

## Valorisation de la biomasse céréalière

### au travers des bioénergies

### étude comparative sur l'intérêt de la biomasse céréalière

### comme bio combustible (phase 1 du projet)



Janvier 2006, version actualisée en mai 2006

*AVERTISSEMENT : cette étude réalisée par HESPUL pour le compte de la Chambre d'Agriculture du Rhône et du Groupement d'études et de développement agricole (GEDA) de l'Ozon s'inscrit dans le cadre d'une réflexion locale sur une filière de valorisation non alimentaire de la biomasse dans la vallée de l'Ozon (Rhône et Isère). Elle a reçu le soutien financier de la Région Rhône Alpes, du Grand Lyon et de la Délégation Régionale de l'ADEME.*

*Néanmoins les résultats et conclusions de ces travaux sont indissociables du contexte de cette réflexion et ne sauraient être considérés comme positionnement national de ces organismes sur ces sujets.*

**ADEME**



**GRAND LYON**  
communauté urbaine

**Rhône Alpes** Région

## SOMMAIRE

<b>Introduction.....</b>	<b>3</b>
Contexte de l'étude .....	3
Objectifs de l'étude .....	3
Bien fondé de l'utilisation énergétique des céréales .....	4
Bilan de la culture de céréales pour le Département du Rhône .....	5
Champ de l'étude : combustibles comparés et limites .....	5
<b>Approche environnementale : Bilan énergétique, bilan effet de serre et consommations d'eau</b>	<b>6</b>
Bilan énergétique .....	6
Bilan énergétique du grain énergie .....	6
Bilan énergétique du bois déchiqueté .....	7
Bilan énergétique du granulé de bois .....	7
Combustibles fossiles .....	7
Impact de la livraison .....	7
Bilan énergétique comparé : résumé .....	8
Bilan effet de serre .....	9
Emissions de gaz à effet de serre du grain énergie .....	9
Emissions de gaz à effet de serre du bois déchiqueté .....	9
Emissions de gaz à effet de serre des granulés de bois .....	9
Emissions de gaz à effet de serre des combustibles fossiles .....	9
Bilan effet de serre comparé .....	10
Consommations d'eau et intérêt énergétique de l'irrigation .....	10
<b>Approche économique des chaufferies.....</b>	<b>11</b>
Coût de fonctionnement : combustibles .....	11
Coûts de production des granulés de bois .....	11
Prix de vente du grain .....	11
Coûts de production du bois déchiqueté .....	11
Coûts des combustibles fossiles .....	11
Bilan des coûts des différents combustibles .....	12
Estimation des investissements en chaudières, maintenance et amortissement matériel .....	13
Aides financières spécifiques à l'énergie : chaufferies automatiques .....	14
<b>Bilan social des bio combustibles.....</b>	<b>15</b>
Créations d'emplois .....	15
<b>Autres aspects : éléments techniques et juridiques.....</b>	<b>16</b>
Aspects techniques .....	16
similitude des matériels bois et grains et différences .....	16
Limites techniques des installations fonctionnant au grain .....	16
Eléments juridiques .....	17
Bois énergie .....	17
Grain énergie .....	17
<b>Conclusion .....</b>	<b>18</b>
<b>Sommaire des Annexes .....</b>	<b>20</b>

**ANNEXES : les annexes sont présentées dans un rapport séparé**

## **Introduction**

### ***Contexte de l'étude***

#### ***Objectifs de l'étude***

Situés dans la plaine de Lyon, les agriculteurs du GEDA (groupe d'étude et de développement agricole) de l'Ozon disposent d'exploitations de taille modérée et soumises à une pression foncière très importante. Le cours national du prix d'achat des céréales rend leur bilan financier précaire, les prix des terres, leur extension difficile.

Ils cherchent donc à développer des voies de diversification pour leurs cultures, et souhaitent étudier toutes les opportunités de débouchés, en étant force de proposition auprès des acteurs publics locaux. Ils sont ainsi prêts à expérimenter de nouveaux modes de relations entre le monde agricole et l'univers citadin du Grand Lyon à proximité. Ils souhaitent inscrire ces axes de travail dans le cadre du développement durable.

Le maintien d'agriculteurs autour de l'agglomération lyonnaise fait partie des préoccupations des acteurs politiques (communes, grand Lyon, région) qui sont partenaires du projet. Cette présence des agriculteurs contribue en effet sur plusieurs points au dynamisme du territoire : maintien d'emplois locaux, maintien de paysages agricoles, aspects pédagogique et touristique des exploitations, etc.

Initiée par le groupe d'agriculteurs du GEDA, la présente étude part du constat que la contribution de l'agriculture aux énergies renouvelables, et à l'énergie en général, progresse aujourd'hui et sera amenée à augmenter encore plus fortement dans les années à venir. Ceci pour plusieurs raisons : épuisement des combustibles fossiles et hausse de leur prix, et notamment du combustible fioul, réduction des gaz à effet de serre et donc substitution du fioul par d'autres énergies, et enfin opportunités économiques de nouveaux marchés pour les agriculteurs.

C'est dans ce cadre qu'il a été proposé d'étudier l'intérêt d'approvisionner des chaufferies des communes du territoire concerné par du grain énergie. Cette étude a vocation à préciser les impacts en termes de développement durable, donc à la fois en termes environnementaux, sociaux et économiques, de la culture de céréales pour combustibles, avec une approche environnement centrée sur les enjeux énergie et effet de serre.

## *Bien fondé de l'utilisation énergétique des céréales*

Le projet d'utiliser des céréales comme source d'énergie suscite plusieurs questionnements qu'il est nécessaire d'étudier avec attention.

La première question est généralement celle de la faim dans le Monde : peut-on brûler des céréales alors que certains n'ont pas à manger ?

On rappellera face à cet enjeu que l'agriculture mondiale produit de quoi nourrir largement chaque humain. Les problèmes de famines sont avant tout liés à des crises politiques (guerres civiles notamment) et économiques (cours mondial qui décourage les producteurs locaux). Par ailleurs, de nombreuses ONG soulignent que l'aide alimentaire n'est qu'une solution d'urgence et a des effets très néfastes sur l'agriculture du pays aidé, en faisant entrer massivement sur le marché des produits très aidés qui concurrencent ceux qui sont locaux.

Au niveau européen, notre agriculture est excédentaire depuis des décennies. Pour limiter la surproduction, la PAC a mis en place des systèmes de jachères et oblige les agriculteurs à geler 10% de leurs terres. Serait-il plus choquant de les cultiver que de les laisser en friche ?

Il convient ensuite de relativiser fortement l'aspect très symbolique que possède le grain, associé au pain et à la vie. On notera tout d'abord que l'essentiel des cultures céréalières sont destinées à l'alimentation animale, et qu'une part importante a une destination industrielle. Ces productions peuvent d'ailleurs être l'objet de cahiers des charges spécifiques, différents de ceux des filières alimentaires.

Enfin, l'énergie est aussi une nécessité vitale, reconnue comme telle par les pouvoirs publics (accès maintenu pour les personnes en difficulté). La hausse du fioul a déjà des impacts économiques importants pour de nombreux ménages.

Par ailleurs, la France possède le premier gisement européen de biomasse agricole et forestière, et souhaite lui donner une plus grande part dans sa politique énergétique nationale. Le gouvernement s'est doté d'objectifs ambitieux de développement des énergies renouvelables : biocarburants mais aussi chaleur issue d'énergies renouvelables, dont la part doit passer de 6 à 10% d'ici 2010 (loi d'orientation sur l'énergie). On notera que la question des biocarburants soulève moins de remarques sur l'acceptabilité de l'utilisation de céréales ; pourquoi rouler au bioéthanol serait plus justifié que se chauffer avec des céréales produites localement, peu transformées et avec un meilleur bilan environnemental qu'un biocarburant ?

Ces quelques points montrent que le débat, inévitable, doit être mené pour lever les interrogations, légitimes mais en grande partie infondées, que l'on rencontre sur ce sujet.

### *Bilan de la culture de céréales pour le Département du Rhône*

La production de céréales du Rhône est de 224.140 tonnes pour 29.460 hectares, soit **82 quintaux à l'hectare** (AGRESTE 2002). Les grandes cultures représentent 22% de la surface agricole utile du département. Elles sont pour l'essentiel dans la zone concernée pour l'étude.

<b>culture</b>	<b>surface (ha)</b>	<b>production (tonnes)</b>
blé tendre	11 300	79 100
maïs	8 500	81 200
autres céréales	9 660	63 840
colza	2 100	7 350
tournesol	2 100	6 720
autres oléagineux	40	124
<b>total</b>	<b>33 700</b>	<b>238 334</b>

**Tableau 1 : données agricoles Rhône 2001, source Agreste**

Il faut souligner que les agriculteurs à l'origine de l'étude ont engagé depuis des années une réflexion environnementale. Leurs quantités d'intrants sont ainsi nettement inférieures à la moyenne nationale et l'étude en a tenu compte pour le bilan effet de serre.

### ***Champ de l'étude : combustibles comparés et limites***

L'étude n'a pas vocation à être exhaustive, et part des questions concrètes et locales que se posent les agriculteurs porteurs du projet. D'autre part, deux enquêtes nationales sont en cours chez Arvalis et l'ADEME, et donneront d'ici quelques mois des résultats plus précis.

Elle s'est fixé plusieurs limites :

- Une approche locale et pas nationale, donc le **choix de ne pas brûler la paille** car elle est nécessaire pour amender les sols de la plaine de Lyon ; d'autre part, ce maintien de la paille en champ permet aux agriculteurs de maintenir sur place les sels minéraux (phosphore et potassium) et ainsi de fonctionner sans apports ;
- Le choix de considérer la vente des bio combustibles, et d'écarter l'auto-apvisionnement, celui ci n'offrant pas les débouchés additionnels que souhaitent les agriculteurs
- Le choix de se référer à trois combustibles fossiles : Gaz naturel, fioul, et propane, différemment présents sur le territoire ;
- La non prise en compte des impacts comparés en biodiversité et en concurrence des usages des sols ; elle n'est pas non plus une Analyse de Cycle de Vie
- La non prise en compte du stockage de carbone dans les sols agricoles et forestiers, ceci étant actuellement trop difficile à évaluer (cf annexe).

Pour les biocombustibles, seront étudiés :

- Le bois déchiqueté forestier,
- et les granulés de bois

Pour la biomasse agricole :

- Les grains énergie (blé et maïs)

## **Approche environnementale : Bilan énergétique, bilan effet de serre et consommations d'eau**

Cette partie compare différents aspects environnementaux des combustibles envisagés.

Le **bilan énergétique** est la quantité d'énergie libérée lors de l'utilisation, ici le chauffage, comparée à la quantité d'énergie consommée en amont pour extraire, produire, conditionner et transporter ce combustible.

Par exemple, pour consommer un litre de fioul dans une chaudière, il faut en extraire l'équivalent énergétique de 1,2 litres du puits de pétrole, 0,2 litres étant consommés en raffinage et transports. Cet indicateur sert à voir le rendement d'une filière et sa contribution à l'indépendance énergétique.

Pour cela, on distinguera énergies renouvelables, produites localement, et fossiles importées.

Pour les énergies renouvelables, on prend en compte l'énergie fossile entrante (carburant, etc) qu'on rapporte à celle produite.

Le **bilan en gaz à effet de serre** compare les émissions de gaz à effet de serre de chaque filière pour une même quantité d'énergie produite. Ce bilan inclut le CO<sub>2</sub>, principal gaz à effet de serre, mais aussi le méthane et le protoxyde d'azote, d'origine agricole.

### ***Bilan énergétique***

#### ***Bilan énergétique du grain énergie***

Le modèle Planète réalise un diagnostic proche d'une analyse de cycle de vie, centré sur l'énergie. Les principaux postes de dépense énergétique d'une exploitation céréalière sont les engrais et amendements, les consommations de fioul (carburant, chauffage), l'électricité, et l'eau. Les autres postes, comme les phytosanitaires, l'amortissement du matériel et des bâtiments, les semences et les divers, font moins de 20% du tout.

Les données d'Arvalis, organisme technique des céréaliers, sont cohérentes avec celles de Solagro.

**L'efficacité énergétique** se calcule en divisant la valeur énergétique des cultures vendues par celle consommée en énergies fossiles.

**En résumé, le grain contient environ 10 à 12 fois plus d'énergie qu'il n'en a demandé pour être produit (hors aval du cycle : transport, stockage, rendement de combustion).**

Remarque : le bilan énergétique est fonction du pouvoir calorifique des grains. Celui ci est relativement constant pour les céréales, et le blé a été choisi comme référence. En revanche, les oléagineux (tournesol, colza) sont nettement plus énergétiques, ce qui peut jouer fortement dans le bilan global. Cependant, comme le montre le tableau ci dessous, il faut également tenir compte d'autres paramètres, comme le rendement des culture à l'hectare, qui est plus faible pour les oléagineux. Les céréales produisent plus donc d'énergie par hectare.

biocombustibles	pouvoir calorifique (PCI, kWh/t)	masse volumique (kg/m <sup>3</sup> )	rendement cultures (t/ha.an)	énergie/ha (kWh/ha.an)
blé	4170	770	7	29 190
maïs	4250	750	9,6	40 800
colza	6830	720	3,5	23 905
tournesol	5560	600	3,2	17 792

### *Bilan énergétique du bois déchiqueté*

Dans « Energies et agriculture, de la maîtrise de l'énergie aux énergies renouvelables » ( éditions Educ'Agri, SOLAGRO et ENESAD, oct2003, page 124), pour le bois déchiqueté **l'efficacité énergétique est d'environ 15. La fourchette va de 15 à 20 selon l'ADEME** (remarque lors de la relecture de l'étude).

A noter qu'elle est de 150 pour le bois bûche selon l'AJENA !

Selon l'ITEBE<sup>1</sup>, la quantité d'énergie fossile dans les plaquettes est d'environ 5%, soit une efficacité énergétique de 20.

### *Bilan énergétique du granulé de bois*

La production de granulé de bois diffère des autres combustibles bois puisqu'on peut considérer que la matière première est produite en scierie, convoyée en sciures plus ou moins humides à l'usine de granulation, calibrée, séchée et extrudée. Puis les granulés sont refroidis, tamisés et conditionnés, avant la livraison.

Il existe en 2005 en Rhône Alpes 2 usines de granulation : Savoir Pan (73) et Vert Deshy (01, Méximieux).

**La valeur moyenne de bilan énergétique pour le granulé de bois retenue en France est de 6** (source : étude AJENA). Elle peut s'améliorer fortement.

### *Combustibles fossiles*

Du fait des pertes liées à l'extraction, au raffinage et au transport, l'efficacité énergétique des combustibles fossiles est toujours inférieure à 1. Source : AGPB d'après ARENE 2001

Gaz naturel : 0,90

Fioul domestique : 0,94

Propane : 0.85 (valeur estimée par HESPUL faute de donnée)

### *Impact de la livraison*

Un transport de livraison en camion de plus de 25 tonnes sur 100 km consomme environ 20kWh/t soit environ 0.5% du contenu énergétique du combustible présent dans le camion.

<sup>1</sup> Institut Technique Européen du Bois Energie, <http://www.itebe.org/>

L'écart d'impact effet de serre et consommation d'énergie entre 2 filières régionales de production, l'une très locale (grain, plaine de l'Ozon 10 km) est l'autre un peu moins (granulés, Méximieux, 50 km) serait de 0.2% ce qui est négligeable.

Ceci est moins vrai pour le bois déchiqueté, trois fois moins dense. Cependant, l'efficacité énergétique du bois déchiqueté étant deux fois meilleure que celles du grain et du granulé, il reste plus intéressant du point de vue énergétique de faire déplacer de la plaquette de 50 km que d'utiliser du grain ou du granulé local.

Pour cette étude, la distance de parcours du grain a été fixée comme très locale (10 km aller retour) ; cependant, l'obligation de livrer le grain énergie à un collecteur peut dégrader cet aspect, même si, comme pour le granulé, ceci aura peu d'impact sur le bilan écologique.

**En conséquence, le transport joue un faible rôle dans le bilan énergie effet de serre des différents combustibles et ne change pas leur classement comparatif.**

**D'autres aspects négatifs des transports doivent cependant être pris en compte** dans une approche développement durable : risques d'accidents, nuisances sonores et pollution atmosphérique.

### Bilan énergétique comparé : résumé

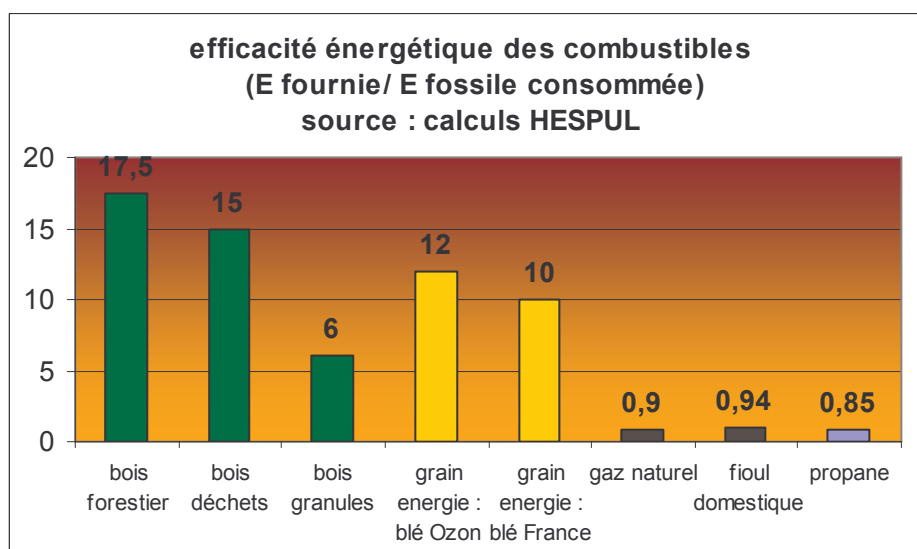


Figure 1 : efficacité énergétique des différents combustibles (calculs HESPUL)

En conclusion, en termes d'efficacité énergétique, on peut distinguer **3 catégories de combustibles** : Le bois déchiqueté, qui « rend » environ 15 à 20 fois plus d'énergie qu'il n'en a consommé, suivi par les céréales avec peu d'intrants (grain Ozon) ;

Les grains de cultures intensives et les granulés, qui produisent environ 6 à 10 fois plus d'énergie que ce qu'il ont nécessité pour être fabriqués ;

Et les combustibles fossiles, qui sont tous en dessous de 1.

On a vu cependant que les plages de variation sont importantes. Ceci tient probablement aux périmètres sélectionnés mais aussi aux modes de production choisis, notamment la quantité d'intrants en agriculture et le séchage de la sciure aux combustibles fossiles pour le granulé.



## **Bilan effet de serre**

### *Emissions de gaz à effet de serre du grain énergie*

Deux gaz principaux participent au bilan effet de serre des céréales : le protoxyde d'azote et le gaz carbonique. Le méthane est principalement émis par les fermentations des bovins et des cultures humides (rizières). Il peut donc ici être négligé.

Pour prendre en compte toute la filière de production du grain, il faut en effet comptabiliser les émissions dues à la fabrication des engrais, et celles issues de leur dégradation.

**On retiendra au final une valeur nationale proche de celle de l'outil bilan Carbone de l'ADEME (version 3.3) soit 0.301 teCO<sub>2</sub>/tgrain.**

Cependant, comme souligné précédemment, le groupe de l'Ozon a réduit ses quantités d'azote, et la valeur locale est donc inférieure à celle ci. Pour le montrer dans les bilans comparatif, nous avons donc distingué « grain national » et « grain local ».

### *Emissions de gaz à effet de serre du bois déchiqueté*

Pour le bois déchiqueté, il n'y a pas d'intrant, donc pas d'émission annexe de méthane et protoxyde d'azote. Les émissions de gaz à effet de serre se limitent donc aux consommations de combustibles fossiles nécessaires pour produire et transformer le bois. En partant du fait qu'on estime à un quinzième le contenu en énergie fossile du bois déchiqueté, et que celui ci est principalement constitué de gazole (broyage et transport) on obtient une valeur de **0.065 teCO<sub>2</sub>/tbois**.

### *Emissions de gaz à effet de serre des granulés de bois*

Le calcul des émissions de gaz à effet de serre du granulé est plus complexe, en raison des différentes façons de produire le granulé. Produire du granulé nécessite de collecter et transporter la sciure des scieries (gazole), de la sécher (fioul, gaz ou bois) et de l'extruder (électricité). La partie séchage peut faire varier de façon importante les émissions de CO<sub>2</sub> selon l'énergie utilisée. Les calculs annexes se sont donc basés sur un process fioul (Vert Deshi) et un process bois (Savoie Pan).

La valeur moyenne a été retenue, soit : **0.165teCO<sub>2</sub>/tgranulé**.

Cependant cette valeur pénalise le granulé, car les grosses unités sèchent toutes leur sciure au bois, donc ont des émissions plus faibles à la tonne.

### *Emissions de gaz à effet de serre des combustibles fossiles*

Les valeurs retenues sont issues du bilan carbone de Manicore pour l'ADEME, et tiennent compte du transport et raffinage des combustibles :

Gaz naturel : 3329 kgeCO<sub>2</sub>/tcombustible

Fioul : 3487 kgeCO<sub>2</sub>/tcombustible

Propane : 3498 kgeCO<sub>2</sub>/tcombustible

### Bilan effet de serre comparé

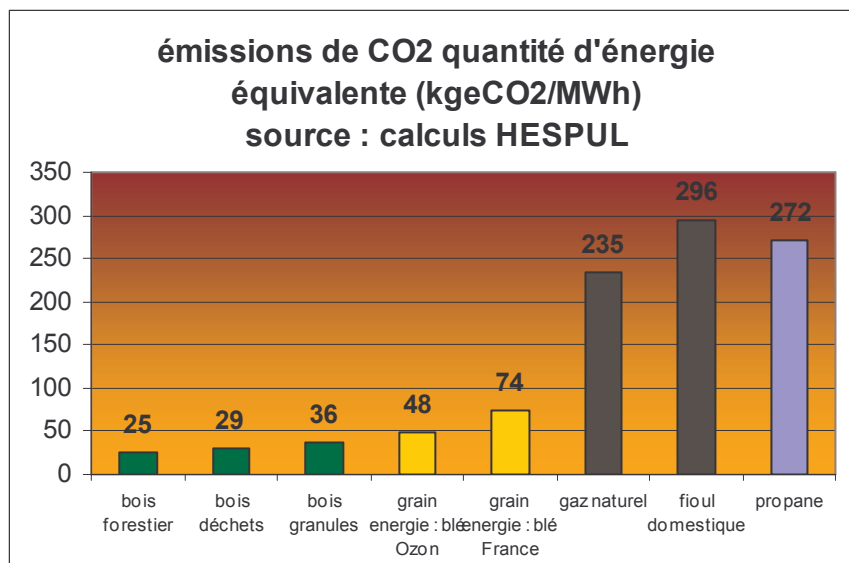


Figure 2 : émissions de CO2 des différents combustibles (calculs HESPUL)

On constate comme dans la partie précédente qu'on peut découper en **trois catégories les combustibles pour leur contribution effet de serre** : **le bois**, granulé inclus, puis **le grain**, avec des émissions environ une fois et demie à trois fois supérieures à celles du bois, **et enfin les combustibles fossiles**, avec des émissions deux à trois fois supérieures à celles du grain.

### Consommations d'eau et intérêt énergétique de l'irrigation

En Rhône Alpes, la part de l'irrigation agricole dans les prélèvements totaux est de 20% en 2003.<sup>2</sup> En Rhône Alpes, la part du maïs dans l'irrigation est d'un peu moins de la moitié, ce qui est légèrement en dessous de la moyenne nationale.

Un bilan de Solagro sur une exploitation irriguée montre une augmentation des consommations d'énergie (pompage etc) par hectare de l'ordre d'un quart.

Cette augmentation de la consommation d'énergie permet d'obtenir une augmentation des rendements, il faudra donc des bilans plus précis pour voir si cette pratique est intéressante du point de vue énergétique.

Par ailleurs, des apports en eau plus réguliers permettent de diminuer les intrants azotés qui contribuent fortement au bilan effet de serre.

Dans son étude PLANETE<sup>3</sup> Solagro constate que « le minimum (de l'efficacité énergétique) est obtenu par l'agriculteur pratiquant l'irrigation. La mise à disposition de l'eau est en effet fortement consommatrice. Ces consommations ne sont pas entièrement compensées par les gains de productivité liés à l'irrigation (cf. Ménégon 1997). »

<sup>2</sup> Préfecture de l'Ain : <http://www.ain.pref.gouv.fr/DDAF/ode/agri/irrigation.html>

<sup>3</sup> pages 77 et 95

## Approche économique des chaufferies

### **Coût de fonctionnement : combustibles**

#### *Coûts de production des granulés de bois*

Selon une étude européenne (EUBIA), les coûts de production du granulé sont de 79 à 101 Euros/t pour une matière première sèche et de 52 à 81 E/t pour une matière première humide. Cf graphe : (55% Hum)

Le prix moyen de production avoisine les 94 Euros /t.

Les prix de vente européens sont généralement compris entre 150 et 200 Euros /t TTC livrée en vrac.

**Le prix constaté dans le Rhône est compris entre 160 et 170 Euros TTC livrés.**

Prix de marché des combustibles (départ et rendu)

#### *Prix de vente du grain*

Dans le cadre de cette étude, l'objectif n'est pas d'aligner la vente des céréales sur le prix du marché, pour les raisons indiquées en introduction. Au vu des proximités en termes techniques, énergétiques et écologiques, les agriculteurs ont donc proposé de considérer un **alignement du prix du grain sur celui du granulés, soit 165 €/tonne livrée.**

#### *Coûts de production du bois déchiqueté*

Les coûts de production du bois énergie sont très variables, selon qu'on produit des plaquettes forestières ou des broyats de déchets de bois non traités (palettes, écorces, ...).

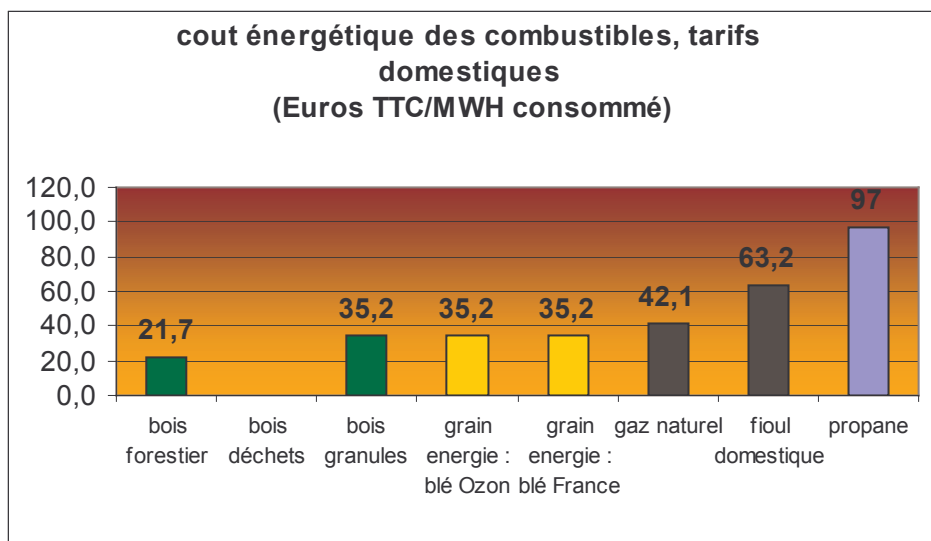
Pour ces derniers, les collecteurs se font généralement payer pour l'enlèvement du bois à broyer, ce qui réduit très nettement le coût du combustible. La qualité diffère également, et pour les petites chaufferies (<300 kW) on préfère généralement des plaquettes forestières.

Dans le Rhône, les prix moyens observés sont de **78 € la tonne** de plaquettes forestières (soit 17 € le MAP ou mètre cube apparent)

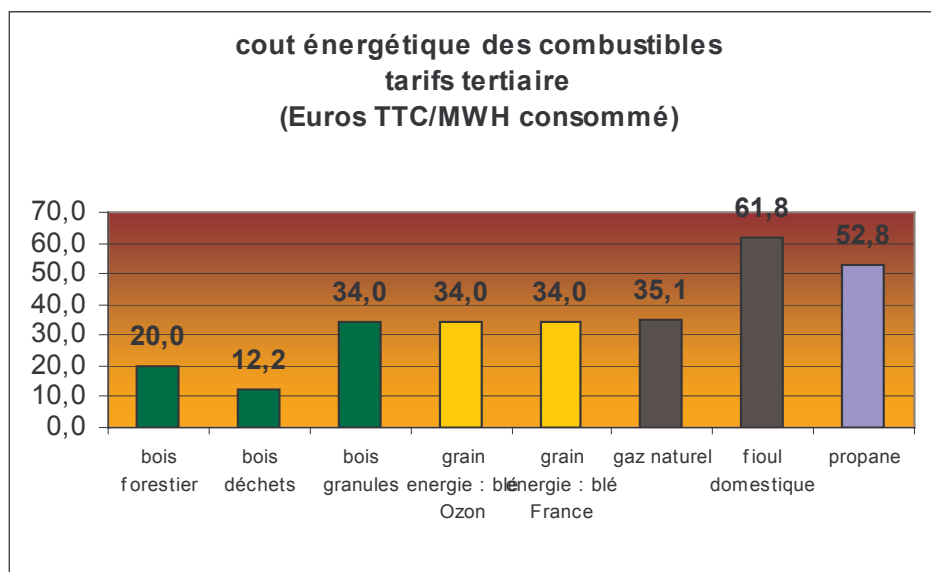
#### *Coûts des combustibles fossiles*

Les prix retenus ont été choisis d'après le baromètre « prix des énergies » de la revue professionnelle « Energie Plus » en date de l'étude, soit fin 2005 ; ce sont les tarifs particuliers et petit tertiaire, soit B2S pour le gaz naturel.

*Bilan des coûts des différents combustibles*



**Figure 3 : coûts TTC livré à quantité d'énergie équivalente pour différents combustibles, petites consommations (tarifs domestiques, 110 m<sup>2</sup>)**



**Figure 4 : coûts TTC livré à quantité d'énergie équivalente pour différents combustibles, moyennes consommations (tarifs tertiaire, 10.000 m<sup>2</sup>)**

On constatera d'abord que tous les bio combustibles sont moins chers que les fossiles. Contrairement aux volets efficacité énergétique et gaz à effet de serre, on ne peut ici regrouper les combustibles par lots de prix, ceux ci étant très progressifs. On notera toutefois que le très faible coût des déchets de bois ne peut être obtenu que pour des grosses consommations. Il nécessite de plus des chaudières plus coûteuses. L'écart assez important entre le bois déchiqueté forestier et les granulés ou le grain fait que ces derniers seront réservés aux cas où une contrainte technique l'impose : silo trop petit ou peu accessible.

### **Estimation des investissements en chaudières, maintenance et amortissement matériel**

Il faut considérer qu'une chaudière à grain ou à granulé individuelle (25kW) ou petit collectif coûte environ le double d'une bonne chaudière fioul, et le triple d'une chaudière gaz de bas de gamme, respectivement 15.000, 7500 et 5000 Euros, TTC posée.

Ceci s'explique par la plus grande complexité que représente la gestion automatique d'un combustible solide, et le moindre nombre de chaudières à bio-combustibles vendues.

De la même façon, l'entretien et la maintenance seront un peu plus délicats donc plus chers.

BILAN ECONOMIQUE (unité de 40kW)	FUEL	GRAINS
<b>Investissement chauffe</b>	<b>8741</b>	<b>20000</b>
<b>crédit d'impôt 40%</b>		<b>-6400</b>
Amortissement linéaire sur 10 ans	874,1	1360
Entretien externe y-c ramonage	152	152
Gestion (cendres, nettoyage, appro)		246
Combustible (0,6€/l fuel, 165€/t grain)	3648	2574
<b>coût annuel</b>	<b>4674</b>	<b>4332</b>

Figure 5 : comparaison financière sur 10 ans d'une petite chaufferie fioul et d'une chaufferie grain (60.000 kWh/an)<sup>4</sup>

BILAN ECONOMIQUE (unité de 200kW)	FUEL	GRAINS
<b>Investissement chaufferie</b>	<b>50 000 €</b>	<b>120 000 €</b>
<b>aide investissement 50%</b>		<b>-60 000 €</b>
Amortissement linéaire sur 15 ans	3 333 €	4 000 €
Entretien externe y-c ramonage	450 €	700 €
Combustible (0,55€/l fuel, 165€/t grain)	8 250 €	5 893 €
<b>coût annuel</b>	<b>12 033 €</b>	<b>10 593 €</b>

Figure 6 : comparaison financière sur 15 ans d'une moyenne chaufferie fioul et d'une chaufferie grain (150.000 kWh/an)<sup>5</sup>

Ces deux bilans montrent que le grain est concurrentiel vis à vis du fioul, à condition que des aides publiques soient mises en place dans ce domaine pour les chaufferies collectives, comme c'est déjà le cas pour le bois.

Des exemples d'agriculteurs et d'une municipalité (Lescherolles) ayant réalisé de tels investissements sont présentés en annexe.

<sup>4</sup> Source : document de travail grain énergie plan climat 2003

<sup>5</sup> Source : document de travail grain énergie plan climat 2003

### *Aides financières spécifiques à l'énergie : chaufferies automatiques*

La comparaison des aides financières publiques est délicate en raison des différents secteurs susceptibles d'intervenir : aides à la gestion forestière, agriculture et PAC, aides énergie. L'étude n'a pas prévu de comparer les aides agricoles et forestières.

Les aides spécifiques aux chaufferies automatiques sont mentionnées ci après.

#### **Pour les particuliers :**

- le crédit d'impôt ne distingue pas les bio combustibles et donne droit à une aide de 40% du prix du matériel TTC hors pose. Cette aide est plafonnée (8000 Euros personne seule, 16.000 Euros pour un couple). Ce crédit est éligible pour tous les types d'appareils : poêles, inserts, poêles automatiques, cuisinières et chaudières.
- L'aide de la région Rhône alpes est forfaitaire de 4000 Euros. Elle est réservée aux chaufferies automatiques au bois énergie.

#### **Pour les collectivités et entreprises :**

- la Région soutient les chaufferies bois. Pour des chaufferies céréales, les dossiers de demande d'aides devront passer devant la commission énergie qui se positionnera.
- Pour l'ADEME, une note nationale (annexe) définit sa position. Elle met la priorité sur les biocarburants et les chaufferies bois, et refuse donc d'aider de manière systématique les chaufferies à bio combustibles. Il existe cependant quelques exceptions (Bourgogne) où la délégation régionale a aidé une installation à la paille. Cette position pourrait évoluer dans la deuxième phase du plan bois énergie.

## Bilan social des bio combustibles

### *Créations d'emplois*

L'estimation du nombre d'emplois créés par quantité d'énergie consommée nécessite d'avoir une approche très complète : ces emplois se trouvent à la fois au niveau agricole et forestier, mais aussi chez les fabricants, distributeurs et installateurs de matériel et tous leurs fournisseurs. Les seules études disponibles se font donc à l'échelle nationale.

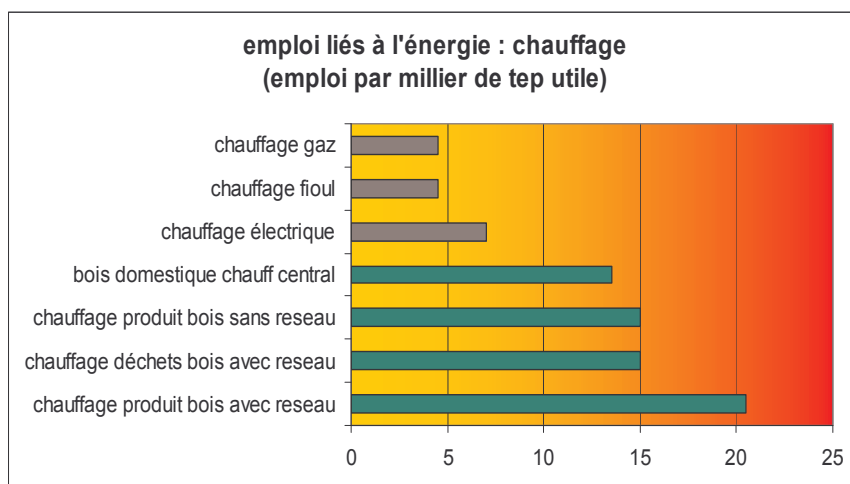


Figure 7 : emplois créés par millier de tonne équivalent pétrole pour combustibles bois et fossiles

Une étude du CIRED (P Quirion, 2004) estime les contenus en emplois des filières fossiles à 4 à 6 emplois par millier de tep ; et pour le bois, de 12 à 20 emplois par millier de tep. Ces données sont établies pour du chauffage de maison individuelle, elles ont donc à minorer légèrement pour des installations de grande puissance.

Pour les agro industries les données de référence pour les travaux du plan climat 2003 donnent de 6 à 12 emplois/1000tep selon les références.

**On constate donc que les bio combustibles génèrent une source d'emploi local, et sont aussi pour les agriculteurs ou exploitants agricoles une source de revenu différente qui créent une forte valeur ajoutée pour ces acteurs économiques du territoire.**

### Diminution des risques sanitaires et sociaux

Il convient de souligner que les bio combustibles peuvent dans certains cas limiter certains risques de pollutions locales. L'Allemagne a ainsi interdit le fioul et le gaz comme modes de chauffage pour les logements en zone inondables. En cas d'inondations, les eaux qui entreraient en contact avec des bio combustibles ne seront pas polluées.

En cas de renversement d'un camion de livraison, les risques d'explosion ou de pollution sont bien plus faibles avec des biocombustibles.

## **Autres aspects : éléments techniques et juridiques**

### **Aspects techniques**

#### *similitude des matériels bois et grains et différences*

Plusieurs constructeurs de chaudières automatiques proposent des appareils permettant de fonctionner en polycombustibles. C'est notamment le cas des chaudières REKA, HS TARM – (anciennement BAXI), VETO, ARCA et Energie Système (liste en annexe), qui affichent la possibilité de brûler du grain et sont plus rustiques que les chaudières spécifiques au granulé.

D'autres constructeurs optimisent leur matériel pour un seul combustible, on voit donc des appareils différents pour le granulé et les plaquettes de bois, qui ne nécessitent notamment pas le même système d'alimentation.

On retrouve en effet une vis sans fin pour le granulé et les plaquettes, mais un dessileur (pales tournantes) est indispensable pour les silos de plaquettes ; le granulé offre de plus la possibilité d'un soufflage pneumatique.

Cette plus grande souplesse s'applique aussi au grain et offre des perspectives intéressantes en petites et moyennes chaufferies, notamment dans les bâtiments en rénovation où l'ajout du silo s'avère souvent compliqué. De plus, leur grande densité énergétique par rapport au bois déchiqueté limite les volumes de stockage et permet ainsi une plus grande autonomie pour un silo donné.

#### *Limites techniques des installations fonctionnant au grain*

On mentionne généralement deux problèmes sur les chaudières au grain : une corrosion plus rapide des conduits de fumée et une production de mâchefers dans le foyer plus importante.

L'étude a volontairement exclu la paille, qui doit être retournée au sol pour ne pas l'appauvrir en carbone dans la zone concernée.

La production de mâchefers dans les foyers à grain énergie fait partie des inconvénients couramment mentionnés. Elle est supérieure à celle des foyers au bois, car la production de cendre est plus importante et que sa différence de composition chimique lui donne une température de fusion inférieure à 1000 °C, qui est couramment atteinte dans les foyers. On obtient alors des blocs solides qui peuvent coller au foyer. Le grain nécessitera peut être des chaudières spécifiquement adaptées.

Parmi les solutions en place pour gérer les mâchefers, on note le choix, sur les chaudières à paille, de grilles mobiles de décendrage ou de grilles refroidies à l'eau, de combustion en lit fluidisé (fortes installations) et de recirculation des fumées refroidies pour baisser la température du foyer. (pellets for Europe p.60).

Les émissions corrosives proviennent des éléments minéraux présents dans les plantes, notamment le Chlore, le Potassium, le Soufre et l'Azote. (pellets for Europe page 59). Ces éléments se déposent sur les échangeurs et les encrassent. Ce problème peut être résolu en partie en limitant les intrants, ce qui abaisse la teneur en sels minéraux.

Des solutions techniques existent la aussi, en utilisant des tuyaux en inox spécial, en céramique ou revêtus d'un enduit téflonisé.



## ***Éléments juridiques***

### ***Bois énergie***

En ce qui concerne les chaufferies bois, la précaution la plus importante est de s'assurer que le bois déchiqueté ne contient aucun déchet de bois souillé (bois traités, aggloméré et autres panneaux de particules, bois peint etc). Ce type de déchets relève de la réglementation sur les incinérateurs, qui nécessite une autorisation ICPE, donc des contraintes très sévères (dépollution des fumées etc).

Pour le granulé, ceci est garanti si la fabricant adhère à la charte de qualité de l'ITEBE.

Le seuil de déclaration ICPE se franchit à 2 MW, et celui de l'autorisation à 20 MW.

### ***Grain énergie***

La réglementation sur le grain énergie est plus contraignante, puisque le législateur souhaite distinguer clairement les filières alimentaires et énergétiques.

Dans le cadre de la politique agricole commune, l'agriculteur est obligé de passer par un organisme collecteur (coopérative) et ne peut faire de vente directe. Cette contrainte s'applique aux filières énergétiques comme alimentaires.

Une commune souhaitant s'approvisionner en céréales énergie doit donc légalement s'adresser à un collecteur agréé.

Cependant, le cadre juridique des biocombustibles, essentiellement basé sur des Directives Européennes, évolue rapidement, suivant en cela celui des biocarburants.

Les agriculteurs ont ainsi le droit d'utiliser leurs céréales en chauffage comme en carburant, moyennant signalement par un régime dérogatoire à l'ONICOL. Cette utilisation n'est aujourd'hui acceptée que pour les besoins propres de l'exploitation (incluant l'habitation de l'agriculteur).

Une vente directe aux collectivités nécessiterait d'obtenir une dérogation de la part de l'ONICOL. C'est la démarche qu'a choisie la première commune ayant installé une chaufferie au grain, Lescherolles (voir annexe). En date de l'étude, l'ONIC n'a pas répondu à cette demande.

## **Conclusion**

Tout d'abord, il est indispensable de **reconnaître pleinement le grain énergie comme un bio-combustible**. Son efficacité énergétique est à peu près équivalente à celle du granulé de bois et en fait bien une énergie renouvelable, avec six fois plus d'énergie rendue lors de sa combustion que d'énergie fossile consommée pour le produire.

**Le bilan effet de serre est lui aussi intéressant** : le grain énergie émet deux fois moins de GES que le gaz naturel et près de trois fois moins que le fioul. Il reste cependant trois fois moins bon que les combustibles bois en raison du handicap problème lié aux émissions de protoxyde d'azote dues aux intrants. L'irrigation pourrait aussi dégrader ce bilan notamment pour le maïs, même si ce point n'a pu être que survolé.

Cet écart d'émissions de gaz à effet de serre n'est pas compensé par les différences de distances de transports. En effet, jusqu'à quelques centaines de kilomètres, **les émissions des transports ne pèsent que marginalement dans le bilan en gaz à effet de serre des combustibles**.

**Le grain énergie doit donc être reconnu comme un combustible avec un intérêt du point de vue de l'impact effet de serre**. Ceci n'empêchera pas un nécessaire débat sur l'acceptabilité sociale du combustible et les conditions à mettre en œuvre pour s'assurer que les impacts écologiques (eau, phytosanitaires) sont bien gérés.

**Le grain énergie est un combustible compétitif**. Son cours de marché, sans tenir compte des aides PAC diverses, le place environ au même niveau que le granulé de bois, et en dessous du gaz naturel (tarif faibles consommations). Il ne pourra cependant que difficilement se positionner vis à vis du bois déchiqueté, deux à trois fois moins cher. Les bilans réalisés sur petites chaufferies montrent qu'il est rentable vis à vis du fioul, avec les systèmes d'aides actuels.

**Il bénéficie d'atouts techniques vis à vis du bois déchiqueté** : plus grande densité énergétique donc silo de stockage plus petit, ou livraisons moins fréquentes, et possibilité de soufflage lors de la livraison qui permet d'équiper des lieux moins accessibles.

**Le grain énergie est un combustible avec un bon intérêt social**. Il permettra le maintien de l'emploi local dans le contexte de la zone d'étude et le maintien d'une agriculture en milieu rural. C'est aussi une source de revenus différenciée qui crée une réelle valeur ajoutée pour les agriculteurs.

**Le grain énergie doit donc être privilégié aux combustibles fossiles, et trouve tout son intérêt dans une filière courte, localisée sur le secteur de l'étude**.

**Il conviendra de se référer aux études nationales de l'ADEME et d'Arvalis annoncées pour 2006, et qui devraient fournir des données plus précises**.

## **Quelques pistes complémentaires à préciser :**

**Sur les aspects techniques**, notamment sur la gestion des mâchefers et le caractère corrosif des fumées ; des retours d'expérience seront prochainement disponibles et permettront de donner les garanties nécessaires aux maîtres d'ouvrage. En attendant, il paraît nécessaire d'engager la garantie du fabricant de chaufferie.

**Sur les aspects juridiques**, l'obligation qu'a l'agriculteur de passer par un collecteur pour livrer la collectivité acheteuse, réduit l'intérêt pour l'agriculteur (cours nationaux) mais aussi pour la collectivité (complexité administrative, délais de livraisons, moins bon suivi de l'installation et impact social local moindre). Dans un premier temps, des dérogations ou des procédures simplifiées pourraient être étudiées dans le cas de collectivités intéressées. En raison du développement actuel de cette filière, ce point évoluera probablement dans les prochaines années. Ces conditions de vente à un tiers seront précisées par un travail de la Chambre d'Agriculture avec l'ONIC.

**Sur l'aspect environnemental**, la gestion des intrants azotés est le critère clé. Cette filière pourrait avoir encore un meilleur intérêt en intégrant des critères de culture durable (protection de la ressource en eau et limitation des intrants fertilisants). Les agriculteurs du GEDA de l'Ozon ont initié depuis de nombreuses années une telle démarche de limitation de leurs intrants. La différence avec les grandes cultures nationales est mesurable en termes d'émissions. Les agriculteurs du GEDA sont à même de garantir ces performances par des cahiers des charges spécifiques si le besoin est avéré.

**Sur l'aspect local**, le **potentiel de production de grain énergie** sur le département, estimé à 10% des productions céréalières totales, serait de l'ordre de 22.000 tonnes de grain soit le chauffage d'environ 4000 maisons. Cela couvrirait les besoins de chauffage d'environ 1% des habitants du Rhône, ce qui montre qu'il sera tout à fait possible de rester dans des circuits courts structurés par les agriculteurs.

**Sur l'aspect économique**, certaines installations se prêtent particulièrement bien au grain énergie

Il s'agit tout d'abord d'installations utilisées assez fréquemment pour avoir des consommations de chauffage régulières.

D'autre part, dans certaines configurations de bâtiment, les contraintes architecturales privilégient le grain (silo réduit, accès camion distant du silo).

Ces chaufferies doivent avoir une puissance plutôt faible à moyenne (25 à 200 kW) pour ne pas subir trop fortement la concurrence du gaz naturel ou du bois déchiqueté.

## **Sommaire des Annexes**

Ce rapport a été rendu avec un rapport d'annexes complémentaires, séparées pour ne pas alourdir le document principal.

Ces documents sont téléchargeables sur le site Internet de l'association HESPUL : [www.hespul.org](http://www.hespul.org)

Le sommaire en est détaillé ci dessous.

### Liste des annexes :

Coordonnées des partenaires

Articles sur des chaudières grain énergie en service (Lescherolles, etc)

Listes de chaudières fonctionnant au grain, distributeurs en Rhône Alpes et fiche belge

Note « utilisation de la biomasse pour des usages non alimentaires », ARVALIS

Tableaux de synthèse des calculs de l'étude : global, production du combustible et transports

Notes explicatives sur les coefficients énergie et GES retenus

Estimation du potentiel de chauffage au grain énergie dans le département du Rhône

Note d'étude « l'agriculture et les réductions d'émissions de gaz à effet de serre » mission climat de la caisse des dépôts et consignations

Graphes sur les puits de carbone agricoles et note de l'INRA sur l'agriculture et le Protocole de Kyoto, avec les puits de carbone

Position de l'ADEME nationale sur son refus de subventionner le grain énergie