

# HP e.

CONSEIL INGENIERIE

## TECHNOLOGIES DE SECHAGE DES DECHETS, COMBUSTIBLES CSR ET BIOMASSE & DES BOUES

DETERMINATION DES TECHNIQUE DE TRAITEMENT  
ADAPTEES AUX CARACTERISATIONS DES DECHETS  
INDUSTRIELS ET DOMESTIQUES  
SOLIDES & PATEUX

Hervé POLINO / EDITION 2022

**HP.E**

13, Place de la Mairie  
02590 Villers Saint Christophe France  
[www.hp-e.fr](http://www.hp-e.fr)  
Mail. [hpolino@hp-e.fr](mailto:hpolino@hp-e.fr)

## **LE SECHAGE EST UNE VERITABLE COMPOSANTE DE LA VALORISATION DES DECHETS, DES COMBUSTIBLES CSR ET BIOMASSE & DES BOUES.**

Si le séchage est une composante industrielle parfaitement connue & intégrée tous secteurs confondus, l'opération de séchage devient aujourd'hui incontournable dans le secteur de la valorisation des déchets & des boues.

La fonction environnementale prend toute sa mesure lorsque le séchage peut être réalisé par le moyen d'énergies thermiques alternatives aux combustibles fossiles, et/ou par la valorisation des énergies fatales présentes sur les sites industriels et de traitement des déchets.

La diversité des produits à sécher est importante, et les procédés et équipements de séchage sont multiples, chacun avec ses avantages et ses inconvénients.

Il convient avant tout de poser simplement les problématiques de séchage et les objectifs techniques économiques de la valorisation par abatement de l'humidité qui est contenue dans les déchets & les boues.

L'intégration dans le site d'un dispositif de séchage doit également être étudiée. En effet, si l'impact technique et financier est souvent parfaitement cerné, la gestion des interfaces et des mutualisation techniques et fonctionnelles sur le site doit être analysée. L'optimisation des facteurs d'exploitation constitue un gisement de leviers économiques à ne pas occulter.

*La problématique de séchage est particulière à chaque projet, il y a certes des points communs entre plusieurs installations, mais les équipements et les modèles d'exploitation ne sont certainement pas duplicables.*

*Le choix de la technique de séchage et les conditions d'intégration dans le site du dispositif imposent la réalisation d'une analyse de faisabilité dont la trame est présentée ci-après.*

*Cette analyse sera à la fois technique et budgétaire, elle devra mettre en œuvre une véritable transversalité technologique & économique.*

***Hervé POLINO intervient en qualité de conseil dans la définition de la configuration technique & économique des dispositifs de séchage. Il met à profit ses retours d'expérience et des références concrètes en qualité de constructeur, d'assistant maître de l'ouvrage est de maître d'œuvre.***

# 1. LE SECHAGE : UNE COMPOSANTE DU RECYCLAGE & DE LA VALORISATION DES DECHETS ET DES BOUES

## 1.1 CONCERNANT LES DECHETS SOLIDES.

Ces déchets pouvant être de différentes provenances : les déchets industriels, les DIB et les déchets provenant des filières de tri de la collecte domestique.

Le principe de traitement d'un déchet solide, impose un fractionnement de ce dernier dans le cadre de procédures de broyage, et de tri séparation qui permettent de former d'une part, des fractions valorisables si possibles homogènes, et d'autre part la fraction ultime.

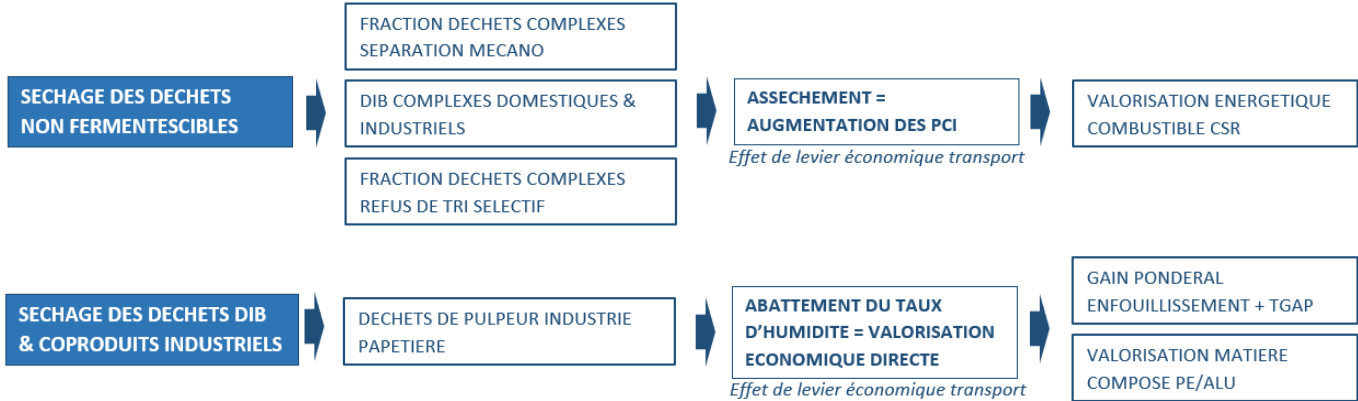
Dans la grande majorité des cas le séchage de ces produits imposera la réalisation d'un broyage préalable avec pour objectif la capacité de réalisation d'un flux de séchage dans le cas d'un séchage dynamique, dans le cas d'un séchage statique ou semi dynamique, le broyage permettra d'obtenir une bonne homogénéité du taux d'humidité résiduel.

Le séchage permet d'uniformiser le déchet de le rendre apte aux opérations de tri séparation, il permet en effet :

- D'éviter la formation d'amalgames préjudiciables à la réalisation du flux de traitement.
- La bonne réalisation d'une séparation densimétrique ou aéroulique des différentes fractions composant le déchet.
- Une qualification des différentes fractions de tri avant transfert les filières de valorisation.

**Pour les filières de valorisation matière, le taux d'humidité est un critère d'acceptabilité par les outils exclusions ou de granulation.**

**Pour les filières de valorisation énergétique des déchets ultimes CSR, le taux d'humidité est un critère de garantie du PCI qui permettra la régulation de la combustion.**





## 1.2 CONCERNANT LA FILIERE BIOMASSE.

Le terme biomasse est un terme générique qui englobe plusieurs secteurs d'activité.

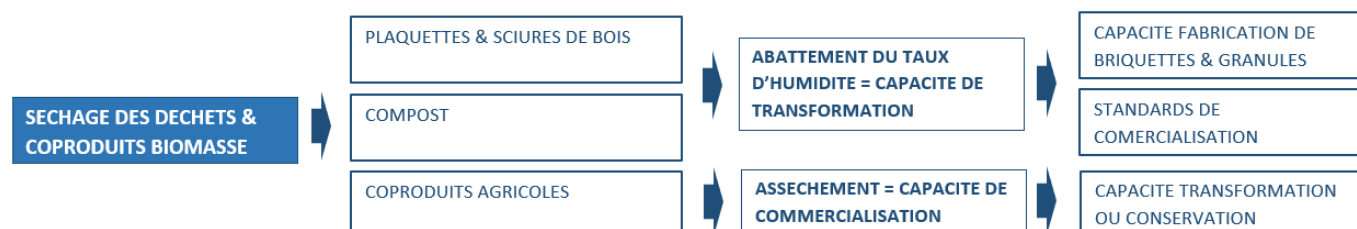
Le séchage est d'une manière générale une composante incontournable des produits d'origine biomasse :

- Dans le cas de combustible plaquettes biomasse, le séchage permettra de garantir un taux d'humidité qui contribue à l'uniformisation du PCI, mais également à la qualification de la valeur marchande du produit.
- Dans le cas de combustibles granulés briques ou bûches reconstituées, le séchage est une composante de l'opérations de granulation « les presses à granulés acceptent généralement un taux d'humidité maximal de 13% ».
- Dans le cas de compost, le séchage est une composante de l'opération de granulation, ou de la valeur marchande du produit lorsqu'il est vendu brut.

Le séchage en flux dynamique est réalisé directement sans traitement préalable pour les sciures et copeaux.

Pour les menus bois provenant des coupes, et les déchets de bois provenant des scieries, un broyage préalable pour la fabrication de plaquettes sera réalisé préalablement à l'opération de séchage.

Concernant bois de coupe « bûches » la technique de séchage est statique réalisée les étuves ou par ventilation.



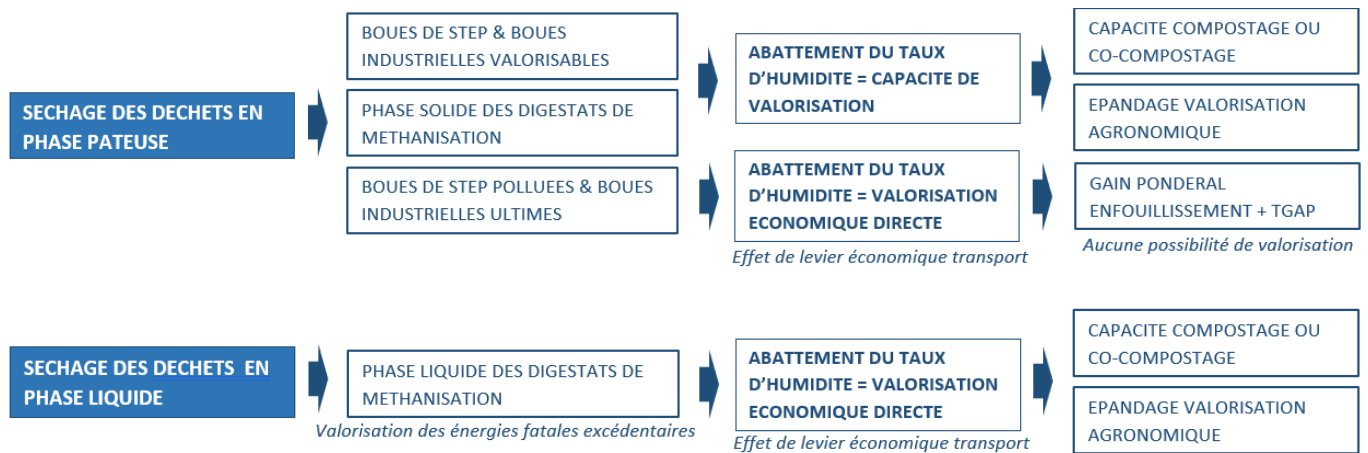
## 1.3 CONCERNANT LES DÉCHETS EN PHASE PATEUSE OU LIQUIDE.

Le terme déchets en phase pâteuse ou liquide couvre un large spectre de produits pouvant être :

- Les digestas à de méthanisation, bruts en phase liquide.
- La fraction solide des digestas après séparation de phases.
- Les boues d'origine urbaine.
- Les boues industrielles.

Le séchage est une composante de la valorisation des boues.

En phase solide « pâteux pelletable », il est réalisé en flux continu, en phase liquide un dispositif de recyclage du produit sec/mélange du liquide permet de générer un flux continu phase pâteuse.



## 2. LES PRINCIPES DE CHOIX D'UNE TECHNIQUE DE SECHAGE

### 2.1 LES FACTEURS DE SECHAGE A PRENDRE EN CONSIDERATION

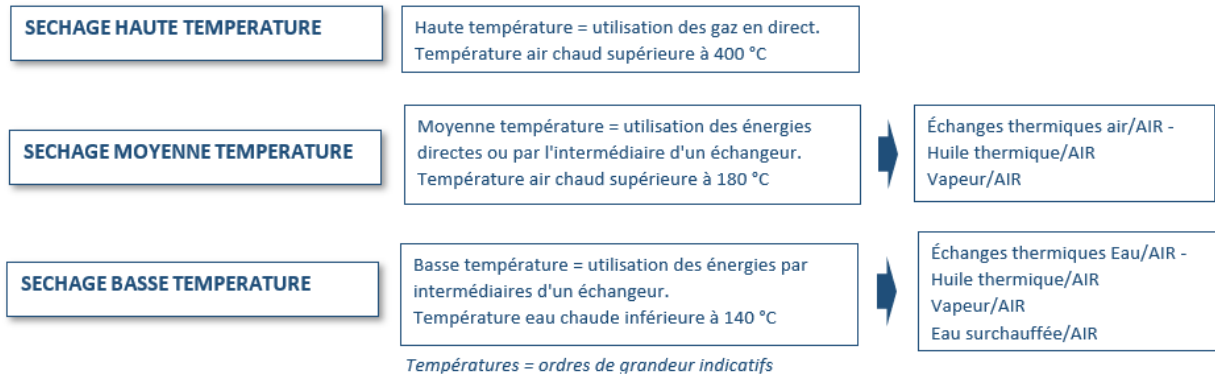
Le choix de la technique de séchage est fonction :

- La nature et la caractérisation physico-chimique du produit à sécher, permet de déterminer la technique de séchage qui sera retenue, les critères de fabrication et sécheur, et les températures de séchage admissibles.
- Les énergies thermiques disponibles pouvant être réalisé par générateur thermique, et/ou par la valorisation des énergies fatales sont des composantes de la détermination de la puissance thermique disponible et de la température de séchage.
- Le débit de traitement humide entrant, et le taux d'assèchement « écart entre l'humidité entrante et d'humidité résiduelle sortante » permettront de déterminer le besoin d'évaporation du liquide.



Les techniques de séchage seront notamment caractérisées par la capacité de préservation de l'intégrité du produit séché & par le coût énergétique de séchage.

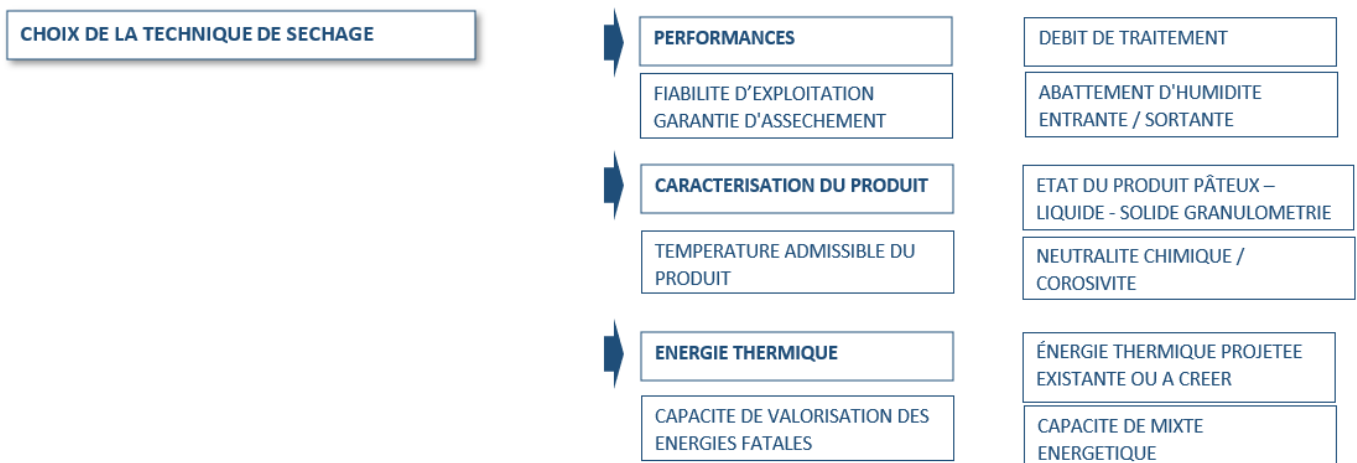
Il y a principalement trois techniques de séchage qui sont différenciées par les niveaux de température :

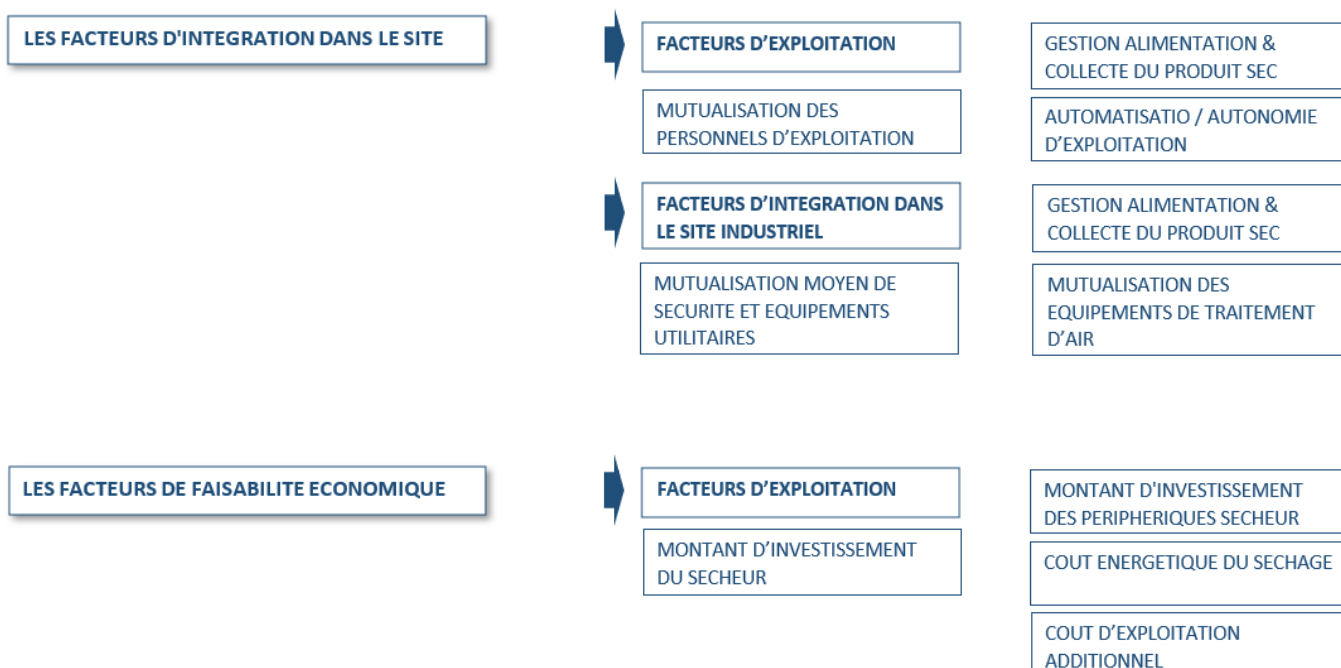


**Dans le cas où l'énergie thermique du séchage provient d'un générateur thermique, le choix sera nécessairement orienté vers une technique qui offrira le meilleur rendement énergétique, ceci bien évidemment pour des facteurs qualitatifs de séchage égaux.**

*Le rendement énergétique de séchage est qualifié par « la quantité d'eau évaporée par kilowatts thermiques consommés »*

## 2.2 LES FACTEURS DE SECHAGE A PRENDRE EN CONSIDERATION





### 2.3 LES CARACTERISATIONS DES DECHETS, DES COPRODUITS & DES BOUES

La définition des déchets sur la base du schéma ci-après permettra de qualifier le produit à sécher, Cette qualification sera un des facteurs déterminants de la technique de séchage à utiliser.

DENOMINATIONS	ETAT	CARACTERISATION	PRETRAITEMENTS PRÉCONISÉS
BOUE DE STEP OU INDUSTRIELLES	PATEUX /PELLETABLE	TAUX D'HUMIDITE / PH	ASSECHEMENT MECANIQUE
DIGESTAS DE METHANISATION	LIQUIDES / PATEUX	TAUX D'HUMIDITE / PH	ASSECHEMENT MECANIQUE
SCIURES – FARINES - MINERAUX	PULVERULENT RISQUE D'AGGLOMERATION	GRANULOMETRIE & TAUX D'HUMIDITE	EMOTTAGE
LES DECHETS DOMESTIQUES SOLIDES	VRAC SOLIDE	GRANULOMETRIE & TAUX D'HUMIDITE	BROYAGE SEPARATION DES METAUX
LE COMBUSTIBLES CSR OU PLAQUETTES BIOMASSE	VRAC SOLIDE	GRANULOMETRIE & TAUX D'HUMIDITE	SEPARATION DES METAUX
LES DECHETS LIQUIDES	LIQUIDE	TAUX DE MATIERE SECHE/ PH	FLOCCULATION CENTRIFUGATION

*Il s'agit de données génériques de caractérisation & de prétraitements, une analyse plus pertinente devra être réalisée.*

**La taille du sécheur sera déterminée par le débit de traitement entrant, mais également et surtout par le bilan évaporatoire « total des kilos d'eau / heure à extraire »**

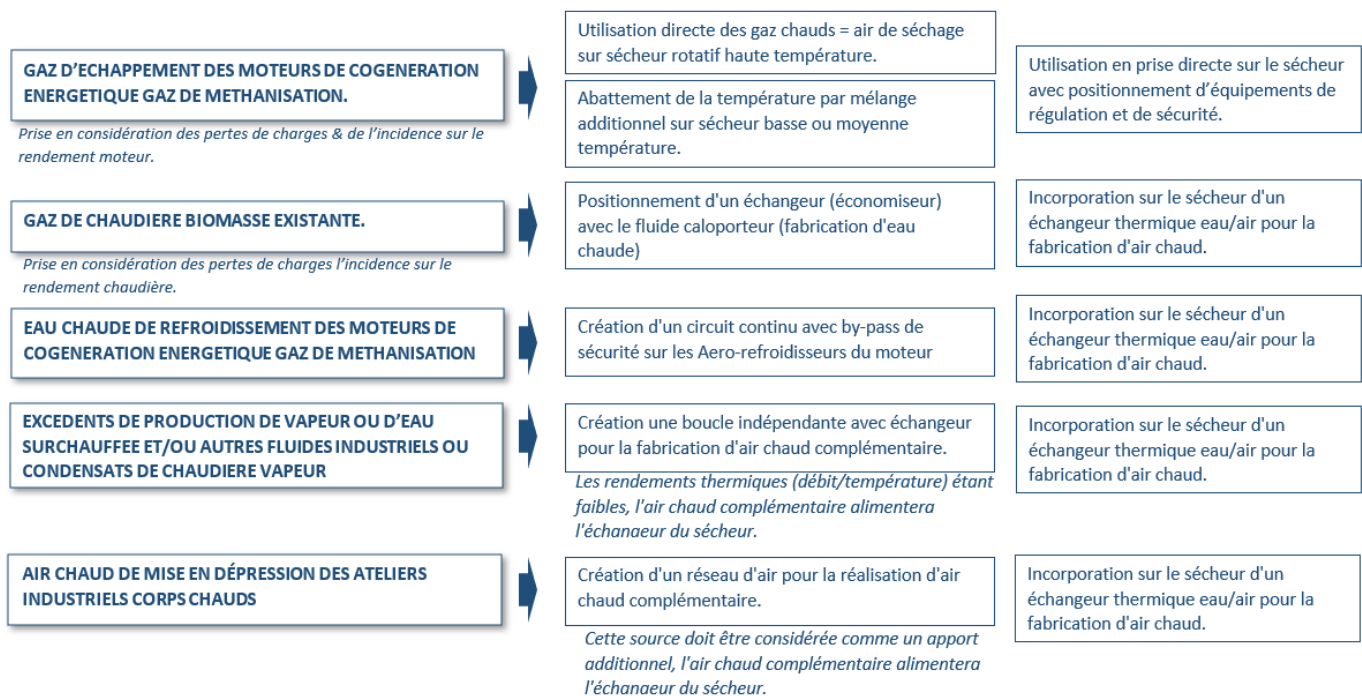
## 2.4 LES PRINCIPAUX GÉNÉRATEURS THERMIQUES

Le séchage utilisera prioritairement les énergies thermiques résiduelles ont existé sur le site. Le choix du combustible est donc du générateur thermique, en adéquation avec la technique de séchage, sera déterminant du bilan économique de séchage

LES GENERATEURS	LES COMBUSTIBLES	LES FLUIDES CALOPORTEURS	CAPACITE MIXTE ENERGETIQUE
LES BRULEURS A VEINES D'AIR	GAZ NATUREL / BIOGAZ	AIR CHAUD	AIR CHAUD ADDITIONNEL ET/ OU ÉCHANGEUR PRECHAUFFAGE DE L'AIR
LES CHAUDIERES	BIOMASSE OU CSR	ÉCHANGEUR : EAU - HUILE THERMIQUE – EAU SURCHAUFFEE - VAPEUR	AIR CHAUD ADDITIONNEL ET/ OU ÉCHANGEUR PRECHAUFFAGE DE L'AIR
LES GENERATEURS AIR CHAUD	BIOMASSE	AIR CHAUD	DIFFICULTES MIXTES ENERGETIQUES EN AVAL DU GENERATEUR
LES GAZEIFIEURS	BIOMASSE	ÉCHANGEUR EAU - HUILE THERMIQUE – EAU SURCHAUFFEE - VAPEUR	AIR CHAUD ADDITIONNEL ET/ OU ÉCHANGEUR PRECHAUFFAGE DE L'AIR
LE SOLAIRE		AIR CHAUD – SERRES – CONCENTRATEUR SOLAIRE - PILE THERMIQUE	AIR CHAUD ADDITIONNEL

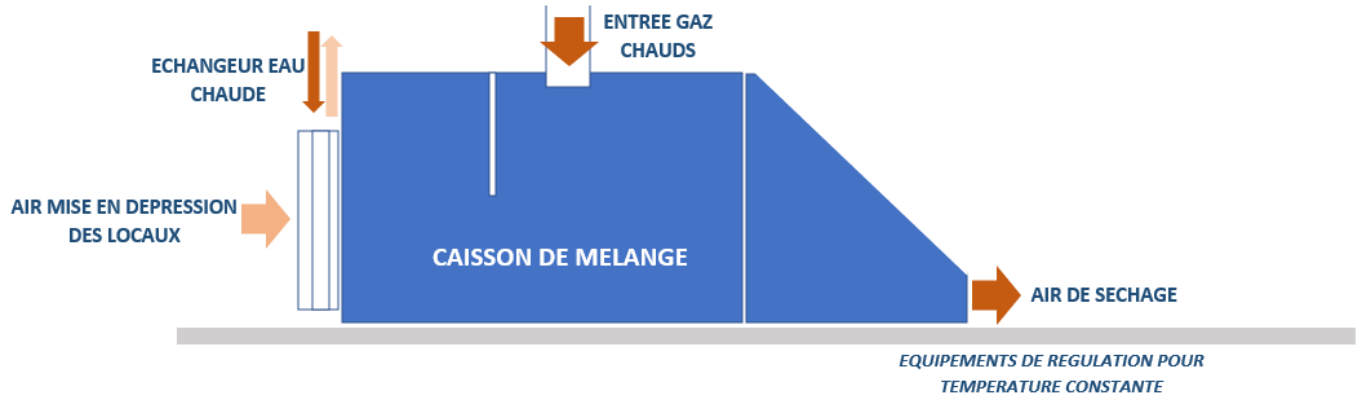
## 2.5 LA VALORISATION DES ENERGIES FATALES

La valorisation des énergies fatales est un facteur qui est souvent déterminant dans la définition la technique de séchage, mais également et surtout pour l'obtention du meilleur bilan économique de séchage.

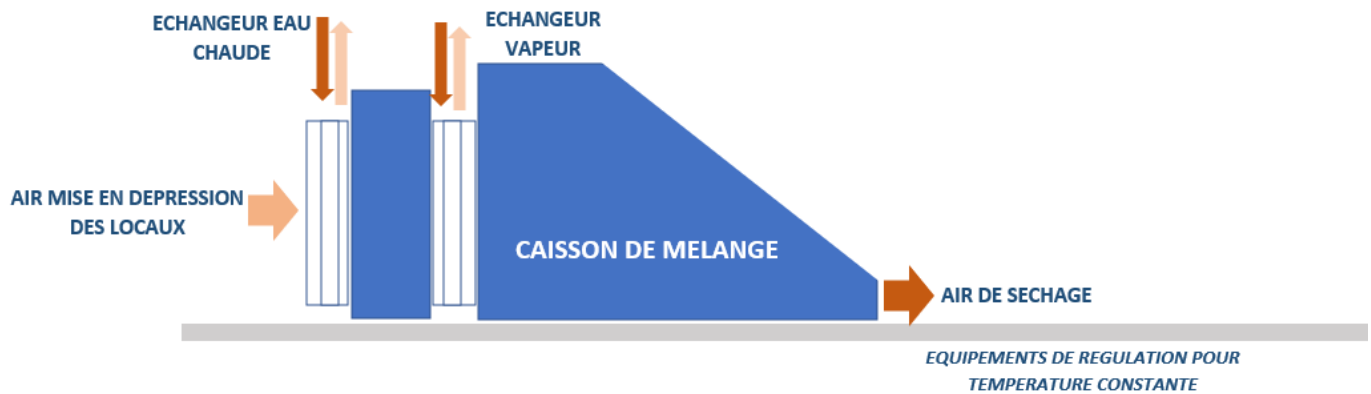




Exemple de mutualisation « air chaud » + « eau chaude » + « gaz chauds »



Exemple de mutualisation « air chaud » + « eau chaude » + « gaz chauds »



## **2.6 LE TRAITEMENT DES EMISSIONS GAZEUSES DU SECHAGE (VOIR DOCUMENT ANNEXE)**

Le traitement des émissions gazeuses constitue une des problématiques de l'intégration environnementale d'un sécheur sur un site existant ou à créer.

L'air de séchage devra subir un traitement à minima un dépoussiérage, et si nécessaire un abattement des odeurs ou des composés chimiques solubles ou non solubles présents dans l'air.

Le traitement des émissions gazeuses est donc une composante du séchage qui pourra influencer sur le contour financier de l'investissement du projet

La mutualisation des équipements de traitement d'air devra être analysée lorsque que le sécheur est implanté sur un site actif.

## **2.7 LES CONDITIONS D'UN FONCTIONNEMENT CONTINU AUTONOME**

Les opérations de séchage dynamique sont généralement réalisées en flux continu et de manière totalement automatisée et autonome permettant un traitement 24/24.

Dans le cas d'un fonctionnement autonome :

- Le sécheur devra être doté des équipements de stockage en amont dimensionnés pour garantir l'autonomie d'alimentation, et bien évidemment des équipements de stockage du produit sec en aval.
- Le sécheur devra être doté des équipements de sécurité réglementaire pour une exploitation industrielle, avec nécessairement les équipements de sécurité d'alarme et d'extinction des incendies accidentels.

### 3. LES PRINCIPALES TECHNIQUES DE SECHAGE

#### 2.1 LES DIFFÉRENTE TECHNIQUES DE SECHAGE

Le séchage est un facteur prépondérant de la valorisation des déchets solides et des boues, et le choix d'une technique de séchage est soumis à différents paramètres énoncés précédemment. Il y a donc lieu de rechercher et de mettre en œuvre la technique de séchage qui correspondra le mieux aux besoins identifiés.

Il y a plusieurs techniques, et donc plusieurs catégories de sècheurs, dont les principaux sont présentés ci-après.

- **LES SECHEURS A TAMBOUR ROTATIFS :**

Ils sont généralement caractérisés par une utilisation pour des débits importants, et pour des produits granuleux ou pâteux non sensibles aux températures élevées.

Le séchage est qualifié à haute température, le passage du produit est généralement direct avec recirculation des gaz.

- **LES SECHEURS A LIT FLUIDISE**

Le séchage à lit fluidisé à un ou plusieurs étages est généralement utilisé pour sécher les particules solides.

Le sècheur est qualifié à moyenne température, le produit est en suspension dans le débit d'air. Il nécessite l'utilisation température suffisamment importante pour compenser le temps d'exposition à la chaleur.

Certaines applications permettent un séchage flash pour évacuer l'humidité de surface de produits totalement ou moyennement hydrophobes.

- **LES SECHEURS A PLANS MOUVANTS**

Le séchage à plans mouvants est généralement utilisé pour sécher les particules solides ou pâteuses. Le produit positionné sur un plan perforé qui est traversé par l'air chaud, le sècheur peut être à 2 tapis superposés, il peut également être doté d'agitateurs intermédiaires.

Le sècheur est qualifié à basse température, le produit est séché en continu avec une faible vitesse d'air.

Ce type de sècheur permet la valorisation d'une large plage d'énergies fatales.

Cette technique rend possible une polyvalence produits qui est appréciable notamment dans le cas d'activités saisonnières.

- **LES SECHEURS A PLAN FIXE AVEC AGITATION**

Le séchage à plan fixe avec agitation est généralement utilisé pour sécher les produits pâteux pouvant être sujets à agglomération au séchage. Le produit positionné sur un plan fixe qui est traversé par l'air chaud, la translation d'agitateurs permet conjuguer l'avance et l'agitation du produit.

Le sècheur est qualifié à basse température, le produit est séché en continu avec une faible vitesse d'air. Ce type de sècheur permet la valorisation d'une large plage d'énergies fatales.

- **LES SECHEURS STATIQUES**

Le séchage statique est généralement utilisé pour sécher les produits granuleux. Le produit est positionné sur un plan fixe dans des cases ou dans des containers pour être traversé par l'air chaud.

Le concept de séchage statique avec une hauteur de produits variable, ne permet pas de garantir une totale homogénéité d'assèchement.

Il nécessite la mise en œuvre d'un dispositif logistique au sol de transfert du produit.

Le sécheur est qualifié à basse température, le produit est séché en continu avec une faible vitesse d'air.

- **LES SECHEURS PAR COMPOSTAGE**

Le séchage par compostage est généralement utilisé pour sécher les produits pâteux ou granuleux.

Le séchage est réalisé par élévation de la température de compostage.

Le produit positionné dans un couloir pouvant être ou non traversé par de l'air pouvant être chaud, la translation d'un agitateur permet l'avance du produit.

Il nécessite la mise en œuvre d'un dispositif logistique au sol de transfert du produit.

Le sécheur est qualifié à basse température, le produit est séché en continu.

- **LES SECHEURS SOLAIRE**

Plusieurs techniques sont proposées, ce dispositif est généralement utilisé pour sécher de manière statique prolongée, les produits pâteux.

Le produit est positionné au sol sous serre, avec ou non dispositif de remuage.

Il nécessite la mise en œuvre d'un dispositif logistique au sol d'étalement du produit humide de transfert du produit sec.

- **LES SECHEURS EVAPO CONCENTRATION**

Ce dispositif est utilisé sur des liquides chargés et des digestas en phase liquide.

Ce dispositif permet une réduction du volume avec une évaporation généralement réalisée sous vide à basse température.

Le concentrat se présente sous forme boueuse, potentiellement utilisable pour de l'épandage ou dans l'enrichissement de compost.

- **LES SECHEURS PLANS AVEC RECYCLAGE**

Ce dispositif est utilisé sur des liquides chargés et des digestas en phase liquide.

Un recyclage de la (fraction sèche sortante) (mélangée au liquide entrant) permet de séchage des liquides chargés pour l'obtention d'une fraction sèche finale.

Le taux d'évaporation est extrêmement important, ce qui nécessite une disponibilité d'énergie thermique conséquente. Ce dispositif est généralement implanté dans le cas d'un excès d'énergie fatale valorisable disponible ..

- **LES SECHEURS VERTICAUX**

Ce dispositif est utilisé principalement pour le séchage des céréales.

Il s'agit d'un séchage en masse dynamique à contre-courant lent : injection d'air chaud et descente du produit.

## 2.2 LES EQUIPEMENTS DE SECHAGE DISPONIBLES SUR LE MARCHÉ

Plusieurs photos de sécheurs sont présentées ci-après afin d'illustrer les caractéristiques équipements de même que les facultés d'intégration dans le site (toutes notions de tailles mises à part).

### SECHEURS ROTATIFS



SECHAGE DE PLAQUETTES & SCIURES DE BOIS

### SECHEURS A LIT FLUIDISE



SECHEUR FLASH COQUILLES D'OEUF



SECHEUR PRODUITS GRANULEUX

### SECHEURS PLAN TAPIS MOUVANT



SECHEUR CSR



SECHEUR POLYVALENT FOURAGE + PLAQUETTES DE BOIS





**SECHEUR PLAQUETTES & SCIURES BOIS**



**SECHEURS CSR**



**SECHEUR DIGESTAS PHASE SOLIDE**



**SECHEUR BOUES INDUSTRIELLES**

**SECHEUR PLAN AVEC TRAITEMENT D'AIR INTEGRE**



**SECHEUR DIGESTAS PHASE SOLIDE**

**SECHEUR PLAN AVEC AGITATION**



**SECHEUR BOUES BIOLOGIQUES PAPETERIE**

**SECHEUR EVAPO CONCENTRATION**



**SECHEUR DIGESTAS PHASE LIQUIDE**

**SECHEUR PLAN AVEC RECYCLAGE**



**SECHEUR DIGESTAS PHASE LIQUIDE**

**SECHEUR STATIQUE EN CASES**



**SECHEUR PLAQUETTES DE BOIS**

**SECHEUR STATIQUE EN CONTAINERS**



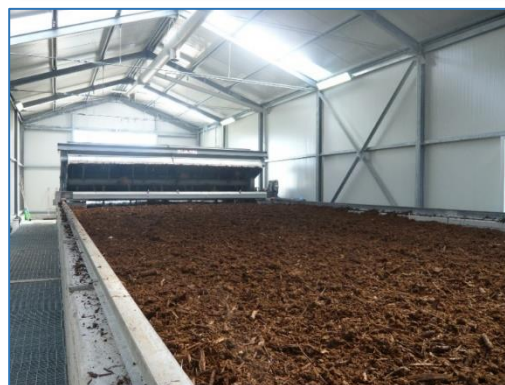
**SECHEUR CEREALES**

**SECHEUR DYNAMIQUE VERTICAL**



**SECHEUR CEREALES + ENERGIE BIOMASSE**

**SECHEUR PAR COMPOSTAGE**



**SECHEUR BOUES AVEC SUPPORT BIOMASSE**