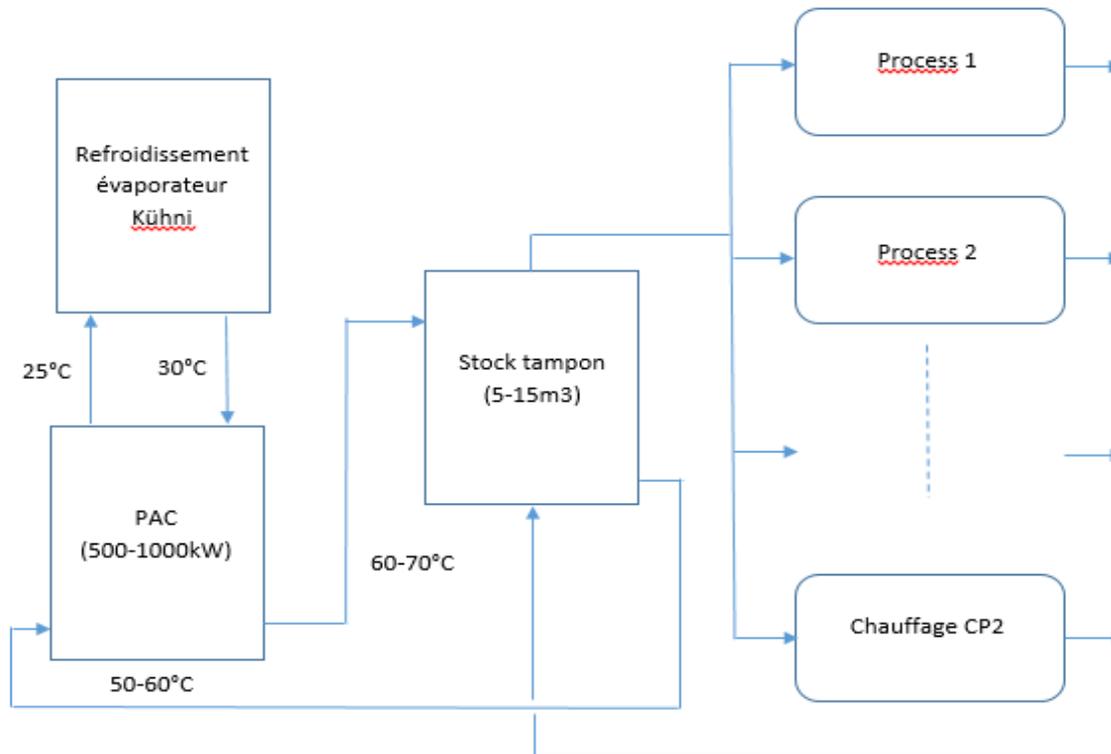
- Composite chaude (rouge), composite froide (bleu)
 - Récupération de chaleur
 - Besoin en utilité chaude, besoin en utilité froide
- Grande Composite
 - Visualisation des synergies possibles

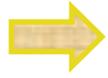




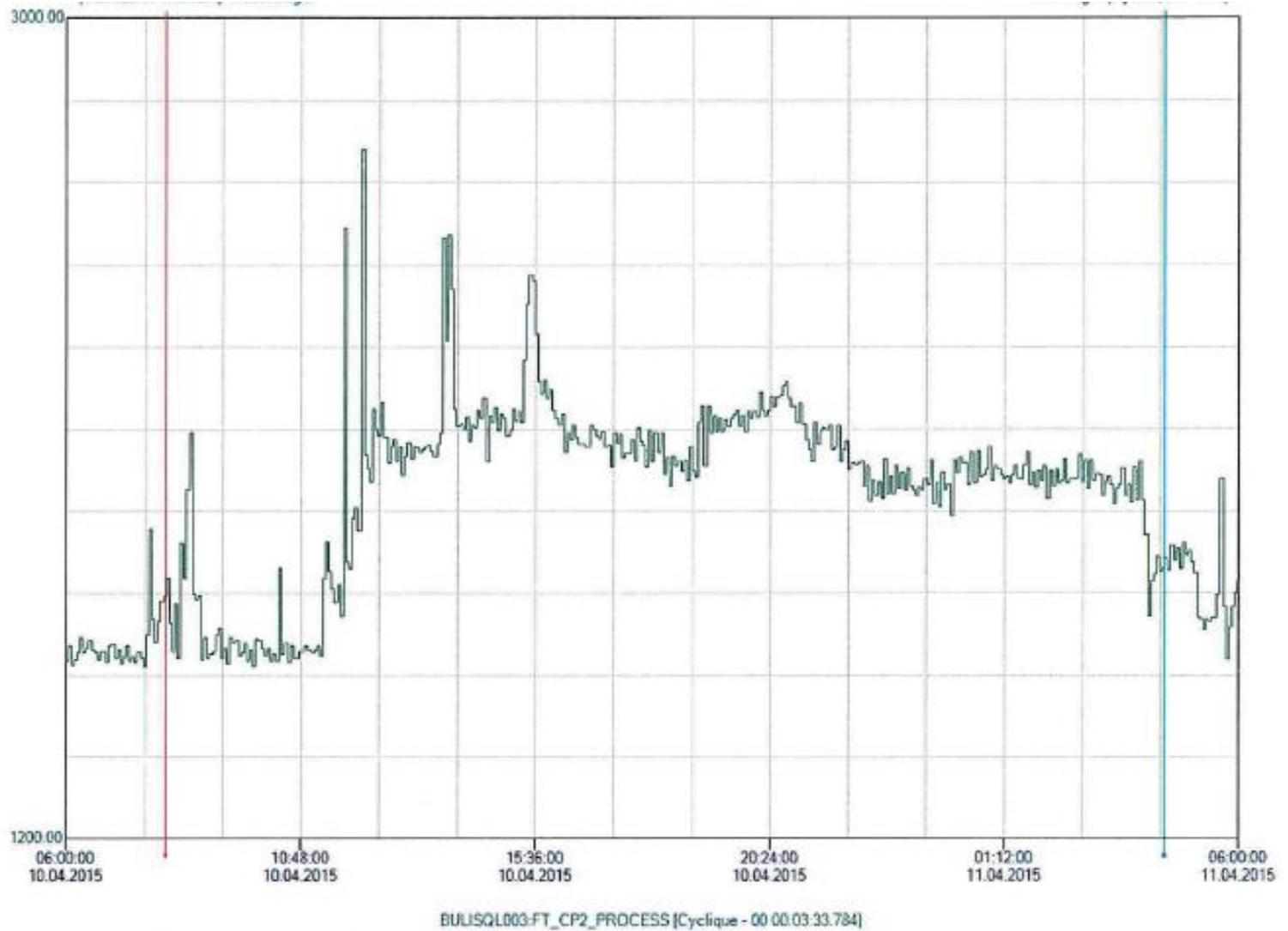
Alimentation en eau chaude d'équipements batch CP2 et du chauffage CP2

Utilisation de la chaleur de l'eau de refroidissement des évaporateurs réhaussée en température pour les besoins de chauffage d'équipement et bâtiment:





Profil de consommation de vapeur process CP2



➔ Alimentation en eau chaude d'unités batch CP2 et du chauffage CP2

■ Une opportunité sur les utilités chaudes

- Potentiel consommateurs chauffage: 500 kW
 - 50% des 300 kW de vapeur (besoins hors évapo.), 6500h/an
 - 50 kW préchauffage du raffinat en entrée évapo., 8000h/an
 - 300 kW pour le chauffage de CP2, 3000h/an

MWh vapeur économisés	MWh élec. Supplémentaires	Économie CHF vapeur/an	Coûts CHF électricité/an	Bilan économie CHF/an
-2275	758	-182'000	91'000	-91'000

■ Eléments techniques modifiés ou nouveaux

- Ajout d'une arrivée eau chaude sur l'alimentation des doubles manteaux des unités considérées (soit en remplacement ou en supplément de l'arrivée vapeur existante)
- Pompe à chaleur entre l'eau de refroidissement du condenseur évapo. et la production d'eau chaude
- Accumulateur de chaleur pour lisser la production et distribution de chaleur
- Nouvel échangeur de chaleur pour le préchauffage du raffinat en entrée évapo.

Hypothèses: Prix de la vapeur: 80CHF/MWh vapeur et Prix de l'électricité: 120 CHF/MWh



➔ Alimentation en eau chaude d'unités batch CP2 et du chauffage CP2

➤ Questions ouvertes

- Source de chaleur eau de refroidissement condenseur Extrait disponible si solution 1 réfutée. Si solution 1 acceptée investigation du potentiel de chaleur à récupérer des eaux usées de BP8 (hors périmètre analyse pincement)
- Adaptation possible des régulations des doubles enveloppes pour utiliser des utilités à des températures moins chaudes ou moins froides en jouant sur le temps de conditionnement de l'équipement
- Choix optimal des équipements à raccorder (nombre, distance) pour optimiser la rentabilité de la solution globale -> vérification de la part optimale de vapeur qui peut être remplacée par cette solution
- Niveaux de température du système de pompe à chaleur

➤ Risques

- Nécessité d'énergie d'appoint et de redondance

➤ Opportunités

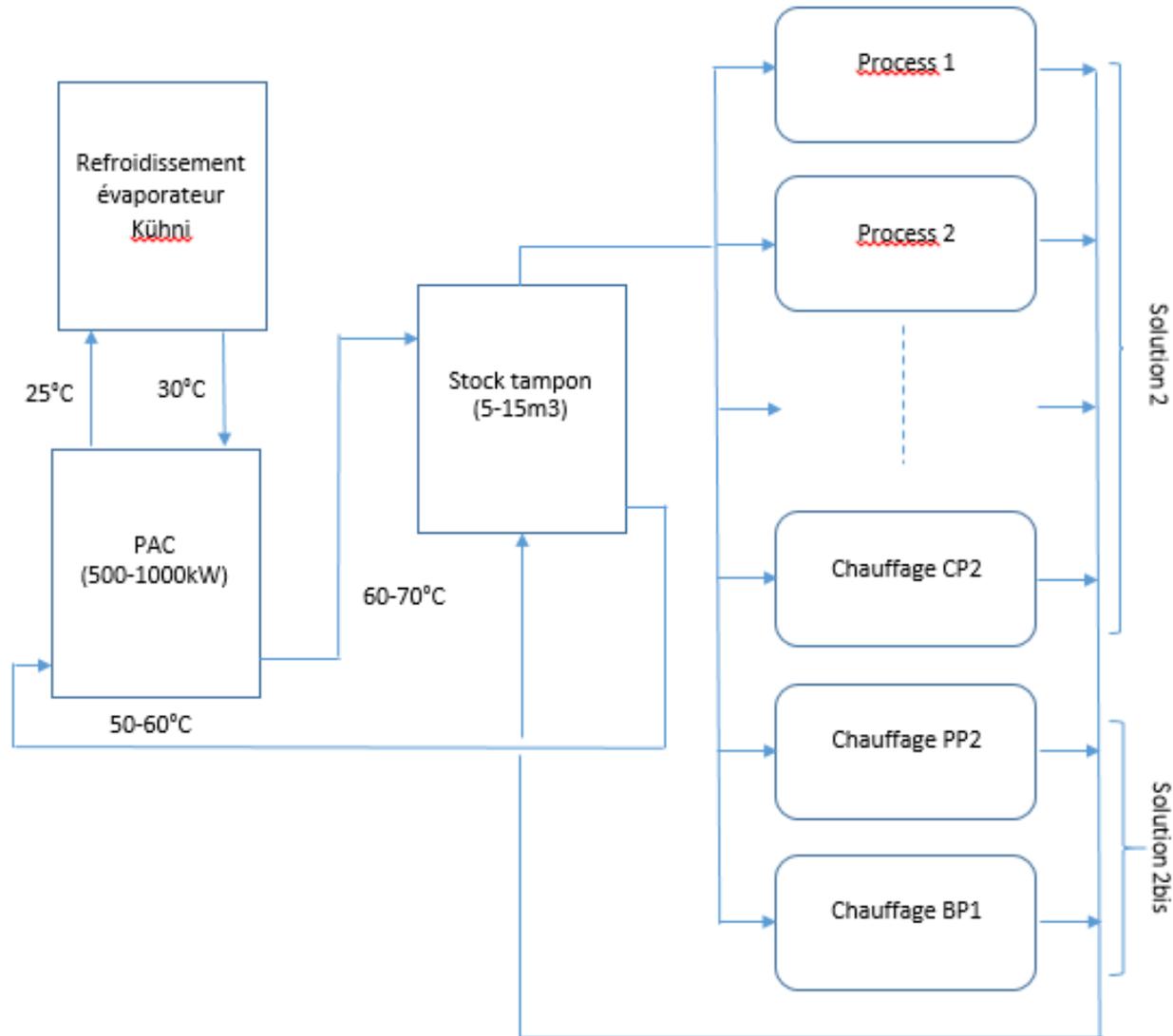
- Réduction de la demande de vapeur journalière, deuxième niveau du ruban (15h à 18h par jour)
- Optimisation de la production d'énergie par la production simultanée de chaleur et de froid par pompe à chaleur
- Economie annuelle envisagée d'environ CHF 90'000.-/an



Opportunité d'amélioration n°2bis



Alimentation en eau chaude des procédés CP2 et du chauffage des bâtiments CP2, PP2, et BP1



➔ Alimentation en eau chaude des procédés CP2 et du chauffage des bâtiments CP2, PP2, et BP1

- Variante de la solution 2, avec davantage de consommateurs de chaleur
- Consommateurs de chaleur en plus de la solution 2: chauffage PP2 et BP1
 - Potentiel total consommateurs chauffage: 1'050 kW
 - Potentiel couvert additionnel à la solution 2
 - 400 kW pour le chauffage de PP2, PP1, AD1, WH, 3000h/an
 - 150 kW pour le chauffage de BP1, 3000h/an

MWh vapeur économisés	MWh élec. supplémentaires	Économie CHF vapeur/an	Coûts CHF électricité/an	Bilan économie CHF/an
-3925	1308	-314'000	157'000	-157'000

- Éléments techniques revus
 - Idem solution 2
 - Raccordement des chauffages bâtiments PP2 et BP1
 - Solution de chauffage de secours pour PP2 et BP1

Hypothèses: Prix de la vapeur: 80CHF/MWh vapeur et Prix de l'électricité: 120 CHF/MWh





Alimentation en eau chaude des procédés CP2 et du chauffage des bâtiments CP2, PP2, et BP1

- **Questions ouvertes concernant le raccord pour le chauffage PP2 et BP1**
 - Besoins en chaleur et durée d'utilisation de la chaleur pour PP2 et BP1
 - Niveaux de température exigés
- **Risques concernant le raccord pour le chauffage PP2 et BP1**
 - Nécessité d'énergie d'appoint et de redondance pour les bâtiments PP2, PP1, AD1, WH,
 - Distance entre CP2 et les autres bâtiments.
- **Opportunités concernant le raccord pour le chauffage PP2 et BP1**
 - Optimisation de l'espace avec l'installation d'un système de pompe à chaleur plus grand pour les différents consommateurs d'eau chaude du site,
 - Synergie avec le remplacement de la chaudière PP2 prévu d'ici 2020,
 - Réduction de l'utilisation de vapeur à des fins de chauffage de bâtiments,
 - Au total pour la solution 2bis économie annuelle envisagée d'environ CHF 157'000.-/an.



Le Pincement appliqué à CP2

Equipements batch

- Le cahier des charges du procédé est représenté par le tableau des flux
- Représentation en équivalent continu

Name	Hot/Cold	Tin [°C]	Tout [°C]	m [kg/s]	Cp [kJ/(kg*K)]	Phase Change [kJ/kg]	α [W/(m ² *K)]	Pressure [bar(a)]	CP [kW/K]	$\Delta\dot{H}$ [kW]
		23	26	0.068	2.3697	-	500	-	0.16	0.48
		26	20	0.081	2.3697	-	500	-	0.19	1.15
		23	19.8	0.9756	2.3697	-	500	-	2.31	7.4
		65	70	0.1	4.2058	-	500	1	0.42	2.1
		60	65	0.59	4.2103	-	500	1	2.48	12.42
		41	41	0.0162	-	700	500	-	-	11.34
		45	27	0.004	1	-	500	-	0	0.07
		65	70	0.1	4.2058	-	500	1	0.42	2.1
		60	65	0.59	4.2103	-	500	1	2.48	12.42
		41	41	0.0162	-	700	500	-	-	11.34
		45	27	0.004	1	-	500	-	0	0.07
		16.5	53.4	0.086	2.16	-	500	-	0.19	6.85
		13	53	0.006	2.16	-	500	-	0.01	0.52
		10	50	0.091	2.16	-	500	-	0.2	7.86
		50	59	0.091	2.16	-	500	-	0.2	1.77
		59	0	0.091	2.16	-	500	-	0.2	11.6
		5	20	0.054	2.16	-	500	-	0.12	1.75
		50	50	0.011	-	538	1000	-	-	5.92

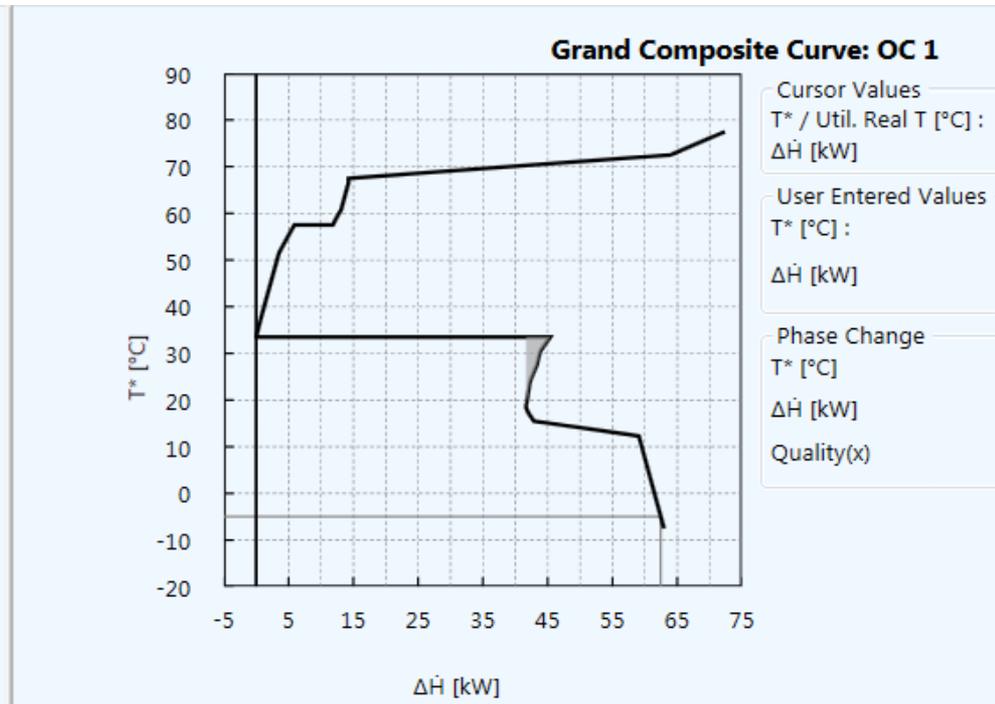
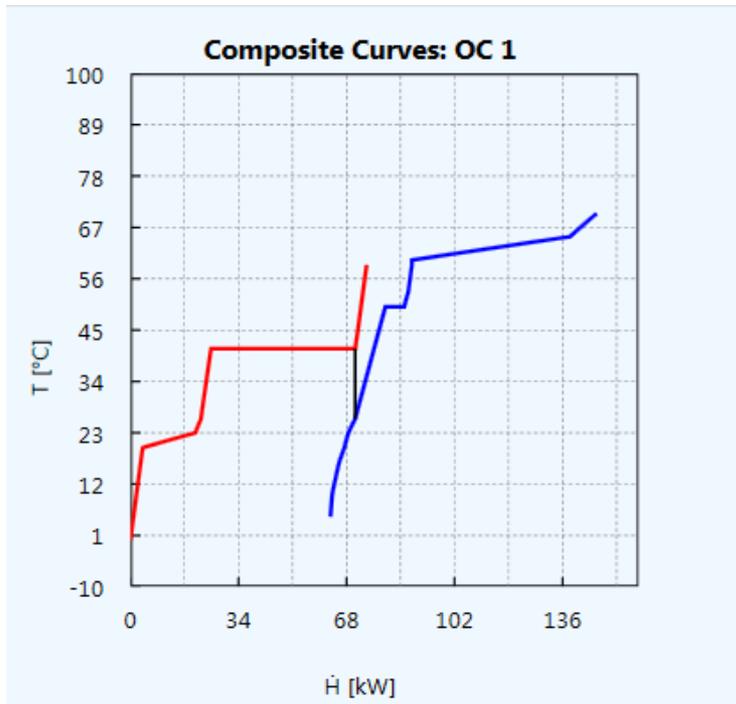


Le Pincement appliqué à CP2

25

Equipements batch

- Composites chaude (rouge), composite froide (bleu)
 - Récupération de chaleur
 - Besoin en utilité chaude, besoin en utilité froide
- Grande Composite



➔ Récupération de chaleur interne

- **Peu de possibilité pour l'intégration énergétique directe**
- Valorisation de la chaleur dissipée par une unité pour le chauffage d'une unité adjacente

- **Potentiel**

- 11 kW en équivalent continu 8000h/an

MWh vapeur économisés	MWh élec. supplémentaires	Économie CHF vapeur/an	Coûts CHF électricité/an	Bilan économie CHF/an
-88		-7'000		-7'000

- **Éléments techniques revus**

- Ajout d'échangeurs de chaleur entre les rejets et les consommateurs de chaleur

- **Risques**

- Complexité de la mise en œuvre disproportionnée par rapport au faible gain
- Synergie temporelle nécessaire entre les unités batch reliées car échange de chaleur direct

- **Opportunités**

- Intégration directe avec recours aux synergies offertes par le procédé (pas de PAC)
- Economie annuelle envisagée d'environ CHF 7'000.-/an

Hypothèses: Prix de la vapeur: 80CHF/MWh vapeur

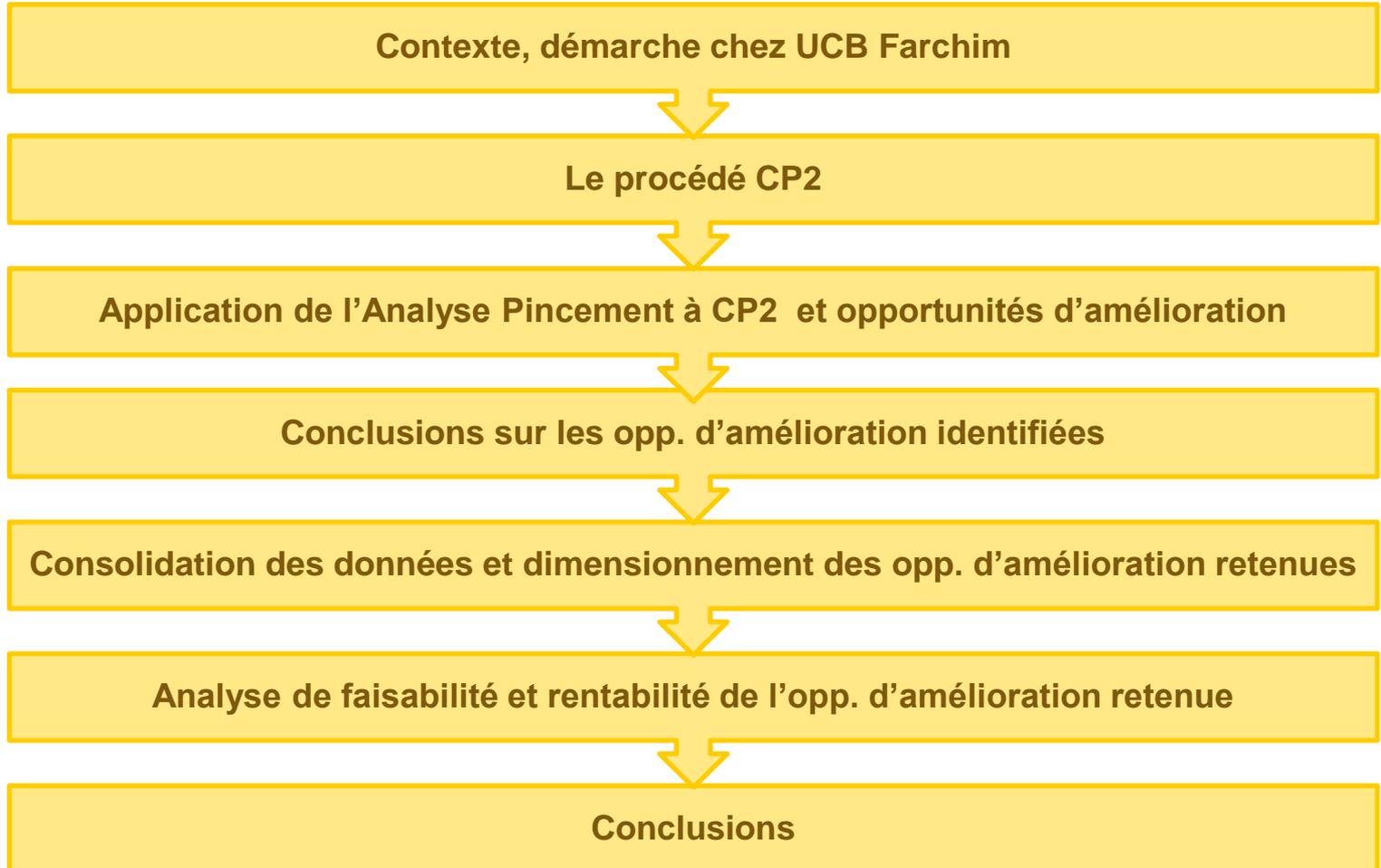


Plan de la présentation

27



suisse énergie
Notre engagement : notre futur.



➔ Potentiel intéressant d'intégration énergétique pour CP2

- Processus CP2 à haut potentiel d'intégration énergétique avec appui sur des systèmes de pompes à chaleur
- **Différents niveaux d'implantation des systèmes de pompes à chaleur en fonction**
 - des possibilités et de la volonté d'UCB de modifier les échangeurs du procédé évapo.
 - des équipements batch CP2 intéressantes à alimenter en «eau chaude»

Synthèse des solutions identifiées

	Mesures	Gain CHF annuel	ROI à respecter*	Budget limite	Complexité	Phase 2
1	Pompe à chaleur entre condenseur et évaporateurs	320'000	4 ans	1'300'000	synergie procédé	GO
2	PAC pour procédé CP2 et chauffage CP2	91'000	4 ans	365'000	niveau utilité	no GO
2bis	PAC pour procédé CP2 et chauffage CP2, PP2, BP1	157'000	4 ans	630'000	niveau utilité	GO
3	récupération de chaleur interne	12'000	4 ans	50'000	synergie batchs	no GO

SOLUTIONS NON CUMULABLES

Limite de rentabilité selon OFEV,
source froide process

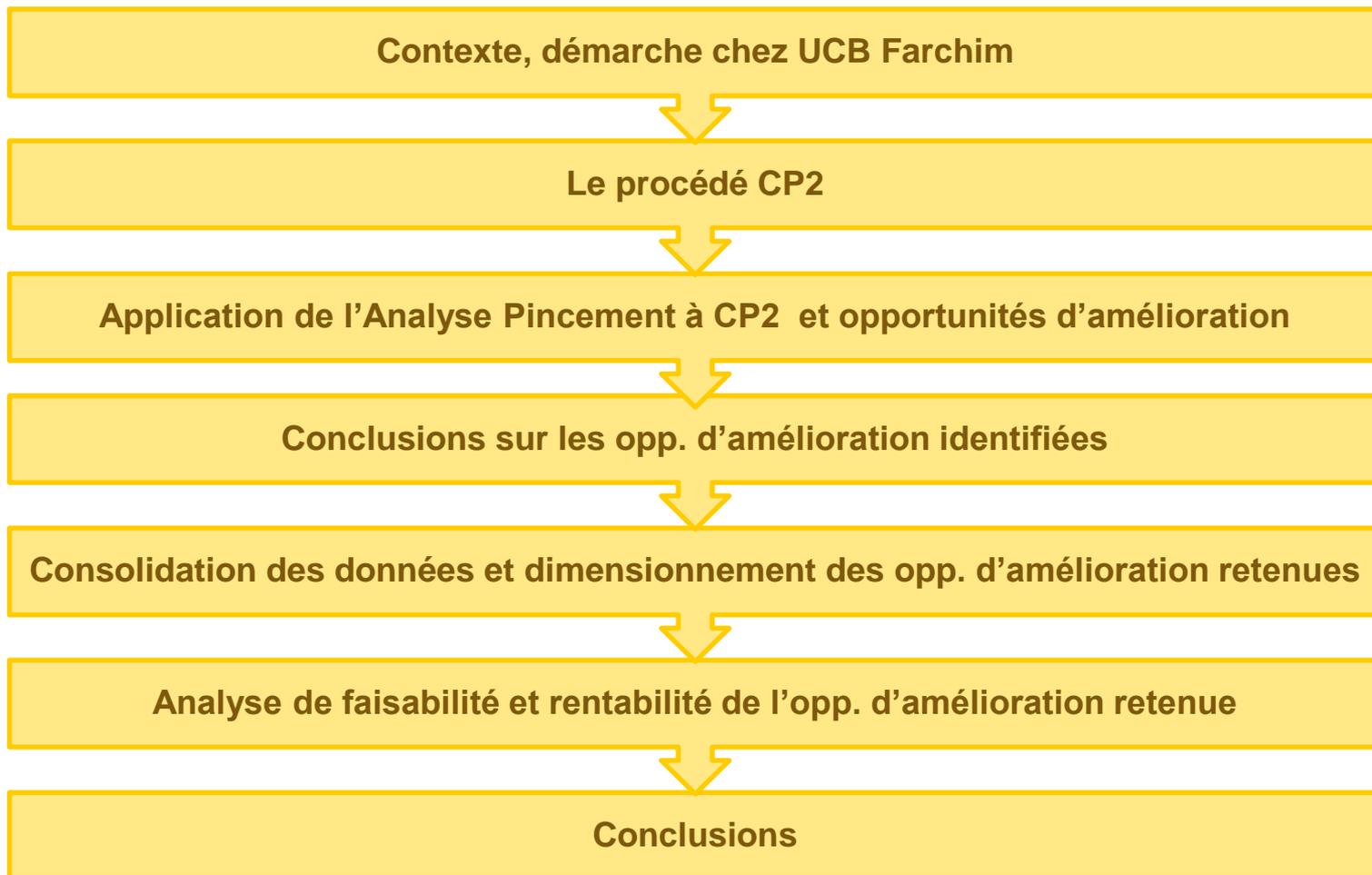


- Déroulement de la phase 2:
- Consolidation des données sur les procédés et affinement de la modélisation PinCH
- Consolidation de la faisabilité de l'opportunité d'amélioration 2 bis :
 - PAC pour procédé CP2 et chauffage bâtiments CP2, PP2, BP1
- Chiffrage et faisabilité d'une opportunité d'amélioration 2 ter
 - PAC pour chauffage bâtiments CP2, PP2, BP1



Plan de la présentation

30





Analyse du profil de consommation de vapeur d'un jour type

- Jour type choisi: le 24 février 2015
- Répartition de la consommation totale de vapeur pour le procédé CP2 hors évaporateurs entre les différents consommateurs (par temps de 4 min, selon fréquence d'enregistrement du signal vapeur)

Heure	Vapeur process hors évapo [FT_X7803-FT_X7804]	L2.1, Cuve de charge 1 (v020), ajout solvant	L2.1, Cuve de charge 2 (v021), ajout solvant	L2.1, Nautamix (B070), chargement et préchauffe + évapo et séchage	L2.1, Nautamix (B080), chargement et préchauffe + évapo et séchage	L2.3, Cuve de charge 1 (v120), ajout solvant	L2.3, Cuve de charge 2 (v121), ajout solvant	L2.3, Nautamix (B170), chargement et préchauffe + évapo et séchage	L2.3, Nautamix (B180), chargement et préchauffe + évapo et séchage	L2.2 Réacteur (R210) Chauffage et dissolution + charge acétone de rinçage et chauffage	L2.2 Cristalliseur (C220), chargement	L2.2 sécheur (D230), séchage étape 1 à 4
Moyenne kg/h	445	65	72	105	105	65	58	105	105	83	105	105
Quantité de vapeur kg/j	8907	28	16	1618	1618	28	29	1618	1618	42	335	1484
Part %	100	0.3%	0.2%	19%	19%	0.3%	0.3%	19%	19%	0.5%	4.0%	18%





Consommateurs principaux de vapeur CP2 hors évaporateurs

- Nautamix:
 - 4 unités similaires
 - Double enveloppe de 20 à 70°C
 - Entre 1000 et 1500 MWh vap /an consommés pour les 4 unités
- ✓ Niveaux de température de la fourniture de chaleur 100% atteignable avec une PAC
- ✓ Reproductible avec 4 unités similaires

-> les 4 Nautamix sont retenus pour la variante 2 bis

- Sécheur D230:
 - 1 unité
 - Double enveloppe de 20 à 84°C
 - 250 à 350 MWh vap /an
 - Potentiel d'optimisation de l'utilité froide
- Niveaux de température difficilement atteignable à 100% par une PAC
- 1 seul système, part de chaleur en jeu < 20% de la consommation de vapeur hors évapo.

-> D230 non retenu pour la variante 2 bis





Consommateurs principaux de vapeur CP2 hors évaporateurs

- Points à clarifier ultérieurement concernant les besoins de chaleur des Nautamix:
 - Ecart restant entre la valeur théorique pour l'évaporation dans les Nautamix et les valeurs de consommations de vapeur réelles
 - Incertitudes restantes sur :
 - La part liée au chauffage des cuves Nautamix (acier des cuves),
 - La part liée aux pertes globales des différentes alimentations vapeur (y compris Nautamix et les autres unités de procédés CP2),
 - Les pertes liées à la régulation de la double enveloppe de chaque Nautamix, avec alternance de libération de vapeur et de froid
- Solution pour déterminer les besoins réels des Nautamix : campagne de mesurages pour Tin/Tout, + débit.
- Lissage du pic de consommation de vapeur au démarrage, lié au chauffage des cuves,
 - possibilités de décalage temporel de démarrage des différentes Nautamix à investiguer, par UCB
 - possibilité d'avancer le préchauffage de la masse des cuves à investiguer par UCB

**-> Objectifs: affiner la puissance réelle appelée par les 4 Nautamix
lisser le pic puissance de consommation de vapeur**





Analyse des données mensuelles des besoins de chauffage bâtiments

- Données mensuelles de mai 2014 à juillet 2015
 - consommation brutes de vapeur pour le chauffage du bâtiment CP2
 - consommation d'énergie utile pour le chauffage des bâtiments PP2 et PP1-AD1-WH

	mai.14	juin.14	juil.14	août.14	sept.14	oct.14	nov.14	déc.14	janv.15	févr.15	mars.15	avr.15	mai.15	juin.15	juil.15
--	--------	---------	---------	---------	---------	--------	--------	--------	---------	---------	---------	--------	--------	---------	---------

Energie [MWh]

PP2	91	92	117	97	108	97	91	102	93	100	70	82	81	86	100
PP1+AD1+WH	55	46	50	39	54	41	85	137	123	136	101	73	46	38	39
CP2	73	72	58	41	58	86	100	140	154	162	126	99	70	54	48
Total	219	210	226	177	220	224	276	380	370	398	298	254	197	179	187

Puissances moyennes (calculées avec 24h/jour)

PP2	122	128	157	130	150	130	126	137	125	149	94	114	109	119	134
PP1+AD1+WH	74	64	67	52	75	56	119	185	165	203	136	101	62	53	53
CP2	98	100	79	55	80	115	138	188	207	240	170	138	93	76	65
Total	295	291	303	238	305	301	383	510	497	592	400	353	264	248	252





Analyse des données mensuelles des besoins de chauffage bâtiments

- Validation des puissances de pointes par bâtiment

	Jour très froid: 29.12.14	Jour moyen hiver: 23.01.15	Jour été chaud et humide: 13.08.15
Bâtiment	puissance [kW]	puissance [kW]	puissance [kW]
PP2	145	143	171
CP2	335	252	79
PP1-AD1-WH	160	160	
Total	640	555	250





Remarques sur les besoins de chauffage bâtiments PP2, PP1, CP2

- PP2:
 - Déshumidification, -> puissance été > puissance hiver
 - Fonctionnement irrégulier de la chaudière, optimisation régulation conseillée
 - Chaudière surdimensionnée, à remplacer par PAC + appoint vapeur
 - Stratégie de régulation des températures de consignes chauffage, potentiel d'optimisation possible en abaissant les niveaux de température, à tester lors de l'hiver 2015-2016
- PP1 + AD1 +WH :
 - Énergie chauffage résiduelle «PP2+PP1+ AD1 +WH» attribuée à PP1 + AD1 +WH
 - Chauffage résiduel en été, justifié pour chauffage PP1 ou pertes uniquement?
 - Stratégie de régulation des températures de consignes chauffage, potentiel d'optimisation possible en abaissant les niveaux de température, à tester lors de l'hiver 2015-2016
- CP2, chauffage:
 - Besoin hivernal sensible au climat
 - Chauffage résiduel en été, justifié ou non
 - Stratégie de régulation des températures de consignes chauffage, potentiel d'optimisation possible en abaissant les niveaux de température, à tester lors de l'hiver 2015-2016

-> Objectif: abaisser le plus possible les températures de départ des groupes de chauffage bâtiment

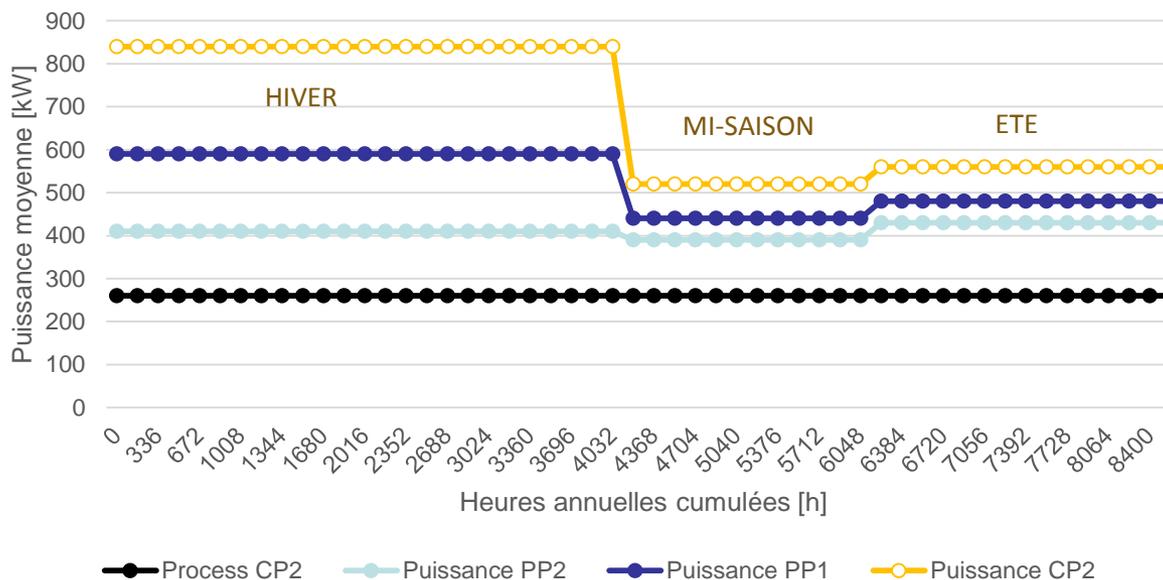


Résumé des besoins en chaleur

Données pour le dimensionnement

Puissances moyennes		[kW]	[semaines/ an]	[h/jour]	[h/an]	[MWh/an]	Total par secteur [MWh/an]	Part par secteur [%]
PP2:	hiver	150	25	24	4200	630	1'082	24%
	mi saison	130	12	12	1008	131.		
	été (désaum)	170	15	18	1890	321.		
PP1:	hiver	180	25	24	4200	756	882	20%
	mi saison	50	12	15	1260	63		
	été	50	15	12	1260	63		
CP2:	hiver	250	25	24	4200	1050	1'171	25%
	mi saison	80	12	8	672	53.		
	été	80	15	8	840	67		
CP2 process:	Nutamix	260	50	15.2	5320	1383.2	1'383	31%
TOTAL							4'519	

Puissances moyennes classées, par saison



suissenergie
Notre engagement : notre futur.

Sélection des flux retenus sur PinCH

Flux Nautamix, chauffage et eau de refroidissement

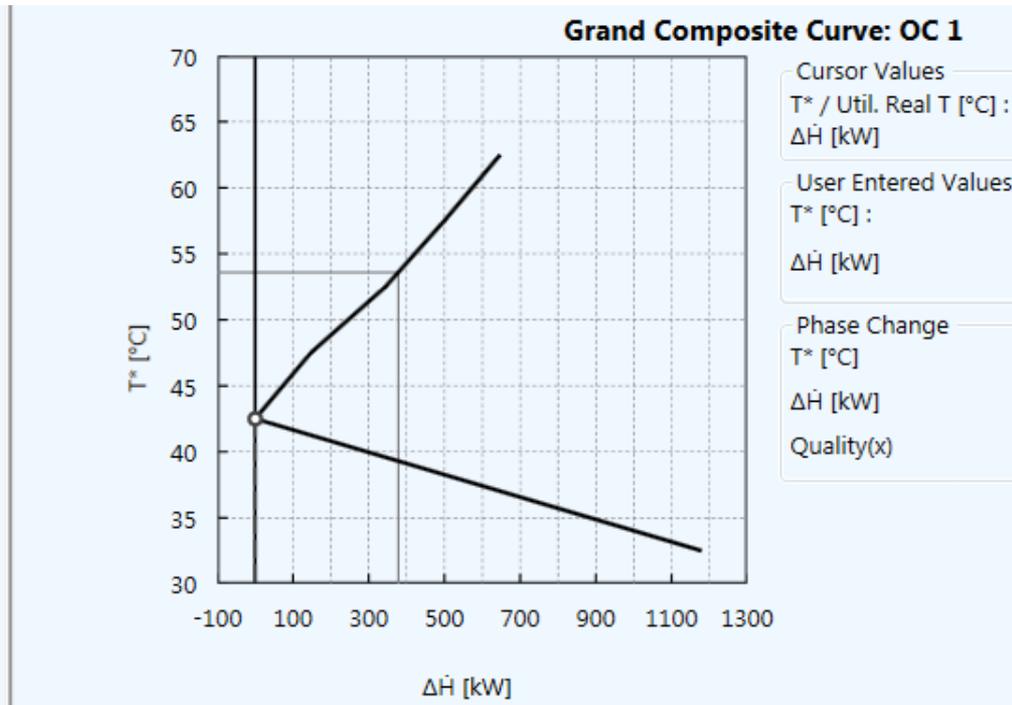
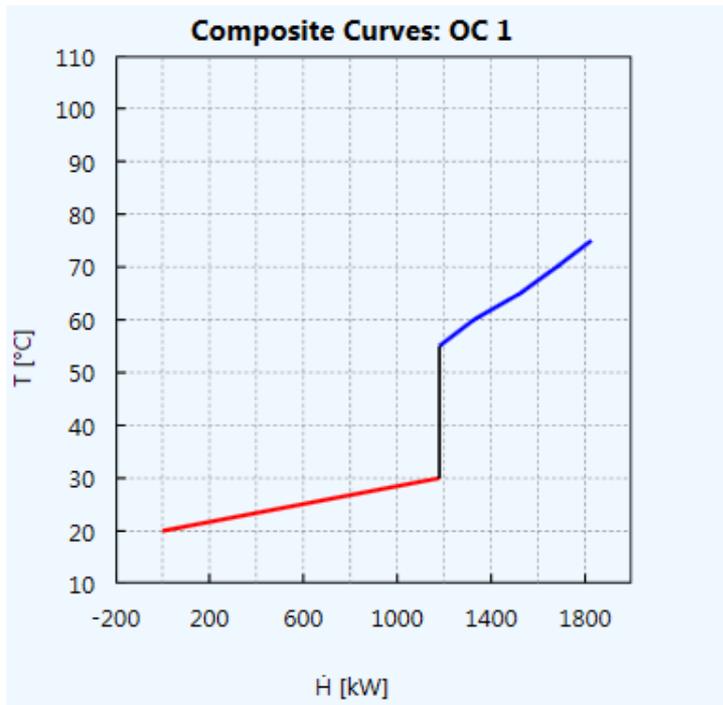
- Révision de la table de flux selon les sources et puits de chaleur pertinents
- Représentation en équivalent continu

Name	Hot/Cold	Tin [°C]	Tout [°C]	m [kg/s]	Cp [kJ/(kg*K)]	Phase Change [kJ/kg]	α [W/(m ² *K)]	Pressure [bar(a)]	CP [kW/K]	$\Delta\dot{H}$ [kW]
	↗	65	70	0.1	4.2058	-	500	1	0.42	2.1
	↗	60	65	0.59	4.2103	-	500	1	2.48	12.42
	↗	65	70	0.1	4.2058	-	500	1	0.42	2.1
	↗	60	65	0.59	4.2103	-	500	1	2.48	12.42
	↗	65	70	0.1	4.2058	-	500	1	0.42	2.1
	↗	60	65	0.59	4.2103	-	500	1	2.48	12.42
	↗	65	70	0.1	4.2058	-	500	1	0.42	2.1
	↗	60	65	0.59	4.2103	-	500	1	2.48	12.42
	↘	30	20	28	4.2119	-	1000	1	117.93	1179.34
	↗	55	75	7	4.2079	-	1000	1	29.46	589.11



Flux Nautamix, chauffage et eau de refroidissement

- Composites chaude (rouge), composite froide (bleu)
 - Récupération de chaleur
 - Besoin en utilité chaude, besoin en utilité froide
- Grande Composite



➔ Données pour le dimensionnement

Opp. d'amélioration 2 bis : chauffage bâtiments CP2, PP2, PP1, AD1, WH + chauffage Nautamix :

- ✓ Puissance chaud : 850 kW env. (selon modèle du fournisseur)
- ✓ Temp sortie eau chaude: +80°C
- ✓ Température entrée eau chaude : + 60°C
- ✓ Temp sortie source froide (eau) : 20°C
- ✓ Temp entrée source froide (eau) : 30°C
- ✓ **Raccordement de la source froide sur le retour commun L059 + L060 vers les tours de refroidissement**

Opp. d'amélioration 2 ter : Chauffage bâtiments seul :

- ✓ Puissance chaud : 570 KW env. (selon modèle du fournisseur)
- ✓ Temp sortie eau chaude: +80°C
- ✓ Température entrée eau chaude : + 60°C
- ✓ Temp sortie source froide (eau) : 20°C
- ✓ Temp entrée source froide (eau) : 30°C
- ✓ **Raccordement de la source froide sur le retour commun L059 + L060 vers les tours de refroidissement**

Systemes disponibles sur le marché :

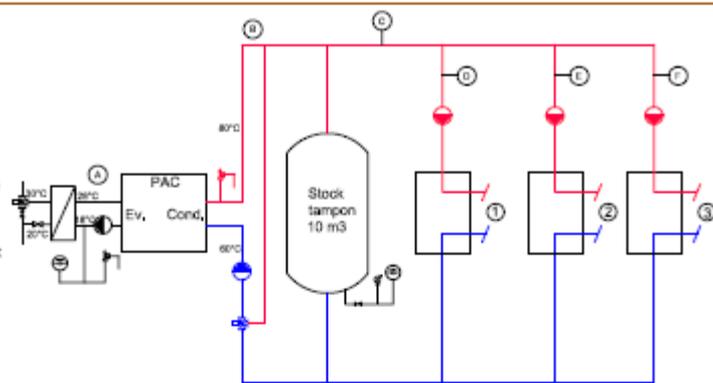
- ✓ Pompes à chaleur à ammoniac ou HFO
- ✓ 3 fournisseurs sollicités (Wettstein, York, Walter Meier)



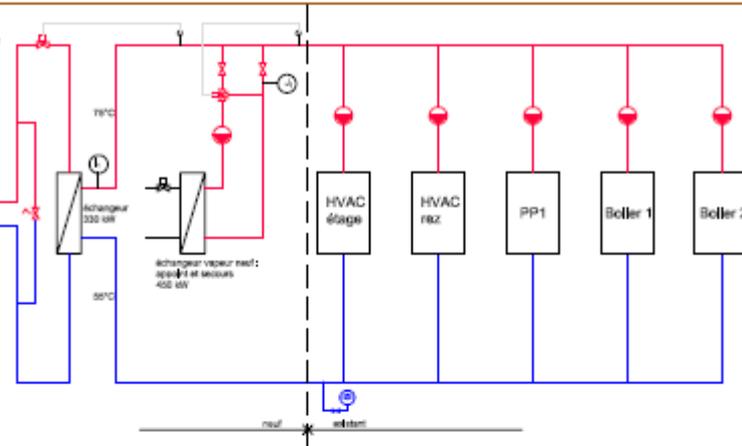
Schéma de principe



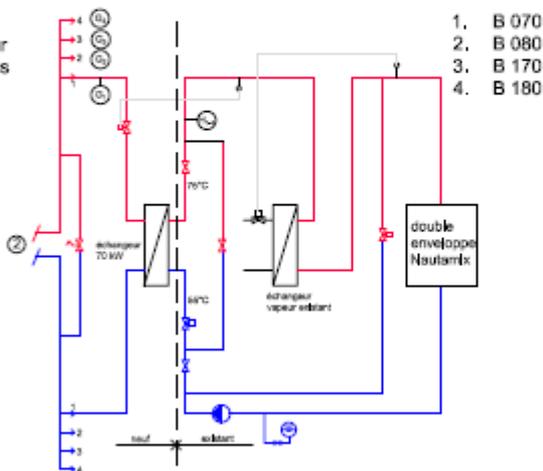
Source froide, retour commun depuis L089 et L090 vers les tours de refroidissement



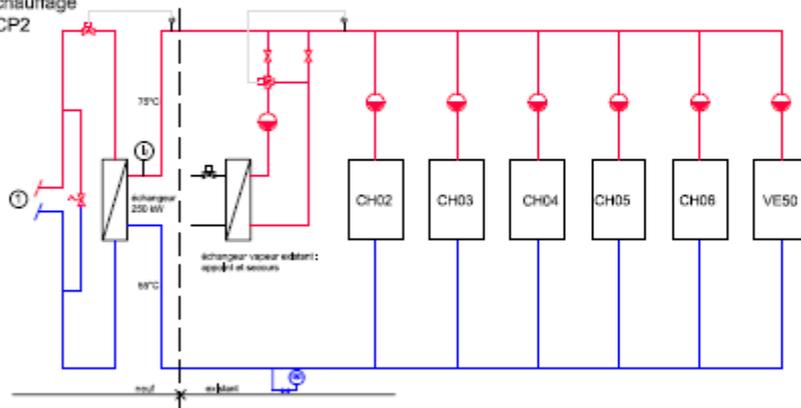
Secteur chauffage PP2



Secteur Process CP2



Secteur chauffage CP2



CH02-Vestibules caféiers CP2
CH03-Chapelles laboratoire CP2
CH04-Production 1 CP2
CH05-Radiateur CP2
CH06-Boiler CP2
VE50-Production 2 CP2

Hypothèses de dimensionnement pour le chiffrage :

- Secteur A : DN 150, A+R 80m
- Secteur B : DN 125, A+R 20m
- Secteur C : DN 125, A+R 20m
- Secteur D : DN 80, A+R 70m
- Secteur E : DN 80, A+R 70m
- Secteur F : DN 100, A+R 440m
- Secteur G₁ à G₂ : DN 50, A+R 20m
- Secteur H₁ à H₄ : DN 50, A+R 10m
- Secteur I₁, I₂ : DN 100/80, A+R 20m
- Secteur J₁ : DN 100, A+R 20m

PLANAIR SA

Ingenieurs Conseils SIA
Info@planair.ch | www.planair.ch

Siège principal: CH-2314 La Sagne | Suisse | Rue du Crêt 106a | Tél. +41 (0)32 933 88 40 | Fax +41 (0)32 933 88 50

adresse: UCB FARCHIM SA, BULLE technique: CHAUFFAGE Sch. de principe
projet: projet PAC chauffage CP2, PP2, Nautamix

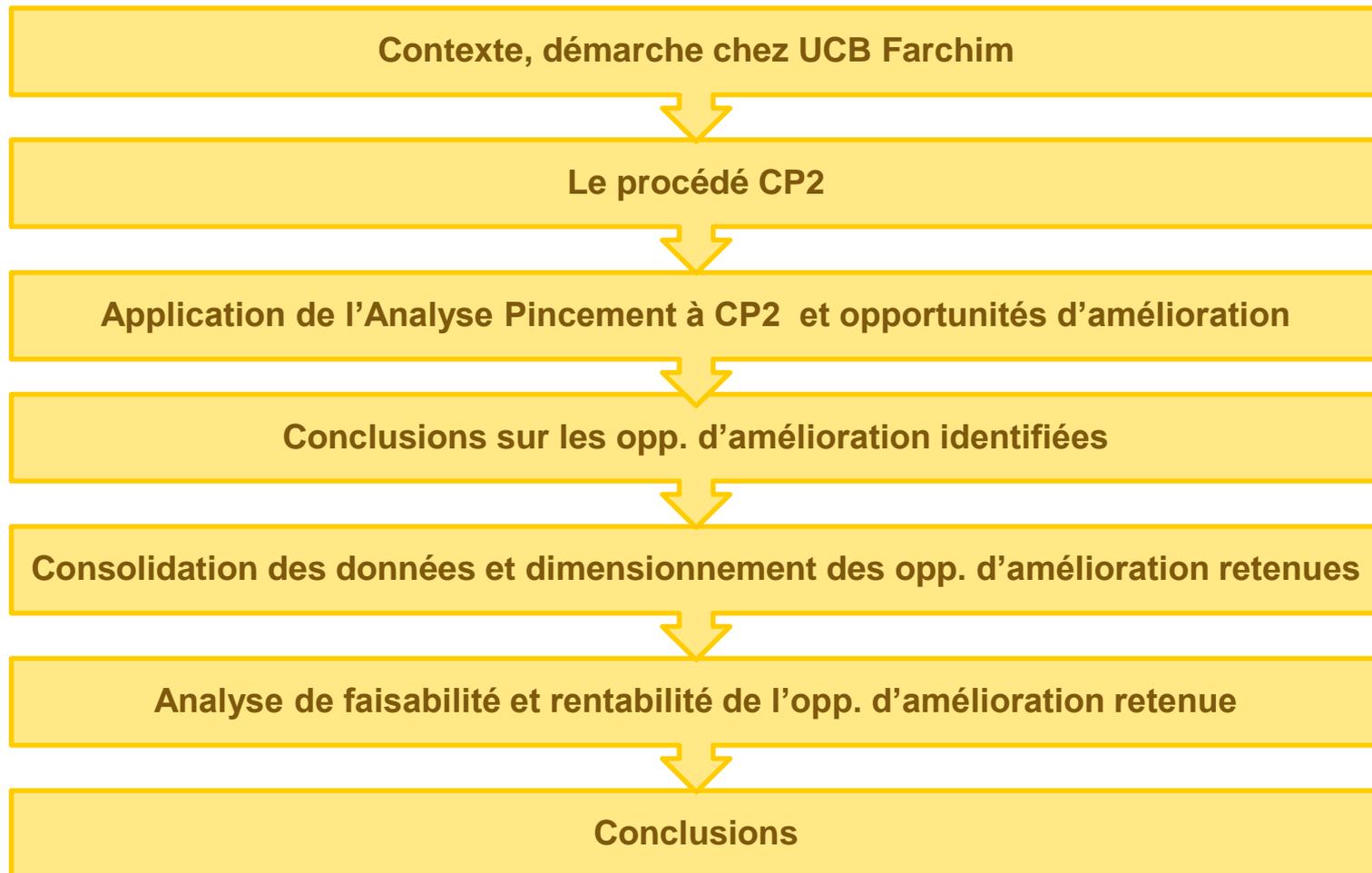
Fichier:	13169 cp001	Echelle:	/	Format:	A2	Date:	15.02.2016	Dessiné par:	WJK
approuvé:		approuvé:							
A		F							
B		G							
C		H							
D		I							
E		J							

Plan de la présentation

42



suisse énergie
Notre engagement : notre futur.





Alimentation en eau chaude des procédés CP2 (4 Nautamix) et du chauffage des bâtiments CP2, PP2, PP1, AD1, WH

Caractéristiques et performances de la pompe à chaleur		
Puissance thermique PAC 80°C/60°C	890	kW
Puissance source froide PAC 30°C / 20 °C	600	kW
Puissance électrique nécessaire	250	kW
COP PAC	3.56	<i>hyp. York</i>
Part couverture des besoins par la PAC	90%	
Energie annuelle utile totale à fournir	4'520	MWh _{th} utiles/an
Energie annuelle chaleur PAC	4'070	MWh _{th} /an
dont chaleur source froide	2'930	MWh _{sf} /an
dont électricité	1'140	MWh _{el} /an
Hypothèses de calculs		tarif HT cts/kWh
Tarif d'achat électricité		12.0
Tarif d'achat gaz, inclus taxe CO2 2016		5.8
Tarif d'achat mazout, inclus taxe CO2 2016		8.9
Rendement annuel moy. chaudière gaz CP2		90%
Rendement annuel moy. chaudière mazout PP2		85%
sans économie de frais d'entretien de chaudières		
COP 30 pour les ventilateurs des tours de refroidissement		



Opportunité d'amélioration n°2 bis



Alimentation en eau chaude des procédés CP2 (4 Nautamix) et du chauffage des bâtiments CP2, PP2, PP1, AD1, WH

Situation initiale	Energie finale [MWh/an]	Energie annuelle [kWh/an]	
<i>Coûts annuels solution actuelle avec gaz en CP2</i>	2'840	SFr.	165'200
<i>Coûts annuels solution actuelle avec mazout en PP2</i>	2'310	SFr.	205'200
<i>Consommation partielle des tours de refroidissement</i>	98	SFr.	11'700
Coûts total chauffage + part refroidissement des tours			382'100
Opportunité 2 bis: PAC pour chauffage procédés Nautamix + bâtiments CP2, PP2, PP1, AD1, WH			
Consommation électrique de la PAC	1'140	SFr.	136'800
Frais d'entretien annuels PAC modèle YORK 708-W		SFr.	13'000
Appoint gaz	500	SFr.	29'100
Coûts total chauffage avec PAC + appoint gaz			178'900
<i>Economie annuelle nette</i>		SFr.	203'200
Investissements	CHF	RSI brut	
TOTAL HT avec honoraires	1'656'900	8.2	
Emissions de CO2	MWh E finale	Emissions CO₂ [t/an]	
Economie de gaz naturel et de mazout	5150	1183	



suisse énergie
Notre engagement : notre futur.



Alimentation en eau chaude du chauffage des bâtiments CP2, PP2, PP1, AD1, WH

Caractéristiques et performances de la pompe à chaleur		
Puissance thermique PAC 80°C/60°C	660	kW
Puissance source froide PAC 30°C / 20 °C	475	kW
Puissance électrique nécessaire	185	kW
COP PAC	3.57	<i>hyp. York</i>
Part couverture des besoins par la PAC	90%	
Energie annuelle utile totale à fournir	3'140	MWh _{th} utiles/an
Energie annuelle chaleur PAC	2'830	MWh _{th} /an
dont chaleur source froide	2'040	MWh _{sf} /an
dont électricité	790	MWh _{el} /an
Hypothèses de calculs		tarif HT cts/kWh
Tarif d'achat électricité		12.0
Tarif d'achat gaz, inclus taxe CO2 2016		5.8
Tarif d'achat mazout, inclus taxe CO2 2016		8.9
Rendement annuel moy. chaudière gaz CP2		90%
Rendement annuel moy. chaudière mazout PP2		85%
sans économie de frais d'entretien de chaudières		
COP 30 pour les ventilateurs des tours de refroidissement		





Alimentation en eau chaude du chauffage des bâtiments CP2, PP2, PP1, AD1, WH

Situation initiale	Energie finale [MWh/an]	Energie annuelle [kWh/an]	
<i>Coûts annuels solution actuelle avec gaz en CP2</i>	1'300	SFr.	75'620
<i>Coûts annuels solution actuelle avec mazout en PP2</i>	2'310	SFr.	205'180
<i>Consommation partielle des tours de refroidissement</i>	68	SFr.	8'160
Coûts total chauffage + part refroidissement des tours			288'960
Opportunité 2 bis: PAC pour chauffage procédés Nautamix + bâtiments CP2, PP2, PP1, AD1, WH			
Consommation électrique de la PAC	790	SFr.	94'800
Frais d'entretien annuels PAC modèle YORK 708-W		SFr.	13'000
Appoint gaz	350	SFr.	20'360
Coûts total chauffage avec PAC + appoint gaz			128'160
Economie annuelle nette		SFr.	160'800
Investissements		CHF	RSI brut
TOTAL HT avec honoraires		1'416'900	8.8
Emissions de CO2		MWh E finale	Emissions CO₂ [t/an]
Economie de gaz naturel et de mazout		3610	873



➔ Influence du réfrigérant et de la température cible sur les performances

	COP PAC NH3	COP PAC HFO	Comparaison NH3/HFO
Production de chaleur 80°C/60°C	3.55	2.8	NH3 27% meilleur
Production de chaleur 70°C/50°C	4.24	3.25	NH3 30% meilleur
Comparaison niveau de température 80°C / 70°C	À 70°C gain de 19.5%	À 70°C gain de 16%	

Pompes à chaleur au HFO meilleures marché mais moins performantes que celles au NH3

	PAC NH3	PAC HFO
RSI opp. 2 bis	8.2	8.5
RSI opp. 2 ter	8.9	8.7

RSI > 4 ans -> non rentable pour une mesure liée aux procédés (refroidissement procédés)





➔ Potentiel intéressant d'intégration énergétique pour CP2

- Processus CP2 à haut potentiel d'intégration énergétique avec appui sur des systèmes de pompes à chaleur: source froide (refroidissement procédés) disponible en continu
- **Consolidation des opportunités de valorisation de la chaleur par pompe à chaleur:**
 - Opp. 2 bis :PAC pour procédé CP2 et chauffage CP2, PP2, PP1-AD1-WH
 - Opp. 2 ter : PAC pour chauffage CP2, PP2, PP1-AD1-WH

Synthèse des opportunités d'amélioration identifiées

Opp. N°	Energie fossile économisée [MWh/an]	Elec. PAC [MWh/an]	CO2 évité*	COP PAC NH3
2bis	4'070	1'140	1200 to/an	3.56
2ter	2'830	790	900 to/an	3.57

Opp. N°	Complexité	Gain CHF annuel	Invest.	ROI
2bis	niveau chauffage utilité procédé et bâtiment	203'200	1'656'900	8.2 ans
2ter	niveau chauffage bâtiment	160'800	1'416'900	8.8 ans

* = arrondi





Valorisation de l'opportunité d'amélioration 2 bis dans le dossier d'exemption CO2

- Mesure liée aux procédés : source froide = refroidissement des procédés en continu
- Mesure avec RSI > 4 ans : non rentable au sens de la législation sur l'exemption de la taxe CO2
- Possibilité de valorisation des émissions de CO2 évitées en « prestations supplémentaires » de CO2, c'est-à-dire en attestations de CO2
- Si mesure effective en 2017, attestations sur 4 années jusqu'en 2020 (fin de la période d'exemption actuelle)
- Achats par KLIK des attestations de CO2 à 100.-/to.
- Soutien postérieur à la réalisation : 2021 pour les attestations 2020.
- Sur 4 ans: 4'800 to CO2 -> avec retenue de 5% -> 4'560 to -> 456'000.-
- Plus conservateur sur 3 ans: 3'600 to CO2 -> avec retenue de 5% -> 3'420 to -> 342'000.-
- **Avec un soutien de 400'000.-, le RSI est amélioré à 6.2**





suissenergie
Notre engagement : notre futur.

PLANAIR

Ingénieurs conseils en énergies et environnement

Stéphanie Perret

Ingénieure ENSIC, Msc CHALMERS

Crêt 108a - CH-2314 La Sagne

T +41 32 933 88 58

F +41 32 933 88 50

stephanie.perret@planair.ch

www.planair.ch

PLANAIR

Ingénieurs conseils en énergies et environnement

Fabrice Marchal

Ingénieur en génie chimique, thermique énergétique

Crêt 108a - CH-2314 La Sagne

T +41 32 933 88 54

F +41 32 933 88 50

Fabrice.Marchal@planair.ch

www.planair.ch

