

VALORISATION ET TRAITEMENT DES REJETS ATMOSPHERIQUES DANS LES INSTALLATIONS DE GRANULATION DE BOIS EQUIPEES DE GENERATEUR A AIR CHAUD ET DE SECHOIR A TAMBOUR

Novembre 2014

Etude pour le compte de l'ADEME et de la Scierie Archimbaud réalisée par le Cetiatic et Ecovolta

Coordination technique : Marina Boucher – Service Bioressources
Direction Productions et Energies Durables – ADEME (Angers)

N° contrat : 1301C0066



SYNTHESE PUBLIQUE DU PROJET PELLETS & CO

En français :

L'ADEME en bref :

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) est un établissement public sous la triple tutelle du ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et du ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie. Elle participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable.

Afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale, l'agence met à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, ses capacités d'expertise et de conseil. Elle aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.

www.ademe.fr.

En anglais :

About ADEME:

The French Environment and Energy Management Agency (ADEME) is a public agency under the joint authority of the Ministry for Ecology, Sustainable Development, Transport and Housing, the Ministry for Higher Education and Research, and the Ministry for Economy, Finance and Industry. The agency is active in the implementation of public policy in the areas of the environment, energy and sustainable development. ADEME provides expertise and advisory services to businesses, local authorities and communities, government bodies and the public at large, to enable them to establish and consolidate their environmental action. As part of this work the agency helps finance projects, from research to implementation, in the areas of waste management, soil conservation, energy efficiency and renewable energy, air quality and noise abatement.

www.ademe.fr.

En français :

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par la caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

En anglais:

Any representation or reproduction of the contents herein, in whole or in part, without the consent of the author(s) or their assignees or successors, is illicit under the French Intellectual Property Code (article L 122-4) and constitutes an infringement of copyright subject to penal sanctions. Authorised copying (article 122-5) is restricted to copies or reproductions for private use by the copier alone, excluding collective or group use, and to short citations and analyses integrated into works of a critical, pedagogical or informational nature, subject to compliance with the stipulations of articles L 122-10 – L 122-12 incl. of the Intellectual Property Code as regards reproduction by reprographic means.

Valorisation et traitement des rejets atmosphériques dans les installations de granulation de bois équipées de générateur à air chaud et de séchoir à tambour.

Synthèse publique du projet Pellets&Co

Sommaire

I. Introduction	4
II. Diagnostic énergétique	5
1. Présentation du séchoir audité	5
2. Préconisations générales sur l'optimisation des séchoirs	6
3. Récupération d'énergie dans l'air d'extraction	7
III. Le traitement des buées d'extraction	8
1. Réduction des polluants à la base	8
2. Réduction des polluants en sortie du séchoir	8
a. Dépoussiérage cyclonique	9
b. Deuxième partie du traitement	9
IV. Sources potentielles de valorisation	10
V. Transformation de l'énergie des fumées en source de chaleur exploitable	11
VI. Utilisation de la chaleur récupérée sur le site	14
1. Solutions S1 et S2	15
2. S3 : Pré chauffage air neuf du GAC	16
3. Mix : Pré chauffage air neuf + pré séchage combustible	16
4. Récapitulatif des solutions	17
VII. Conclusion	18
1. Recommandations techniques	18
2. Recommandations pour la profession	18

I. Introduction

La production de granulés de bois est en très fort développement en France depuis 6-7 ans, elle est passée de 50 000 T en 2006 à 900 000 T en 2013. Sa production pourrait atteindre 2 millions de tonnes d'ici 2020 dans les scénarios les plus optimistes. Cette production est assurée par une quarantaine d'usines, réparties sur le territoire, très hétérogènes au niveau de la taille (moins de 2000 T/an à plus de 100 000 T/an) et du profil industriel (des acteurs du bois qui valorisent leurs sous-produits, d'autres qui exploitent les bois d'éclaircies forestières et des coopératives agricoles qui optimisent en contre-saison leurs outils de production de luzerne). Il existe deux principaux types de process industriel pour la production de granulés de bois. La technologie historique de séchage, qui couple un générateur à air chaud avec un séchoir à tambour, demeure la plus couramment utilisée, mais elle génère de fortes émissions atmosphériques (mélanges de vapeur d'eau issue de la déshydratation de la sciure, de poussières et COV issus de la combustion de la biomasse). L'autre technologie (chaudière & séchoir à tapis) s'est développée récemment essentiellement chez de gros scieurs lauréats des appels à projet de cogénération, lancés par la CRE. Cette dernière est plus propre car les gaz de combustion ne passent pas dans le séchoir et sont concentrés et traités directement en sortie de cheminée.

Il existe un flou dans l'interprétation de la réglementation applicable aux installations de granulés de bois, certaines Dreal régionales les considérant, comme des installations de séchage (VLE à 100 voire 200 mg/Nm³ à concentration réelle d'O₂ selon l'arrêté du 2 février 1998), et d'autres comme des installations de production thermique (150 mg/Nm³ à 6% d'O₂ selon l'arrêté du 25 juillet 1997), leurs autorisations préfectorales sont, par conséquent, très différentes selon l'endroit où elles se trouvent.

Le nouvel arrêté du 26/08/2013 a considérablement durci la réglementation concernant les Valeurs Limites d'Emissions (VLE) atmosphériques et celui du 24 septembre 2013 a précisé les concentrations en O₂ applicables pour des installations de séchage en indiquant que «quel que soit le combustible utilisé, la teneur en oxygène utilisée est la teneur réelle en oxygène des gaz de combustion non dilués par addition d'air non indispensable au procédé». On en déduit donc que la nouvelle réglementation place la barre haute en imposant des limites de rejets de poussières à 50 mg/Nm³ à 6% d'O₂ ou bien à teneur réelle en oxygène (entre 10 et 18% habituellement) selon que la Dreal considérera l'installation comme réalisant de la combustion ou du séchage. Dans tous les cas, cela impliquera d'abaisser les niveaux d'émission par des facteurs de 2, 3 voire 4 par rapport à la réglementation antérieure, niveaux inatteignables par les systèmes classiques de filtration (multi-cyclones). Les nouvelles installations seront donc contraintes de mettre en œuvre des techniques de filtration très performantes ainsi que les installations existantes mais avec un délai de mise en conformité (partir du 01/01/2018 pour les poussières atmosphériques).

Compte tenu de la volonté politique d'améliorer la qualité de l'air (notamment au niveau de particules fines qui posent un réel problème de santé publique), il est également dans l'intérêt de la profession de pouvoir démontrer une approche exemplaire en matière environnementale tout au long de la filière. Cependant l'investissement dans un système performant de traitement de l'air est lourd, voire très lourd d'autant qu'il n'est pas productif. Le projet PELLETS&Co a donc pour objectif d'aboutir à la définition d'un process de traitement et de valorisation de ces rejets atmosphériques (récupération de chaleur, valorisation de co-produits d'intérêt, etc...) pour rendre les usines de production de granulés de bois, plus efficaces énergétiquement, plus propres au niveau environnemental et plus performantes économiquement.

La Scierie Archimbaud produit 85 000 T de granulés de bois dans son usine de Sécondigné sur Belle et est concernée au premier chef par ce sujet, elle a donc accepté d'être partie prenante à ce projet. Ecovolta, du fait de sa connaissance du secteur, a été mandaté pour coordonner ce projet dont les résultats seront utiles à la profession dans son ensemble. Et le Cetiat a été retenu pour son expertise technique dans les domaines aéraulique et thermique.

Cette mission comportait 4 phases sur une période de 10 mois :

- phase n°1 : état des lieux sur une unité de production de granulés de bois équipée de la technologie GAC & tambour sécheur (diagnostic sur la base de mesures sur sites)
- phase n°2 : recherche de procédés de traitement et valorisation des rejets atmosphériques
- phase n°3 : intégration des procédés sélectionnés dans le process industriel existant.
- phase n°4 : bilan économique, énergétique et environnemental des solutions préconisées.

Cette synthèse publique des résultats de l'étude doit permettre à chacun des acteurs concernés dans la profession d'identifier les pistes les plus adéquates pour valoriser et traiter au mieux ces rejets atmosphériques.

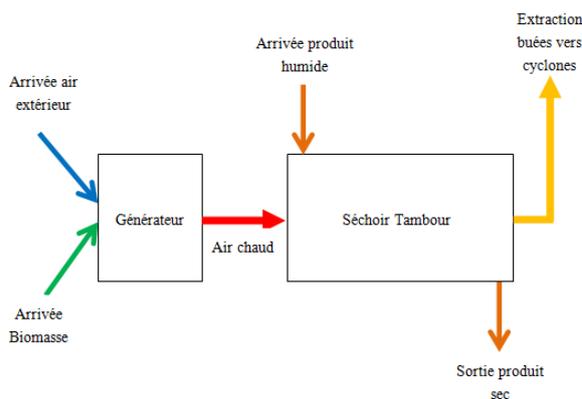
Valorisation et traitement des rejets atmosphériques dans les installations de granulation de bois équipées de générateur à air chaud et de séchoir à tambour.

II. Diagnostic énergétique

1. Présentation du séchoir audité

Le séchoir audité est de type "tambour rotatif" situé à Sécondigné sur Belle (79). Il permet de sécher 14.2 t/h de sciure de bois d'une humidité initiale de 50% (peut varier de 38% à 56% selon la saison) à une humidité finale de 12% dans un temps estimé de 8 minutes (données de production 2014).

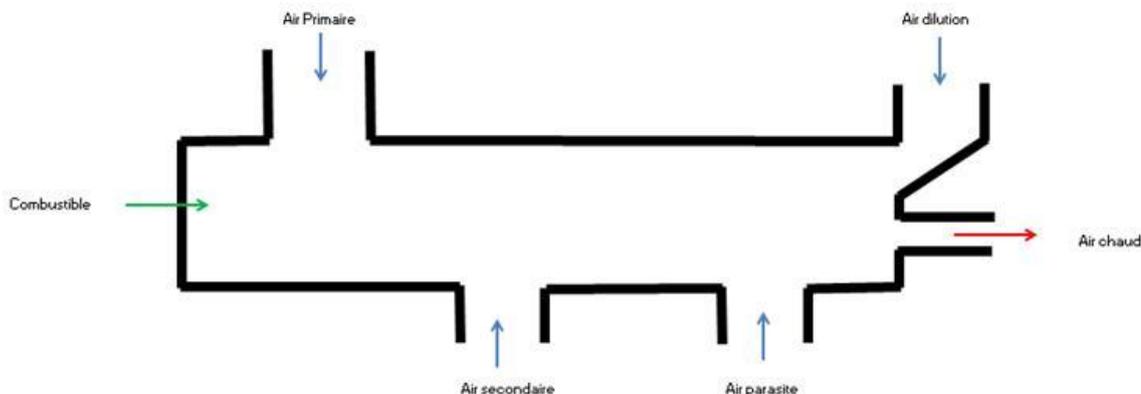
La production d'air chaud est assurée par un générateur fonctionnant à partir de biomasse. Le combustible utilisé est un mélange de connexes humides de la scierie (écorces et plaquettes) et de broyats secs de chutes de bois et palettes permettant de générer une température d'air chaud oscillant entre 400 et 600°C selon la production.



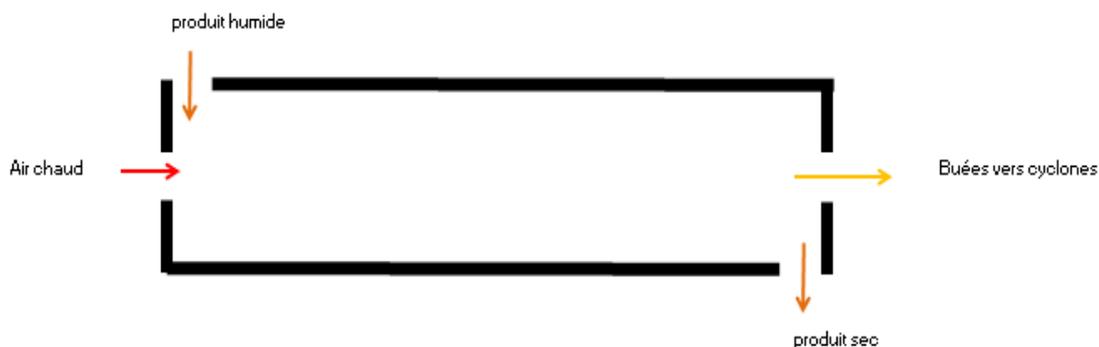
L'air chaud généré dans le GAC traverse le cylindre et échange ses calories avec la sciure permettant à cette dernière de chauffer et de sécher. En sortie du tambour, l'air chaud souillé est traité par un cyclone puis est rejeté directement dans l'atmosphère, sans recyclage ni récupération de chaleur.

Le pilotage de l'installation est assuré par le contrôle de la température en sortie du tambour.

Les mesures aérauliques et thermiques, effectuées aux entrées et sorties de l'installation, reflètent une image à l'instant précis du fonctionnement de l'installation. Elles permettent d'effectuer le bilan énergétique du système et de définir les potentielles améliorations ou axes prioritaires de réduction des consommations énergétiques.



Valorisation et traitement des rejets atmosphériques dans les installations de granulation de bois équipées de générateur à air chaud et de séchoir à tambour.



Le rendement du séchoir audité est de 62 % sur PCi, représentant 1.1 kWh / Kg d'eau évaporée. On considère habituellement qu'un séchoir a un bon rendement lorsque celui-ci dépasse les 60% ce qui est le cas sur le site de Sécondigné. Les meilleurs séchoirs peuvent atteindre 0.9 à 1 kWh / Kg d'eau évaporée avec des réglages fins et un système de recyclage interne.

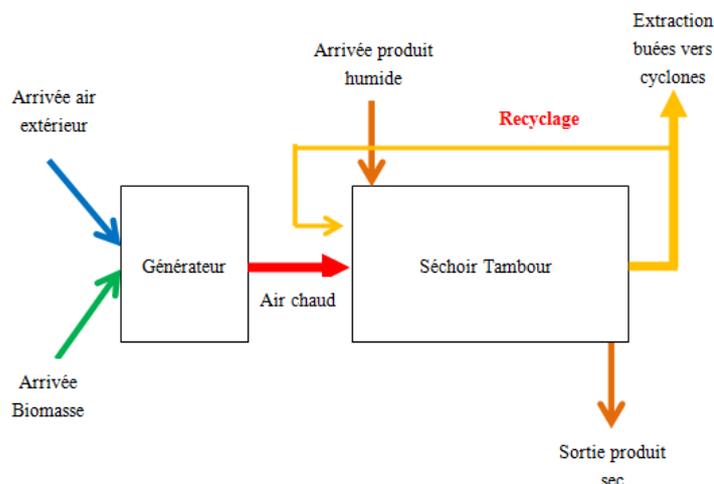
2. Préconisations générales sur l'optimisation des séchoirs

Les pistes d'améliorations, concernant généralement tous types de séchoirs, sont les suivantes :

Privilégier le recyclage

Le rendement du séchoir actuel montre que le recyclage n'est pas nécessaire dans ce cas (rendement déjà élevé). Nous conseillons cependant la mise en place d'un tel dispositif lors des nouvelles constructions ou bien lors de l'optimisation d'un séchoir présentant un rendement dégradé. Cette préconisation est la solution la plus efficace permettant d'atteindre les rendements optimaux des séchoirs.

Principe : En sortie de séchoir, les fumées d'extraction (buées) doivent être les plus basses possibles en température et les plus chargées possibles en humidité. Si ce n'est pas le cas, c'est qu'elles possèdent encore une importante capacité de séchage qu'il est possible de récupérer en mettant en place un recyclage interne. Le taux de recyclage dépendra de la cinétique de séchage du produit soumis à un flux d'air plus ou moins chargé en humidité. Il se détermine par voie expérimentale ou en laboratoire en affinant les réglages du séchoir jusqu'à obtenir le meilleur rendement possible.



Le pilotage automatique du séchoir peut être commandé avec des sondes hygrométriques coté buées : la mise en place de sonde de mesure d'humidité en sortie du séchoir avec asservissement aux moteurs à vitesses variables des débits d'extractions et de recyclages permet une meilleure maîtrise des consommations énergétiques.

Valorisation et traitement des rejets atmosphériques dans les installations de granulation de bois équipées de générateur à air chaud et de séchoir à tambour.

La mise en place d'un recyclage interne permet à l'industriel d'affiner les réglages des débits d'air en circulation interne. Cette maîtrise permet de maximiser les rendements des séchoirs et génère ainsi d'importantes économies d'énergie.

Isolation de l'installation

Les photographies infrarouges montrent une température de surface du séchoir de 40 °C en moyenne laissant présager une bonne isolation de l'installation. Avec des températures de surface de 140°C, une amélioration de l'isolation du générateur de chaleur permettrait d'engendrer un gain de 30 kW sur les déperditions thermiques.

Le suivi et l'ajustement de ces deux préconisations permettent normalement d'obtenir un rendement maximal de l'installation de séchage.

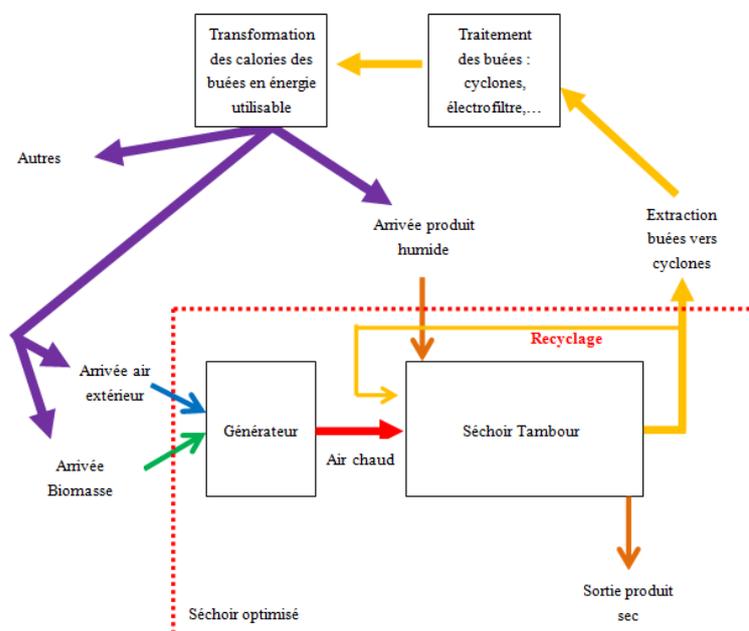
3. Récupération d'énergie dans l'air d'extraction

Lorsque la température des buées en sortie du séchoir est relativement basse (80°) et très chargée en humidité (37%), c'est signe du bon échange de chaleur au niveau du séchoir. Mais par conséquent, l'énergie disponible dans l'air d'extraction n'est pas de bonne qualité (bas niveau de température et extrêmement chargé en eau).

Cet air chaud n'est pas utilisable en l'état (trop encrassé) et nécessite un traitement pour respecter les contraintes réglementaires environnementales. En effet :

- Si mise en place d'un échangeur => encrassement rapide et immédiat
- Si mise en place d'un condenseur directement => boues mélangées avec les condensats pouvant présenter d'autres intérêts de valorisation.

On a donc considéré, dans ce cas, que la récupération d'énergie devait être faite après le traitement des fumées.



Les sources d'utilisation de cette récupération d'énergie vont dans un premier temps être limitées aux utilités du site : pré séchage du produit ou du combustible, pré séchage de l'air neuf du générateur de chaleur.

Valorisation et traitement des rejets atmosphériques dans les installations de granulation de bois équipées de générateur à air chaud et de séchoir à tambour.

III. Le traitement des buées d'extraction

Les gaz d'émissions sont les gaz de combustion générés par la générateur à air chaud (biomasse bois), chargés en humidité et en particules après leur passage dans le séchoir. Ces gaz ne peuvent être rejetés directement à l'atmosphère et doivent subir un traitement.

La réduction des polluants gazeux extraits peut s'opérer à deux niveaux :

- En amont, en maîtrisant les entrées dans l'installation.
- En aval, en mettant en place un traitement spécifique.

1. Réduction des polluants à la base

Les principes de base :

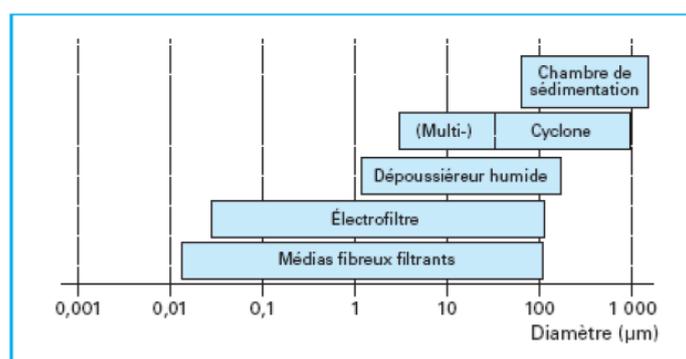
- un générateur d'air chaud adapté au combustible et vice versa
- des conditions d'exploitation maîtrisées : adapter la puissance aux besoins réels
- la technologie de combustion complète et maîtrisée : étanchéité, air primaire et secondaire, turbulence de combustion,...

Quand bien même les installations actuelles maîtriseraient bien (comme la société audité) la phase amont de réduction des polluants, cela n'est et ne sera pas suffisant pour respecter les nouveaux seuils de rejets environnementaux en sortie de séchoir avec la seule présence de cyclones pour le traitement des buées.

2. Réduction des polluants en sortie du séchoir

Le traitement des fumées (c'est à dire ici principalement son dépolluage) consiste à extraire des fumées les particules solides fines. Il se fait en sortie de l'installation. Selon la puissance de la chaudière, il peut y avoir un ou deux systèmes de dépolluage. Le traitement des fumées est nécessaire car il existe des normes précises limitant les émissions en certains gaz des chaufferies (NF EN 303-5).

En fonction des seuils de rejets souhaités, l'industriel installera sur son installation une (ou une combinaison) de technologies ci-dessous :

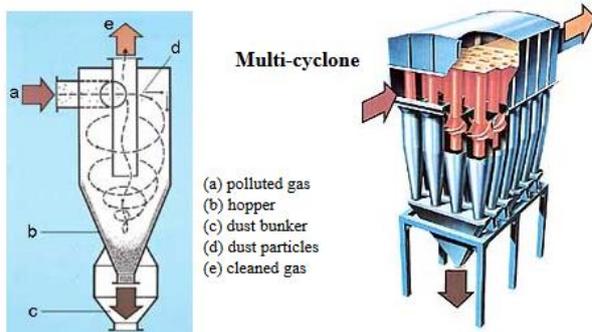


Le Coq, Techniques de l'Ingénieur

Concrètement, la première partie du traitement consiste à mettre en place un premier cyclone permettant d'éliminer les plus grosses particules, puis s'en suit l'installation d'un électrofiltre ou d'un média fibreux permettant d'atteindre les plus faibles rejets.

Valorisation et traitement des rejets atmosphériques dans les installations de granulation de bois équipées de générateur à air chaud et de séchoir à tambour.

a. Dépoussiérage cyclonique



(Source: Fonds der Chemischen Industrie, Germany; imageseries "Luft")

Le dépoussiérage cyclonique (tourbillon d'air) a pour effet de déposer, par force centrifuge, les particules les plus grosses (supérieures à 5 / 10 µm) sur les parois du conduit.

La mise en place d'un cyclone en sortie du séchoir est indispensable avant le traitement des fumées. Il n'y a pas de perte d'énergie thermique particulière sur ce type d'installation si cette dernière est bien isolée.

Ce système, peu coûteux, ne permet pas seul de respecter les nouvelles normes environnementales d'émission en vigueur pour les procédés de séchage de bois.

b. Deuxième partie du traitement

La deuxième partie du piégeage des poussières s'effectue selon deux grandes voies :

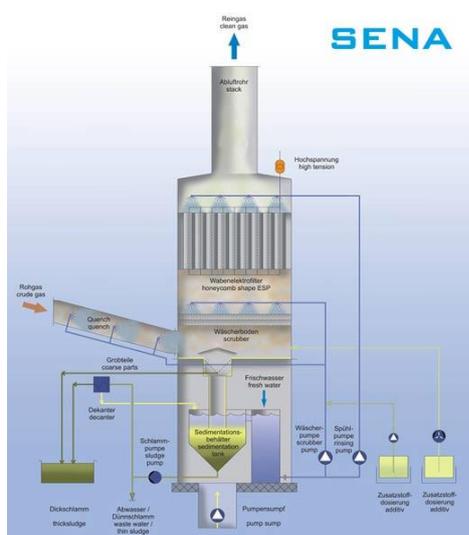
- **voie sèche**, comprenant des systèmes gravitaires, filtrants ou électrostatiques,
- **voie humide**, où un "lavage des fumées" permet de capter les particules solides mais également certains autres polluants gazeux.

Ces systèmes sont onéreux et utilisés seulement pour des grosses puissances installées. En France, la séparation par voie sèche est la plus employée. En général, pour des questions de sécurité, la voie humide est réservée à des installations de forte puissance brûlant de la biomasse bois.

L'utilisation des systèmes de filtre à manche dépend fortement de l'humidité des gaz traités. Cette technologie convient à des gaz secs pour éviter le colmatage immédiat des filtres et n'est donc pas conseillée dans les installations de séchage. On privilégiera dans ces conditions des électrofiltres à voie humide.

De même, la possibilité de traitement par filtre céramique n'a pas été étudiée dans ce projet. Malgré des performances équivalentes aux technologies ci-dessus, ce type de traitement est généralement réservé pour des extractions haute température afin de régénérer le média.

Présentation de l'électrofiltre par voie humide :



Les fumées sortent des cyclones à 80° C. Elles pénètrent alors dans l'électrofiltre. Ce dernier est constitué de plaques métalliques verticales de grande dimension entre lesquelles circulent les fumées. Un groupe électrique établit une différence de potentiel entre des électrodes émissives filiformes, chargées positivement, et ces plaques qui deviennent des électrodes réceptrices. Les particules de poussières sont chargées par les ions produits par les électrodes émissives et attirées par les plaques (électrode réceptrice) où elles viennent s'accumuler. Des marteaux frappent régulièrement les plaques pour décoller les poussières qui tombent dans des trémies à la base du caisson de l'électrofiltre. Les effluents gazeux débarrassés des poussières sont évacués par la cheminée via le ventilateur de tirage qui met en dépression la ligne de traitement. Les performances du dispositif permettent le captage des poussières allant de 1 à 10 µm (voire à partir de sont de 0.1 µm pour les séparateurs électrostatiques humides, WESP - Wet ElectroStatic Precipitators)

Valorisation et traitement des rejets atmosphériques dans les installations de granulation de bois équipées de générateur à air chaud et de séchoir à tambour.

Synthèse publique du projet Pellets&Co

Ces séparateurs électrostatiques fonctionnant par voie humide permettent d'augmenter les performances du procédé : Les rinçages périodiques garantissent la pureté des surfaces collectrices et électrodes émettrices. L'eau de lavage circule dans le circuit via un traitement de l'eau interne. Les éléments de sédimentation présents sont évacués sous forme de boue via une vis de répartition et une unité de drainage en aval. Une qualité d'eau satisfaisante et uniforme est garantie via l'ajout d'additifs.

Le choix de la performance environnementale du traitement des fumées passe donc par l'installation d'un multi cyclones et d'un électrofiltre par voie humide. Mais cela a une incidence sur les coûts, variables avec la taille des équipements.

c. Analyse des performances d'un électrofiltre par voie humide



Dans le cadre du projet, une analyse des rejets en sortie d'un électrofiltre voie humide a été menée sur l'unique installation de ce type présente en France, sur le site de Cosne sur Loire (58). Les analyses montrent que les rejets sont conformes aux normes réglementaires demandées pour 2018. L'efficacité du dispositif est démontrée. Le fonctionnement de l'électrofiltre fait diminuer de 5 % environ l'énergie finale dans les buées (abaissement de 20°C de la température en sortie). La perte d'énergie se retrouve principalement dans les boues formées. La quantité d'eau présente dans les buées en sortie de l'électrofiltre reste inchangée.

Le principe désormais est d'effectuer une transformation de cette importante quantité d'énergie, un air à basse température (60°C) fortement chargé en humidité, en une énergie ré utilisable au sein ou en dehors de l'unité de production.

IV. Sources potentielles de valorisation

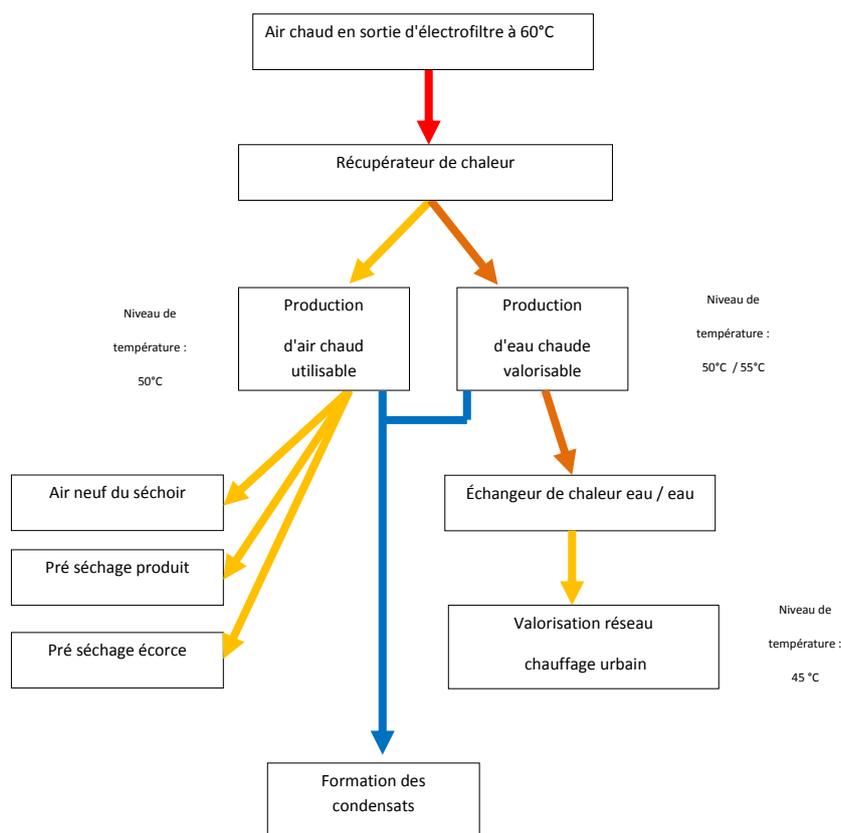
Avant de vouloir récupérer l'énergie (actuellement perdue) contenue dans les fumées à 60°C en sortie de l'électrofiltre, une étude sur les sources réceptrices disponibles doit être réalisée sur le site industriel.

La chaleur perdue peut être perçue comme de la chaleur rejetée par des installations dans l'environnement. La récupération et la réutilisation de cette chaleur offrent la possibilité de réduire les coûts énergétiques et d'améliorer la rentabilité des entreprises. La principale raison d'être de tout projet de récupération de chaleur perdue est l'existence d'une demande pour cette chaleur récupérée.

Quatre exigences sont nécessaires pour une rentabilité suffisante : Niveau de température compatible avec l'utilisation, proximité géographique entre la source et l'utilisation, simultanéité entre la disponibilité à la source et l'utilisation visée, et fiabilité de la source.

Valorisation et traitement des rejets atmosphériques dans les installations de granulation de bois équipées de générateur à air chaud et de séchoir à tambour.

Schéma des solutions potentielles de valorisation de cette chaleur à récupérer :

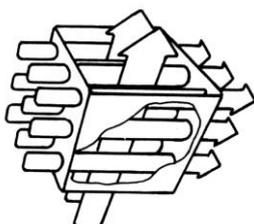


V. Transformation de l'énergie des fumées en source de chaleur exploitable

Il existe quatre techniques généralement utilisées pour récupérer la chaleur perdue. Ce sont :

- L'utilisation directe (non possible sur le site car air souillé).
- L'échange de chaleur (échangeurs à plaques ou autres technologies d'échange comme les condenseurs par exemple).
- La pompe à chaleur.
- La surcompression de la vapeur (non développée dans le rapport).

1. Production d'air chaud

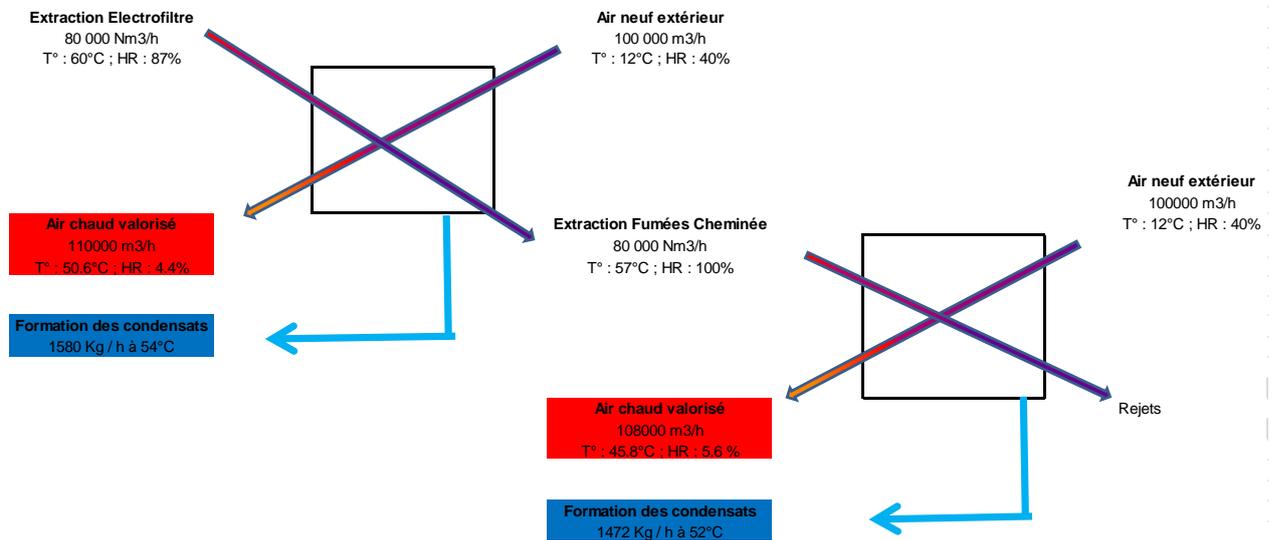


Les échangeurs présentant les meilleures efficacités avec les surfaces d'échanges les plus compactes sont les échangeurs à courant croisé. Cette notion d'efficacité est importante compte tenu des débits importants et des faibles niveaux de températures.

La production d'air chaud peut être se faire par la mise en place d'un échangeur air / air en sortie de l'électrofiltre.

Valorisation et traitement des rejets atmosphériques dans les installations de granulation de bois équipées de générateur à air chaud et de séchoir à tambour.

La solution retenue est de mettre en place un premier échangeur air / air. Ce premier récupérateur permet de générer de l'air chaud neuf à une température de 50.6°C. Les buées en sortie de ce premier récupérateur contiennent encore beaucoup de calories. L'idée est donc de mettre en place un second récupérateur permettant de chauffer un deuxième réseau d'air neuf à une température de 45.8°C. Cette opération permet la récupération de 1,29 MW dans le premier récupérateur puis 1,14 MW dans le second (pour le site audité).



La mise en place d'une PAC pour relever encore la température d'air neuf généré permet de gagner environ 10°C sur les nouvelles températures d'air mais reste non envisageable en terme d'investissement et de cout d'exploitation.

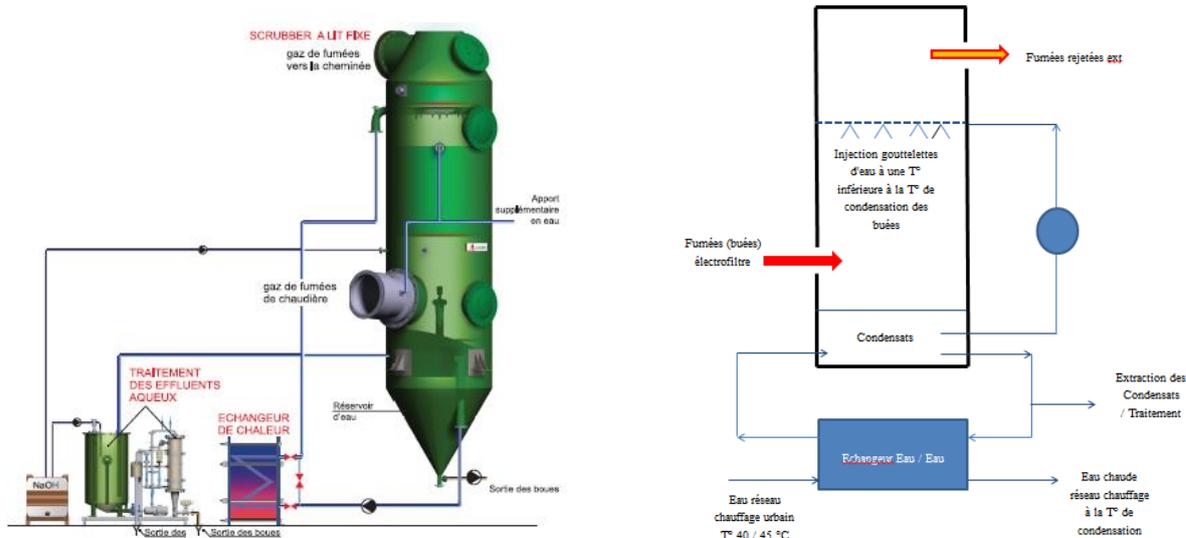
2. Production d'eau chaude

La production d'eau chaude peut se faire de la même manière en utilisant un échangeur air / eau. Cela étant, d'autres techniques plus efficaces sont développées actuellement comme des condenseurs ou autre système comme celui de "Save Energy". Le but de ces procédés est de transmettre l'énergie contenue dans les fumées au réseau de chauffage d'eau du site ou bien au réseau urbain. Dans le cas du projet, les sources d'utilisation de réseau de chauffage urbain ou sur le site ne sont pas identifiées. Cette technologie n'est donc pas adaptable sur le site de Sécondigné mais elle pourrait être potentiellement intéressante sur d'autres sites industriels.

Pour augmenter la puissance récupérable sur les fumées, l'idée est de mettre en place un échangeur fumées / eau de type condenseur.

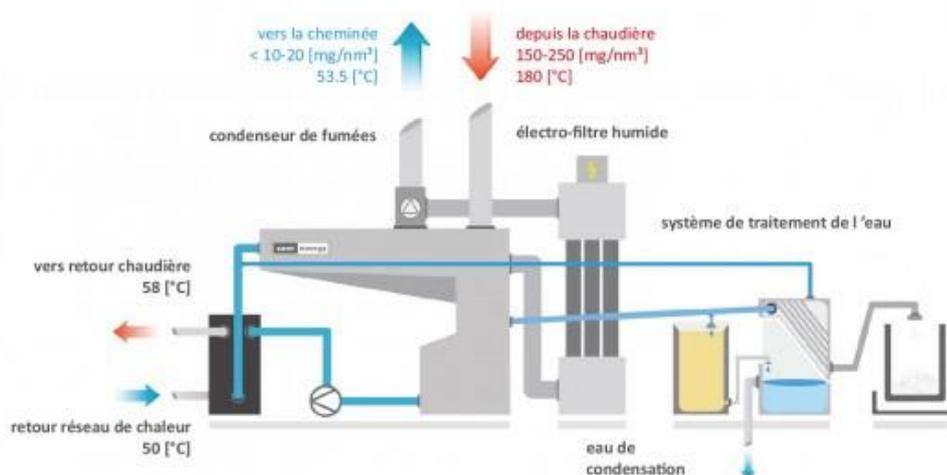
L'air chaud arrive dans la tour. Au contact avec les goutellettes d'eau pulvérisées provenant du bac collecteur des condensats, les fumées se condensent. Pour que la condensation se fasse, il faut toujours que la température de l'eau des condensats soit inférieure à la température de condensation du gaz. Pour réaliser cette opération, l'idée est de refroidir les condensats au fur et à mesure par un échangeur eau / eau sur un réseau plus froid, avec par exemple un réseau de chauffage urbain dont les températures de retour sont oscillent entre 45°C et 55°C. Le trop plein de condensats formés est retiré au fur et à mesure du bac pour traitement (récupération des molécules d'intérêt et traitement des condensats).

Valorisation et traitement des rejets atmosphériques dans les installations de granulation de bois équipées de générateur à air chaud et de séchoir à tambour.



Cette opération permet de récupérer dans notre simulation 14% de la puissance rejetée par les buées pour alimenter un retour de réseau de chauffage urbain à 45°C. Cette valeur est fortement dépendante de la température de condensation des fumées (buées) extraite. Plus la température de condensation des fumées sera faible, plus le niveau de température d'eau chaude récupérable sera faible et moins importante sera la récupération d'énergie possible.

Présentation du système combiné condenseur et électrofiltre : solution "save énergie"



Cette technologie est la combinaison des deux procédés présentés précédemment : un électrofiltre et un laveur / condenseur.

Exemple d'utilisation classique : Pour une température en sortie de cheminée de 180°C avec une température de condensation de 65°C, la température de production d'eau chaude est de 58°C environ qui peut se transformer ensuite à environ 52°C sur de l'air chaud. Le niveau de température obtenu dans les deux cas est généralement compatible avec les sources potentielles utilisatrice présentes sur les sites industriels.

Dans le cadre de notre projet, la température en sortie de cheminée est de 80°C avec une température de condensation de 58°C (37% d'humidité). La mise en place de ce procédé permettrait de générer de l'eau chaude à une température de 51°C environ, soit 45°C en air chaud.

Dans cette configuration, les températures obtenues sont un peu trop faibles pour être valorisées sur le site.

Valorisation et traitement des rejets atmosphériques dans les installations de granulation de bois équipées de générateur à air chaud et de séchoir à tambour.

La température récupérable par le procédé dépend donc principalement de la température de condensation des buées. Techniquement, cette solution devient très intéressante lorsque les températures de condensation dépassent les 62°C, permettant le raccordement à un réseau de chaleur de chauffage urbain (55°C).

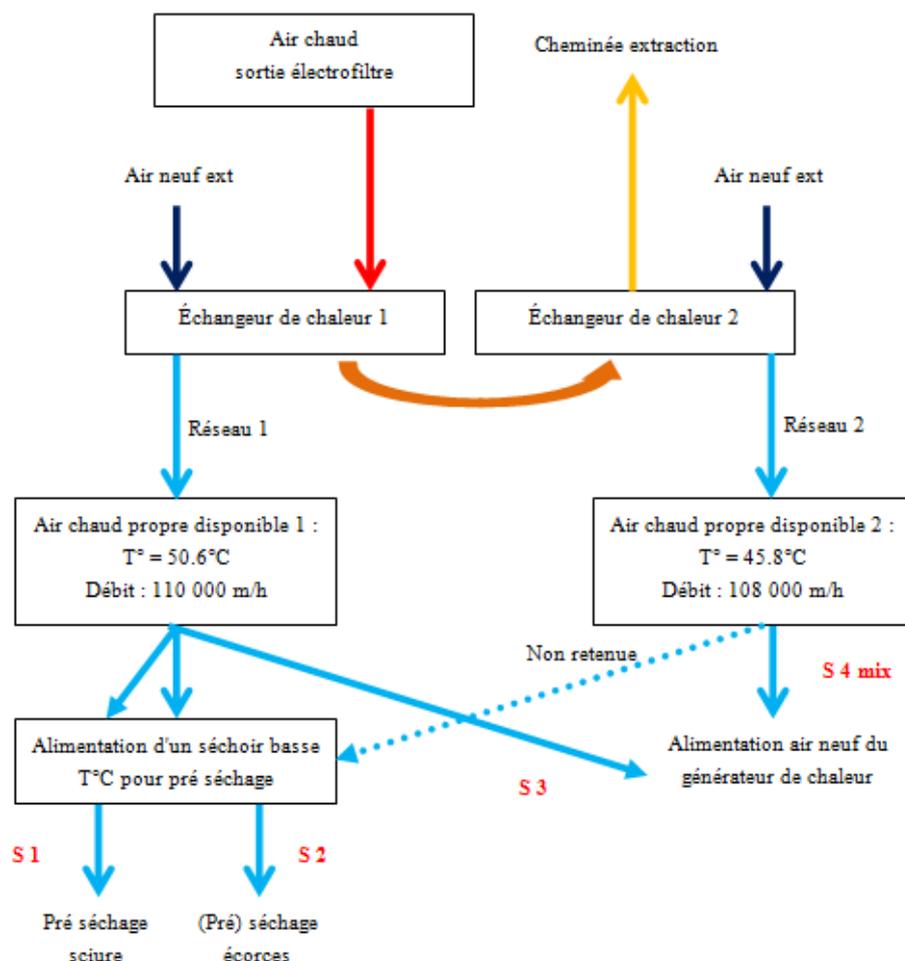
Si les niveaux de températures obtenus sont trop bas, des systèmes complémentaires type ORC peuvent venir compléter l'installation pour participer au relevage.

VI. Utilisation de la chaleur récupérée sur le site

La solution retenue porte sur la production d'air chaud pour être valorisée directement sur le site de l'industriel.

Sources potentielles de valorisation observées sur le site :

- Solution S 1 : Pré séchage du produit
- Solution S 2 : Pré séchage du combustible biomasse (écorces).
- Solution S 3 : Utilisation de l'air chaud du premier récupérateur directement comme air neuf dans le générateur de chaleur.
- Solution S4Mix des solutions potentielles : Utilisation de l'air chaud du second récupérateur directement comme air neuf dans le générateur de chaleur + meilleure solution entre S1 et S2.



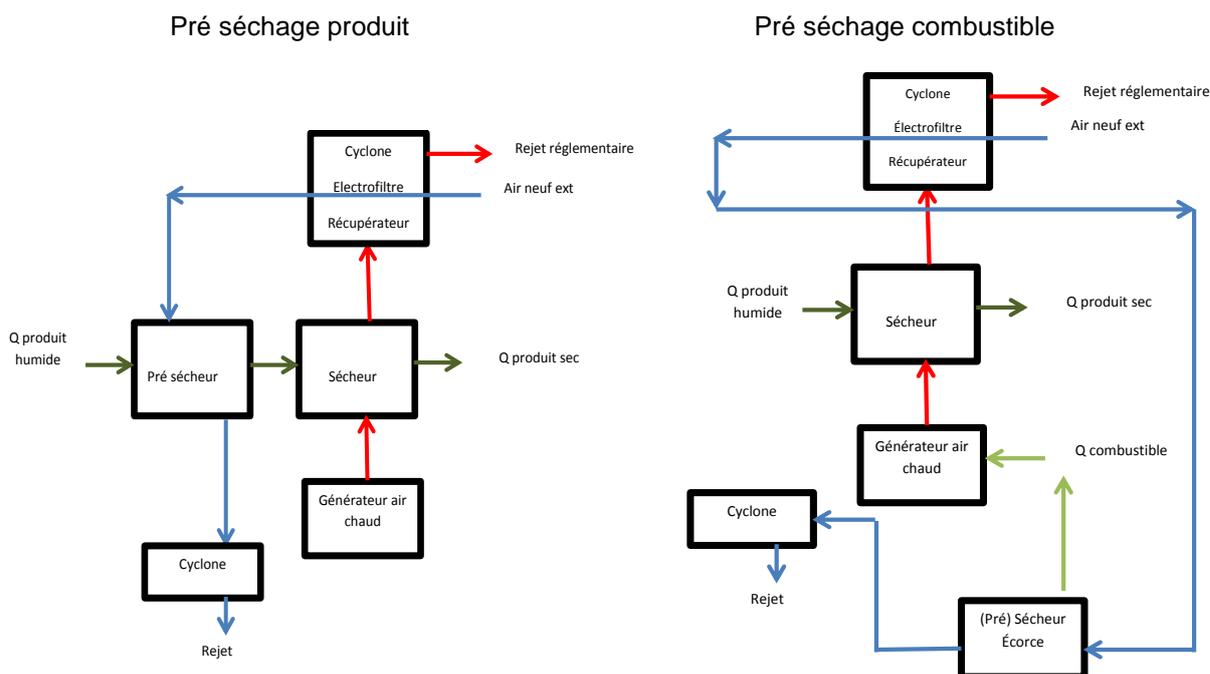
Valorisation et traitement des rejets atmosphériques dans les installations de granulation de bois équipées de générateur à air chaud et de séchoir à tambour.

Synthèse publique du projet Pellets&Co

1. Solutions S1 et S2

L'air chaud généré par le récupérateur de chaleur peut être utilisé soit pour le pré séchage des produits avant leurs entrées dans le séchoir, soit comme pré séchage des combustibles biomasses écorces (co produits). Le choix d'utiliser cette quantité d'énergie disponible soit pour le pré séchage de la sciure soit pour le pré séchage de l'écorce combustible n'aura pas d'impact sur le bilan énergétique du procédé. Le dimensionnement du pré séchoir dépend du débit d'air disponible et impactera juste les temps de traitement sans modifications des gains énergétiques.

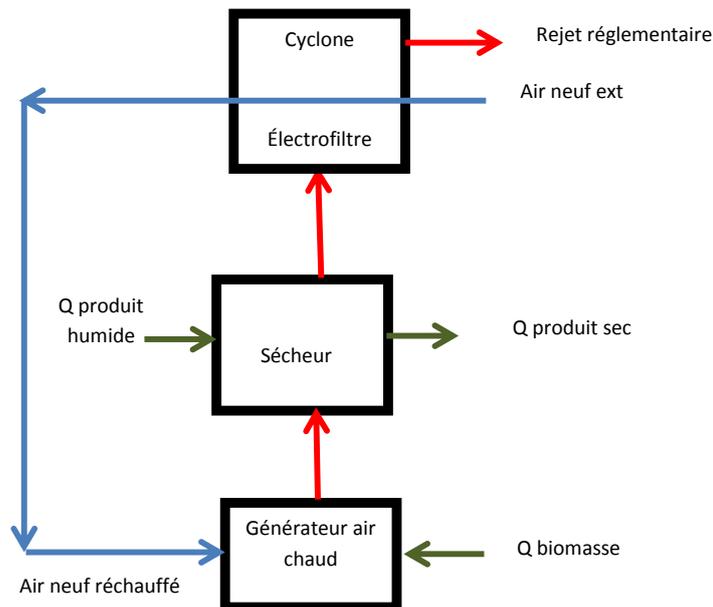
Hypothèse : rendement du pré sécheur de 70%



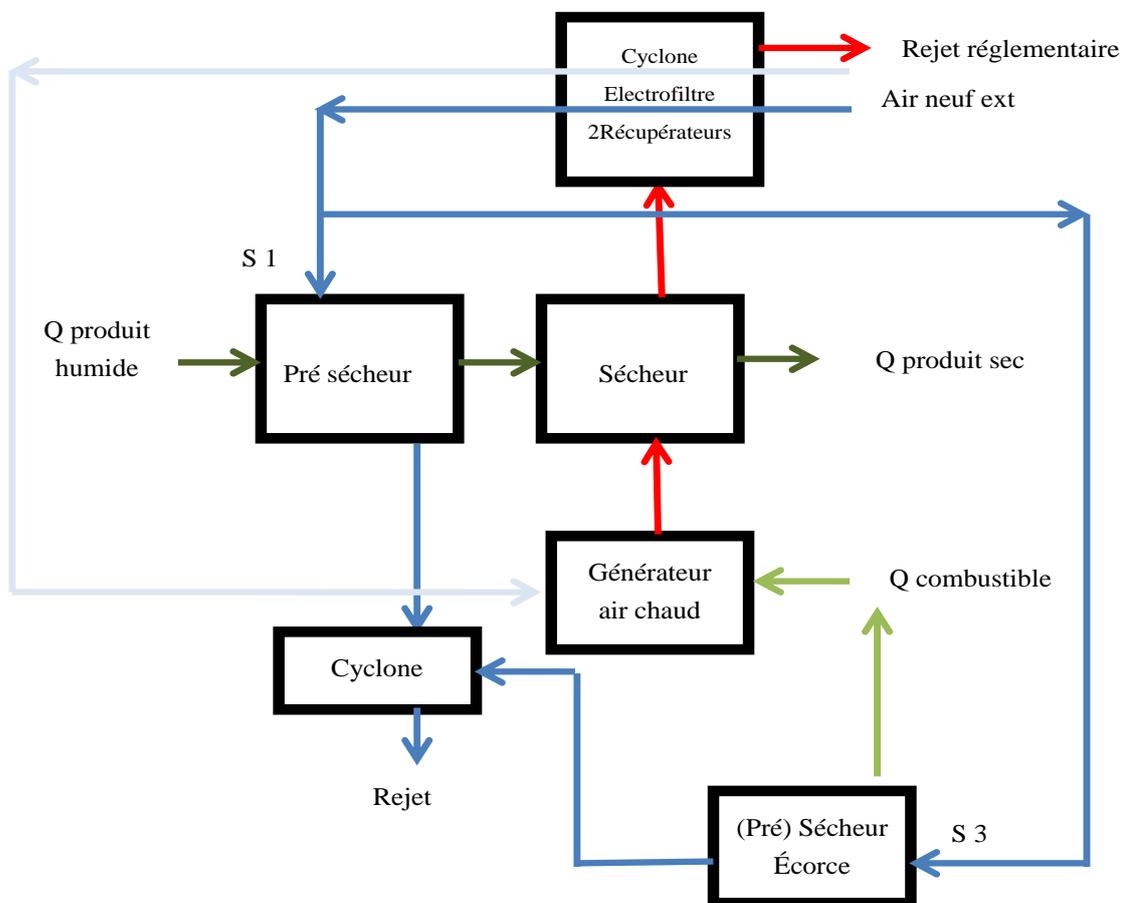
Remarques : la mise en place du pré séchage du combustible permet :

- de dissocier le pré séchoir de l'installation initiale
- d'obtenir un pré séchage plus important sur le combustible
- le cout de traitement des condensats serait en première approximation de 1.5 € / m3 traité (coût d'exploitation).

2. S3 : Pré chauffage air neuf du GAC



3. Mix : Pré chauffage air neuf + pré séchage combustible



Valorisation et traitement des rejets atmosphériques dans les installations de granulation de bois équipées de générateur à air chaud et de séchoir à tambour.

Synthèse publique du projet Pellets&Co

4. Récapitulatif des solutions

Solutions techniquement intéressantes pour valoriser les rejets énergétiques en fonction des sources potentielles sur le site :

- Possibilité de raccordement au réseau de chauffage urbain : mise en place d'un condenseur en sortie de l'électrofiltre. Les condensats formés transfèrent leur énergie au réseau de chaleur. Récupération d'énergie jusqu'à 14% de la consommation du séchoir. Opération fortement dépendante de la température de condensation des fumées
- Valorisations énergétiques possibles uniquement sur le site :
 - Présence de biomasse humide (écorces et co produits) :
 - Solution de récupération d'énergie : mettre en place deux échangeurs récupérateurs de chaleur en cascade sur les fumées extraites de l'électrofiltre :
 - Le premier réseau haute température (50.6°C) permet de sécher l'écorce générée sur le site de production. Cette écorce sèche peut ensuite être utilisée comme combustible. Cette solution permet un gain de 7% sur l'installation.
 - Le second réseau basse température (45.8C) permet d'alimenter directement l'air neuf du générateur de chaleur. Gain d'environ 8 % sur le générateur.
 - A total, la combinaison de ces deux opérations permettrait de diminuer de 15% la facture énergétique de l'installation principalement par une revalorisation de l'écorce humide présente sur le site.
 - Pas de biomasse humide disponible:
 - Solution : injection directe de l'air chaud généré par un seul récupérateur de chaleur dans le générateur. Le gain est de l'ordre de 9% sur le combustible.

VII. Conclusion

1. Recommandations techniques

Le CETIAT a réalisé une étude de faisabilité sur la récupération possible d'énergie en sortie d'un séchoir à pellets sur le site de Sécondigné. Les voies ouvertes sont intéressantes concernant la valorisation possible de cette énergie.

Les mesures thermiques et aérauliques menées sur l'installation montrent un bon rendement de séchage de l'équipement. Peu de gains énergétiques sont à prévoir sur le séchoir. La mise en place d'un recyclage interne permettrait potentiellement d'augmenter ce rendement mais cette action ne peut se faire que sur les nouvelles installations au regard des modifications importantes de l'équipement.

Dans une seconde partie d'étude, les mesures à l'émission réalisées par le CETIAT ont permis de démontrer l'efficacité d'un électrofiltre voie humide sur le traitement des fumées des séchoirs à pellets. Les rejets à l'émission sont conformes aux nouvelles normes.

L'étude de valorisation des fumées extraites en sortie de l'électrofiltre virtuellement installé sur le site de Sécondigné montre un potentiel de récupération intéressant mais difficilement amortissable dans le temps, en fonction de la taille des installations, compte tenu des investissements à mettre en œuvre.

L'unité achète une part de son combustible (sec) pour assurer le séchage de ses produits alors qu'il disposerait de suffisamment d'écorces humides. L'idée est de profiter de l'énergie extraite pour venir pré sécher cette écorce qui viendrait se substituer, en partie, au combustible acheté actuellement. En parallèle de cette action, une deuxième récupération peut être envisagée avec l'alimentation du générateur de chaleur en air chaud nouvellement valorisé. La résultante de ces deux opérations permettrait de réduire la facture énergétique du site de pratiquement 15% (comme expliqué ci-dessus en points 3 et 4).

2. Recommandations pour la profession

Les producteurs de granulés de bois qui ne sont pas conformes aux seuils d'émissions en matière de rejets de poussières atmosphériques applicables à partir du 1^{er} janvier 2018 doivent se poser, dès à présent, la question des adaptations à réaliser sur leurs unités de production. Cette étude ouvre le champs des possibles (et des fausses pistes à éviter) pour coupler à un investissement réglementaire (traitement des rejets) des solutions pour récupérer de la chaleur fatale (valorisation des rejets) et ainsi faire d'une pierre deux coups : produire plus proprement et faire des économies d'énergie. Au vu des investissements requis, cette seule récupération d'énergie présente cependant un intérêt économique encore trop modéré et nécessiterait d'être encouragée, pour avoir des chances d'être déployées dans ce secteur d'activité énérgivore.

Enfin, toutes les installations industrielles ont leurs histoire et même si elles déploient la même technologie de séchage à partir d'un générateur à air chaud et un séchoir à tambour, leurs performances individuelles et leurs configurations propres sont tellement différentes qu'il sera nécessaire de mettre en œuvre des solutions adaptées à chacun des sites afin d'intégrer les améliorations les plus pertinentes au plan industriel et économique tout en respectant la nouvelle réglementation sur le plan environnemental.

L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) est un établissement public sous la triple tutelle du ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et du ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie. Elle participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable.

Afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale, l'agence met à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, ses capacités d'expertise et de conseil. Elle aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.



ADEME
20, avenue du Grésillé
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

www.ademe.fr