



FICHE
N° 7A

CHAUDIERE BIOMASSE A LA FERME
AVEC ACHAT DE COMBUSTIBLE BIOSOURCE

Description du cas type

• Introduction

Le cas type décrit dans cette fiche est celui d'un agriculteur qui installe une chaudière biomasse sur son exploitation pour répondre à ses propres besoins de chaleur (et éventuellement celui de son logement). Il n'a pas nécessairement de biomasse produite sur l'exploitation qui peut servir de combustible pour la chaudière, il achète donc son approvisionnement, en totalité ou en partie.

Plusieurs types d'exploitations peuvent installer une chaudière biomasse pour des besoins de chaleur. Elles peuvent se segmenter en fonction de l'importance du besoin et donc de la puissance à installer :

- Chaufferies de moins de 500 kW : on retrouve principalement les élevages laitiers, les ateliers de veaux de boucherie, les élevages hors sol (volailles et porcins)
- Chaufferies de 500 à 1500 kW : concerne en majorité des serristes (maraicher ou horticulteur) et quelques exploitations avec des systèmes de séchage en grange
- Chaufferies de plus de 1500 kW : concerne surtout des exploitations/coopératives ayant des gros besoins de séchage de leur production (foin, grain, tabac...)

• L'activité

Au vu de la diversité des types d'exploitation (productions et taille) susceptible d'installer une chaudière biomasse, l'analyse de ce modèle d'affaire se focalisera sur le modèle d'affaire d'une **chaudière de 1 MW chez un serriste** (15 projets de serristes soutenus par l'ADEME depuis 2009 ont une installation comprise entre 500 et 1500 kW).

La chaufferie biomasse est installée sur l'exploitation et la chaleur produite est valorisée par l'exploitant agricole pour chauffer ses serres et éventuellement pour son logement. Parfois la chaudière peut servir à chauffer également quelques logements proches de celui de l'exploitant.

Le montage du projet, jusqu'à l'installation de la chaudière peut être relativement long et complexe : entre 12 et 30 mois.

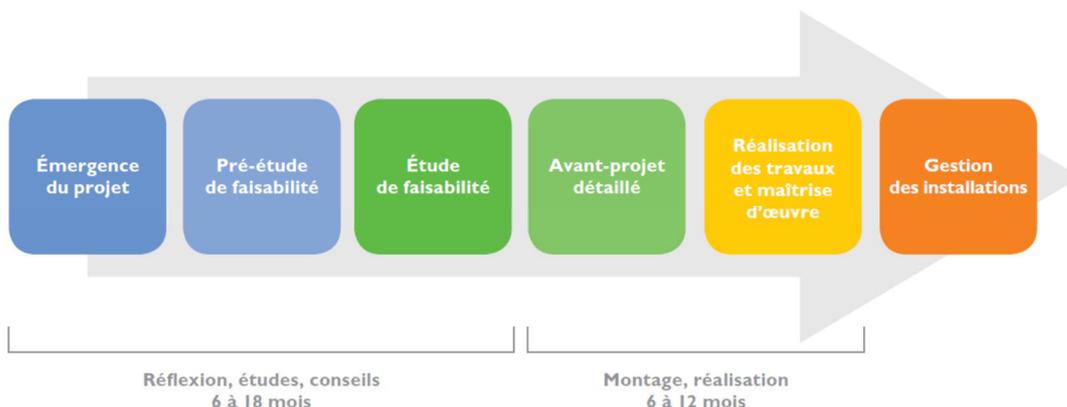


Figure 87: Schéma des étapes d'élaboration d'un projet de chaufferie biomasse (source : ADEME, 2012)

Les choix relatifs à un projet de chaudière biomasse dépendent fortement des besoins énergétiques et du type de biomasse disponible dans la région.

• L'organisation

La chaudière installée est un investissement lié à l'activité agricole et relève donc directement de l'exploitation (individuelle, EARL, GAEC...).

Si la chaudière sert à chauffer le logement, l'investissement peut se faire à titre individuel et le projet peut dans ce cas bénéficier des aides propres aux particuliers (ex : crédit d'impôt).

• Les ressources

Matières premières : la très grande majorité des chaudières biomasse installées en exploitation agricole utilise des plaquettes forestières¹¹² y compris des plaquettes bocagères dans les régions d'élevage surtout (Normandie, Bretagne, etc.). Les granulés de bois sont faciles d'utilisation mais concernent plus généralement des projets de petite taille. Ces combustibles principaux sont parfois complétés par des connexes d'industrie du bois (sciures, écorces). Les sous-produits agricoles représentent une faible part avec une grande diversité de type de biomasse, et les cultures dédiées ne semblent pas présentes sur ce type de chaudière (pas de production dédiée sur les exploitations pour alimenter la chaudière).

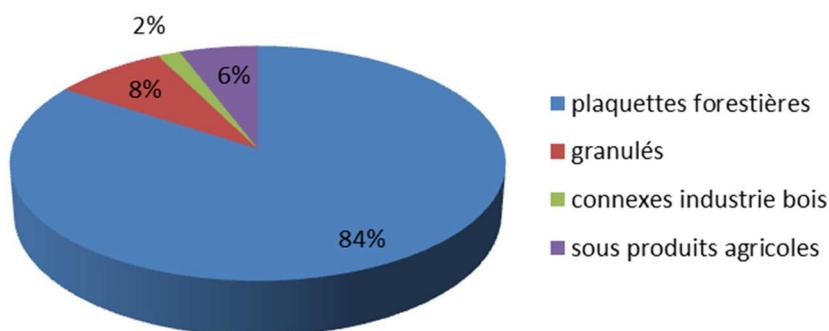


Figure 88 : Répartition des intrants pour une chaudière biomasse agricole, en nombre de chaudières (source : BLEZAT Consulting, sur la base des 24 projets de serristes soutenus par l'ADEME entre 2009 et 2016)

Le choix du combustible biosourcé dépend de la biomasse disponible dans la région (quantité et chaîne logistique) et le choix du matériel doit être adapté au type de combustible biosourcé utilisé (des réglages sont parfois nécessaires pour des combustibles biosourcés peu classiques). L'approvisionnement étant un point névralgique de la viabilité d'un projet biomasse, les agriculteurs signent généralement des contrats d'approvisionnement (fixant la qualité, les quantités, les modalités

¹¹² Bilan des projets biomasse soutenus par l'ADEME entre 2009 et 2016

de commande et livraison, les tarifs et la durée du contrat) et/ou prévoient des aires de stockage importantes pour assurer la sécurité d’approvisionnement.

Les besoins en chaleur des serristes sont saisonniers et varient en fonction des températures extérieures. Le plan d’approvisionnement doit donc prendre en compte les besoins en combustibles biosourcés mois par mois.

Foncier : une chaudière biomasse occupe une place plus importante qu’une chaudière au fioul ou au gaz. Les volumes de combustibles biomasse sont, pour une même production énergétique, beaucoup plus importants que ceux de combustibles fossiles (fioul par exemple). Il faut donc prévoir la place pour le ou les silos d’alimentation voire d’espace de stock tampon à proximité immédiate.

Ressources financières : l’investissement de départ dépend du dimensionnement de l’équipement lié aux besoins énergétiques à couvrir (puissance) et du type de matériel choisi (chaudière, systèmes de stockage de chaleur – open buffer, systèmes d’alimentation, de traitement des cendres et fumées, de la distribution de la chaleur).

Une chaudière biomasse est dimensionnée généralement pour répondre à 80% des besoins de l’agriculteur. Un système d’appoint est souvent recommandé pour assurer la production d’énergie en cas de pic de besoin ou de défaillance de la chaudière ou de rupture d’approvisionnement (cf. Figure 7). Ce système d’appoint peut être l’ancienne chaudière gaz ou fioul qui est conservée.

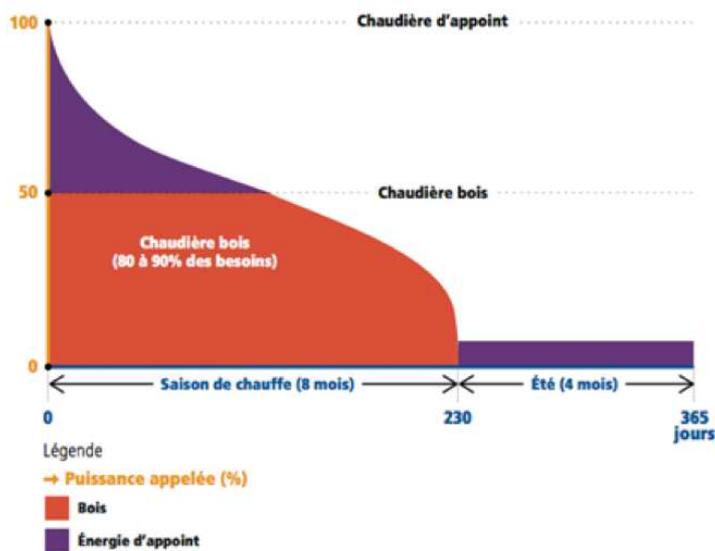


Figure 89 : Evaluation des besoins énergétiques pour dimensionner une chaudière biomasse (source : ADEME¹¹³)

Le coût d’investissement comprend :

- Les équipements liés à la chaufferie (système d’alimentation automatique, générateur de chaleur, traitement des fumées, évacuation des cendres, armoire de régulation)
- L’ensemble des coûts de construction du bâtiment (local, espace de stockage, accès, aménagements extérieurs)
- Les coûts pour l’hydraulique, l’électricité et la régulation
- Les frais d’études et conseil.

¹¹³ <http://www.ademe.fr/expertises/energies-renouvelables-enr-production-reseaux-stockage/passer-a-l'action/produire-chaleur/dossier/bois-biomasse/montage-dun-projet-biomasse-energie>, consulté en avril 2017

Les données ADEME 2009-2016 des 15 projets de serristes d'une puissance comprise entre 500 et 1500 kW soutenus permettent d'analyser le coût moyen des opérations :

- **l'investissement total moyen est de 405 000 €** (minimum 63 000 € - maximum 788 000 €),
- la puissance moyenne des installations est de 830 kW
- la production de chaleur moyenne est de 1 500 MWh (minimum 100 MWh – maximum 4 600 MWh), soit environ 1800 MWh thermiques produits / MW installé.
- les ratios d'investissement moyens, hors aides, sont de :
 - o **567 €/kW installé** (minimum 115 € – maximum 1576 €/kW), avec une relative économie d'échelle pour les plus grandes puissances (cf. Figure 90)
 - o **370 €/MWh produit annuellement** (minimum 120 - maximum 690 €/MWh) (cf. Figure 91)

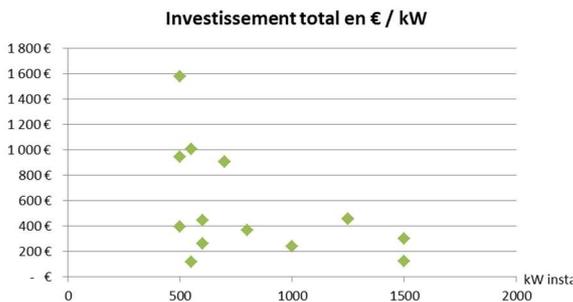


Figure 90 : Coût de l'investissement en fonction de la puissance installée, sur 15 projets (source : Bilan ADEME 2009 - 2016)

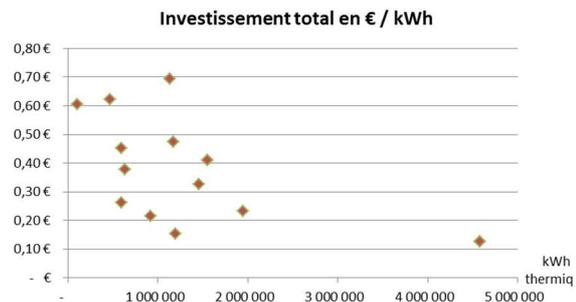


Figure 91 : Coût de l'investissement en fonction de la production de chaleur, sur 15 projets (source : Bilan ADEME 2009 - 2016)

L'investissement est de fait très variable pour une même puissance et une même production finale de chaleur en fonction du matériel et équipements annexes choisis et des travaux nécessaires (notamment pour le stockage des combustibles). Les conditions d'implantations propres à chaque exploitation jouent fortement sur le montant des dépenses totales.

Les coûts indiqués par un constructeur/installateur¹¹⁴ sont sensiblement équivalents :

- 380 000€ pour une chaudière de 1 MW comprenant :
 - o le dossier technique préalable
 - o l'équipement (chaudière, extraction, transport et alimentation en combustible, traitement des fumées, évacuation des cendres et suie, automatisme et régulation)
 - o la livraison, l'installation et la mise en route de la chaufferie
 - o la formation du personnel exploitant
- mais hors coût de l'installation de stockage (silo), travaux de génie civil et d'aménagement (bâtiment, etc).

- ➔ Nous retiendrons donc 400 000€ pour un investissement moyen dans une chaufferie de 1 MW hors génie civil et aménagement. Ces 2 postes-ci peuvent être conséquents et doubler le coût de l'investissement initial. Ils sont néanmoins très variables en fonction de la configuration de l'exploitation et ne sont donc pas moyennables.
- o **Soit 400€/kW installé**

Les taux **d'aide publique** ne sont pas fixes, chaque dossier est étudié au cas par cas, mais le taux maximum est encadré par l'UE. L'objectif de la subvention est de permettre aux projets d'atteindre une économie par rapport à une situation avec énergie fossile (fioul, gaz, voire charbon parfois). Dans le bilan 2009-2016 :

- le taux d'aide total (ADEME et partenaires) moyen est de 35% (minimum 15% - maximum 55%) du montant total du projet, en hausse ces dernières années ;

¹¹⁴ Entretien Compte R, mai 2017



- le ratio d'aide moyen est de **169€/kW installé** (minimum 59 € - maximum 378 €/kW)

→ Nous retiendrons le taux d'aide moyen de 35%. Appliqué à l'investissement de 400 000€ pour 1MW, cela donne un montant d'aide de 140 000€.

○ **soit 140 €/kW installé**

NB : Les aides Fonds chaleur ne concernent que les équipements neufs, le matériel d'occasion n'est pas subventionnable. Les agriculteurs peuvent également négocier des CEE, mais dans ce cas, les aides ADEME ne sont pas accessibles.

L'agriculteur doit donc financer en moyenne 65% de l'investissement, soit 260 000€ en moyenne. Selon la capacité de trésorerie de l'exploitation, l'autofinancement (minimum 15%) est généralement complété par un crédit bancaire (hypothèse de 200 000€ à financer).

Exemple d'un producteur de fraise en Dordogne ayant installé une chaudière biomasse¹¹⁵ :

- 17 500 m² de serres chauffées, avec un besoin de 1 186 MWh/an
- Installation d'une chaudière à bois déchiqueté de 950 kW, équipée d'un acheminement automatique, nettoyage automatique de l'échangeur, décendrage automatique, récupérateur de cendres des fumées
- Coût d'investissement total en 2009 : 205 000 €.
- Montant des aides en 2009 (25%) : 51 250 €.

Extrapolation des coûts 2016 : L'étude ADEME de 2015 a mis en évidence une augmentation globale des coûts d'investissement de +34% entre 2009 et 2015. On peut donc estimer que le même projet coûterait aujourd'hui environ 274 700 € (soit 280€/kW). Avec un taux d'aide moyen de 35%, le montant des subventions pourrait être de 96 250 €.

Hypothèse de financement des 178 555 € restants :

- emprunt bancaire de 137 500 € (50% du montant total de l'opération)
- fonds propres de 41 055€ (soit 15% du montant total)

Ressources humaines : l'agriculteur prend généralement en charge, suite à la formation par le constructeur/installateur, la mise en route, le réglage et le suivi quotidien de la chaudière, en plus de la gestion des commandes / livraisons de combustible.

La première mise en route de la chaudière nécessite un réglage relativement fin pour optimiser le rendement et l'efficacité du fonctionnement. Les réglages initiaux peuvent être complexes, notamment dans le cas d'utilisation de combustibles biosourcés agricoles, moins standardisés.

Par ailleurs, pour les chaudières de plus de 400 kW, la réglementation concernant les contrôles périodiques est plus contraignante : tenue d'un livret de chaufferie avec diverses mesures techniques régulières, rapports d'autocontrôle et de contrôle officiel.

Pour la gestion de l'approvisionnement, l'agriculteur doit être vigilant sur le contrôle du combustible (granulométrie, humidité), et former, s'il en a, ses salariés.

• Canaux de valorisation

Dans la quasi-totalité des cas, la totalité de l'énergie produite est valorisée sous forme de chaleur, sur site. Cette chaleur sert à chauffer de l'eau et/ou de l'air (chauffage, séchage).

Dans le cas d'une installation en cogénération, l'électricité produite est vendue à un opérateur tel qu'EDF.

¹¹⁵ Chambre d'Agriculture de Dordogne, Fiche suivi de ferme pilote, 2010

• Les produits

Dans le cas d'une chaudière biomasse produisant uniquement de la chaleur, il n'y a pas de revenu direct associé. Le produit du modèle d'affaire consiste en une économie de charges par rapport au même besoin énergétique fourni par une énergie fossile (généralement le fioul ou le gaz propane, voire le charbon).

Exemple d'économie liée à la réduction des dépenses en combustibles d'un producteur de fraise en Dordogne :

- 17 500 m² de serres chauffées, avec un besoin de 1 186 MWh/an
- Consommation de 355 t de bois déchiqueté à un prix unitaire de 64€/t (en 2009), soit une dépense totale de 22 720 €
- A comparer avec une consommation antérieure de 90 t de gaz à un prix unitaire de 703€/t (en 2009), soit un coût total de 63 270€
- Ainsi l'économie annuelle calculée en 2009 était de 40 550€

Extrapolation des coûts 2016

- o Sur la base d'un prix du bois déchiqueté à 54 €/t fin 2016¹¹⁶ (mélange de bois broyé de granulométrie moyenne, humidité de 30-40%), le coût de l'approvisionnement serait aujourd'hui plus proche de 19 170 €, soit 16€/MWh
- o Le prix du gaz propane est de 1300€ TTC¹¹⁷, soit 1 080 € HT/t, ce qui impliquerait un coût théorique de 97 500 €, soit 82€/MWh

L'économie pourrait représenter aujourd'hui, toutes choses étant égales par ailleurs, un montant de 78 330 € /an (66€/MWh produit)

- ➔ Pour une production de 1 800 MWh annuels, une chaufferie consommerait environ 540 t de bois déchiqueté à 54€/t, cela donne un budget d'approvisionnement de 29 100€, soit 16 € / MWh produit. En comparaison avec une chaudière gaz propane, la dépense en combustible est d'environ 82€/MWh. Ainsi l'économie annuelle est d'environ **66 €/MWh** soit **120 000 €/an**

• Les charges

Charges annuelles liées à l'investissement

- La durée de vie d'une chaudière est d'environ 15 ans. Elle s'amortit généralement en 5 à 10 ans¹¹⁸.
- ➔ On retiendra **10 ans** pour une durée de vie moyenne en rythme de croisière, les dépenses de maintenance étant beaucoup plus variables ensuite.
- Les charges financières de l'emprunt : le taux d'intérêt d'un emprunt varie entre 2 et 4 % remboursable sur 7 ans.
- ➔ Pour un crédit de 200 000€, et un taux d'emprunt à 3% sur 7 ans, les frais financiers s'élèvent à **22 000 €** (taux à 3%), soit **22€/kW installé**

Extrapolation des charges annuelles liées à l'investissement pour l'exemple du producteur de fraise en Dordogne :

- Investissement total aides déduites : 178 750 €
- Frais financiers totaux de 15 140€ (15€/kW), soit 2 160€/an en moyenne sur la durée de l'emprunt (emprunt de 137 750 € sur 7 ans à 3%)

¹¹⁶ CEEB, Prix et indices nationaux 3^{ème} trimestre 2016

¹¹⁷ <https://www.fournisseurs-gaz.com/propane/citerne>, consulté en mai 2017

¹¹⁸ Entretien Biomasse Normandie, avril 2017

Charges annuelles liées à l'exploitation

Les charges d'exploitation d'une chaudière biomasse recouvrent :

- Les frais d'entretien, maintenance
- Les frais en combustibles, pris en compte précédemment dans le calcul du produit

La maintenance de la chaudière représente :

- Du temps de l'exploitant agricole (ou d'un salarié) pour le nettoyage de la chaudière voire des réparations mécaniques. Ce surplus de temps passé peut être extrêmement variable d'une exploitation à l'autre en fonction de la taille de l'installation, du type de combustible (moins de besoin de main d'œuvre en plaquettes qu'en bois de rebuts...), etc... mais nécessite dans tous les cas une disponibilité jour et nuit pour intervenir si une alarme se déclenche, surtout les 2-3 premières années. L'étude ADEME de 2011 faisait état d'un budget de 3 000 à 35 000 €/an (temps de l'exploitant).
 - L'entretien/maintenance annuelle (P2) avec filtre et hors ramonage est d'environ **3 200 €/an**¹¹⁹.
 - Les charges de gros entretiens / renouvellement de pièce (P3) est de 102 000€ (fourniture et main d'œuvre, hors main d'œuvre de l'exploitant) pour 10 ans¹²⁰, soit environ **10 200€/an**.
- ➔ Au total les frais d'entretien et maintenance de la chaufferie, hors temps de l'exploitant (chef d'exploitation ou salarié) représentent un budget de 13 400€/an soit **7,5 €/MWh**

Extrapolation des charges annuelles liées à l'exploitation pour l'exemple du producteur de fraise en Dordogne :

- Pour une production de 1 186 MWh/an
- Les charges d'entretien / maintenance (P2 + P3) seraient de 15,5 €/MWh, soit 18 380 €/an

• Résultats économiques

Généralement, la viabilité économique de ce type de projet se calcule sur l'économie en combustibles et se mesure en nombre d'années d'économie nécessaires pour rembourser l'investissement initial.

D'après les études de cas issues de la bibliographie, le temps de retour sur investissement d'une chaudière biomasse, avec subvention, varie **entre 3 et 8 ans**, pour une durée d'exploitation optimale sur 10 ans.

	Coût total
Investissement (hors génie civil et aménagement) - subventions	260 000 €
Frais financiers	22 000 €
Total investissement	282 000 €
Frais de maintenance	13 400 €
Economie en combustible	- 118 900 €
Total charges annuelles	- 105 500 €
Temps de retour sur investissement	3 ans

Une analyse économique complète nécessite de comparer l'investissement et les frais d'exploitation d'une chaudière biomasse par rapport aux mêmes charges pour une **situation de référence** : installation d'une chaudière gaz par exemple.

¹¹⁹ Entretien Compte R mai 2017

¹²⁰ Entretien Compte R mai 2017

Le coût d'une chaufferie gaz (propane) représente environ 20% du coût d'une chaudière bois de puissance équivalente (même si cela dépend fortement de la configuration du site, le ratio pouvant aller de 10 à 50%)¹²¹.

Un contrat de maintenance varie entre 800 et 1200€/an et il faut prévoir des provisions pour le changement de pièce entre 3 000 et 5 000€/an.

	Coût chaudière biomasse	Coût chaudière gaz
Investissement	400 000 €	80 000 €
Subvention	140 000 €	-
Frais financiers emprunt	22 000 €	-
Charges annuelles d'investissement (10 ans)	28 200 €/an	8 000 €/an
Approvisionnement (P1)	29 100 €/an	148 000 €/an
Entretien/maintenance (P2+P3)	13 400 €/an	4 500 €/an
Charges annuelles d'exploitation	42 500 €/an	152 500 €/an
Coût total annuel	70 700 €/an	160 500 €/an
Différentiel biomasse / gaz	- 89 800 € /an	

Synthèse

Les chaudières biomasse chez les serristes (maraîchers et horticulteurs) sont relativement répandues et le modèle économique confirmé, d'autant plus que l'écart entre le prix du bois et le prix des énergies fossiles est important (ce qui a été moins vrai en 2014 et 2015).

L'analyse de ce modèle d'affaire nous permet de faire les constats suivants :

- Les chaudières biomasse en général, mais aussi celles situées sur des exploitations agricoles fonctionnent majoritairement avec du bois, et très peu de biomasse agricole (coproduits / cultures dédiées). Néanmoins, dans les zones d'élevage, le bois bocager issu de l'exploitation revêt une importance dans la motivation même de l'agriculteur à installer une chaudière bois (auto-approvisionnement en combustible / moyen d'entretenir le linéaire de haie de l'exploitation). Dans ce cas le regroupement d'agriculteur pour acquérir du matériel de récolte/broyage en commun est assez fréquent (mutualisation des frais).
- Les investissements pour ces unités (serristes) sont relativement élevés car les besoins en chaleur sont importants. Des exploitations avec moins de besoins peuvent accéder à un investissement beaucoup plus modéré (20-50 000€).
- Un système d'appoint est généralement indispensable et est à intégrer dans la réflexion initiale. Ce travail préalable de dimensionnement et de faisabilité technico-économique est une étape cruciale de la rentabilité du projet.
- La sécurisation des approvisionnements est le 2^{ème} point crucial des projets : le fonctionnement optimum de la chaudière est conditionné à un apport régulier en terme de qualité (et de quantité pour éviter toute rupture de charge) de combustible
- Les temps de retour sur investissement sont relativement courts, à condition que le cours des énergies fossile ne soit pas trop bas.

¹²¹ A dire d'expert chargé de mission énergie Région PACA

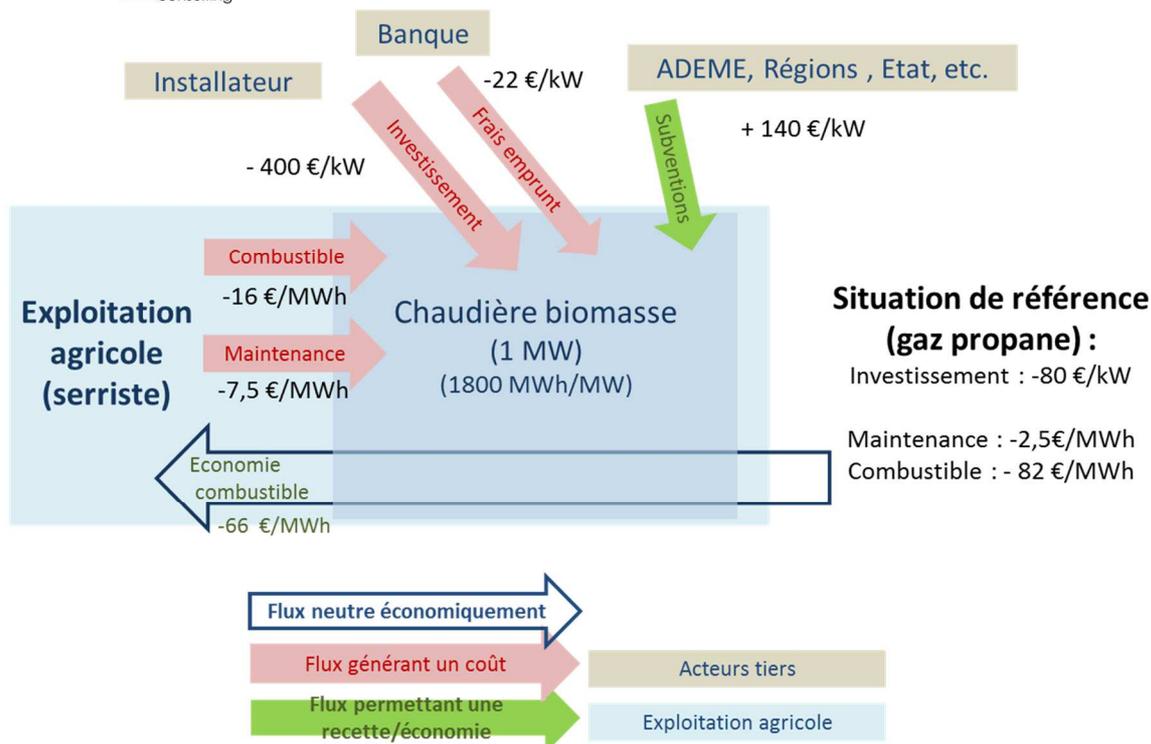


Figure 92 : Schématisation du modèle d'affaire « Chaudière biomasse pour le chauffage de serres agricoles »

Bibliographie et sources

ADEME - CTIFL, ASTREDHOR, Légumes de France, FNPHP, 2011. Utilisation du bois-énergie pour le chauffage des serres.

ADEME - Kalice, Biomasse Normandie, 2015. Etude des coûts d'investissement et d'exploitation associés aux installations biomasse énergie des secteurs collectifs et industriels.

ADEME - Deloitte Développement Durable, Aile, Alterra, 2016. Mobilisation de la biomasse agricole : état de l'art et analyse prospective.

ADEME, données bilan du fond chaleur 2009 – 2016 sur les chaufferies biomasse

Chambre Agriculture Dordogne, 2010. Fiche suivi des fermes pilotes – Exploitation de l'EARL Santran (24)

CIBE, 2011. Classification professionnelle des combustibles bois déchiquetés

COMMISSARIAT GENERAL AU DEVELOPPEMENT DURABLE, 2016. Chiffres clés des énergies renouvelables.