

# Vision

## L'avenir des agrocombustibles



Granulés agricoles, RAGT

### Des combustibles annuels et complètement renouvelables

Ils ont donc comme caractéristique principale d'être « renouvelables » au sens complet du terme puisqu'ils sont issus de la récolte annuelle de végétaux qui sont en général ressemés tous les ans.

On peut les qualifier comme participant au « développement durable » puisque lors de la croissance des végétaux, ceux-ci transforment le gaz carbonique en oxygène (principe de photosynthèse) et donc en brûlant ils dégagent de l'énergie en retransformant l'oxygène en gaz carbonique.

Si on s'arrêtait là, ces deux transformations s'annuleraient et il n'y aurait pas d'augmentation de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, donc pas d'effet

de serre et pas de réchauffement climatique. Les choses étant un peu plus compliquées, il faut utiliser du pétrole, de l'électricité pour récolter ces plantes, pour les transformer et les acheminer jusqu'à l'utilisateur qui les met dans sa chaudière.

Les agro combustibles recourent essentiellement les coproduits des végétaux, les « résidus » de transformations agroalimentaires, toute cette biomasse qui n'est pas la partie noble de la culture mais ce qui a peu ou pas de valorisation, ou ce qui reste après avoir retiré ce qui est intéressant. En fait, ce qui reste après valorisation de la culture, si on la récupère, si on la sèche cela brûle, car toute biomasse peut brûler, mais cela brûle mal en général sauf le bois qui sort un peu de cette appellation comme on l'a vu.

Sous le vocable « agro combustibles », on range tout ce qui est combustible à partir de biomasse, à l'exception des énergies fossiles (pétrole, gaz, charbon) qui sont bien issues de la biomasse mais dont le temps qui sépare leur origine végétale de la période d'utilisation se compte en millions d'années. Les agro combustibles excluent également le bois sous toutes ses formes (granulés de bois, plaquettes, bois bûche) pour ne désigner que la combustion des végétaux à cycle annuel, c'est-à-dire issus des cultures agricoles et des végétaux à courte rotation.

Ces coproduits sont, par définition, peu chers car ils n'ont pas, en général, de valorisation mais leur collecte est souvent difficile, coûteuse et très saisonnalisée, ce qui impose du stockage et quelques fois du séchage.

### Importance des coproduits par rapport aux cultures dédiées

Pour obtenir des volumes, on peut être tenté de mettre en place des cultures dédiées (miscanthus, switch grass, canne de Provence, etc ..), mais dans ce cas cela n'est plus un coproduit mais la culture principale et se pose le problème du coût de la culture et la comparaison économique pour l'agriculteur avec le revenu de cultures traditionnelles à destination alimentaire.

Pour être compétitifs, il vaut mieux rester sur des coproduits et c'est là où, sur les sites de transformation de ces cultures, existent les volumes suffisants, les stockages nécessaires pour désaisonnaliser les opérations de transformation et souvent la séparation des différents composants (issus de triage, tourteaux, rafles, etc ...).



Tourteaux Colza - RAGT Energie

### Ressources de bois-énergie dans le canton de Vaud

Une récente étude du potentiel bois-énergie dans le canton de Vaud montre qu'en gardant le type d'exploitation actuel, la ressource en combustible bois pourrait atteindre durablement 21000 m<sup>3</sup> de résineux et 129000 m<sup>3</sup> de feuillus par année, soit une augmentation de 7000 m<sup>3</sup> de résineux et 25000 m<sup>3</sup> de feuillus par rapport aux quantités déjà utilisées annuellement.

Ce recensement montre que ces ressources pourraient chauffer 50000 logements.

En valorisant différemment cette source d'énergie par des changements de pratiques, notamment par la décapitalisation des volumes excessifs de bois sur pied et la valorisation des déchets de coupes, le potentiel supplémentaire atteindrait alors 64000 m<sup>3</sup> de résineux et 107000 m<sup>3</sup> de feuillus. Les quantités supplémentaires ainsi mobilisées correspondraient alors à plus de 35 millions de litres de mazout ou le chauffage pour 50000 logements supplémentaires.

Source : VD.ch - 18 décembre 2008

## Nécessité d'une formulation spécifique pour une meilleure combustion

Ces coproduits brûlent mal comme on l'a dit, mais par leur assemblage étudié on arrive à compenser le défaut de l'un par la présence d'un autre dont la composition chimique différente « équilibre » le mélange. La meilleure façon d'assembler ces coproduits est de les presser sous forme de granulés après les avoir broyés. Avant broyage, on passe par une mélangeuse dans laquelle on peut ajouter des additifs qui corrigent et améliorent les qualités de combustion du mélange obtenu.

Cette « formulation » est spécifique aux coproduits disponibles dans une région et c'est pour cela que le granulé formulé pour une région est différent de celui formulé dans une autre. Cependant il faut que tous aient des caractéristiques communes, qu'ils répondent à un cahier des charges afin de pouvoir convenir aux chaudières dites « polycombustibles » qui ont référencé ce granulé comme compatible avec leur matériel.

## Une production de proximité pour un meilleur coût du combustible

Afin de pouvoir installer de telles chaudières polycombustibles chez soi pour un particulier ou une collectivité, il faut que près de chez soi il y ait un tel atelier de production de granulés végétaux combustibles. En effet, comme l'on veut dépenser le moins possible d'énergies fossiles, tout au long de son élaboration il ne faut pas perdre dans le transport la caracté-

ristique de développement durable (mettre sur la route le CO<sub>2</sub> que l'on a économisé).

C'est pour cela que des unités de granulation compactes peuvent être installées dans les différentes régions en utilisant les coproduits régionaux et en alimentant les chaudières installées dans la région. Ce type de combustible s'adresse aux particuliers et aux collectivités pour des puissances de 15 kW à 300 kW.

## Avantages économiques des agrocombustibles

Dans tous les cas, le coût du granulé végétal est plus bas que le granulé bois (de l'ordre de 30 % moins cher) car il a certaines contraintes : il fait 3 à 4 % de cendres au lieu de 1 % et il faut une chaudière polycombustible un peu plus chère que les chaudières au granulé de bois.

Le gros avantage des chaudières « polycombustibles » est qu'elles fonctionnent pour le granulé végétal : CALYS, pour les granulés bois, pour les plaquettes de scierie calibrées. Ainsi en fonction des opportunités de prix et de disponibilité de l'un ou l'autre de ces produits, on peut changer de combustible.

La transformation en granulés présente l'énorme avantage de la densité énergétique, notamment par rapport à la plaquette, mais également le transport et le stockage où il s'apparente au fuel (2 000 l de fuel = 4 t de granulés).

De la même façon, l'alimentation de la chaudière se fait par vis ou par dépression permettant un stockage éloigné si nécessaire.

Une chaudière se remplace tous les 30 ou 40 ans. Il est



Silos agricoles Boiry Sainte Rictrude

important de se renseigner avant d'acheter un nouveau matériel et d'anticiper les opportunités futures.

Le nom CALYS déposé par RAGT Energie garantit le respect des normes dites Agro plus. RAGT Energie est une société de recherche et de formulations de combustibles à partir de biomasse qui travaille en partenariat avec la société PROMILL STOLZ qui propose des UCG (Unités

Compactes de Granulation) pour produire du CALYS.

Alain FABRE  
Président RAGT Energie  
Courriel : afabre@ragt.fr  
Tel : +33 (0)565734100



Issues de silo-RAGT Energie

l'énergie  
renouvelable  
maîtrisée

chaleur nature

RAGT Energie, mer, air, bois, qualité, sécurité et savoir-faire nous permettent de vous offrir le meilleur produit pour résoudre le combustible naturel le plus performant. Nos laboratoires de recherche disposent des savoir-faire, des hommes et des technologies nécessaires pour concevoir une solution à votre projet : la recherche de nouvelles technologies énergétiques naturelles.

**Calys**  
Calys est un produit issu de notre recherche.  
ragt.energie@ragt.fr  
tel : 05 65 73 41 00

**RAGT**  
ENERGIE

## Cogénération bois à Facture

Le papetier Smurfit Kappa fabrique du papier kraft, sur le site de Facture en Gironde. L'usine utilise déjà une chaudière biomasse qui produit de la vapeur destinée à la fois au processus de fabrication et à la production d'électricité.



Cellulose du pin

La papeterie accueillera en 2010 la plus grande centrale électrique à biomasse de France. Haute de 40m, la chaudière absorbera 500 000 t de bois par an et induira une puissance de 70 MWé.

La vapeur à haute pression produite par la chaudière alimentera deux turboalternateurs qui généreront l'électricité. En aval, la vapeur à basse pression sera destinée au procédé industriel. L'électricité excédentaire sera revendue à EDF.

L'installation qui est mise en place par Dalkia représente un investissement de 40 millions d'euro et s'inscrit dans le cadre du second appel d'offre cogénération biomasse du gouvernement dit CRE 2.

Source : Enerzine.com

# Paramètres de granulation et combustion des granulés

RAGT Energie, impliquée dans la recherche sur la formulation et la granulation de combustible, s'est lancée dans un programme visant à étudier les paramètres optimaux de granulation pour les combustibles. En effet, des différences majeures apparaissent lors de la combustion en fonction des taux de compaction mais aussi selon la granulométrie des particules.

Un équilibre entre tous ces paramètres doit être obtenu pour avoir une bonne durabilité du granulé pendant les phases d'acheminement du site de production jusqu'à la chaudière. Mais on doit aussi préserver une porosité importante, notamment en surface, du granulé afin que les phases de combustion puissent se dérouler de façon optimale



Granulés de bois, RAGT

## Echantillons

Les biocombustibles testés sont des granulés agricoles obtenus à partir des mêmes matières premières mais ayant été granulés de manière différente. En effet, les 3 premiers échantillons ont des taux de compaction différents : 14, 10 (étalon) et 6. Le quatrième échantillon a été formulé avec les mêmes matières mais ce sont les granulométries des matières premières qui sont

plus importantes, le taux de compaction utilisé est de 10. Tous les granulés ont le même diamètre, ont été fabriqués à l'aide du même process : ce sont les épaisseurs filière qui varient. En effet, le taux de compaction est égal au ratio entre l'épaisseur effective de la filière et le diamètre.

## Essais

Pour ces 4 échantillons, il a été effectué des mesures de porosités, des études de texture par MEB (microscope électronique à balayage), des études de pyrolyse et finalement des études en combustion chaudière.

## Résultats

### 1. Porosité

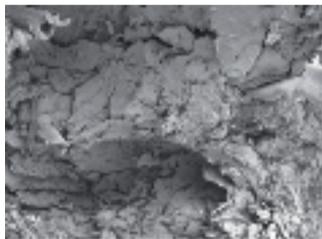
Les mesures de porosités ont été effectuées sur un porosimètre à mercure. On peut noter que les variations de taux de compaction entrent vraiment en corrélation avec la porosité du granulé, directement inhérente avec la diffusion de l'oxygène dans la matière. De la même façon, la variation de la granulométrie entraîne des variations de porosité.

Echantillons	Taux de compaction	Granulométrie particule (µm)	Volume d'intrusion (mL/g)	Diamètre moyen de pore (µm)	Porosité (%)
MP1	14	400	0,087	1,5036	11,4364
MP2	10	400	0,1106	1,6383	14,7007
MP3	6	400	0,1495	3,4119	18,4171
MP4 (Granulo)	10	700	0,1211	2,0473	16,0468

# Recherche

## 2. Texture

Les mesures de texture ont été effectuées par MEB. Pour mesurer la différence



MP1



MP2

de texture, voici 2 clichés permettant de noter des différences dans la porosité. Nous sommes sur les mêmes tailles de zoom (X 500) et on peut déjà bien voir la différence des pores à la surface du granulé.

## 3. Pyrolyse

Les études de pyrolyse ont été effectuées sur une thermobalance magnétique.

Ces résultats n'amènent pas les résultats escomp-



tés, on note des vitesses de pertes de matières qui augmentent en fonction du taux de compaction. Cette cinétique dans la perte de matière corrèle bien avec la qualité de la combustion. Plus la matière disparaît rapidement, meilleure est la cinétique de combustion. Par contre, les températures de début de pyrolyse ne varient pas vraiment entre les différents échantillons, ce qui signifie que la compaction n'intervient pas sur cette température. Par contre, la température de début de pyrolyse est bien une caractéristique de la biomasse utilisée.

## 4. Combustion réelle

Les essais sur chaudière ont été effectués sur une chaudière polycombustible de puissance modulante de 7 à 30kW, contrôlé par une sonde Lambda. La température de consigne demandée à la chaudière est de 75°C. Tous les éléments hydrauliques environ-

nants sont maintenus à des paramètres identiques. Les résultats sont consignés dans le graphe ci-dessous, nous montrant la montée en température de la chaudière selon les différents échantillons.

On note ici une grande différence entre la combustion de l'échantillon MP1 avec le fort taux de compaction et les autres. La montée en température est beaucoup plus lente sur cet échantillon, il semble y avoir une limite dans la porosité du granulé.

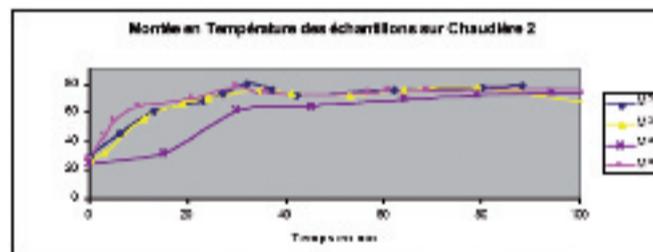
sur le granulé ayant le plus fort taux de compaction. En effet, la porosité étant plus limitée, la diffusion est moins efficace et la pyrolyse est alors plus lente. Ramené à la problématique des chaudières, le granulé brûle rapidement en périphérie, dans la zone où la diffusion a pu se dérouler correctement, par contre le cœur du granulé n'entre pas en combustion et reste en pyrolyse sous forme d'une braise. A ce moment là, le dégagement de chaleur est beaucoup plus lent qu'en combustion. Pour un granulé com-

n'a jamais été atteinte, ce qui a entraîné une surconsommation importante de granulé et donc une durée de chauffe (pour une même quantité de granulé) inférieure à 20 % par rapport aux autres échantillons. Enfin, la variation dans les granulométries des matières premières n'a pas permis d'observer de réelles variations dans la combustion.

## Conclusion

Il y a véritablement une corrélation entre les paramètres de granulation et la qualité de combustion des granulés. Afin de valoriser et d'approfondir ces résultats, RAGT Energie va débiter un programme de recherche visant à réellement obtenir des paramètres de granulation optimum en fonction des matières premières : variation des taux de compaction plus grand, adjonction de vapeur d'eau au process de granulation...

En parallèle, des essais sont actuellement en cours sur des échantillons de granulés bois et il apparaît exactement les mêmes problématiques lors de la combustion.



## Discussion

A cette étape de l'étude, il apparaît que la compaction du granulé a des effets importants sur la qualité du granulé en combustion. On note un dégagement de chaleur beaucoup plus lent

bustible, il est important que le dégagement de chaleur soit rapide et total car plus le dégagement est rapide, plus vite la température de consigne est atteinte et la chaudière mise en régulation. Sur l'échantillon MP1, la température de consigne

Echantillon	Taux de Matière s Volatiles total (eau + MV80 0°C) en %	Teneur en eau (e n %)	Pente (l/m°C)	Température de début de pyrolyse (°C)
MP1	69,6	7,7	0,45	260
MP2	70,9	9,3	0,47	265
MP3	71,5	9	0,51	270
MP4	71	9,1	0,48	265

**RAGT Energie, votre partenaire spécialisé dans les biocombustibles solides, vous propose :**

- L'analyse de votre biomasse et de vos biocombustibles dans notre laboratoire (Pouvoir calorifique, cendres, matières volatiles, fusibilité des cendres, analyses élémentaires et traces)
- La qualification et la caractérisation en combustion de vos produits dans notre laboratoire de combustion
- La formulation de biocombustible au cahier des charges **Calys** à partir de vos co-produits vous assurant la garantie des fabricants de chaudières adaptées

Laboratoire RAGT Energie  
Route de Fauon  
81000 ALEI  
Tel : 06 63 46 06 00  
ragtnergie@ragt.fr

INNOVATION - PARTENARIAT CALYS - ANALYSES



Matthieu CAMPARGUE  
Directeur RAGT Energie  
Courriel :  
mcampargue@ragt.fr  
Tél. : +33 (0)565734100