

# Les Composés Organiques Volatils

Nos technologies pour les traiter...



# Définition de COV

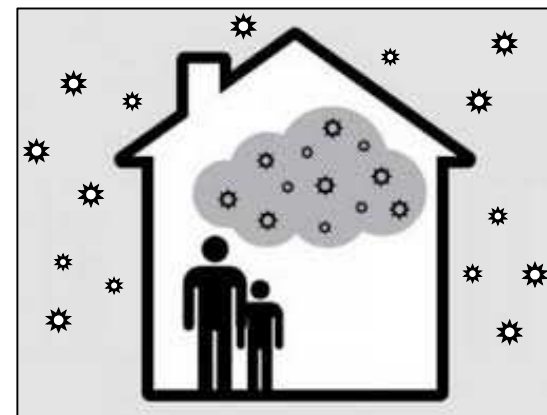
**COV = Composés Organiques Volatils**

Composés à l'état de gaz ou qui s'évaporent facilement dans les conditions classiques de température et de pression lors de leur utilisation (293,15 K et 0,01 kPa).

**Méthane ≠ autres COV dits COVNM (COV Non Méthaniques)**

Exemples

- Benzène, toluène, xylène
- Acétone
- Dichlorométhane
- ...



# Nature des COV

**Tout 'solvant' employé seul ou en mélange sans altération de sa nature, comme agent de nettoyage, dégraissage, dissolvant, milieu de dispersion, ajusteur de viscosité, plastifiant ou conservateur.**

## Les familles de solvants

- Aliphatiques (heptane, hexane, pentane, essences minérales...)
- Aromatiques (benzène, toluène, xylène...)
- Alcools (éthanol, méthanol, butanol, IPA : alcool isopropylique...)
- Cétones (acétone, MEK : méthyléthylcétone, MIBK méthylisobutylcétone, cyclohexanone...)
- Esters (acétates d'éthyle, de butyle, d'isopropyle...)
- Chlorés (perchloréthylène, trichloréthylène, dichlorométhane...)

## Autres familles faisant parties des COV

- les plastifiants (DOP : dioctyl phtalate...)
- les composés azotés (amines, nitriles...)
- les composés soufrés (mercaptans, diméthylsulfure...).

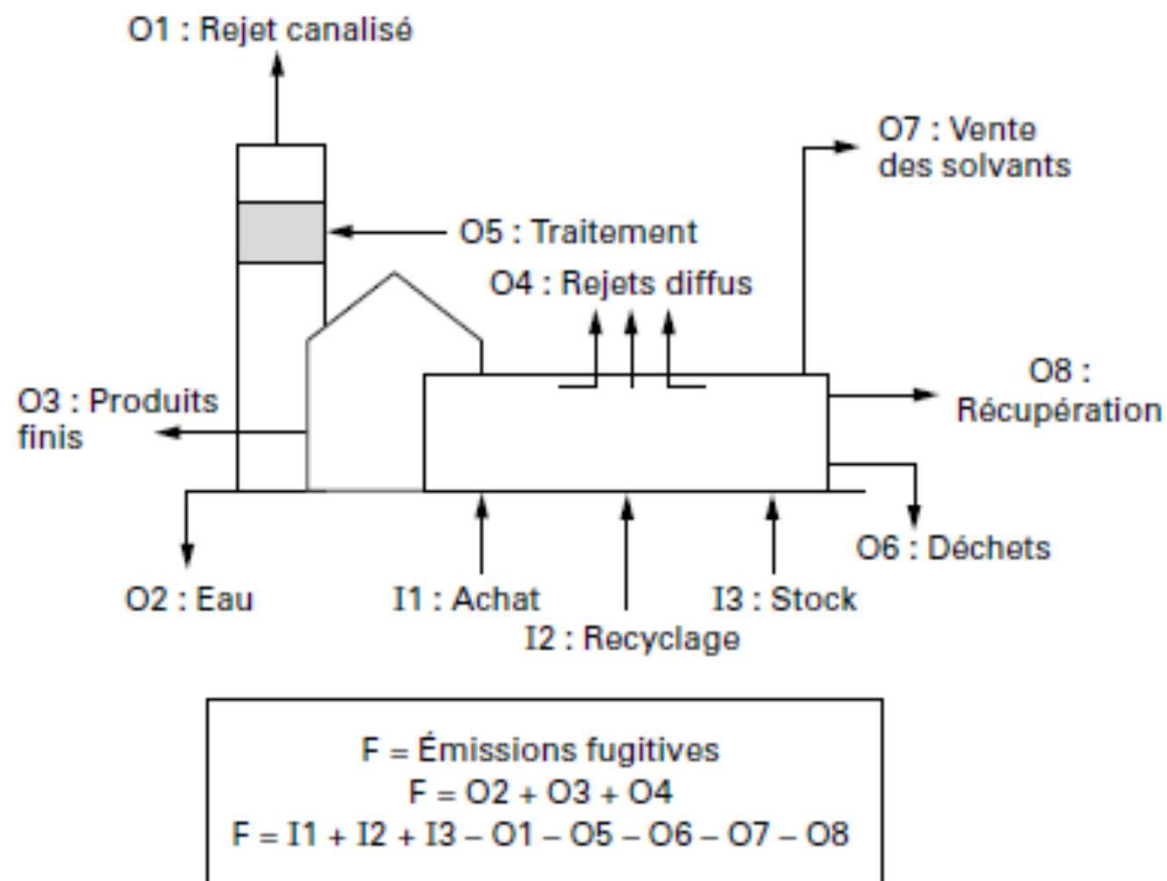


# Schéma d'un plan de gestion de solvants

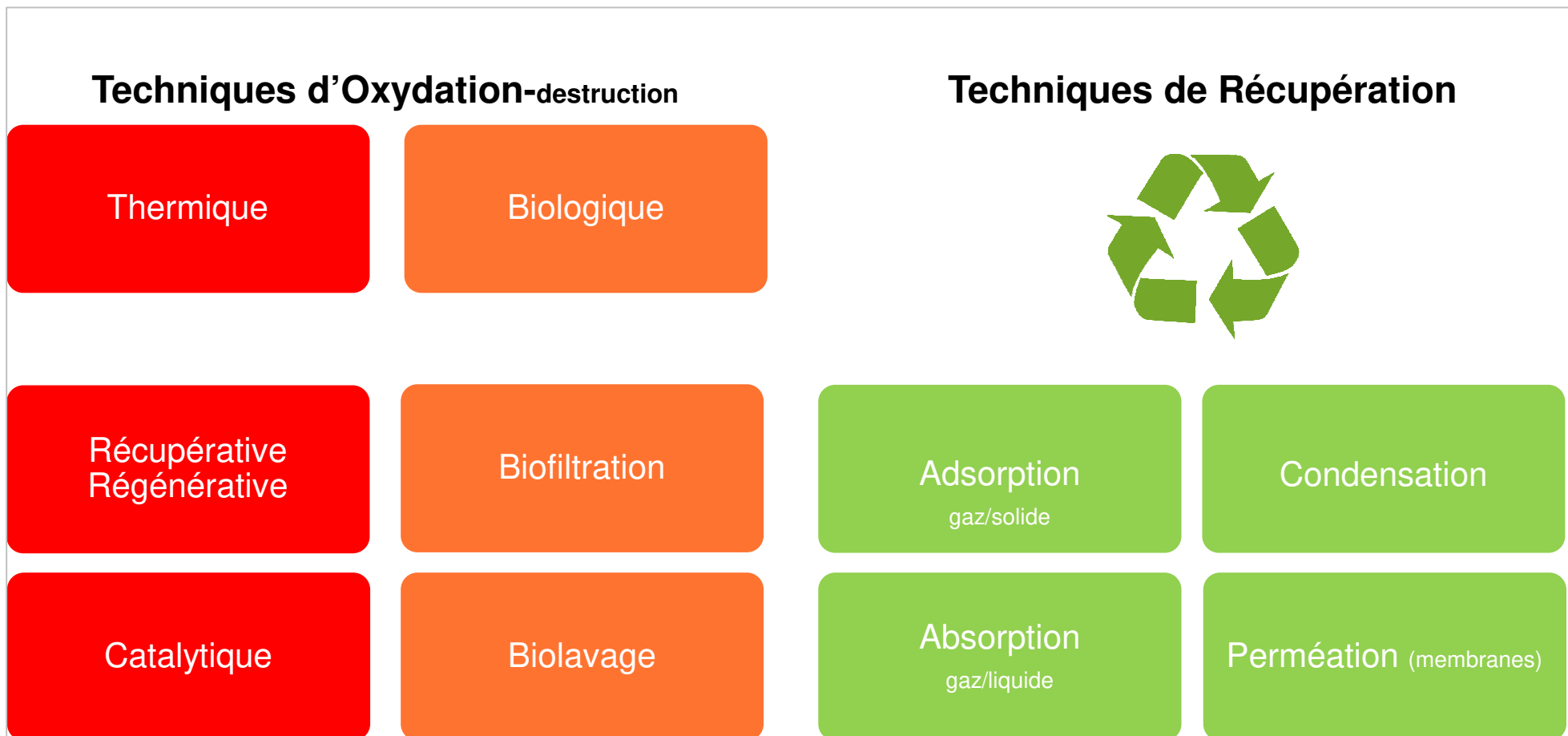
Selon les termes de l'arrêté ministériel du 2 février 1998, article 28-1 (Arr. 29 mai 2000, art. 3) « Tout exploitant d'une installation consommant plus d'une tonne de solvants par an met en place un plan de gestion de solvants (PGS), mentionnant notamment les entrées et les sorties de solvants de l'installation. Ce plan est tenu à la disposition de l'inspection des installations classées.

Si la consommation annuelle de solvant de l'installation est supérieure à 30 tonnes par an, l'exploitant transmet annuellement à l'inspection des installations classées le plan de gestion des solvants et l'informe de ses actions visant à réduire leur consommation ».

Le plan de gestion des solvants (PGS) consiste à quantifier les entrées et les sorties de solvants (en kg ou tonnes de solvants) selon le schéma suivant.



# Techniques de traitement des COV



# Oxydation thermique

“Oxydation  
Thermique”

Tous les COV peuvent être transformés par oxydation totale en composés inorganiques.

Selon la composition élémentaire du composé organique volatil à détruire, les composés formés sont :

- soit uniquement  $\text{CO}_2$  et  $\text{H}_2\text{O}$ ,
- soit un mélange contenant  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  + les produits d'oxydation d'autres atomes ( $\text{N} \rightarrow \text{NO}_x$ ,  $\text{Cl} \rightarrow \text{HCl}$ ,  $\text{S} \rightarrow \text{SO}_2$ , ...).
  - Polluants secondaires à prendre en compte (formation de gaz acides nécessitant la mise en place de laveurs par voie humide)



# Oxydation thermique

## Paramètres pour optimiser l'oxydation thermique



### Règle des 3 T



où n et m représentent les proportions respectives de carbone et d'hydrogène dans l'hydrocarbure en question.



# Oxydation thermique

Dans ce schéma idéal, la combustion aboutit à ne produire que H<sub>2</sub>O et CO<sub>2</sub> (gaz non toxique)



- 300 – 400 °C : avec catalyseurs
- 750 – 780 °C : thermique récupératif
- 810 – 830 °C : thermique régénératif
- Puissance de chauffe = (Débit volumique) x (masse volumique air frais) x Cp x (Delta T) / 3600







# Calcul de la LIE

Les limites explosives de quelques gaz et vapeurs sont données ci-dessous. Les concentrations sont données en pourcentage du volume dans l'air

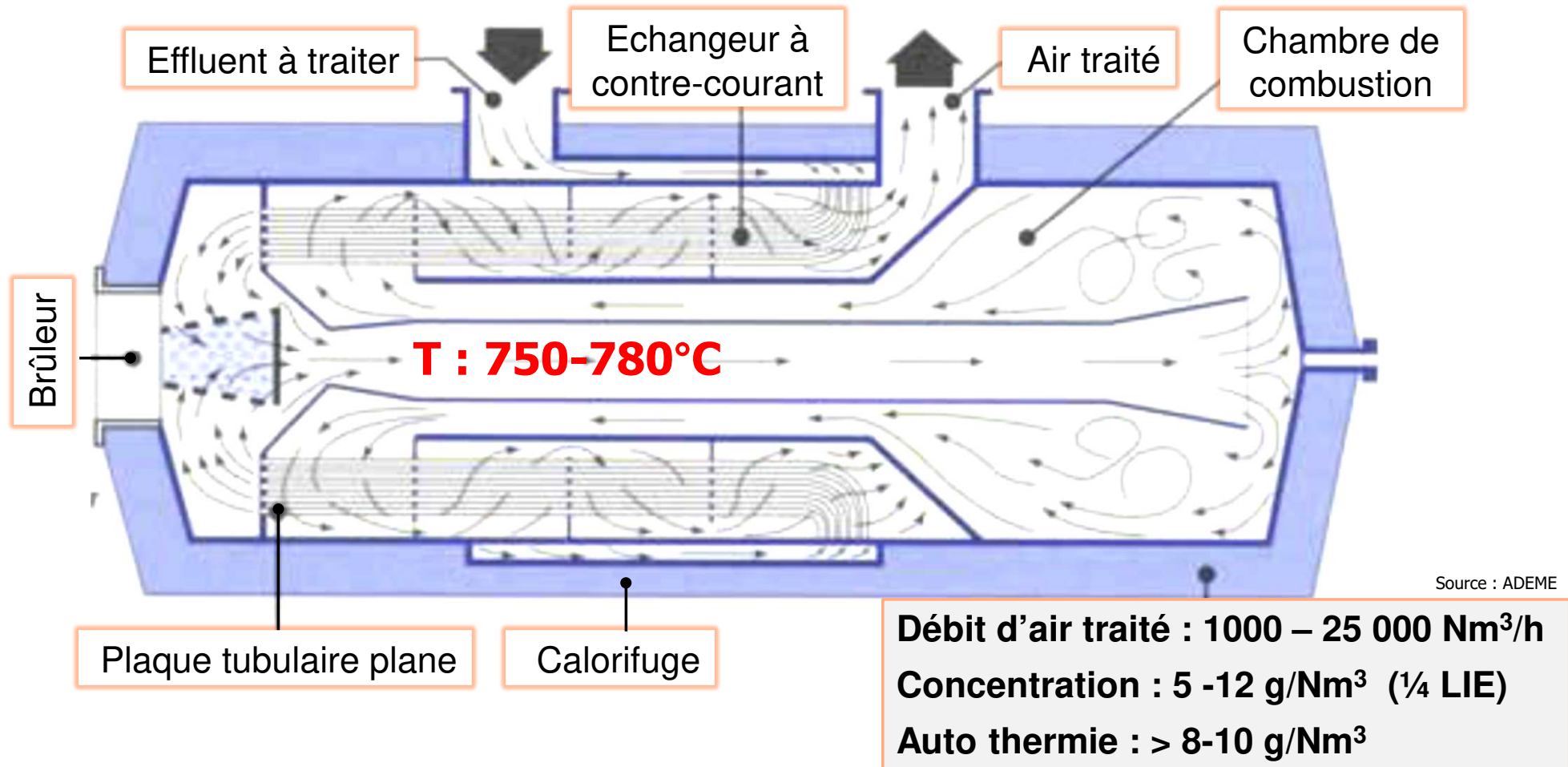
Substance	LIE	LSE
Acétone	3 %	13 %
Acétylène	2,5 %	82 %
Ammoniac	15,5 %	27 %
Benzène	1,2 %	7,8 %
Butane	1,8 %	8,4 %
Éthanol	3 %	19 %
Éthylbenzène	1,0 %	7,1 %
Éthylène	2,7 %	36 %
Diéthyléther	1,9 %	36 %
Gazole	0,6 %	6,5 %
Gaz de cokerie	4,4 %	39 %
Gaz de haut fourneau	33 %	71 %
Gaz de convertisseur	16 %	72 %

Substance	LIE	LSE
Heptane	1,05 %	6,7 %
Hexane	1,1 %	7,5 %
Hydrogène	4,1 %	74,8 %
Kérosène	0,6 %	4,9 %
Méthane	5,0 %	15 %
Monoxyde de carbone	12,5 %	74,2 %
Octane	1 %	7 %
Pentane	1,5 %	7,8 %
Propane	2,1 %	9,5 %
Propylène	2,0 %	11,1 %
Styrène	1,1 %	6,1 %
Sulfure d'hydrogène	4,3 %	46 %
Toluène	1,2 %	7,1 %
White-spirit	0,6 %	8 %
Xylène	1,0 %	7,0 %



# Oxydation thermique récupérative

## Schéma de principe



# Oxydation thermique récupérative

## Principe de fonctionnement

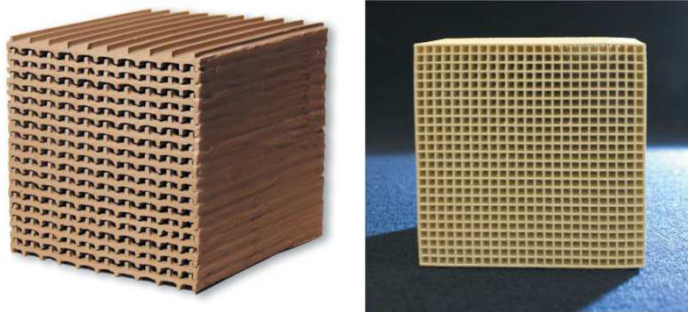
1. Les effluents sont aspirés ou poussés dans l'épurateur à l'aide d'un ventilateur
2. Passent à travers un échangeur qui réchauffe le flux gazeux entre 250 et 500°C
3. Circulent à travers la chambre de combustion qui garantit :
  - **un temps de séjour** suffisamment long pour oxyder complètement les composés organiques volatils (1,0 à 2,0 s pour des composés non halogénés).
  - **la T° de combustion** : entre 750 et 850°C en général et dépasse 1 000°C dans le cas d'hydrocarbures halogénés.
  - **la turbulence** qui permet un mélange efficace entre les COV et l'oxygène, et une répartition homogène de la température.

Un échangeur secondaire de chaleur peut-être installé pour augmenter la récupération des calories par exemple en réchauffant un fluide thermique ou produire de la vapeur



# Oxydation thermique régénérative

## Schéma de principe

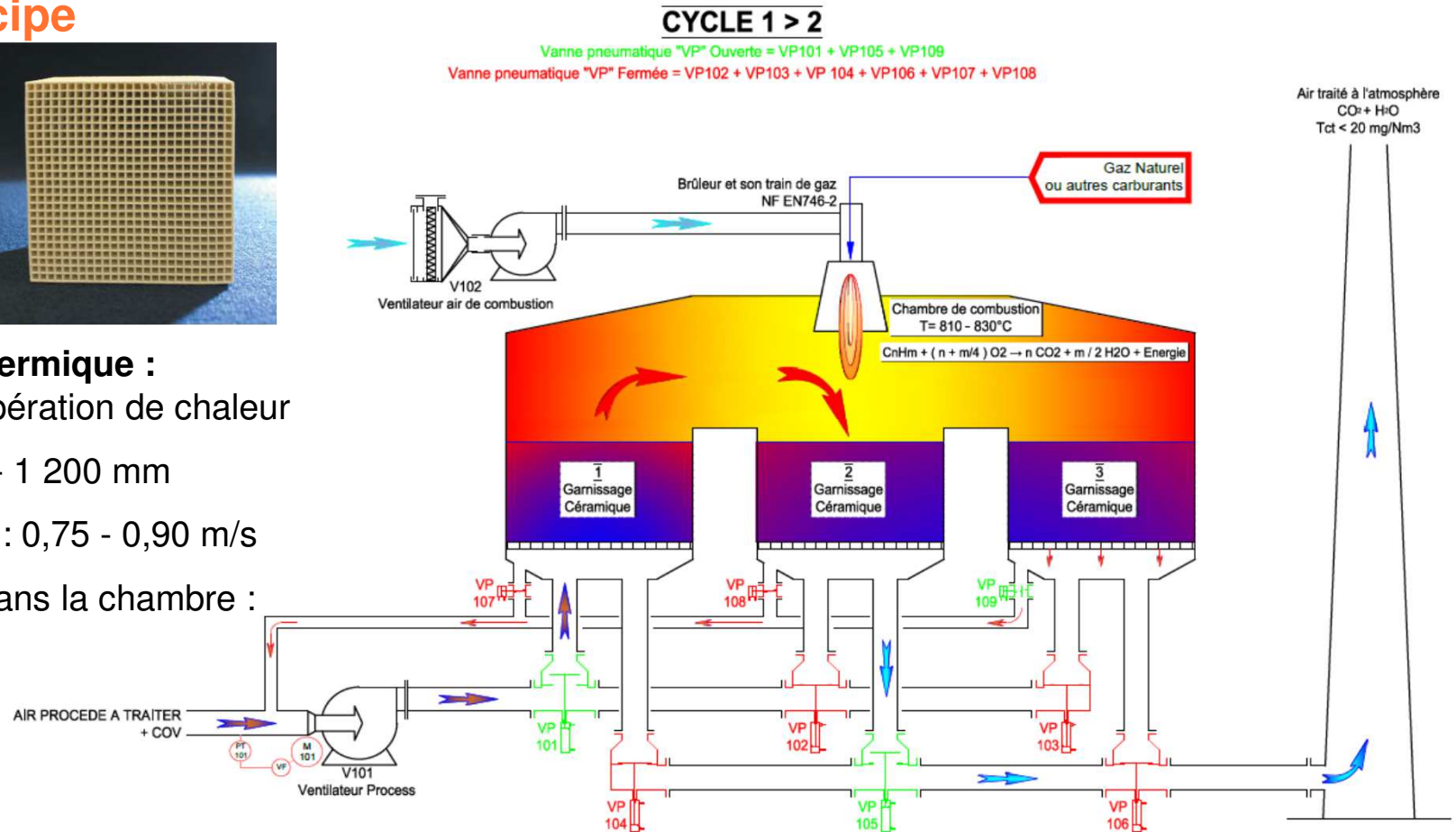


**Grande efficacité thermique :**  
jusqu'à 95% de récupération de chaleur

**Hauteur du lit :** 900 - 1 200 mm

**Vitesse de passage :** 0,75 - 0,90 m/s

**Temps de contact dans la chambre :**  
0,8 - 1,3 s



# Oxydation thermique régénérative

## Principe de fonctionnement

L'épurateur est constitué en général de **3 lits de céramique** destinés au préchauffage des solvants et d'une chambre de combustion avec un brûleur. Le nombre de lits est en fonction du volume à traiter et de l'efficacité souhaitée.

Les effluents passent dans le premier lit de céramique et s'échauffent à une température voisine de la température de combustion (**810 / 830°C**). L'air traverse ensuite la chambre de combustion où un brûleur assure l'appoint énergétique, si cela est nécessaire. L'air épurée traverse le deuxième lit de céramique où il est refroidi. Le troisième lit est purgé par l'air chaud déjà traité. Cet air de purge est réinjecté dans le premier lit afin d'éviter le rejet de polluant à l'atmosphère lors de la permutation des lits. Lorsque le lit numéro 1 est refroidi, la circulation des effluents est inversée.

Cette inversion peut être programmée en fonction du temps, par exemple toutes les deux minutes ou en fonction de la température du lit. Les effluents à traiter sont alors introduits par le lit numéro 2 et ressortent par le lit numéro 3. Le lit numéro 1 est en phase de purge.

Limitations du procédé :

- Installation de taille importante
- Pas adapté pour des temps de fonctionnement courts



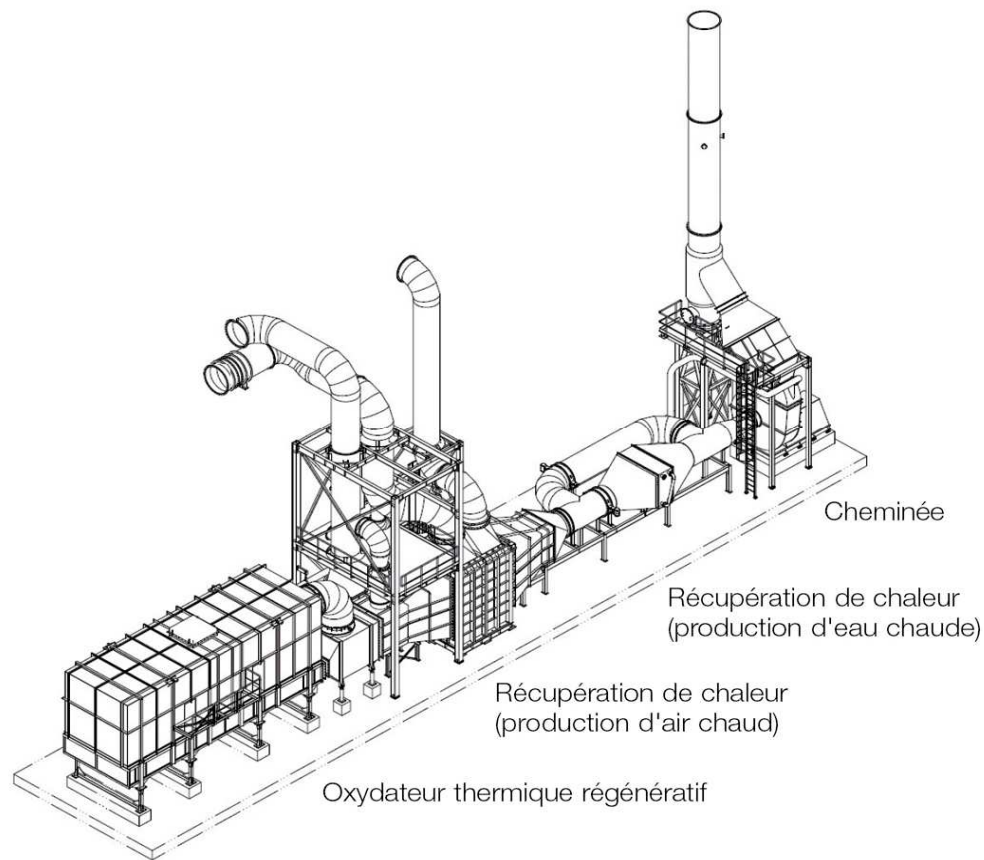
# Oxydation thermique régénérative

## OTR sur ligne galva



# Oxydation thermique régénérative

## OTR sur ligne galva





# Oxydation thermique régénérative

HAUTE EFFICACITE (98-99,8%)  
HAUTE RECUPERATION THERMIQUE ( $\geq 95\%$ )

PRODUCTION MINIME DE POLLUANTS  
SECONDAIRES (CO, NO<sub>x</sub>)

MAINTENANCE SIMPLE ET FACILE

FONCTIONNEMENT AUTOMATIQUE

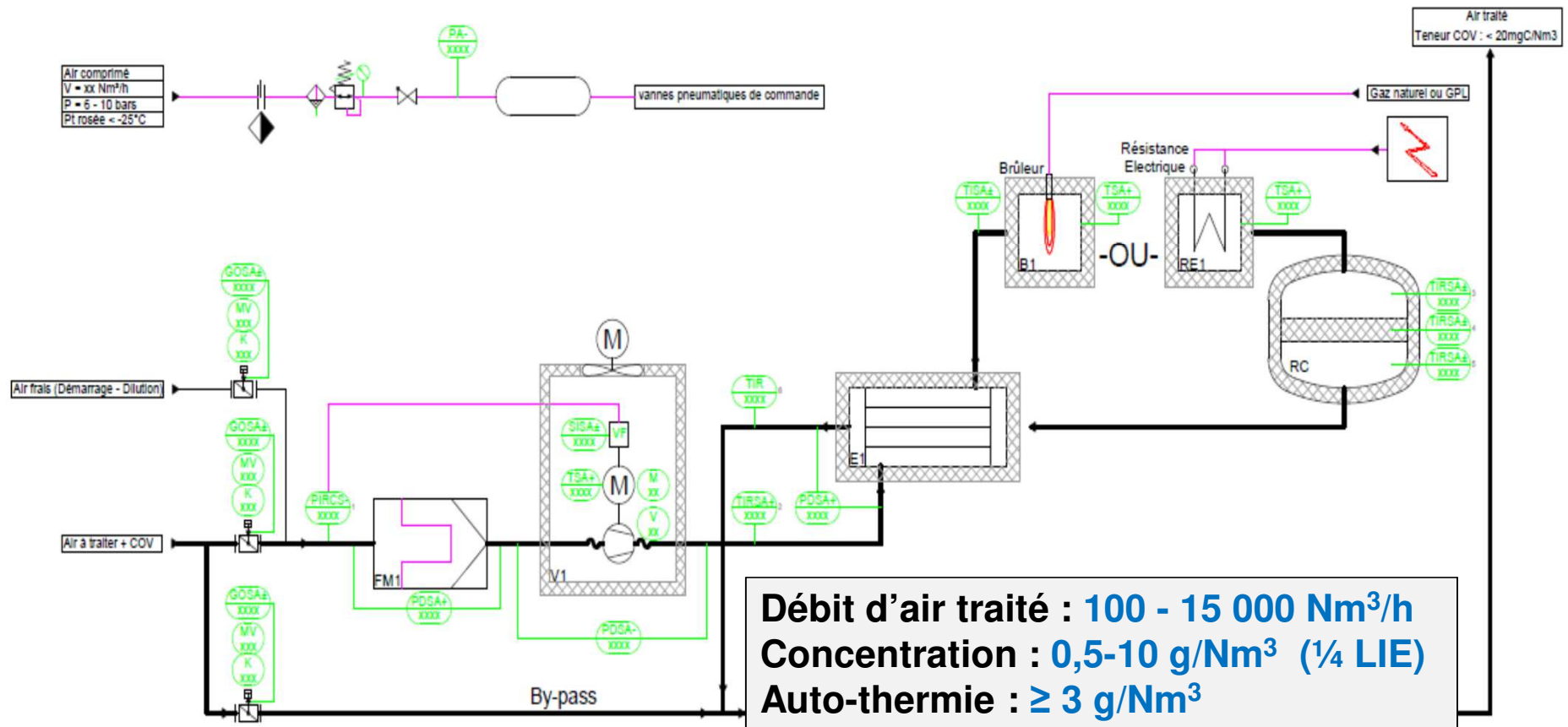
POSSIBILITE DE RECUPERATION D'ENERGIE

CONCEPTION ADAPTEE AUX FORTES ET  
FAIBLES CONCENTRATIONS DE COV

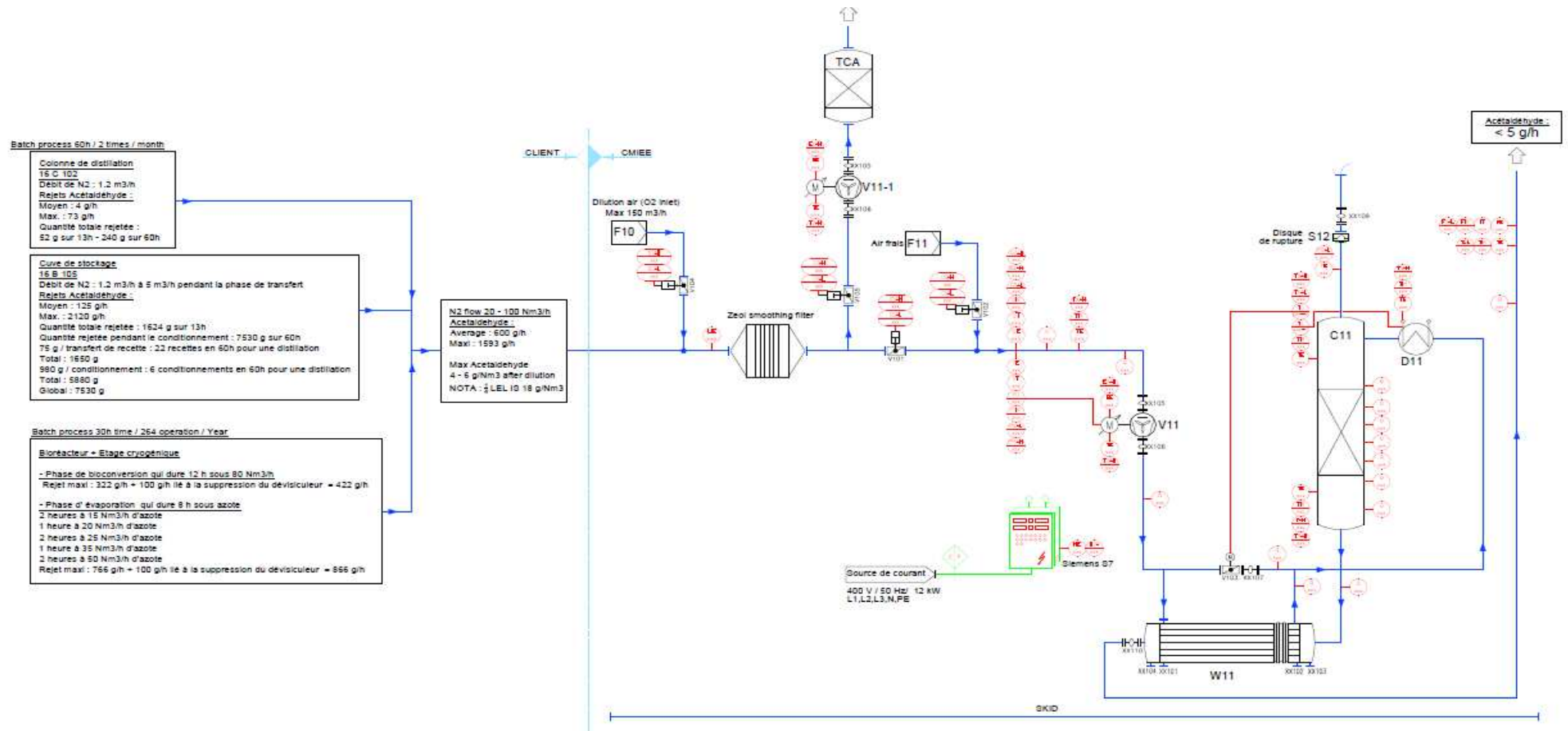


# Oxydation catalytique

## Schéma de principe



# Oxydation catalytique



# Oxydation catalytique

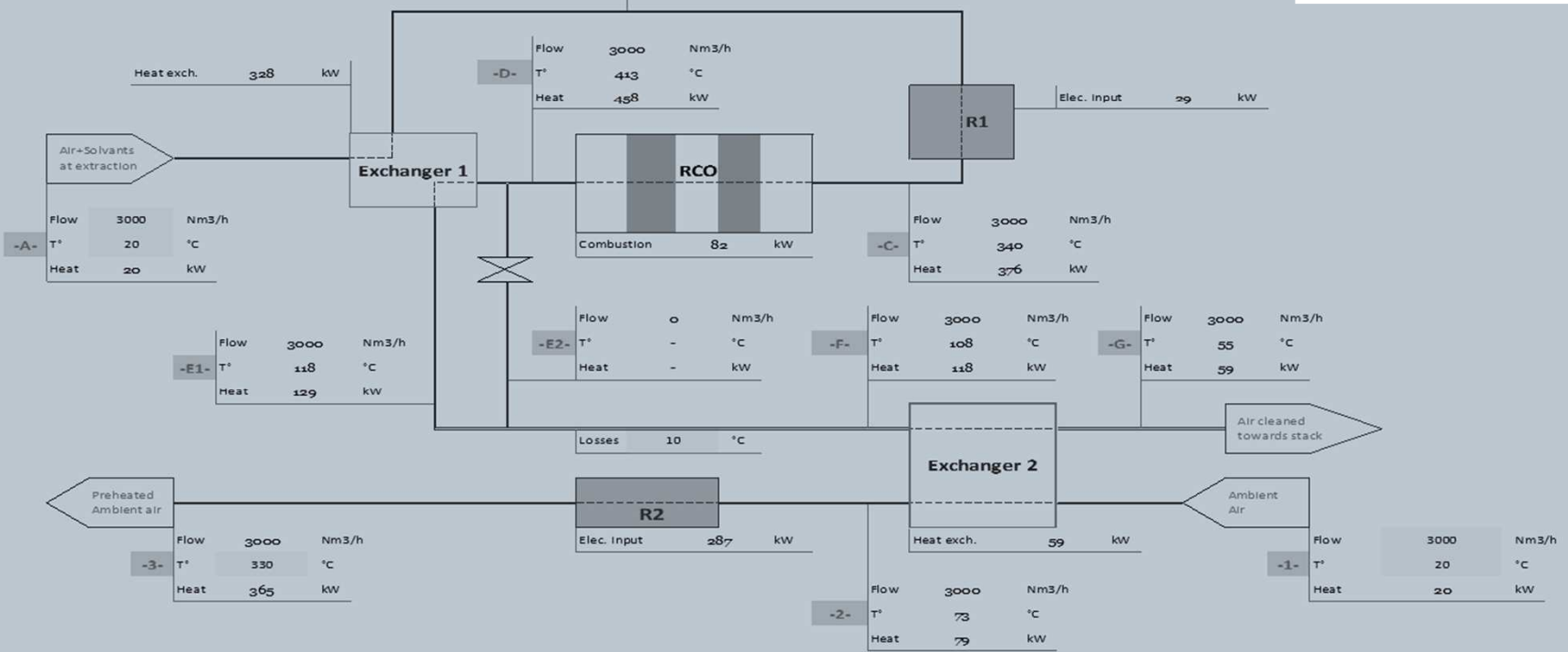
## Bilan thermique



**General data**

Concentration of wet solvents	5	g/Nm3 of air
Low Calorific Value of solvents	19582	kJ/kg of solvent
Air T° target at the entrance of RCO	340	°C
Efficiency of Exchanger 1	75	%
Efficiency of Exchanger 2	60	%

Flow	3000	Nm3/h
T°	314	°C
Heat	347	kW

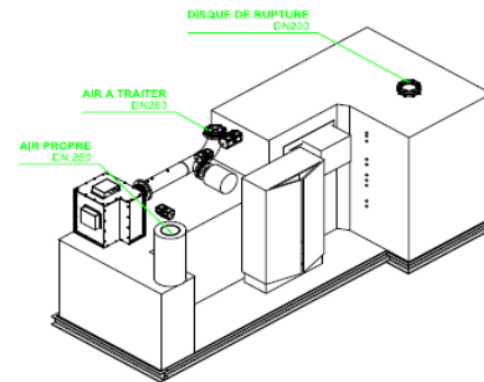


# Oxydation catalytique

## Caractéristiques

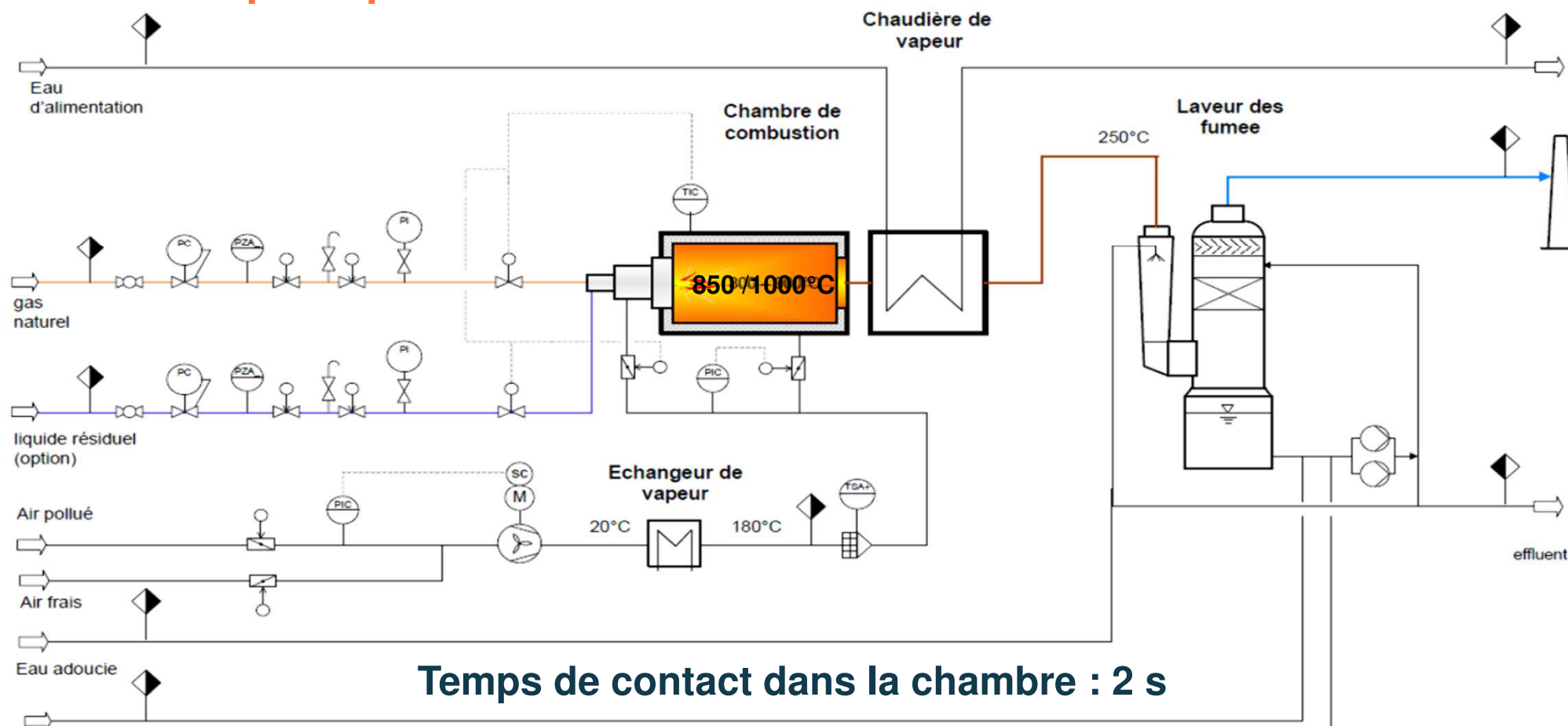
- **Catalyseurs oxydes métalliques**  
cuivre, nickel, cobalt, chrome, fer,  
molybdène, tungstène  
**T : 270 - 330 °C**
- **Catalyseurs métaux nobles**  
platine, palladium, rhodium  
**T : 350 - 400 °C**
- **Vitesse spatiale horaire** : rapport  
débit d'air / volume de catalyseur  
**10 000 à 25 000 h<sup>-1</sup>**

Le catalyseur n'est pas consommé au cours des réactions. Toutefois, dans certaines conditions de fonctionnement, son activité peut se trouver réduite et entraîner une baisse des performances du système (empoisonnement chimique, colmatage, perte de matière par attrition, effet thermique...).



# Oxydation thermique des halogénés

## Schéma de principe



# Traitement sur charbon actif

## Base perdue

- Adapté au traitement d'un grand nombre de solvants organiques
- Taux de chargement ou **capacité d'adsorption** dépend de nombreux paramètres liés aux polluants
- En général, on utilise le CAG sur base perdue

### Pour des débits de 100 – 10 000 m<sup>3</sup>/h

- Avec des concentrations max. de 200-400 mg/m<sup>3</sup>
- Débit massique journalier (cycle de 24h)

Si quantité émise de COV > 2/4 kg/h ⇒ solution non viable  
à cause des coûts de CAG neuf + traitement DIS



# Traitement sur charbon actif

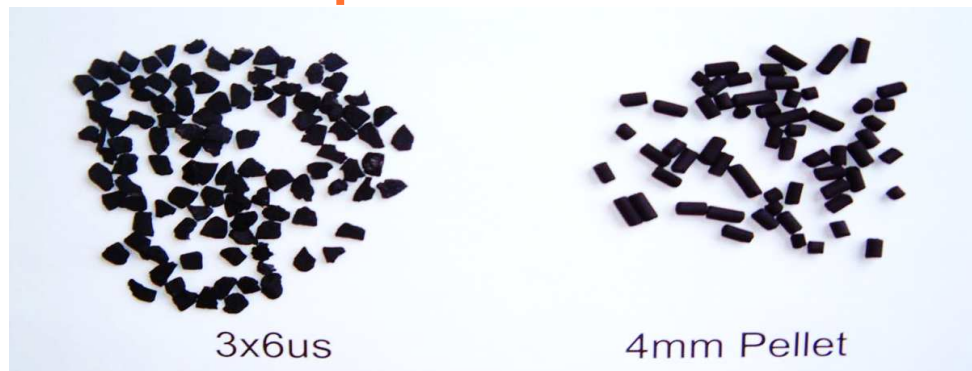
## Base perdue





# Adsorption sur charbon actif régénérable

## Caractéristiques

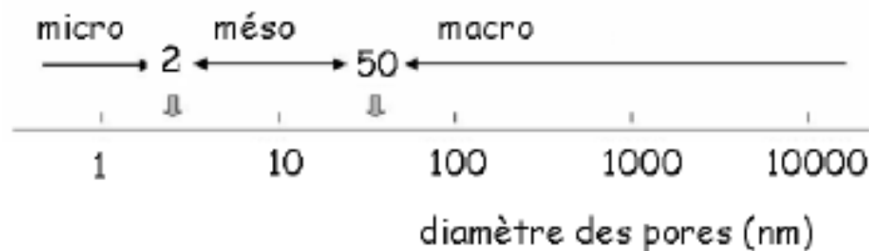
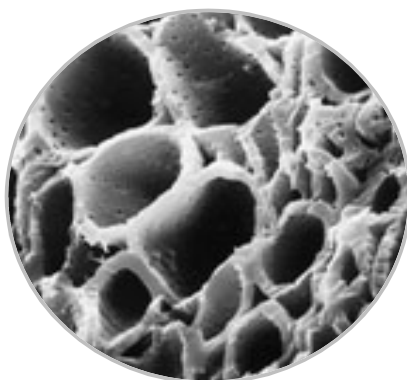


Pour les CAG en adsorption-désorption :  
utiliser un extrudé de  $\varnothing$  4 ou 5 mm

$S_{BET}$  : 1 100 - 1 250  $m^2/g$

Pour les petites molécules, on utilise des  
CAG (noix de coco – microporeux)

**2 types de granulés : concassé et extrudé**



# Adsorption sur charbon actif régénérable

## Généralités primordiales

L'adsorption généralement effectuée entre 20 et 40°C max.

Après passage de la vapeur pour la désorption, la charge de charbon actif est ventilée pour son séchage et son refroidissement pour un nouveau cycle d'adsorption.

La désorption à la vapeur est très répandue. Elle est surtout utilisée pour les COV non solubles, dont la séparation solvants-eau est facile.

La désorption au gaz inerte chaud (azote) permet d'éviter les inconvénients dus à l'eau (COV solubles et risques de corrosion)

Éviter de le « noyer » par un fonctionnement à humidité relative trop élevée car la capillarité de l'eau s'oppose ensuite à l'adsorption.

Au moins 2 lits de charbon actif en fonctionnement alterné

Un lit est en **phase d'adsorption** par filtration des effluents gazeux pendant que l'autre est en **phase de régénération** (désorption).

Pour l'utilisation de charbon régénérable, **le taux de chargement est plus faible < 10 % - voire 5-7 %**

Phase de régénération en 3 étapes successives :

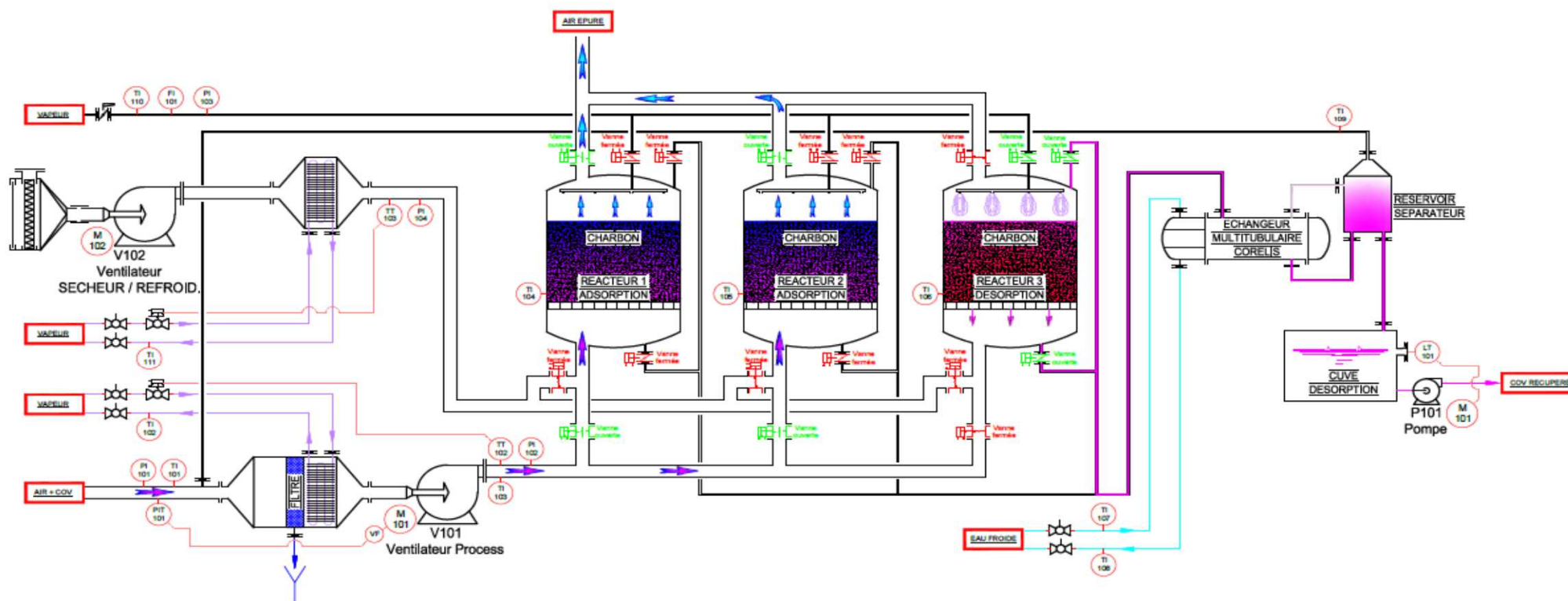
- Stripping du lit saturé à la vapeur d'eau basse pression (entre 125 et 150°C) ou au gaz inerte chaud (entre 170 et 300°C)
- Condensation en phase liquide du mélange de vapeurs (eau et COV)
- Séparation eau – solvant(s)
  - par simple décantation pour les solvants insolubles dans l'eau
  - par stripping/distillation dans le cas contraire.



# Adsorption sur charbon actif régénérable

## Schéma de principe

**PHASE 1**  
**ADSORPTION REACTEUR 1 & 2**  
**DESORPTION REACTEUR 3**



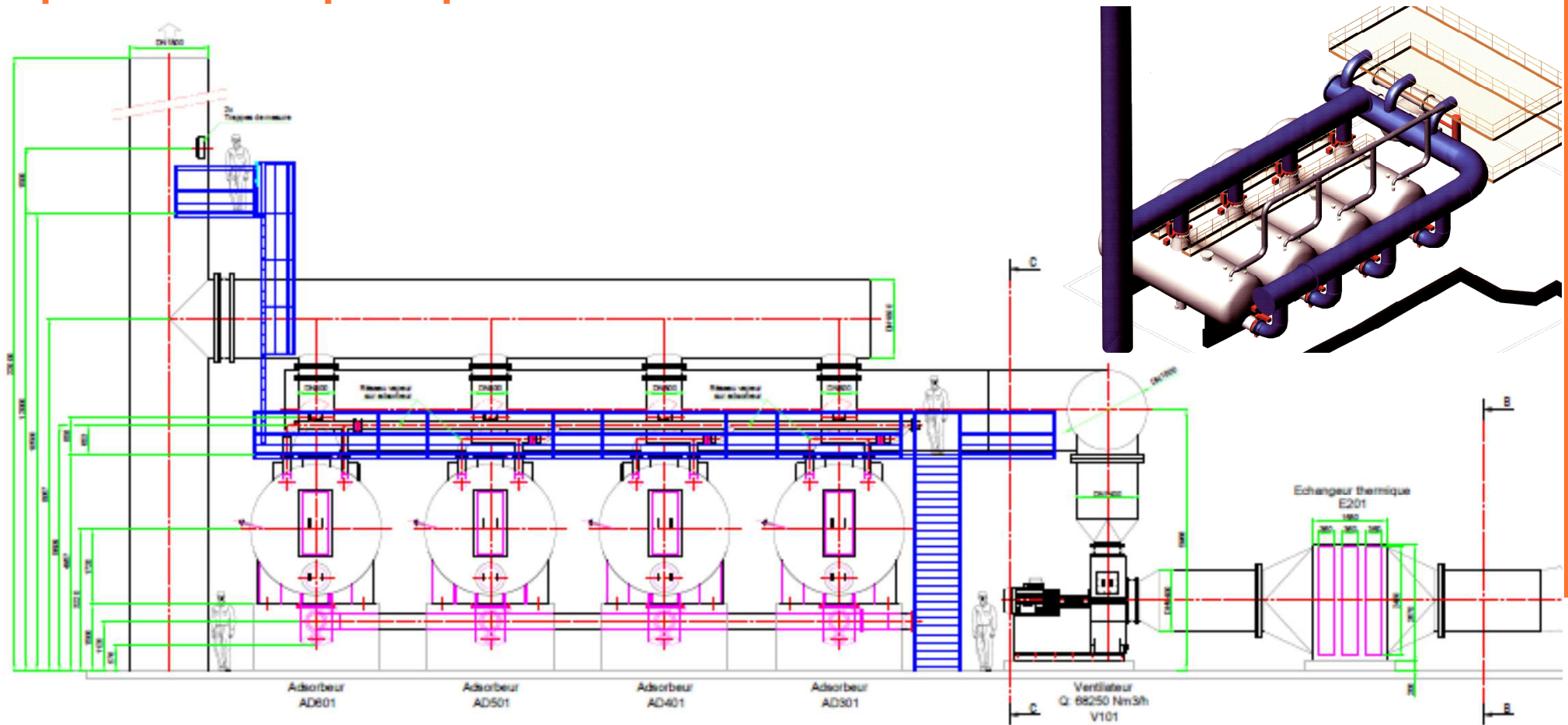
# Adsorption sur charbon actif régénérable

## Récupération des solvants dans l'hélio presse et packaging



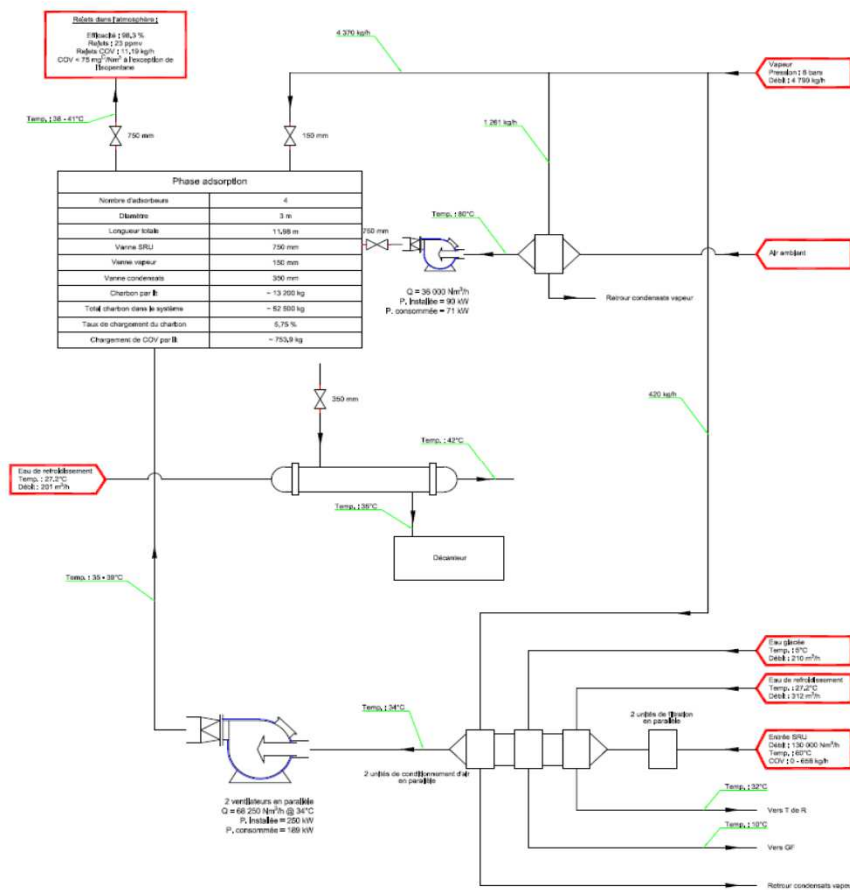
# Adsorption sur charbon actif régénérable

## Implantation de principe



# Adsorption sur charbon actif régénérable

## Bilan matière / Gestion des cycles



TIME

Adsorber 1

Adsorber 2

Adsorber 3

Adsorber 4



■ Adsorption / Adsorption = 210 min

■ Steam regeneration / Régénération vapeur = 45 min

■ Plume Recycle (purge) = 10 min

■ Cooling & Drying = 12 min

■ Stand by / Attente = 3 min

# Adsorption sur charbon actif régénérable

## Récupération des solvants sur skid unit



**Débit : 680 Nm<sup>3</sup>/h azote**  
**D massique : 72 kg/h de toluène**

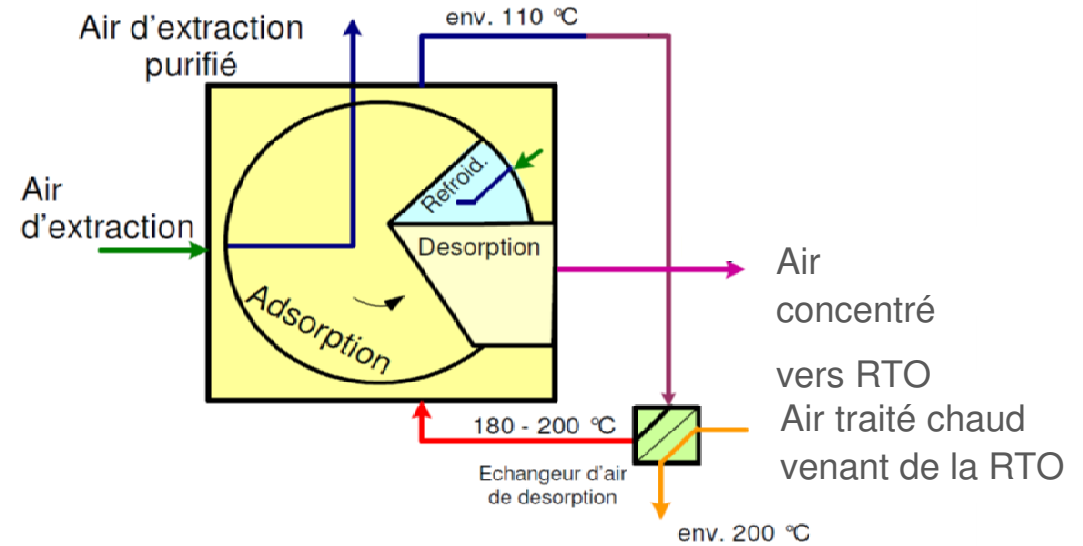
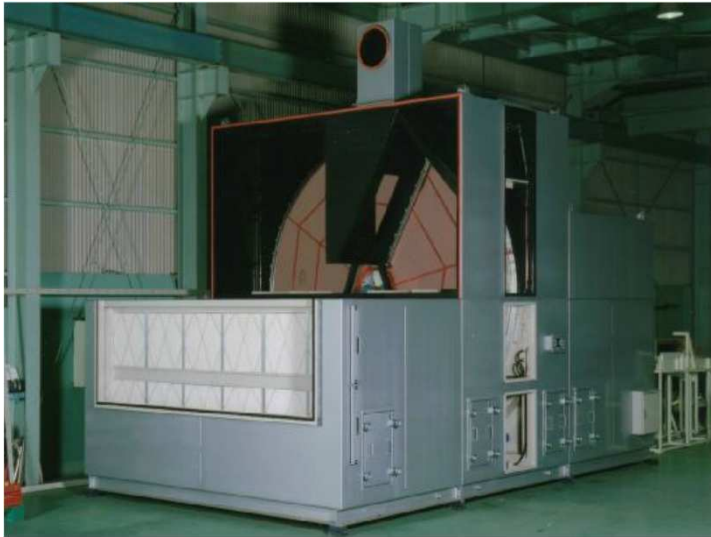


**Débit : 1 200 Nm<sup>3</sup>/h air process**  
**D massique : 5 - 20 kg/h**  
**1,2 DCE +/- 0,2-0,8 kg/h SO<sub>2</sub>**



**Débit : 400 Nm<sup>3</sup>/h azote**  
**D massique : 10 - 30 kg/h de**  
**trichloréthylène**

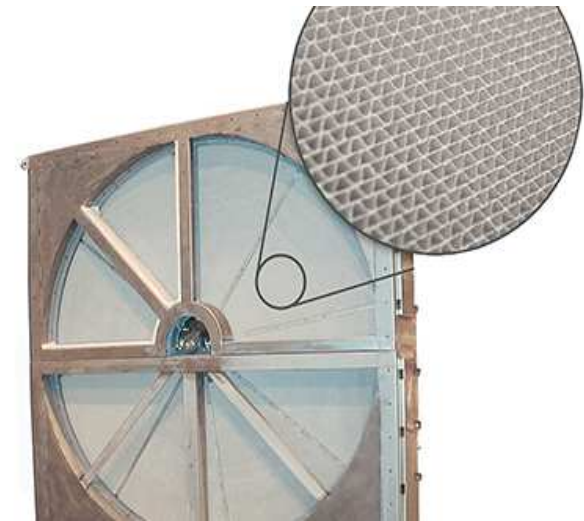
# Adsorption sur roto-concentrateur (zéolithes)



Le rotor-concentrateur / oxydeur thermique est la technologie la plus rentable pour traiter des volumes importants avec de faibles concentrations en COV. Les véritables économies sont réalisées par des coûts d'exploitation réduits.

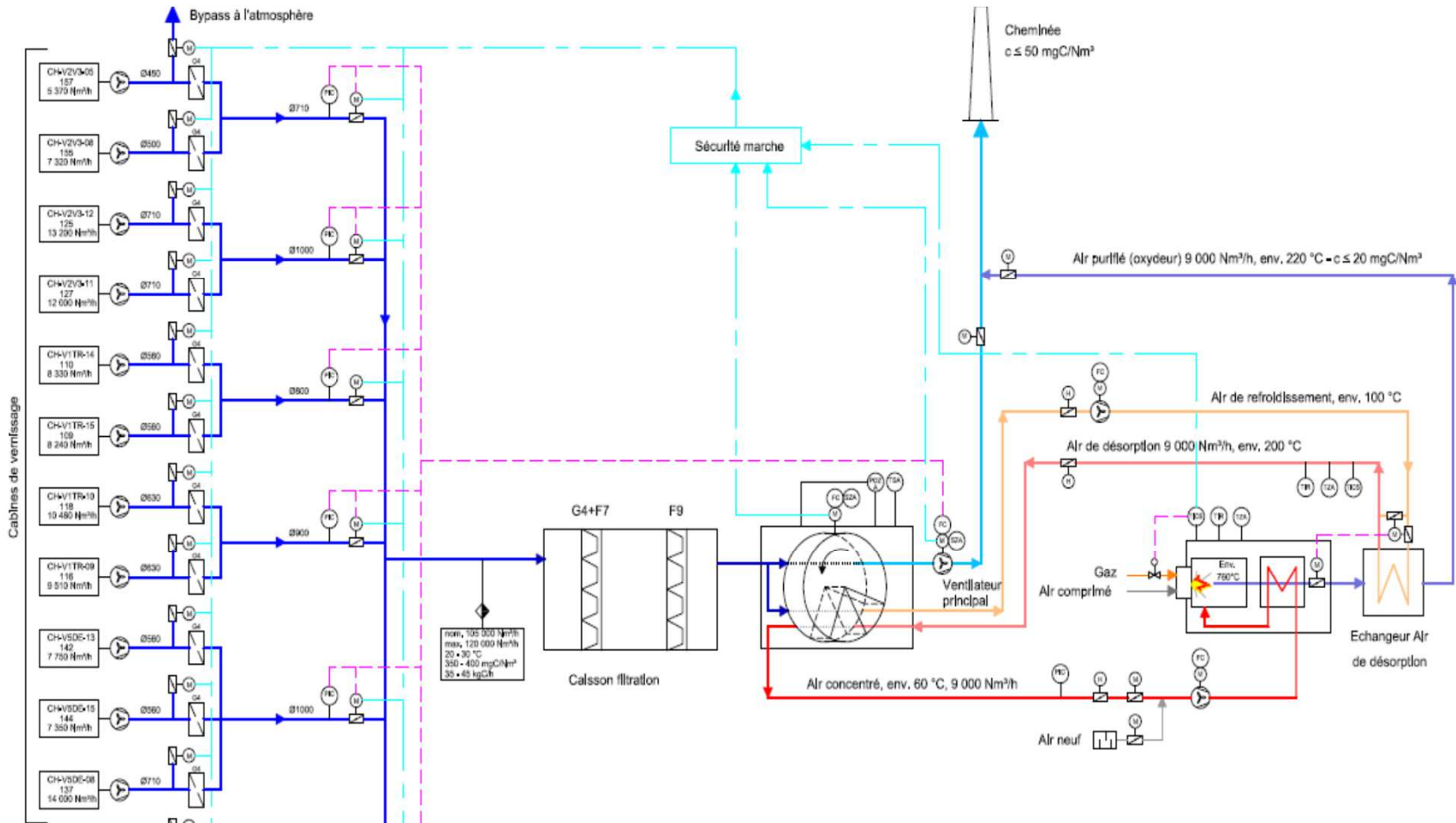
## Les principales applications industrielles sont :

- Cabines de peinture (automobile – aéronautique – industries)
- HVAC de l'industrie des semi-conducteurs
- HVAC de l'industrie du packaging sur sécheurs





# Adsorption sur roto-concentrateur



# Absorption

## Généralités

L'absorption correspond au lavage d'un gaz par une solution liquide, souvent aqueuse → Transfert des polluants de la phase gaz vers la phase liquide. Elle repose sur l'équilibre physique qui existe lorsque l'on met en contact une phase gazeuse contenant une substance donnée et une phase liquide dans laquelle cette substance est soluble.

Le choix du liquide de lavage conditionnera la quantité de matière transférable de la phase G vers la phase L.

### Les paramètres importants

- La température
- La surface de contact
- Le temps de contact
- La réaction chimique

### Principaux liquides de lavage aqueux

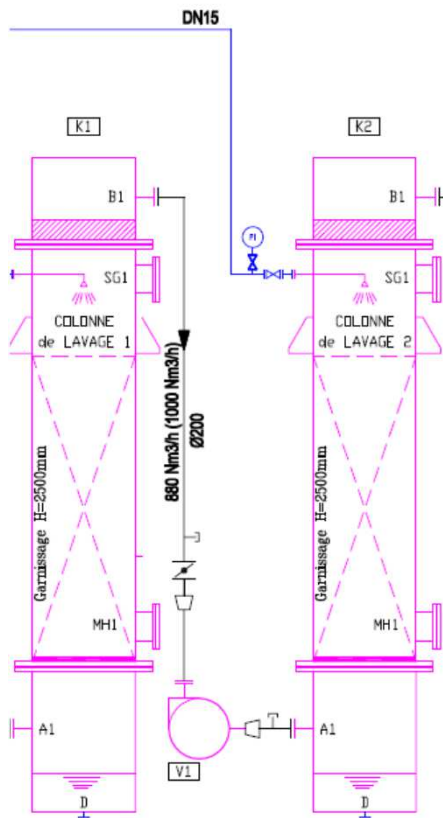
Eau

- + acides ( $H_2SO_4$ , HCL)
- + bases (NaOH, KOH)
- + réactifs oxydants (peroxyde d'hydrogène, acide hypochloreux)
- + réactifs réducteurs (bisulfite de sodium)
- + solvants organiques pour les COV



# Absorption

## Elimination de DMF

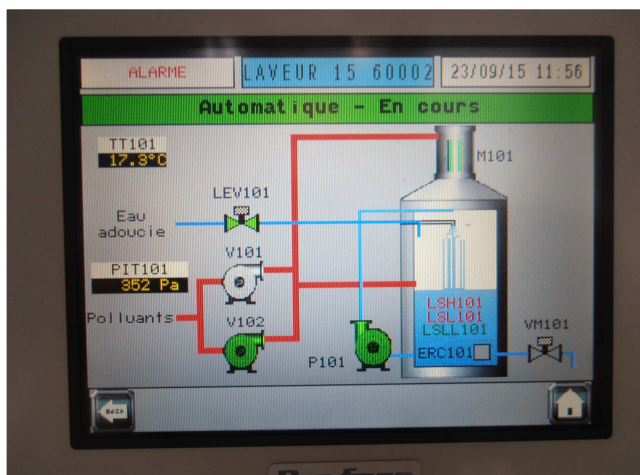
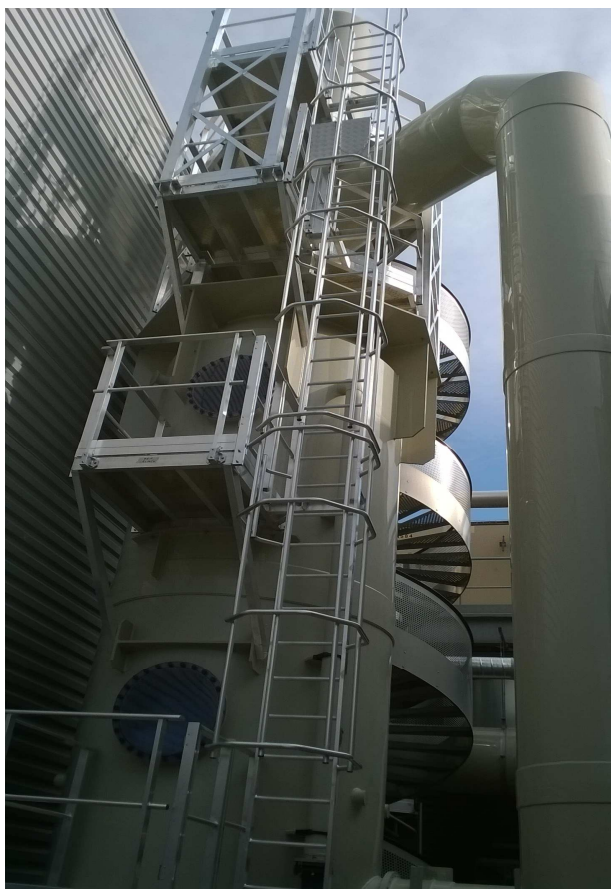


Elimination de DMF sur des lignes d'extrusion de fibres polymères  
2 x 1200 Nm<sup>3</sup>/h – DMF : 1 000 – 2 200 mg/Nm<sup>3</sup> en entrée  
≤ 2 mg/Nm<sup>3</sup> à l'atm



# Absorption

## Elimination de NMP

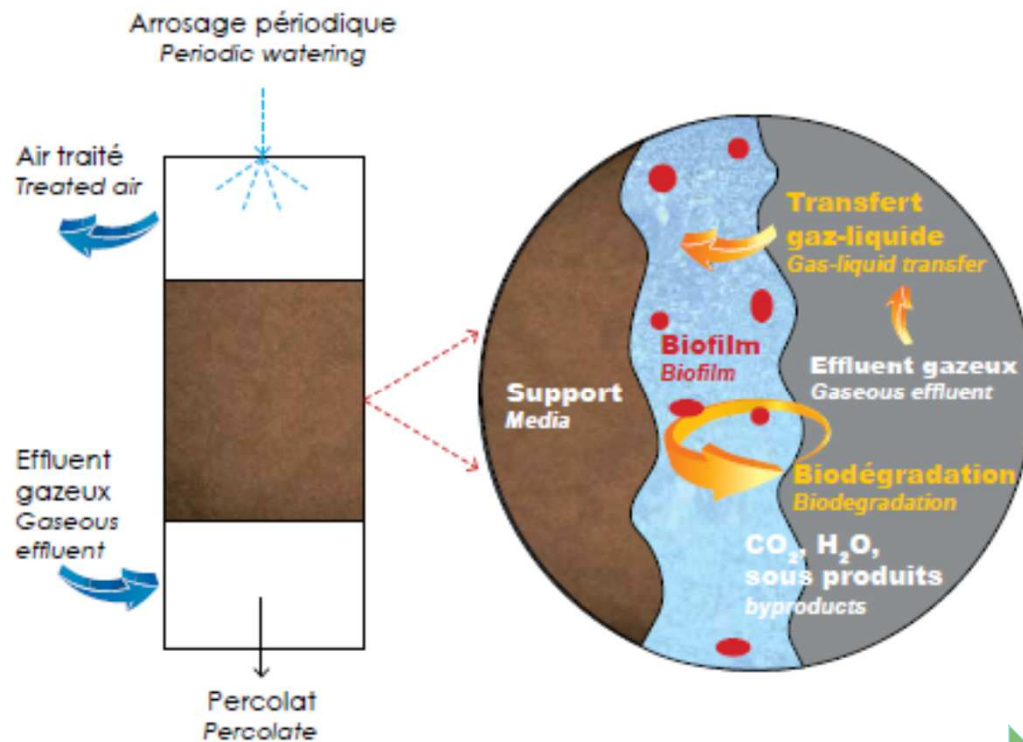


**Débit : 20 000 Nm<sup>3</sup>/h**  
**NMP : 200 g/H en entrée**  
**≤ 2 mg/Nm<sup>3</sup> à l'atm**



# Traitement par voie biologique des COV

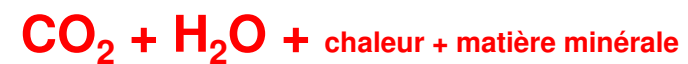
## Principe



Réaction d'oxydation des polluants en présence d'oxygène grâce à l'action de micro-organismes conduisant à la croissance de la biomasse, la formation de Vapeur d'eau et de CO<sub>2</sub> essentiellement



Biomasse



# Traitement par voie biologique

## Caractéristiques

Dans le procédé de biofiltration, le gaz à traiter est d'abord humidifié à saturation, et ensuite envoyé à travers un lit de matière minérale surtout

pour les COV. Au cours de ce processus, les polluants sont décomposés par des micro-organismes qui se développent dans le support organique. L'air humidifié empêche le biofiltre de sécher et la matière organique sert comme milieu porteur et comme source des éléments nutritifs pour les micro-organismes.

- Types de COV biodégradables : acétates, cétones, alcools, acides gras volatils...
- Teneur en COV (200-600 mg/Nm<sup>3</sup>)
- Vitesse de passage et temps de contact : spécifiques aux polluants



# Traitement par voie biologique

## Paramètres de base

- Intervalle de température entre 15 et **35°C**
- Humidité relative > 95 %
- Relative stabilité des concentrations en polluants
- Complexité de l'effluent gazeux à traiter :
  - Interaction entre composés
  - Affinité relative entre biomasse et polluants
  - $H_2S > R-SH > NH_3 > COV$
  - Phénomènes de compétitions, inhibitions, coopération... entre différentes bactéries spécifiques
- Absence de poussières impérative



# Traitement par voie biologique

## Installations





# Merci pour votre attention

## Patrice Vasseur

[patrice.vasseur@johncockerill.com](mailto:patrice.vasseur@johncockerill.com)

+33 3 89 28 23 24

+33 7 79 82 30 88

## John Cockerill Europe Environnement

1 rue des Pins, Parc d'Activités du Pays de Thann  
68700 Aspach-Michelbach  
France

[www.europe-environnement.com](http://www.europe-environnement.com)

