



Étude des contraintes et techniques de récupération de chaleur sur buées industrielles

*Secteur agro-alimentaire et
mécanique*

Objectifs

- Étude 2019 en 4 parties :

Phase 1 :
Couples procédés/buées

- Recenser couples procédés/émissions de buées, décrire leurs caractéristiques techniques, évaluer les enjeux énergétiques associés → Application à 6 cas d'études

Phase 2 :
**Technologies de
récupération**

- Évaluer les technologies permettant de répondre à ces contraintes, sur le marché et au stade de R&D → Principe de fonctionnement, niveau de température, gamme de puissance, avantages/inconvénients, maturité, transversalités possibles

Phase 3 :
**Contraintes de
récupération et sur les
matériaux**

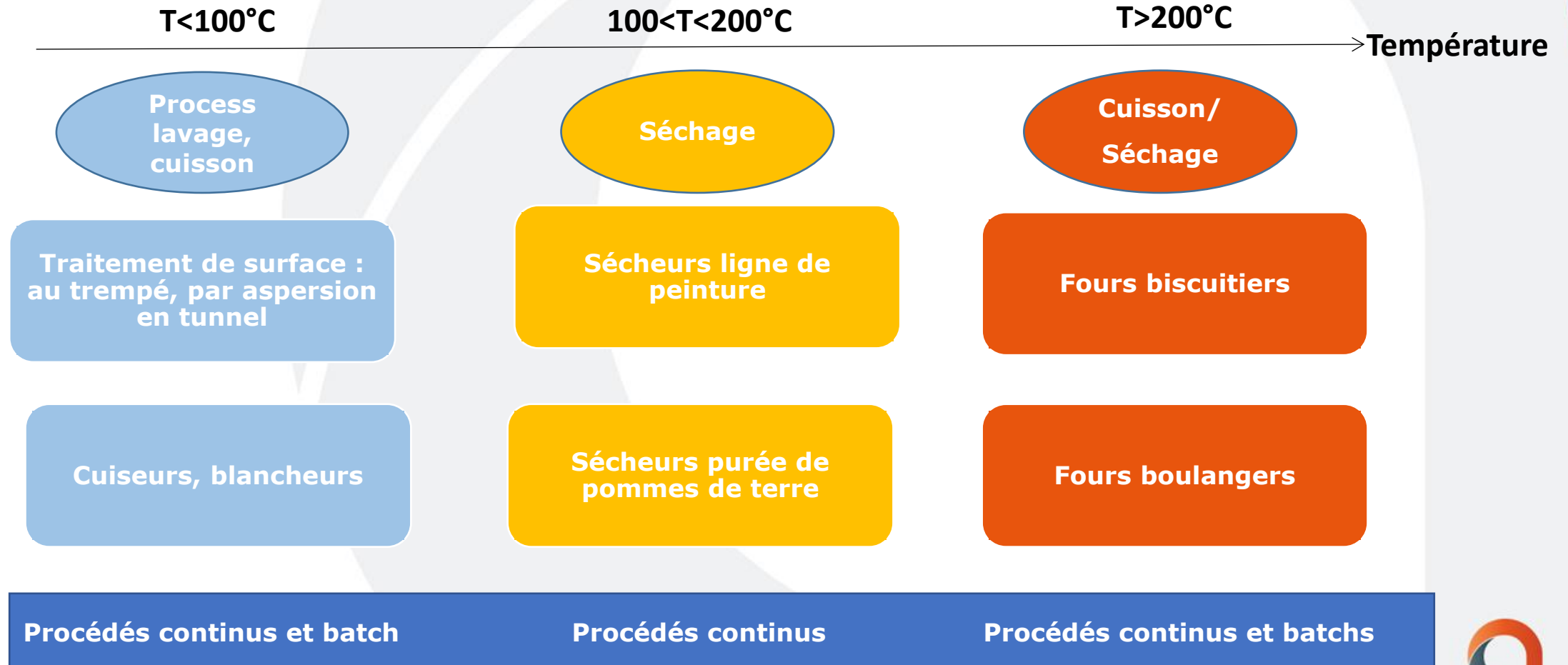
- Analyser les contraintes de récupération pour chacun des cas d'études → Contraintes effluents, lavage des gaz, gestion des condensats, réutilisation possible sur le site, contamination possible sur le produit, gain énergétique

Phase 4 :
**Projets collaboratifs
futurs**

- Évaluer les opportunités/contraintes de la récupération de chaleur → Identifier les opportunités de projets possibles au sein d'ALLICE

Couples procédés/buées et technologies de récupération

Cas d'études traités



Identification des enjeux / leviers

Enjeu énergétique

- Enjeu fort : four biscuitier, four boulangerie, sécheur purée PdT

Contraintes opérationnelles : nature effluents, continu/batch, etc.

- Nature effluents : Four biscuitier, traitement de surface
- Procédés batch : four de boulangerie, cuiseur/blancheur, TS au trempé
- Procédés continus : four biscuitier, sécheur purée PdT, TS par aspersion

Impact sur l'environnement du procédé

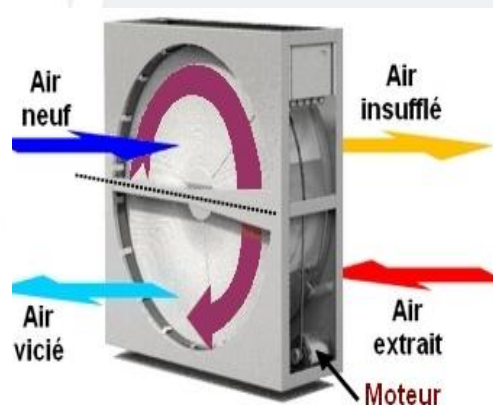
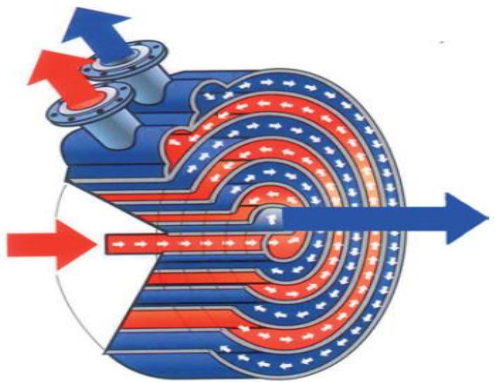
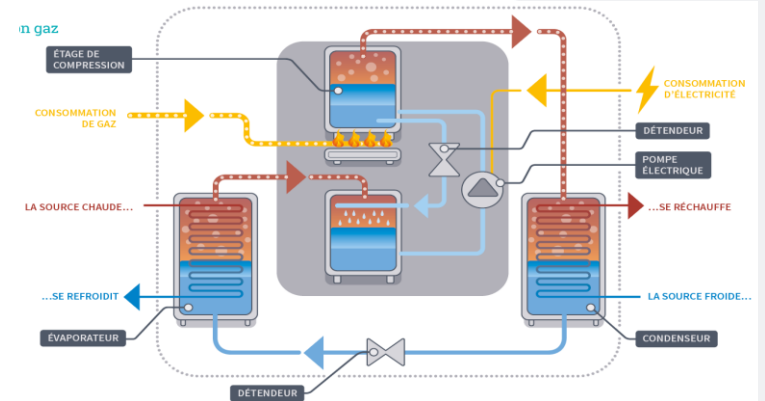
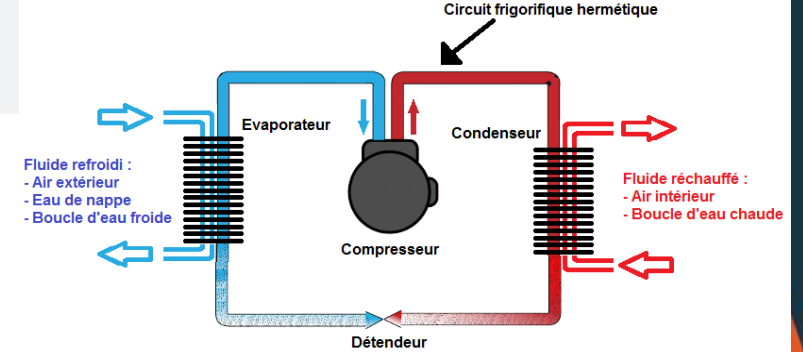
- Confort/hygiène atelier : cuiseur/blancheur, traitement de surface
- Valorisation chaleur dans un autre procédé : étuve de séchage
- Contrainte réglementaire : traitement de surface

Reproductibilité de la récupération

- Installations déjà réalisées : four biscuitier, sécheur pomme de terre
- Seuil de rentabilité à étudier : traitement de surface, étuve de séchage ligne de peinture, cuiseur/blancheur

Veille technique

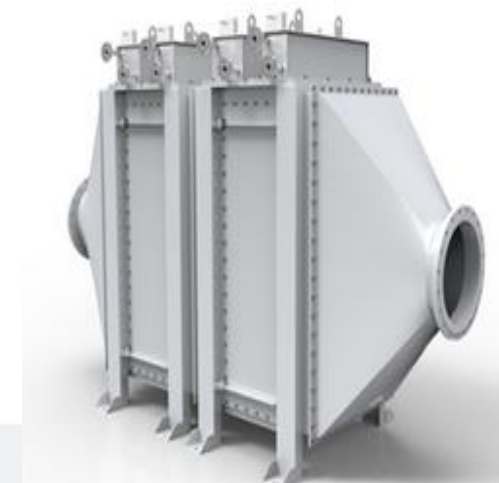
- Différences technologies d'échangeurs condenseurs matures
 - Tubulaires, à plaques, échangeur rotatif, échangeur caloduc, matériaux inox ou en plastique, etc.
- Relève de température par PAC électriques ou à absorption
 - Niveau de température standard
 - Besoin à haute température ($>80^{\circ}\text{C}$)



Trianon

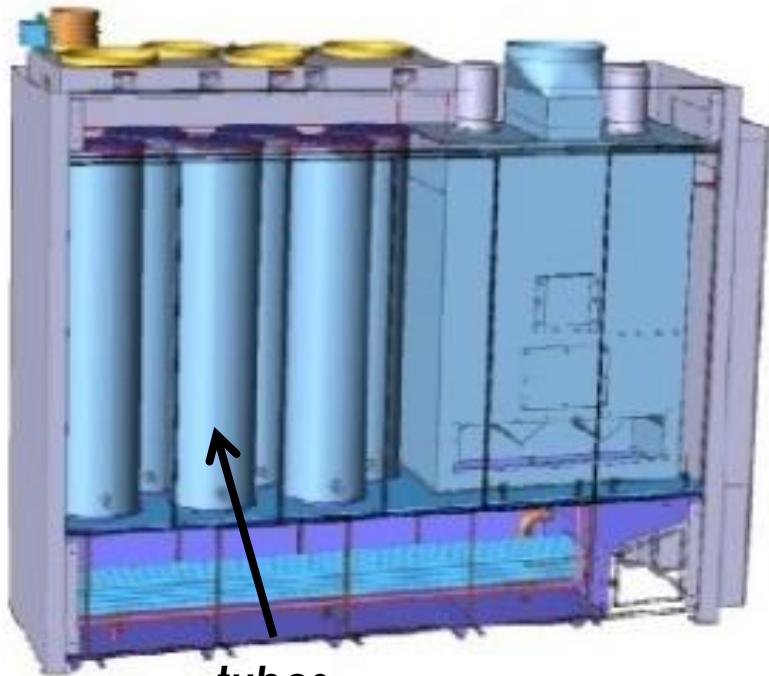


Calorplast



Spirax Sarco

Exemple : échangeur tubulaire lisses ou ailetés



tubes lisses



Température	60 à 900 °C
Débit	Jusqu'à 200 000 nm ³ /h
Fluides	Effluents corrosifs, fumées ou gazeux, buées
Applications	Récupération de chaleur sur fours tunnel, cyclotherme, à étages à chariot & fours spéciaux (verre, briques.....), torréfacteurs cuiseurs industriels, chaudières
Avantages	Récupération d'énergie optimale, système autonettoyant tirage régulé => pas de perte de charge
Secteurs	Agroalimentaire, biscuiterie, boulangerie, énergie
Fabricant	Ecopôle

Application à un four tunnel en boulangerie

1 Four = 2 gisements d'économie d'énergie

Les buées

Jusqu'à 280 °C

Volumes importants et fort potentiel énergétique. La technologie ECOBLOC évite les risques d'encrassement (graisses, sucres)

Le tirage doit être piloté et régulé. C'est pourquoi l'ECOBLOC est la solution de référence sur les buées des fours

Production d'eau à 65/70 °C et +

Les gaz de combustion

Jusqu'à 400 °C

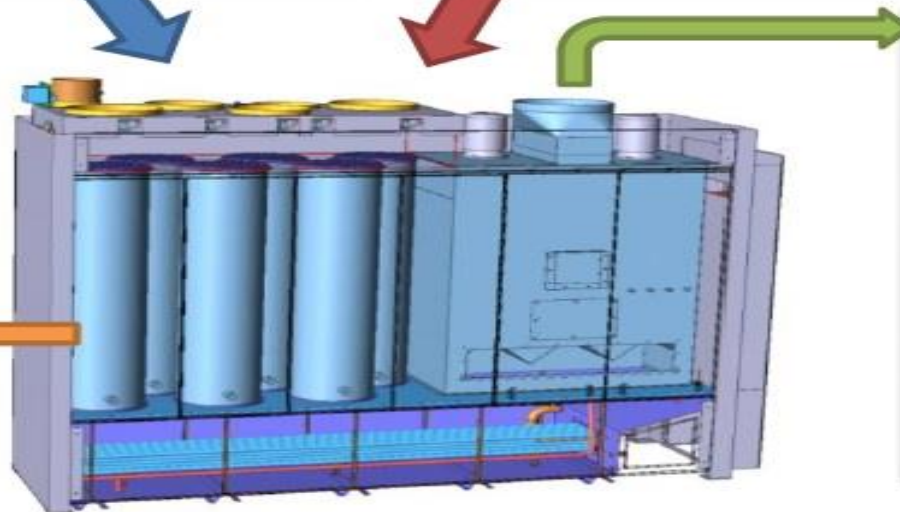
Gaz sec permettant de chauffer l'eau à des t °C élevées

En Suisse et en Californie : brûleurs à double combustion pour le respect des normes environnementales (bas Nox) ce surcoût peut être évité et rentable avec l'ECOBLOC.

Production d'eau à 95 °C max



Solution
ECOBLOC



Energie produite

Stockage en ballon sous forme d'eau chaude et redistribution dans l'usine

Après échange de chaleur

Air rejeté à 50/60 °C

Fumées épurées à 90 % des particules nocives (COV, HAP, poussières)

CO2 : diminution du bilan carbone – un kW récupéré est un kW non consommé

1 seule cheminée d'évacuation = coûts réduits sur projet neuf, remplacement des cheminées par des collecteurs

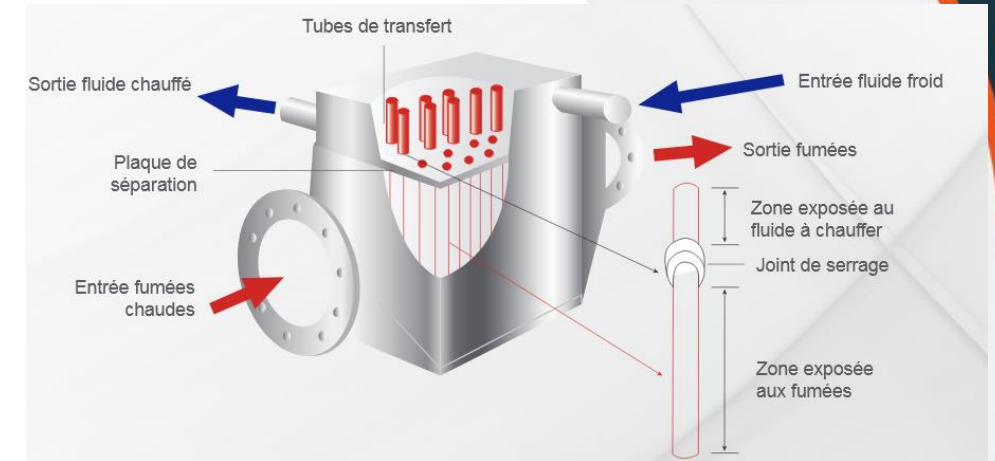
Application sur 2 fours tunnel en pâtisserie industrielle

- Informations société Ecopôle

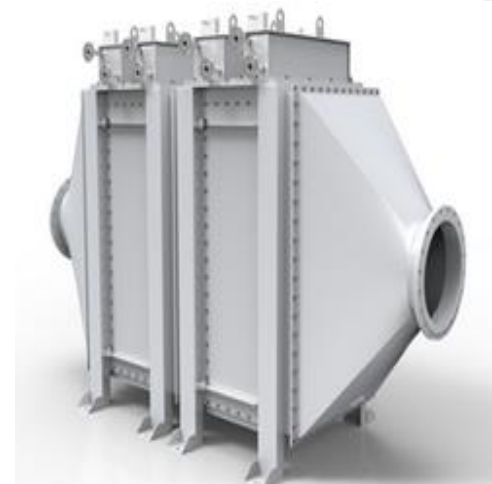
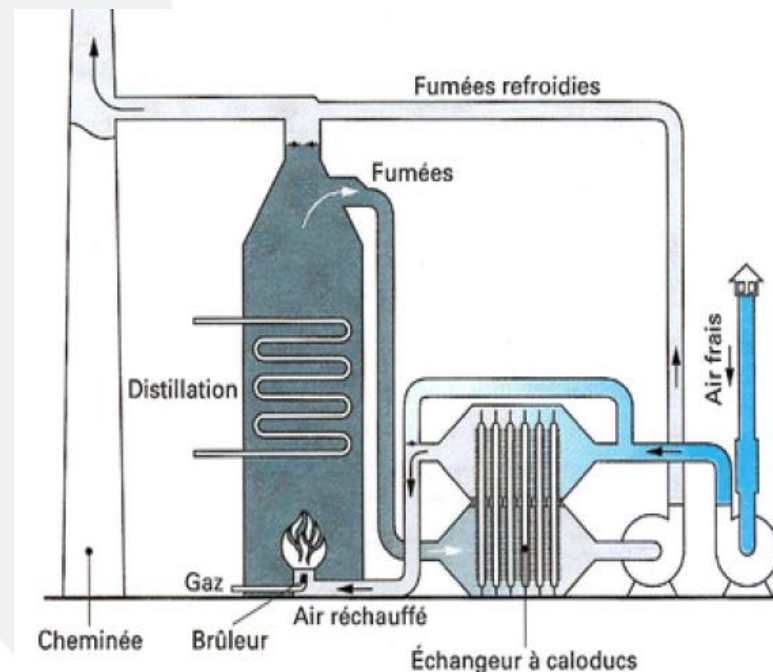
- ✓ 2 x Ecobloc type V et 2 fours tunnels de 600 kW
- ✓ 2 x 4 échangeurs à tubes verticaux lisses de 150 kW/pièce
- ✓ 2 x 2 récupérations séparées: buées + gaz de combustion
- ✓ 2 x 300 kW brûleur par four
- ✓ Ballon de stockage EC de 3.000 litres
- ✓ Potentiel de récupération de 240 kW
- ✓ Production d'eau chaude à 93 °C
- ✓ Économie de 52.000 €/an

Exemple : échangeur caloduc – application à un four de distillation

Température	Jusqu'à 400 °C
Fluides	Liquide-liquide, liquide-gaz, gaz-gaz
Matériaux	tubes en acier inox, cuivre, aluminium, etc.
Applications	Récupération de chaleur sur séchoirs industriels (tour d'atomisation et autres), fumées des fourneaux, fours, chaudières
Avantages	Très bon échange thermique (échange diphasique), faible encombrement, peu de maintenance
Inconvénients	Pour des effluents encrassants : problème d'encrassement dû à la présence d'ailettes
Fabricant	Spirax Sarco



- ✓ **Température fumées 325°C**
- ✓ **Débit-masse 7,1 kg/s (20 000 Nm³/h)**
- ✓ **Température air réchauffé 242°C**
- ✓ **Potentiel de récupération de 1300 kW**
- ✓ **Efficacité de 70 %**
- ✓ **Nombre de caloducs 345**
- ✓ **Fluide du caloduc utilisé : toluène**



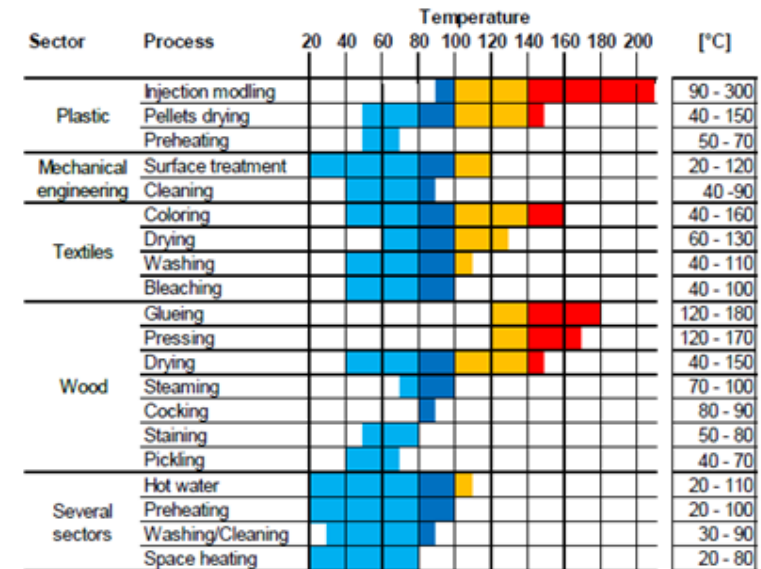
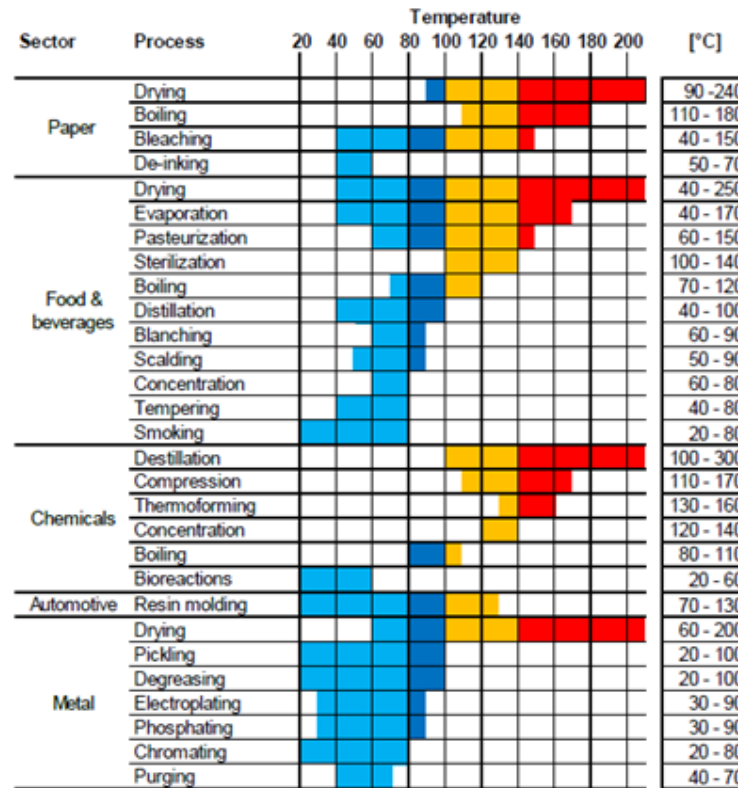
Spirax Sarco

Pompes à chaleur - usages industriels

Overview of processes in different industrial sectors Temperature levels and technology readiness level

EUROPEAN
HEAT PUMP
SUMMIT

Etat de l'art des besoins
en chaleur, par secteur industriel,
par niveau de T,
par degré de maturité
des PAC (standard, HT, THT)



Technology Readiness Level (TRL):

- conventional HP < 80°C, established in industry
- commercial available HP 80 - 100°C, key technology
- prototype status, technology development, HTHP 100 - 140°C
- laboratory research, functional models, proof of concept, VHTHP > 140°C

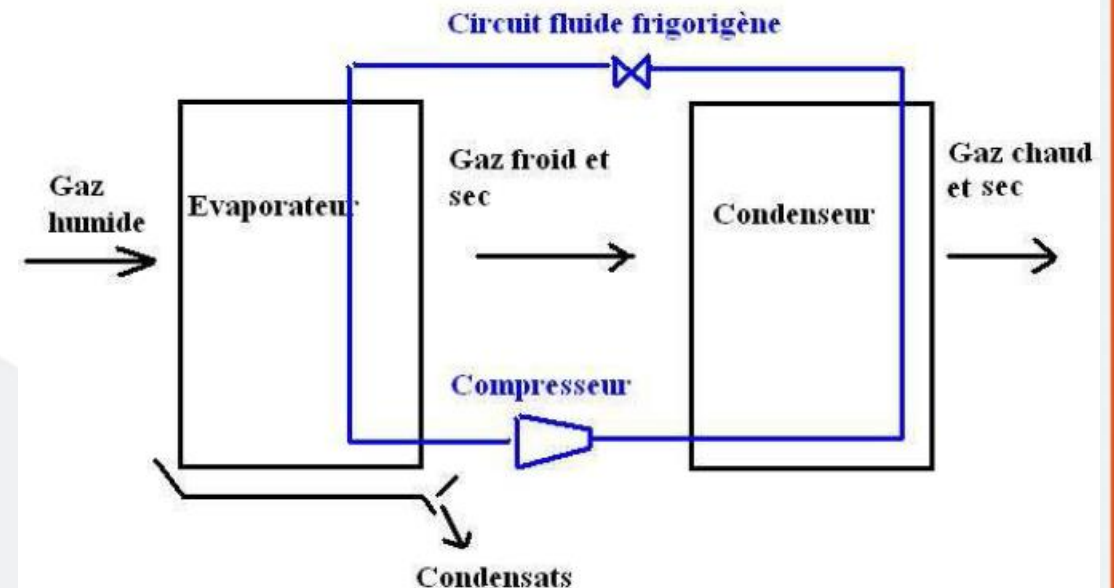
Data sources: Brunner et al. (2007), Hartl et al. (2015), IEA (2014), Kalogirou (2003), Lambauer et al. (2012), Lauterbach et al. (2012), Noack (2016), Ochsner (2015), Rieberer et al. (2015), Watanabe (2013), Weiss (2007, 2005), Wolf et al. (2014)

Exemple : PAC standard – application sur séchoir industriel



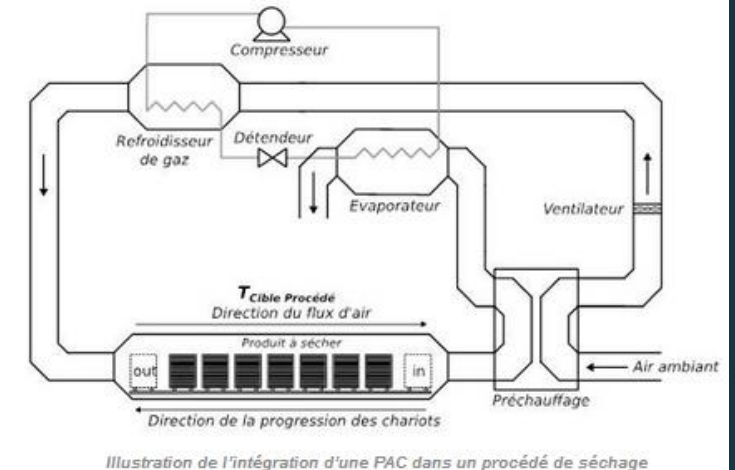
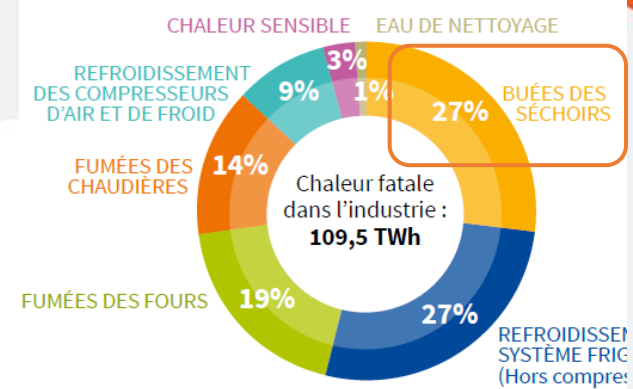
- Entreprise Sodeleg, leader européen de la déshydratation des oignons (site Athies sous Laon – Aisne)
- Récupération de chaleur sur séchoirs industriels (T de 30-40°C, HR de 90%)
 - Gain sur la facture de gaz de 10%
 - Réduction des COVméthaniques (estimée à 20% par l'industriel)
- Valorisation : préchauffage de l'air de combustion des brûleurs (jusqu'à 48°C)
 - PAC élec, fluide R134a, COP proche de 5
 - Investissement 1,3 M€
 - TRI estimé de 7 ans (activité saisonnière)
 - Installation en juillet 2019

Principe de
fonctionnement



PAC HT/THT

- Un intérêt croissant porté sur le procédé de séchage
- Des références existantes en Europe :
 - ➔ Laiterie Arla Rinco, Danemark, PAC HT Hybride (Hybrid Energy)
 - ➔ Laiterie Frieslandcampina, Pays Bas, PAC HT élec (Johnson Controls)
 - ➔ Wienerberger, tuiles et briques, Autriche, PAC gaz abso (CNIM)
- Des projets HT/THT en cours :
 - ➔ Projet TRANSPAC / EDF R&D → opération de démonstration prévue pour 2019 en France sur séchoir papetier → $T_{visée} = 150^{\circ}\text{C}$
 - ➔ Projet européen DryF / Consortium AIT → opérations de démonstration prévues pour 2019 en Autriche sur séchoir de briques (Wienerberger) et séchoir d'amidon (Agrana Starke) → $T_{visée} = 150/160^{\circ}\text{C}$
 - ➔ Projet GEA Refrigeration → développement d'une solution intégrée de PAC HT permettant de récupérer l'énergie de condensation des buées d'atomiseur pour produire de l'air chaud de séchage



Solutions techniques, intérêt/contraintes opérationnelles et leviers

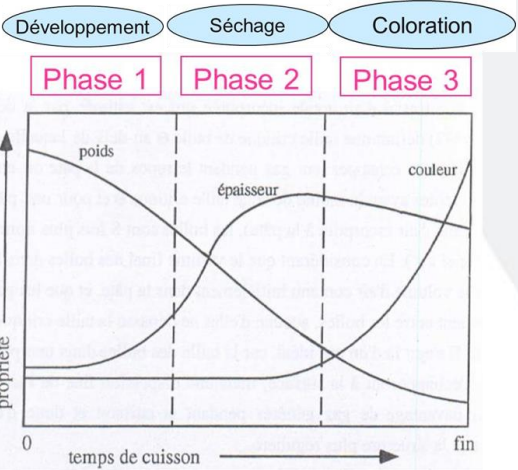
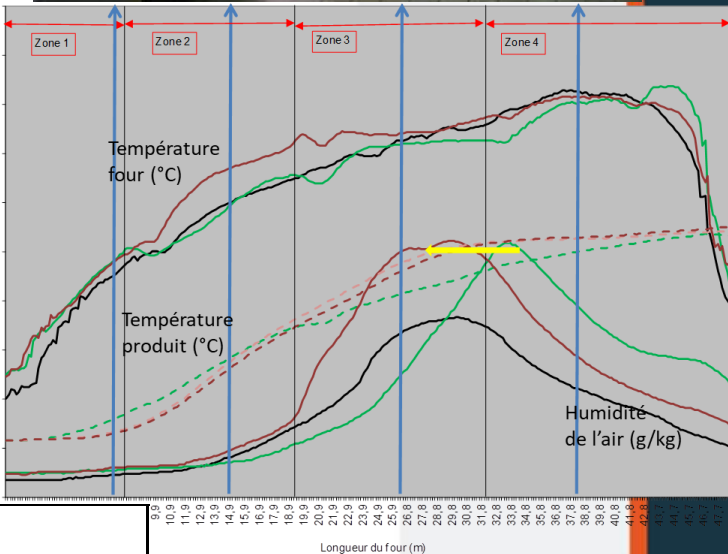
Présentation synthétique de 6 cas d'études : fours biscuitiers, sécheur cylindre de purée de pommes de terre, fours boulangers, blancheurs/cuiseurs, traitement de surface et étuve de séchage de lignes de peinture

Récupération sur fours biscuitiers

- Scénario de fonctionnement

Caractéristiques du four de cuisson

Technologie séchoir	Convectif / air chaud	
Température consigne	200	°C
Tin air neuf	20	°C
Puissance installée	650	kW
Puissance moyenne en charge	360	kWpcigaz
Nombre heures/jour	16	h/jour
Nombre jours/sem	7	jour/sem
Nombre sem/an	49	sem/an
Durée fonctionnement annuelle	5 488	h/an
Consommation énergie annuelle	1 976	MWhpci/an
Consommation annuelle gaz	2 193	MWhpcs/an
Coût du gaz	40	€/MWhpcs
Facture énergie four	88	k€
Consommation spécifique	730	kWh/tonne

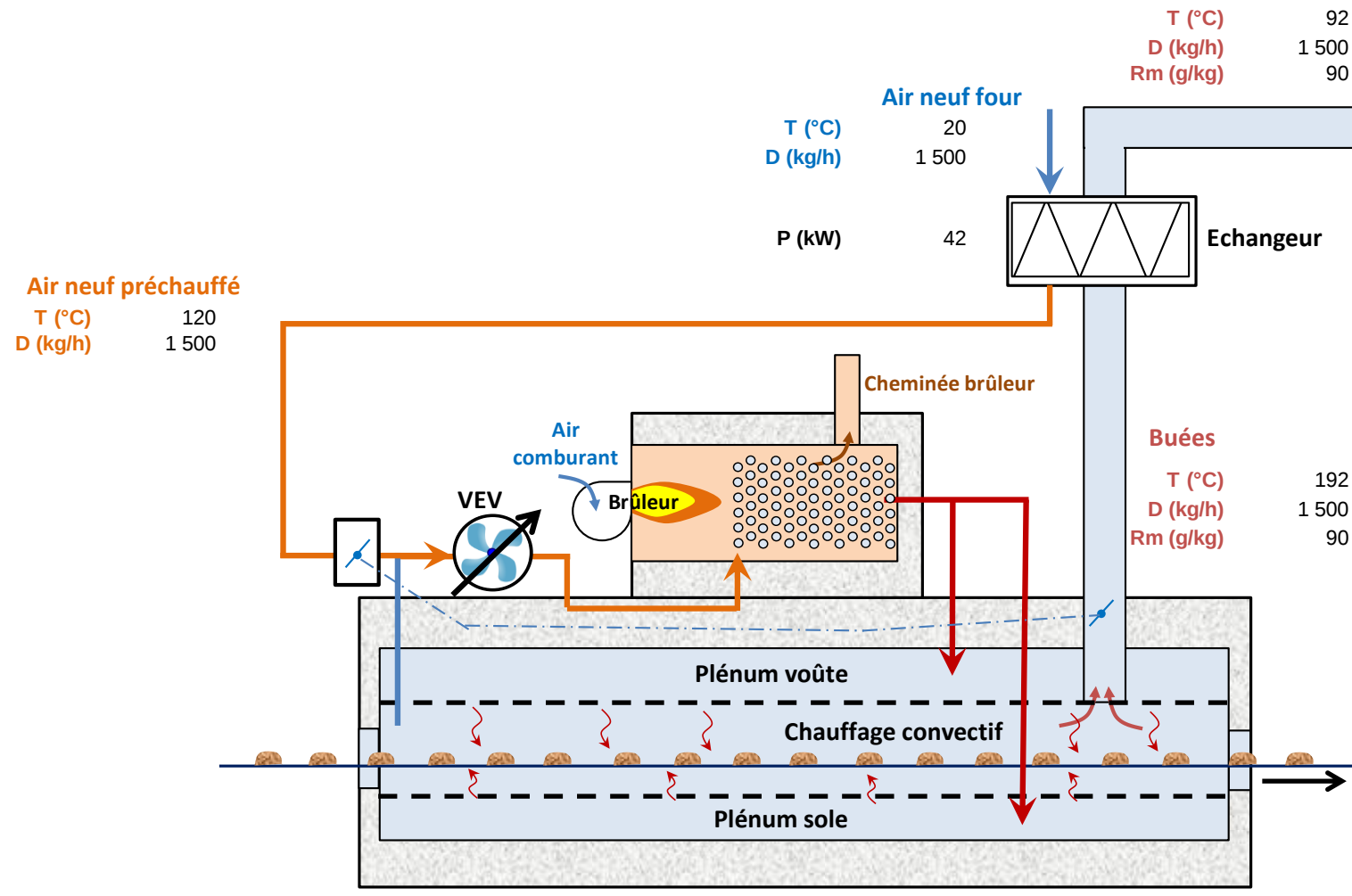


Caractéristiques des buées

Température	192	°C
Débit	1 500	kg/h
Rapport de mélange	90	geau/kgair
Humidité relative	<1	%
Débit eau extrait	135	kg eau/h
Température de rosée	50,8	°C
Puissance sensible disponible	59	kW
Chaleur de condensation	2 380	kJ/kg eau
Puissance latente disponible	89	kW
Puissance totale disponible	148	kW

Solutions techniques

- Valorisation pour le préchauffage d'air neuf du séchoir

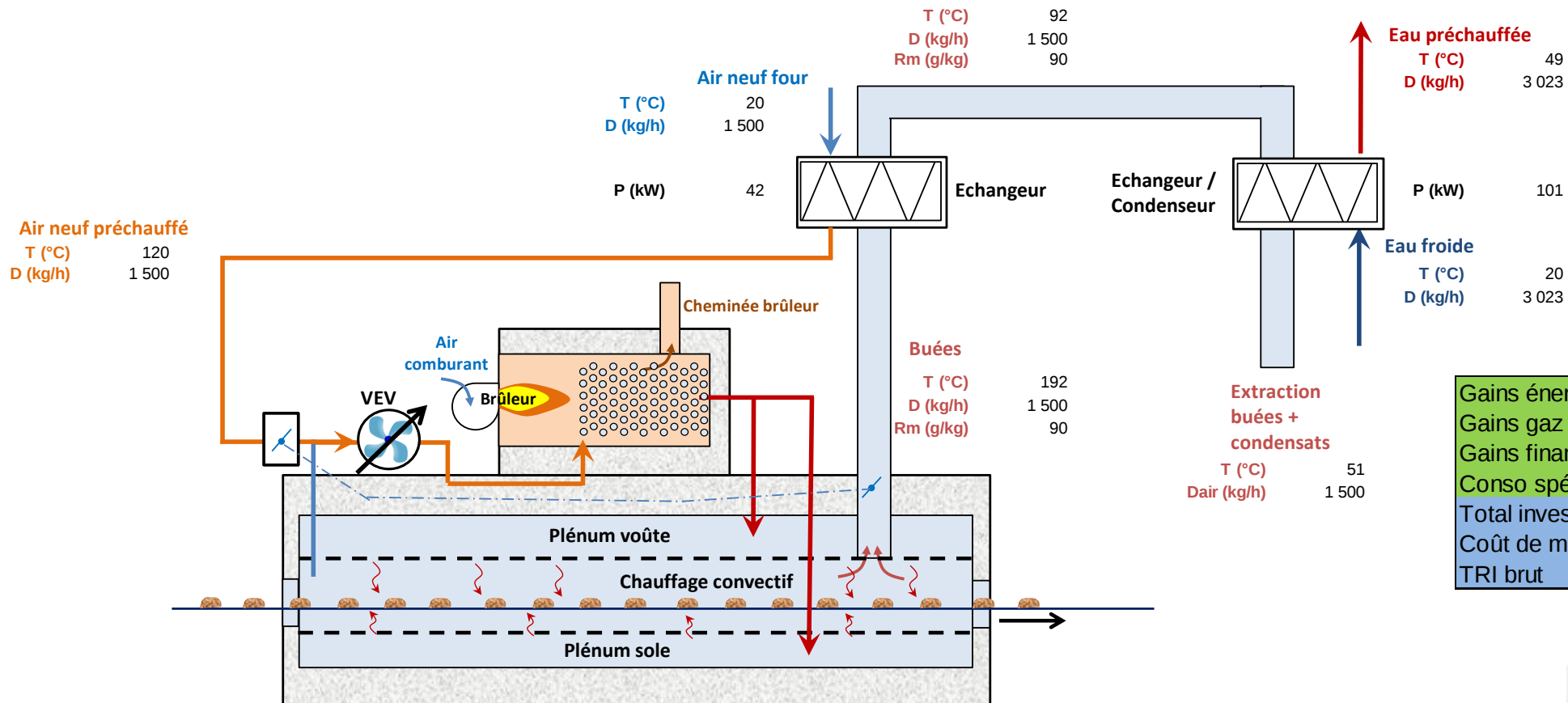


Chiffrage solution

Gains énergétiques	217	MWhpci/an
Gains gaz	241	MWhpcs/an
Gains financiers	10	k€
Conso spécifique	650	kWh/tonne
Total investissement	30	k€
Coût de maintenance	0,5	k€/an
TRI brut	3,3	années

Solutions techniques

- Valorisation pour le préchauffage d'air neuf du séchoir + production d'ECS



Chiffrage solution

Gains énergétiques	606	MWhpci/an
Gains gaz	672	MWhpcs/an
Gains financiers	27	k€
Conso spécifique	506	kWh/tonne
Total investissement	90	k€
Coût de maintenance	1,0	k€/an
TRI brut	3,5	années

Synthèse récupération sur four biscuitier

Enjeux

- Potentiel de chaleur et gains énergétiques importants (de 15% à 35% sur la facture gaz du four)
- Préchauffage air neuf séchoir ou couplé avec de la production d'ECS
- TRI de 3 ans (sans subvention)

Intérêts/ contraintes

- Technologie d'échangeur mature (échangeur sensible ou condenseur)
- Couplage possible à de la récupération sur fumées brûleurs (exemple Ecopôle)
- Nettoyage encrassement par lavage
- Gestion des condensats ?

Leviers

- Intégration dès la conception
- Financement
- Supervision/comptage : suivi IPE en kWh/t
- Maintenance régulière

Récupération sur sécheur cylindre

- Scénario de fonctionnement

Caractéristiques du cylindre sécheur

Technologie séchoir		Conductif
Température vapeur	°C	200
Tin air neuf	°C	150
Puissance installée	kW	-
Puissance moyenne en charge	kWpcigaz	374
Nombre heures/jour	h/jour	24
Nombre jours/sem	jour/sem	5
Nombre sem/an	sem/an	49
Durée fonctionnement annuelle	h/an	5 880
Consommation énergie annuelle	MWhpci/an	2 198
Consommation annuelle gaz	MWhpcs/an	2 439
Coût du gaz	€/MWhpcs	30
Facture énergie sécheur	k€	73
Consommation spécifique global	kWh/tonne	1 550

Source Lutosa

04/07/2019



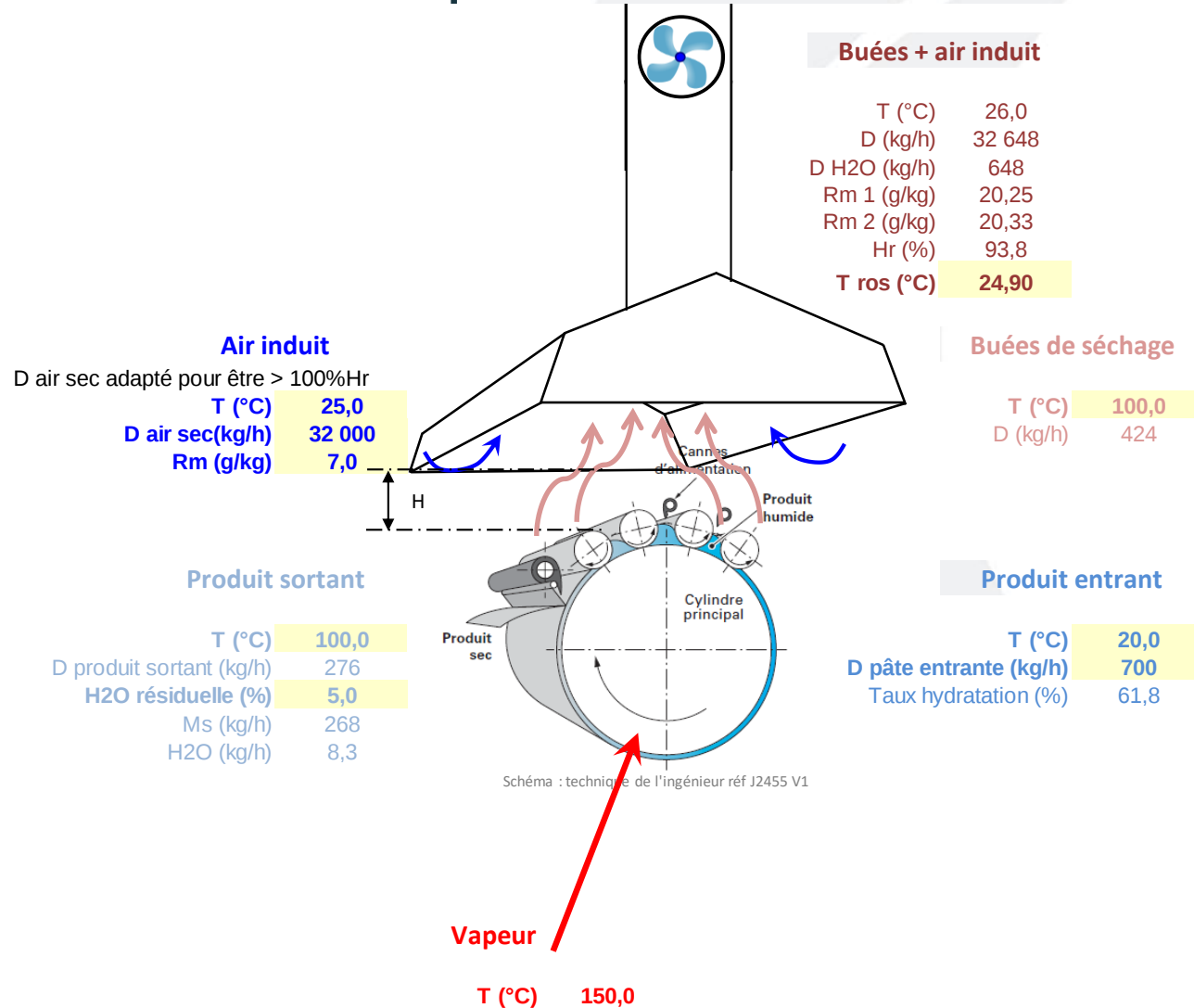
Source Andritz Gouda

Caractéristiques des buées

Température	°C	26,0
Débit	kg/h	32 648
Rapport de mélange	geau/kgair	20,3
Humidité relative	%	94
Débit eau extrait	kg eau/h	648
Température de rosée	°C	24,9
Puissance sensible disponible (pour T rosée)	kW	10
Chaleur de condensation	kJ/kg eau	2 442
Puissance latente disponible	kW	440
Puissance totale disponible	kW	449

Récupération sur sécheur cylindre

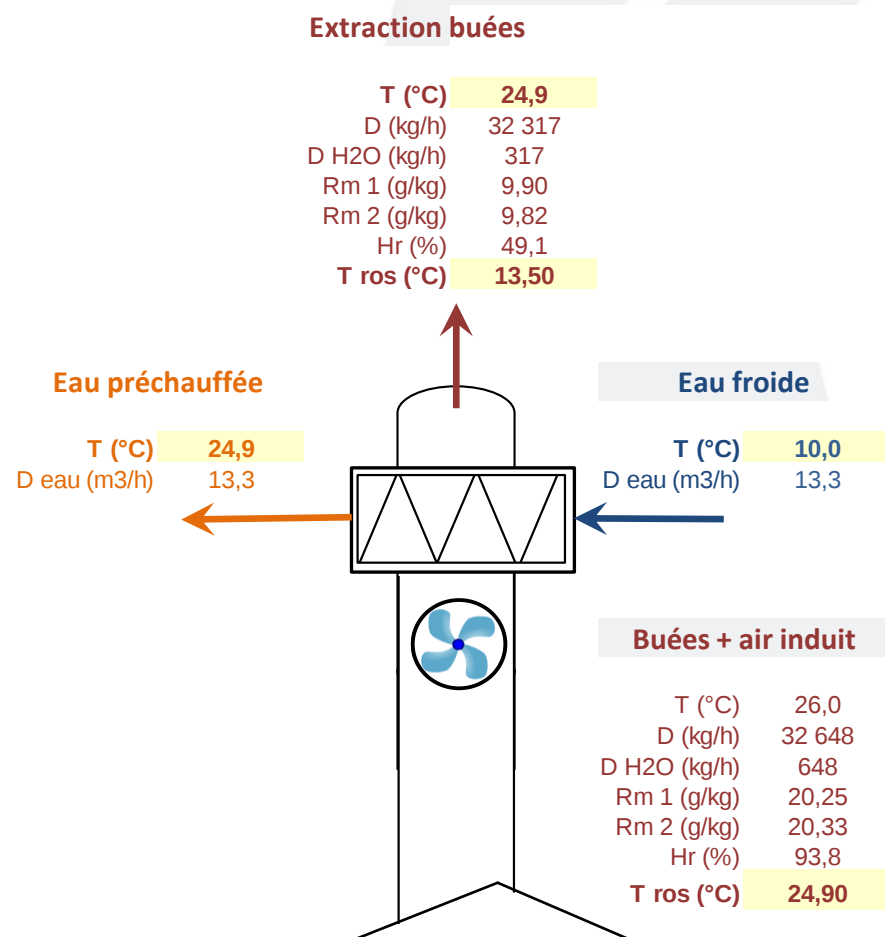
- Problématique forte de ventilation sur le sécheur



Source Andritz Gouda

Solutions techniques

- Valorisation pour le préchauffage d'air neuf CTA locaux (solution 1) ou préchauffage d'ECS (solution 2)



Chiffrage solution 1

Gains énergétiques	431	MWhpci/an
Gains gaz	478	MWhpcs/an
Gains financiers	14	k€
Total investissement	100	k€
Coût de maintenance	2,0	k€/an
TRI brut	7,1	années

Valorisation sur
une ½ année

Chiffrage solution 2

Gains énergétiques	1 757	MWhpci/an
Gains gaz	1 951	MWhpcs/an
Gains financiers	59	k€
Total investissement	150	k€
Coût de maintenance	2,0	k€/an
TRI brut	2,6	années

Valorisation toute
l'année

Synthèse récupération sur sècheur cylindre

Enjeux

- Potentiel de chaleur et gains énergétiques importants (gain de 20% à >50% sur la facture gaz)
- Préchauffage air neuf CTA ou couplé avec de la production d'ECS
- TRI de 3 à 7 ans (sans subvention)

Intérêts/ contraintes

- Procédé continu
- Technologie d'échangeur mature (échangeur sensible ou condenseur)
- Disponibilité du puits de chaleur
- Gestion des condensats et encrassement ?

Leviers

- Optimisation de la ventilation
- Financement
- Maintenance régulière et comptage (IPE)

Fours boulangers-pâtisseries discontinus

- Contexte

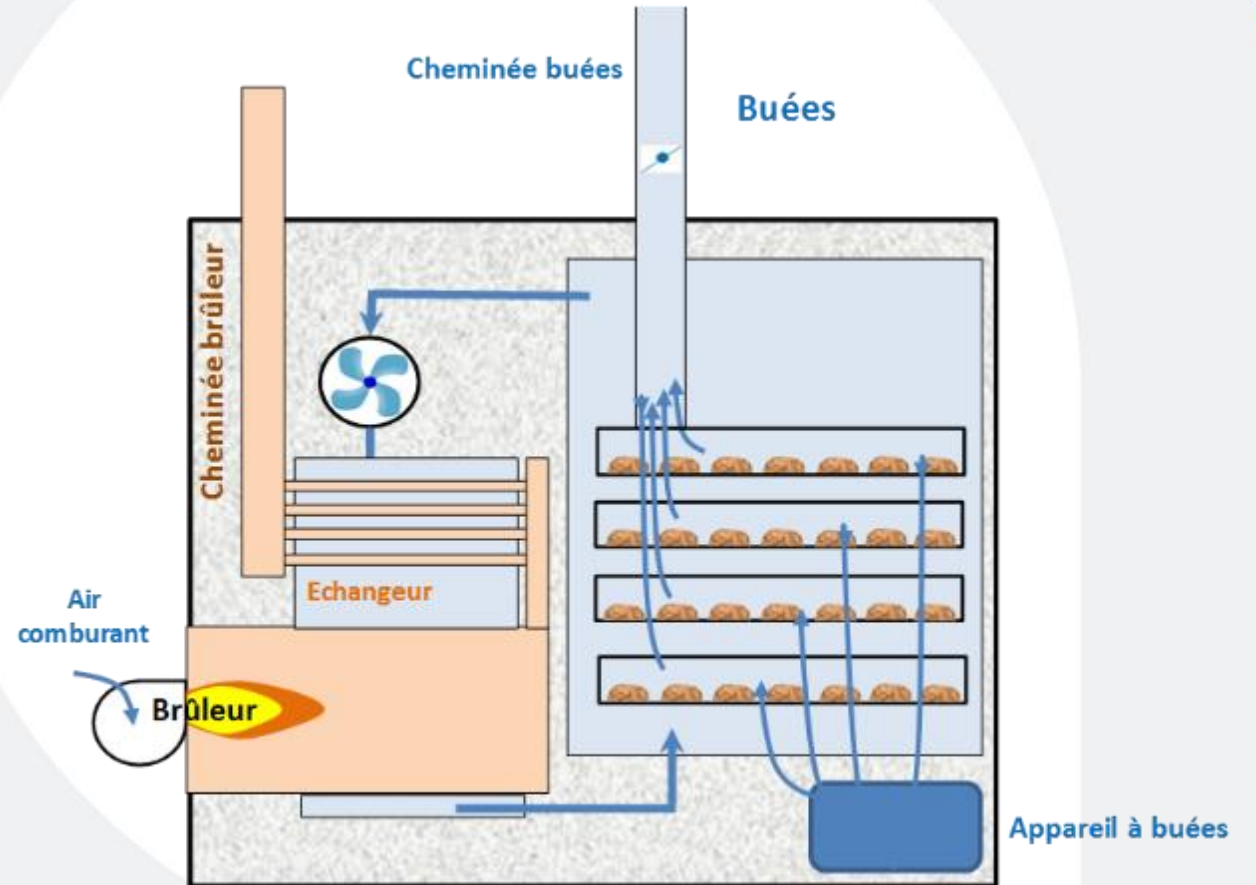
- Très peu de récupération d' énergie sur ce type d'installation car :
 - Système discontinu => pas de buées en permanence
 - Cuisson => taux d'humidité dans les buées jamais constant au cours d'une cuisson
- Cependant
 - Chaleur et humidité sur des buées importantes => récupération d'énergie pouvant être intéressante
 - Dispositif de récupération d'installation facile, car cheminée d'évacuation existante

- Intérêt de l'étude

- Étudier la « qualité » des buées (température, humidité, débit) pour différents types de fours (à sole, rotatifs, ...) et différents produits (pains, viennoiseries, ...)
- Comprendre à partir de quel niveau de production (nombre de fours, type de cuisson, fréquence de cuisson, ...) l'insertion d'un système de récupération d'énergie pourrait être intéressant

Fours boulangers-pâtisseries discontinus

- Principe de fonctionnement



La génération de buées

- Exemple : Cuisson de baguettes
 - Le plan de chargement du four
 - Four avec 6 soles (6 plaques de 2,40mx0,75m)
 - 252 baguettes
 - Cuisson
 - Coup de buées
 - Enfournement
 - (Coup de buée)
 - Cuisson
 - Ouverture du four
 - Défournement
 - Buées
 - Buée apportée par le générateur de buée (20,16kg d'eau)
 - Buée apportée par la cuisson des baguettes
 - Masse baguette 350g => 250g => 100g d'eau par baguette
 - 25,2kg d'eau
 - Total = 45,36kg d'eau vaporisée pendant la cuisson



La génération de buées

- Exemple : Cuisson de baguettes (suite)
 - Extraction des buées
 - Les buées sont extraites en fin de cuisson (sur les 5 à 10 dernières minutes)
 - Principalement par l'oura
 - Mais aussi à l'ouverture du four, et pertes pendant la cuisson
 - Défournement - Réchauffage du four – redémarrage d'un cycle
 - Environ 2 cuisson de 18-20min par heure
 - => Quantité de buées produites = 90 kg/h

La génération de buées

- Enjeux énergétiques

- Estimation buées récupérables

- De la moitié aux 2/3 des buées émises

- Température des buées : 180°C à 200°C

- Humidité relative : forte, mais non mesurée

- Dans le meilleur des cas

- Quantité de buée récupérable : $\Rightarrow 90 \times \frac{2}{3} = 60 \text{ kg}$

- Puissance récupérable = $60 \times 0,627 = 37,62 \text{ kW}$

Technologies de récupération

- Récupération des buées (société Ecopôle)



1 Four rotatif 110kW

Ballon de stockage EC 2 000 L

Récupération séparée des buées + gaz de combustion

Gains :

- Couverture des besoins en chauffage => pas d'installation de chaudière
- Baisse des consommations d'énergie de l'usine
- **Buées permet 60°C**
- **Buées + gaz combustion permet 90°C**

T.R.I. :

- de 2 à 6 ans
- Projet difficilement réalisable en France si TRI > 3ans

Technologies de récupération

- Récupération des buées (société Ecopôle)



Allemagne : 11 Fours (tous types)
Ballon EC 5000L
2 Ecoblocs : Récupération buées
(2/3) + gaz de combustion (70%)

Gains :

- Préparation produits
- Nettoyage
- ECS
- chauffage

T.R.I. :

- 3 ans
- Très acceptable en Allemagne

Le fait d'avoir 11 fours, permet de se rapprocher d'un fonctionnement de récupération continu

Contraintes de récupération

- Qualité des buées
 - Fours boulangers : Buées peu encrassantes (perte d'eau principalement+farine)
 - Fours biscuitiers, pâtisseries : Buées encrassantes (sucre et graisses), et moins de perte d'eau pendant la cuisson
- Rejets
 - Laveur de fumées (par voie humide (aspersion d'eau + décontamination COV et HAP)
 - Le système de récupération ne doit pas nuire à l'atmosphère du four
 - Buées rejetées à 50°C- 60°C

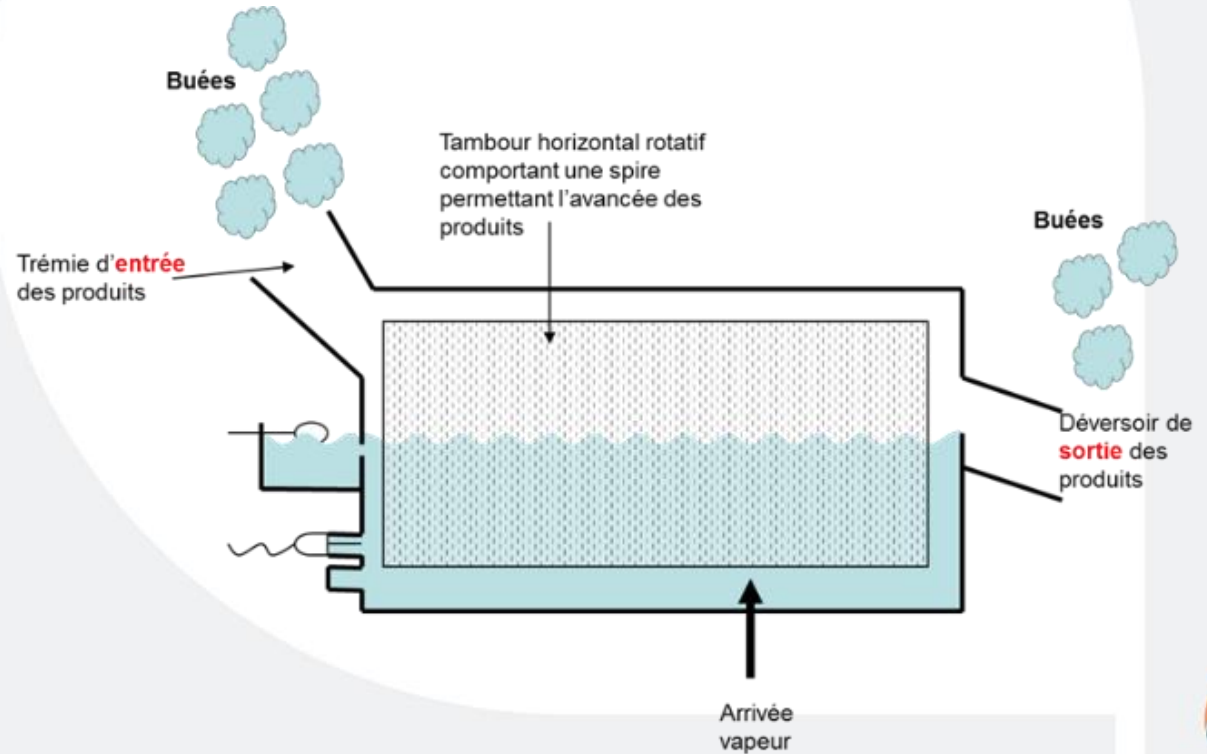
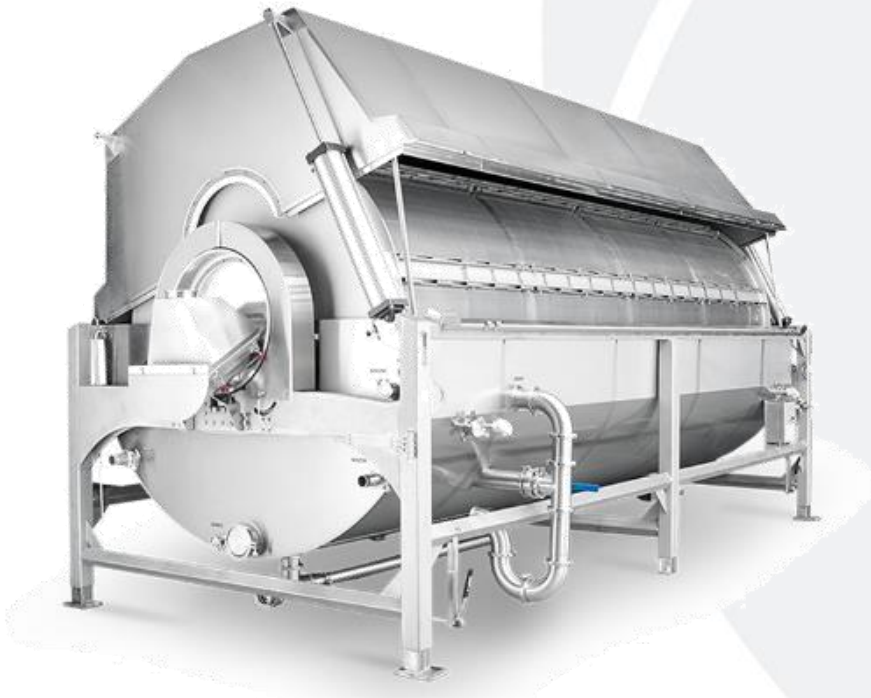
Coût - gisement

- Coût
 - Ecopôle : Pour une installation à 100 000€ d'investissement, récupération de 33 000€/an en incluant un dispositif d'aide type C2E.
- Gisement (FEB 2017)
 - 32 000 boulangeries-pâtisseries artisanales
 - 270 boulangeries-pâtisseries industrielles
 - 32% du marché du pain
 - 80% du marché de la viennoiserie
 - 40% du marché de la pâtisserie

Blancheurs

- **Principe de fonctionnement**

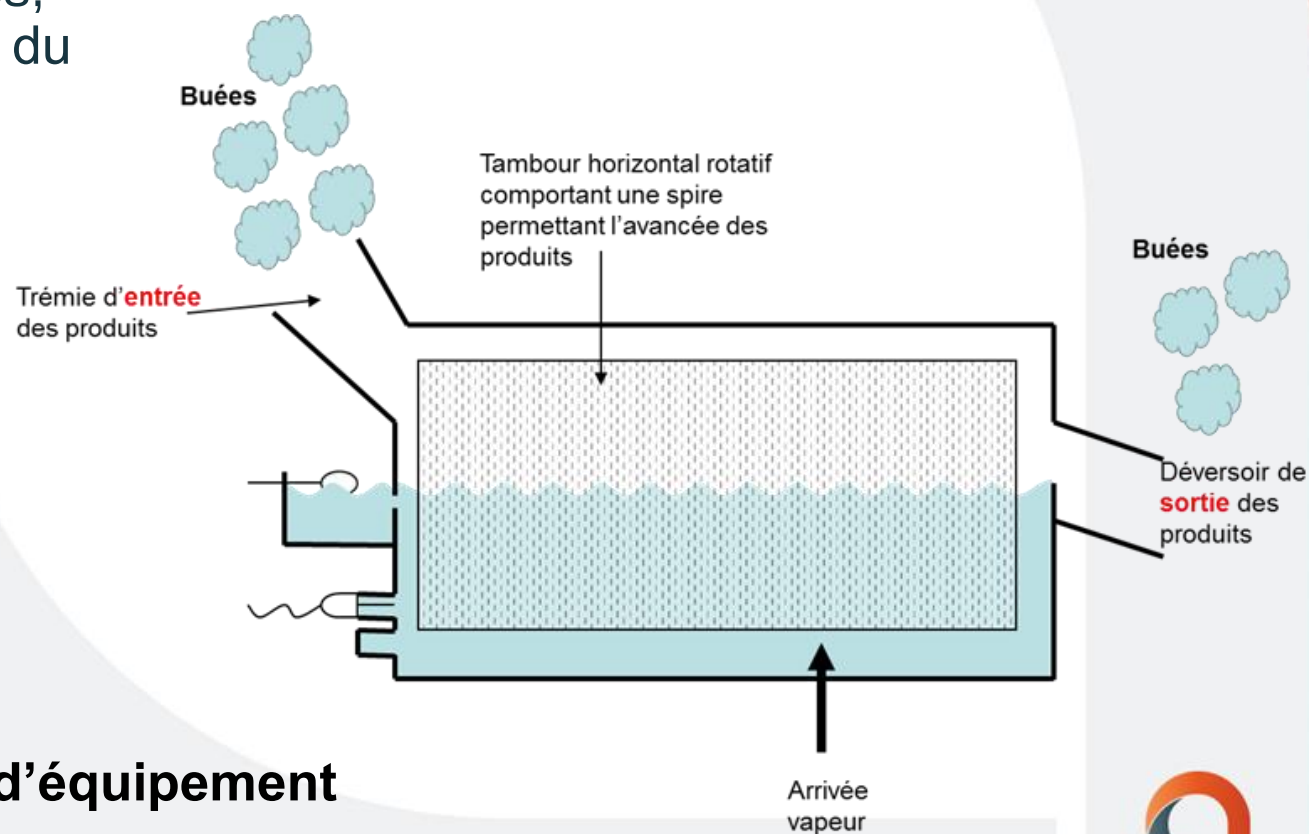
- Les légumes arrivent par la trémie d'entrée, avancent dans l'eau (95°C) pendant 4 à 5 minutes et ressortent par le déversoir. Le système est continu (5 à 10 t/heure).



Blancheurs

- **Buées émises**

- Finalement, peu de buées sont émises, car le but n'est pas d'extraire de l'eau du produit. On cherche à calorifuger et fermer les blancheurs au maximum.
- Les pertes par évaporation sont de l'ordre de 3 à 5 kW



Pas de récupération de buées sur ce type d'équipement

Atelier cuisson

- **Principe de fonctionnement**

- Les éléments de cuissons sont très variés dans les ateliers : marmites, sauteuses, friteuses, cellules de cuisson. Les cuiseurs sont soit fermés, soit partiellement fermés, soit ouverts.
- Les buées provoquent humidité et chaleur dans les ateliers ; elles sont plus ou moins bien évacuées...mais non valorisées.



Atelier cuisson

- Environnement en production



Atelier cuisson

- **Récupération difficile des buées**

- Parfois, les buées sont extraites, via des hottes, pour le confort des employés
- Buées mélangées à l'air de l'atelier, pas de cheminée d'extraction en sortie de chaque équipement de cuisson
- Buées grasses, sucrées, odeurs,...
- Systèmes non continus

- **Cependant**

- Gisement important : cuisines centrales, ateliers de cuisson en agroalimentaire,...

Atelier cuisson : Exemple de récupération des buées

- **Système Lago® de France Air**

- Description
- Pompe à chaleur avec un échangeur cyclonique air/eau
- Installée en série sur le réseau d'extraction de la cuisine
- Plage de fonctionnement (20° à 45°C – H.R. de 35% à 85%)
- Performances : Ex : à 35°C-H.R.50%, la pompe à chaleur délivre de l'eau à 55°C, avec un COP de 4)

- **Exemple d'installation : Cuisine centrale**

- 1 200 repas/jour – 6 000 L d'ECS/j – 162j de fonctionnement / an
- Le système de récupération des buées permet un apport de 15% d'ENR en ECS
- Diminution de la facture énergétique de 4 000€/an
- TRI = 9 ans

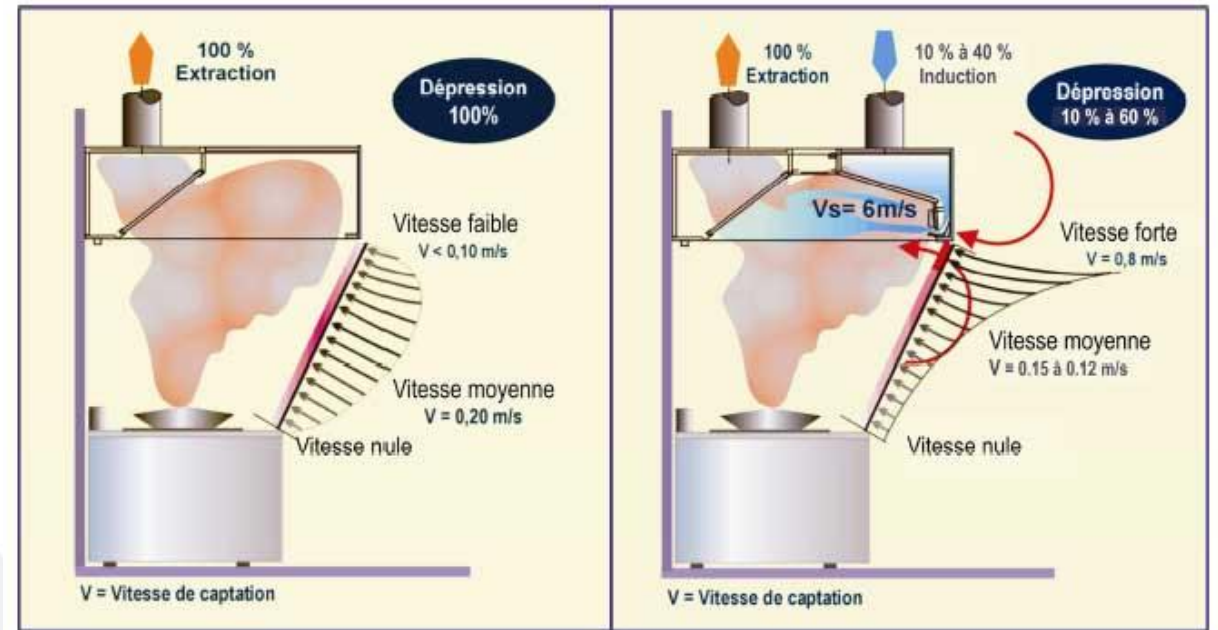


Atelier cuisson : meilleure conception du système de ventilation

- **Captation à la source : Hotte à haute efficacité (Saftair)**

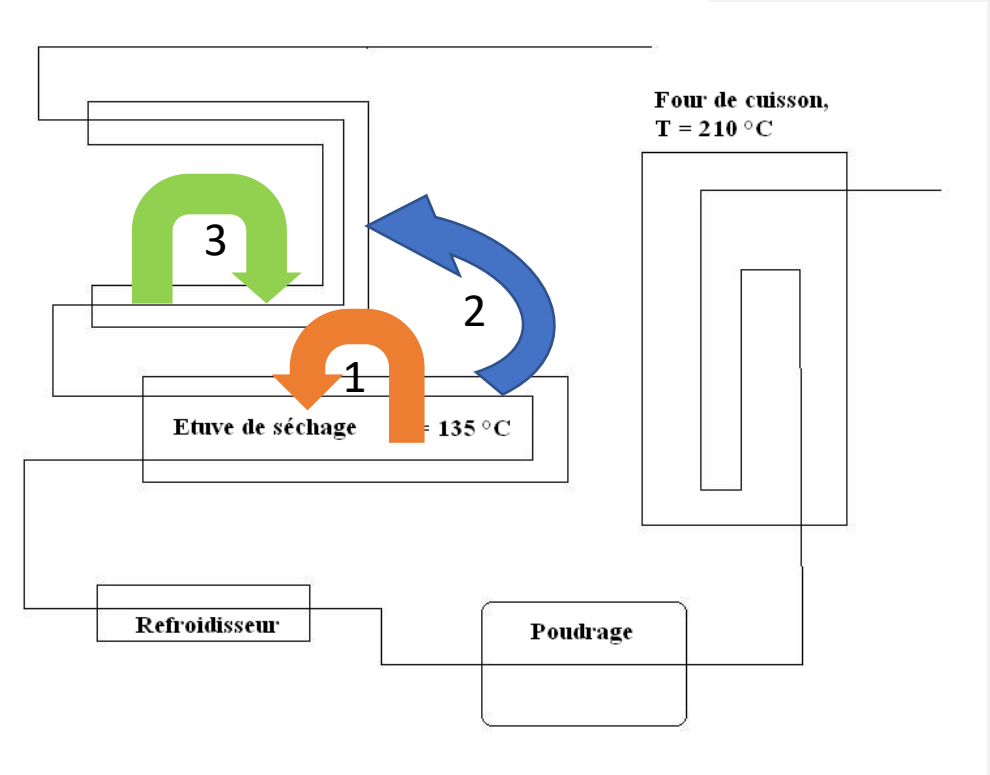
But : bien cantonner les buées + réduire le besoin d'extraction d'air

- Système d'induction d'air
- Pilotage automatique de la hotte en fonction de la concentration en vapeur et du dégagement de chaleur
- => gain en énergie jusqu'à 60% / hotte traditionnelle



Récupération d'énergie dans les lignes de peinture

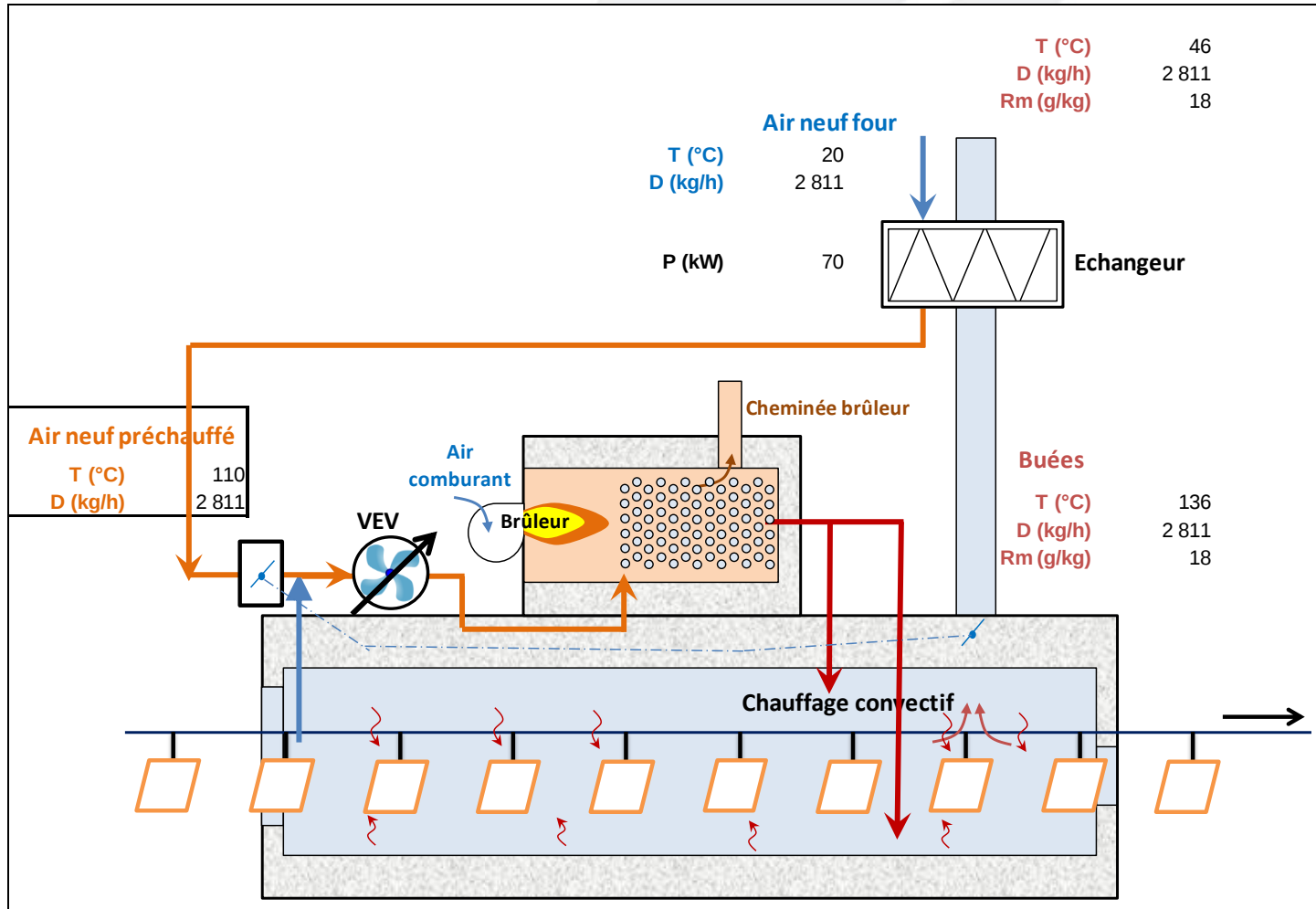
- Étuve
 - 1 : préchauffage d'air neuf
 - 2 : réchauffage bain de traitement de surface
- Tunnel de traitement de surface
 - 3



Étuve de séchage

- Procédé continu
- Température [100-250]°C
- Pertes par extractions : [20-50]%
- Consommation : [500-3000] MWh/an

Étuve de séchage - Préchauffage d'air neuf

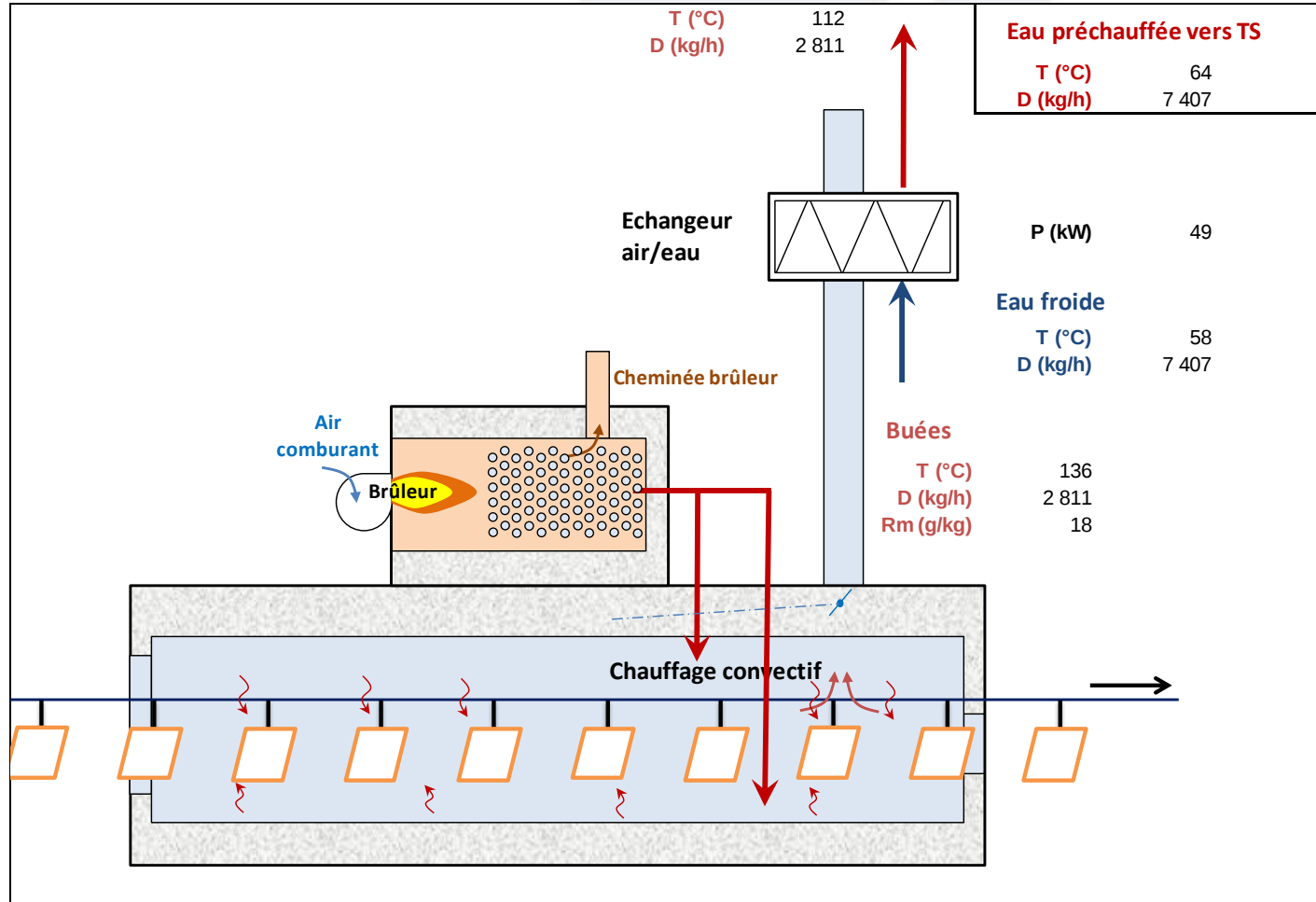


- Coûts (invest. + instal.)
 - 20 k€
- Gains
 - 281 MWhpcs/an
- Économies
 - 8 k€
- TRB
 - <3 ans

Étuve de séchage - Préchauffage d'air neuf

- Duplication possible sur une majorité d'installations
 - Vérifier la capacité du brûleur à utiliser de l'air chaud → $\eta_{\text{combustion}}$
 - Non estimé dans l'étude
 - Sinon gain seulement sur air neuf
- Pas de condensation prévue

Étuve de séchage - Préchauffage eau avant chaudière TS



- Coûts (invest. + instal.)
 - 30 k€
- Gains
 - 195 MWhpcs/an
- Économies
 - 6 k€
- TRB
 - >5 ans

Étuve de séchage - Préchauffage eau avant chaudière traitement de surface

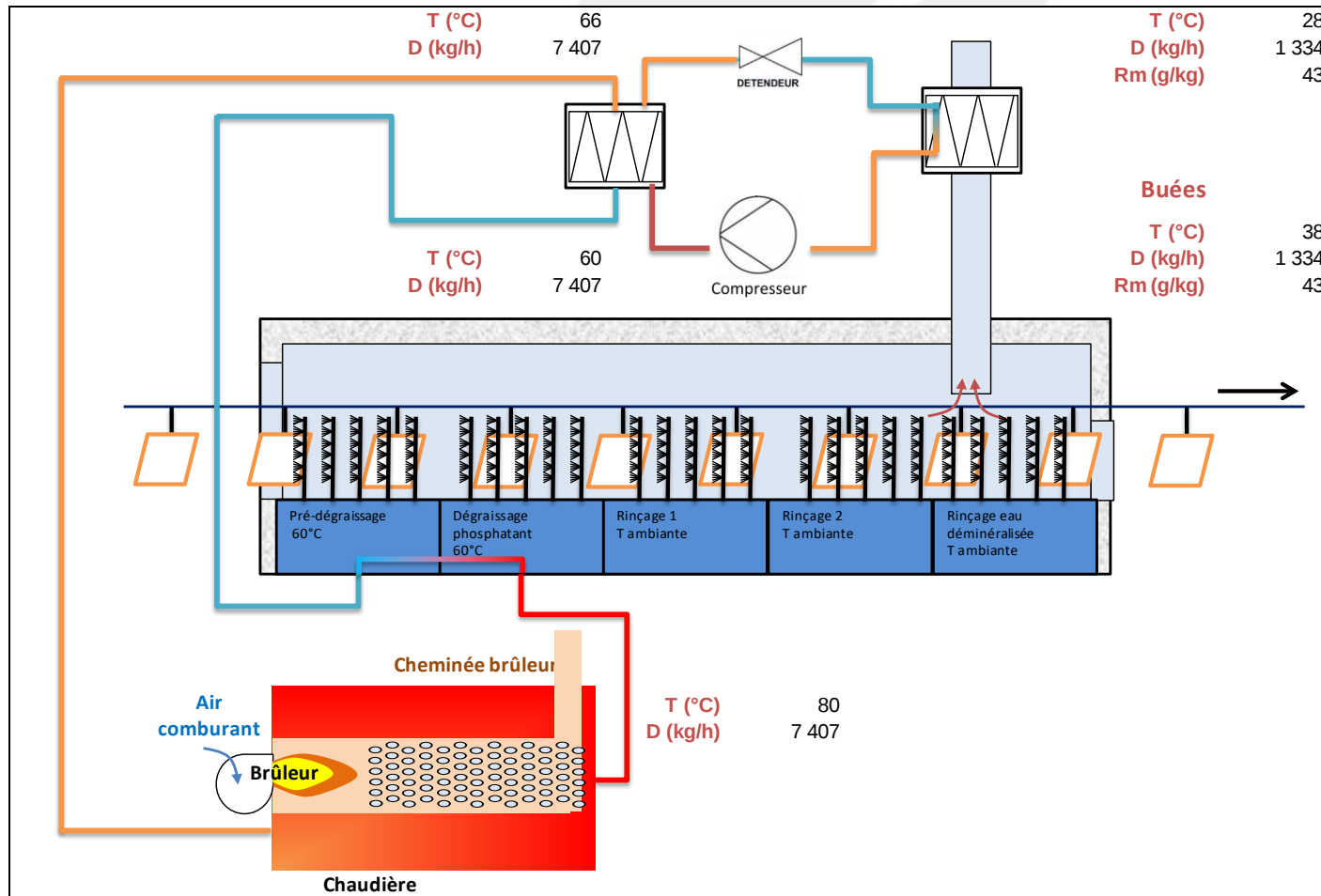
- Duplication possible sur une majorité d'installation chauffées par chaudière externe
- Duplication sur les lignes de traitement thermique intégrant des lavage amonts ou aval chauffés
- Faciliter l'accès par des aides (CEE) ou des tiers financements
- Pas de condensation prévue
 - Dans le cas d'une condensation → réintégration dans les process sans traitement possible

Tunnel de traitement de surface

- Traitement de surface par immersion
 - Débit d'aspiration très important vs. humidité
 - Température et humidité quasi identique à l'atmosphère
 - Vapeur acides (acide chromique et nitrique phosphorique notamment) nécessitent des matériaux complexes (Inconel, Titane)
 - Vapeurs alcalines OK
- Traitement de surface par aspersion en tunnel
 - Essentiellement dégraissage et phosphatation
 - Procédé continu
 - Température [55-85]°C
 - Pertes par extractions : [60-90]%
 - Consommation : [250-1000] MWh/an

Tunnel de traitement de surface

Préchauffage eau avant chaudière



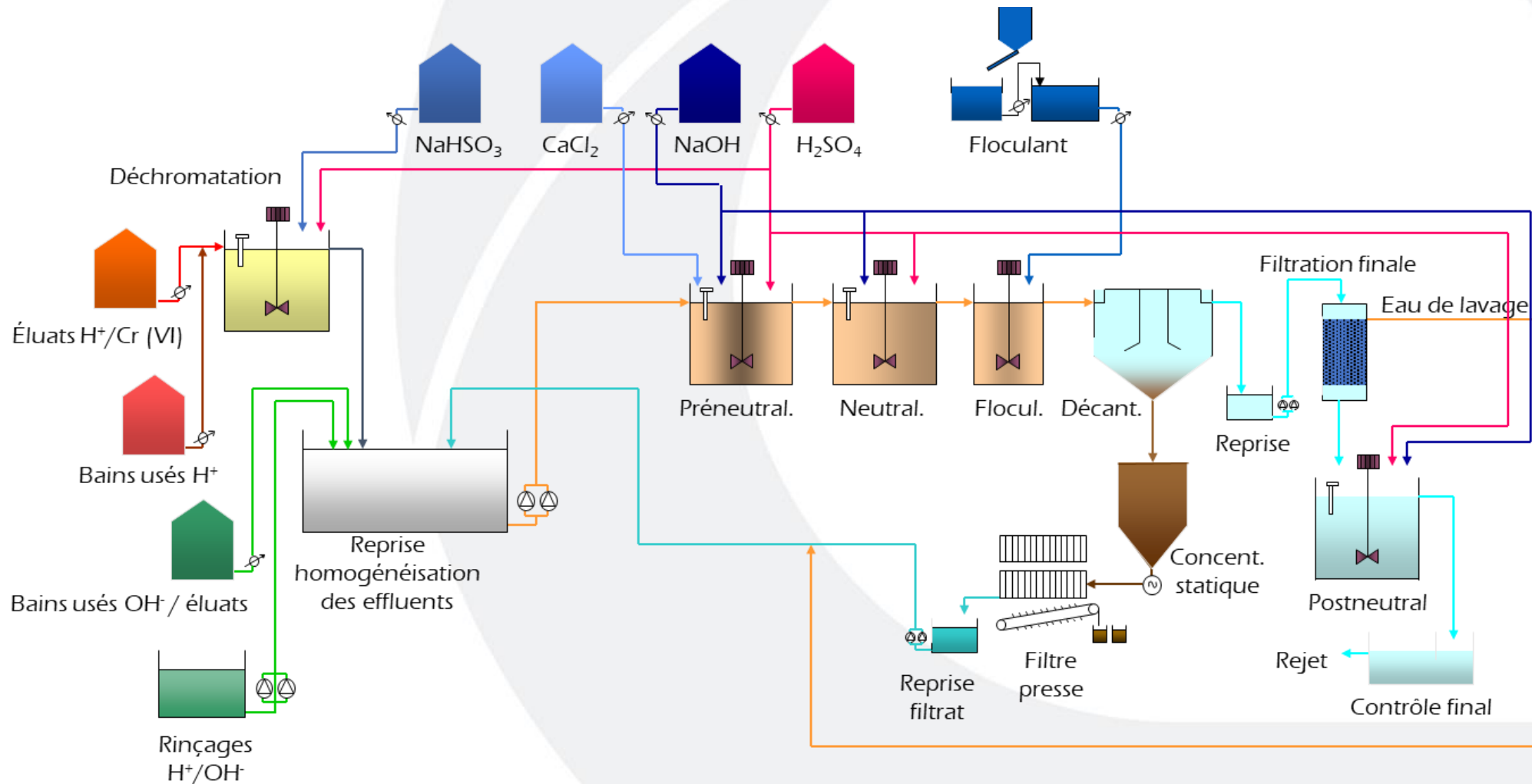
- Coûts (invest. + instal.)
 - 14 k€
- Gains
 - 165 MWhpcs/an
- Économies
 - Gaz : 5 k€
 - Électricité : - 2,4 k€
- TRB
 - >5 ans

Tunnel de traitement de surface

Préchauffage eau avant chaudière

- Duplication possible sur une majorité d'installation chauffées par chaudière externe
- Duplication sur les tunnels de nettoyage par aspersion à évaluer
- Faciliter l'accès par des aides (CEE) ou des tiers financements
- Eau condensée (50-150 m³/an)

Filière classique de traitement des effluents de traitement de surface



Tunnel de traitement de surface

Traitement des eaux condensées

- Traitement de l'eau condensée (50-100 m³/an)
 - Recycler dans les bains de traitement ou rinçage si possible
 - Traitement dans l'ouvrage épuratoire si existant
 - Envoie en centre de traitement
- Coûts
 - Physico-chimique au fil de l'eau : 1-5 €/m³
 - Physico-chimique par bâchée : 10-15 €/m³
 - Évapo-concentration : env. 30€/m³
 - Envoie en centre de traitement : 200-300 €/m³

Opportunités d'études pour ALLICE

Synthèse des besoins à l'issue de cette étude

Poursuite et opportunités d'études 2019/2020



- Besoins qui ressortent à l'issue de cette première étude
 - **Ventilation des procédés** : amélioration du système d'extraction, avec l'objectif de confiner et réduire les débits d'air de dilution induits $\Rightarrow$ gain sur la température et le rapport de mélange des buées
 - Sécheurs cylindre et cuiseurs
 - Tunnels de traitement de surface
 - **Régulation du débit d'extraction** en fonction de l'humidité/interaction avec fonction ventilation et hygiène : procédés concernés, retours d'expérience, métrologie, etc.
 - **Intégration de nouveaux cas d'étude** : tours d'atomisation (enjeux forts, relève par PAC ?), autres ?
 - **Technologies de lavage des fumées** : interaction avec le traitement de l'encrassement
 - **Financement** de solutions de récupération
 - Autres suggestions ? Vos questions ?



Équipe projet

- CETIAT :
 - Youmna Romitti, younna.romitti@cetiat.fr
 - Claire Lotteau, claire.lotteau@cetiat.fr
- Cetim :
 - Arnaud Gibert, arnaud.gibert@cetim.fr
 - Patricia Sire, patricia.sire@cetim.fr
- CTCPA :
 - Nicolas Bélaubre, nbelaubre@ctcpa.org
 - Marie-Pierre Labau, mplabau@ctcpa.org





ALICE

ALLiance Industrielle
pour la Compétitivité
et l'Efficacité Énergétique

25, avenue des Arts
69100 Villeurbanne

Tél. +33 (0)4 72 44 49 11

information@alliance-alice.com

www.alliance-alice.fr