

SUCELLOG: IEE/13/638/SI2.675535

D4.3d

Contexte pour le développement du concept SUCELLOG avec la coopérative Luzéal-Saint Rémy et étude de faisabilité

05.08.2015



A propos de SUCELLOG

Le projet SUCELLOG - promouvoir la création de plateformes logistiques de la biomasse par les agro-industries - vise à favoriser la participation du secteur agricole à l'approvisionnement durable en biocombustibles solides en Europe. Les actions du projet s'appuient sur un principe encore peu exploité : l'installation de centres logistiques dans les agro-industries en complément de leurs activités usuelles, mettant en évidence la forte synergie existante entre l'agroéconomie et la bioéconomie. Plus d'informations sur le projet et les partenaires sont disponibles sur le site internet du projet www.sucellog.eu.

Coordinateur du projet



Partenaires du projet



A propos de ce document

Ce rapport correspond au livrable D4.3.d du projet SUCELLOG, *contexte pour la coopérative Luzéal-Saint Rémy et étude de faisabilité*. Il a été réalisé par :

WIP-Renewable Energies

Sylvensteinstr. 2

Cosette Khawaja, Rainer Janssen

E-mail: cosette.khawaja@wip-munich.de, rainer.janssen@wip-munich.de

Tel: +49 89 720 12 740, +49 89 720 12 743

Avec la collaboration et le soutien de Services COOP France, UCFF, RAGT Energie et CIRCE

Ce projet est cofinancé par la Commission Européenne, sous le contrat N°: IEE/13/638/SI2.675535. Le contenu de cette publication est sous l'entière responsabilité de ses auteurs. L'Union Européenne ne saurait être tenue pour responsable des utilisations qui pourraient être faites et des informations qu'elle contient

Table des matières

Table des matières	3
Liste des tableaux	4
Liste des figures	5
1. Introduction	6
2. Description de l'entreprise	6
3. Développement d'une nouvelle ligne de production comme centre logistique agro-industriel	7
4. Les ressources en biomasse disponibles	7
5. Marché potentiel de la bioénergie	9
6. Evaluation technique des installations	13
6.1. Réduction de la taille des fragments	13
6.2. Séchage	14
6.3. Broyage et granulation	14
6.4. Stockage	14
6.5. Production de chaleur	14
6.6. Capacité maximum pour le centre logistique.....	14
7. Etude de faisabilité pour la nouvelle ligne de production comme centre logistique agro-industriel	15
7.1. Evaluation de la qualité des agro-granulés	15
7.2. Evaluation économique	18
7.2.1. <i>Coûts d'investissement</i>	18
7.2.2. <i>Coûts d'acquisition de la matière première</i>	18
7.2.3. <i>Coûts de prétraitement</i>	19
7.2.4. <i>Coûts du personnel et autres coûts</i>	20
7.2.5. <i>Coûts de production</i>	20
7.2.6. <i>Prix de revient, bénéfices et revenus</i>	21
7.2.7. <i>Bénéfice total</i>	22
7.3. Evaluation du risque.....	22
7.4. Evaluation de l'impact social	24
7.5. Evaluation environnementale	26
8. Conclusion	27

Liste des tableaux

Table 1: Propriétés des ressources agricoles disponibles pour la production d'agro-granulés.....	9
Table 2: Propriétés des ressources non-agricoles disponibles pour la production d'agro-granulés mixtes sur la coopérative.....	9
Table 3: Les différents types d'agro-combustibles solides consommés sur le territoire de Luzéal-Saint Rémy.....	12
Table 4: Exigences de qualité pour trois types de biocombustibles.....	16
Table 5: Qualité des possibles matières premières et références issues de la norme ISO 17225 – 6.....	17
Table 6: Coûts liés aux matières premières à acquérir pour produire des agro-granulés de casse A.....	19
Table 7: Coûts liés aux matières premières à acquérir pour produire des agro-granulés de casse B.....	19
Table 8: Coûts de production d'un agro-granulé de classe A en fonctions des différents scenarii.....	20
Table 9: Coûts de production d'un agro-granulé de classe B en fonctions des différents scenarii.....	21
Table 10: Coût de revient, bénéfice et revenus des agro-granulés de classe A en fonction des différents scenario.....	21
Table 11: Coût de revient, bénéfice et revenus des agro-granulés de classe B en fonction des différents scenario.....	22
Table 12: Bénéfice total pour le scénario MPS-A.....	22
Table 13: Principales propriétés liées à la qualité et prix des produits concurrents..	23
Table 14: propriétés liées à la qualité du produit et prix estimés	23
Table 15: Stockage nécessaire pour la même consommation d'énergie en fonction des différents produits proposés et concurrents.....	24
Table 16: Impacts et indicateurs à évaluer lors de l'étude.....	25

Liste des figures

Figure 1: Situation géographique du site de Saint-Rémy (Luzéal-Saint Rémy) (Source: Google maps).	6
Figure 2: Tonnages et types de ressources disponibles sur un rayon de 30 km autour de Luzéal-Saint Rémy.	7
Figure 3 : Distribution des énergies renouvelables en France (source SOeS).	10
Figure 4: Chaudières à biomasse autour de Luzéal-Saint Rémy (Source : UCFF-GCF).....	11
Figure 5: Activités utilisant des chaudières biomasse autour de Luzéal-Saint Rémy (Source : UCFF-GCF).	11
Figure 6: Types de chaudières et part de la consommation totale (Source: UCFF-GCF).....	12
Figure 7: Diagramme des flux de la ligne actuelle de production de granulés.....	13

1. Introduction

Ce document contient une description du contexte de l'étude réalisée pour la coopérative Luzéal-Saint Rémy ainsi qu'une évaluation de la capacité technico-économique qu'a cette agro-industrie à devenir un centre logistique de la biomasse en complément de ses activités usuelles. Outre les données obtenues lors des différentes phases de l'étude (tâche 4.2, 4.3, 4.3, 4.5 du projet), les données exposées dans le présent document ont été collectées par l'UCFF et Services Coop de France à travers des entretiens réalisés avec le directeur de l'entreprise et ses parties prenantes. Ces informations constituent le support de ce rapport.

L'objectif de cette étude est d'étudier la pertinence de développer une nouvelle activité durable de valorisation des coproduits agricoles régionaux pour la bioénergie par Luzéal-Saint Rémy, en tant que centre logistique.

2. Description de l'entreprise

Luzéal-Saint Rémy est une coopérative majeure en France dans le secteur de la déshydratation de fourrages, issue de la fusion récente de deux coopératives, Alfaluz et Euroluz. Elle rassemble plus de 2 000 associés coopérateurs, principalement dans la Marne et les Ardennes, et emploie plus de 150 salariés. Cette coopérative est répartie sur cinq sites situés en Champagne-Ardenne. Le site de Saint-Rémy-sur-Bussy (51600), sur la Route de la Croix en Champagne, est le centre démonstrateur engagé dans le projet SUCELLOG (Figure 1) et est représenté par le directeur de site, Hugues du Breuil.

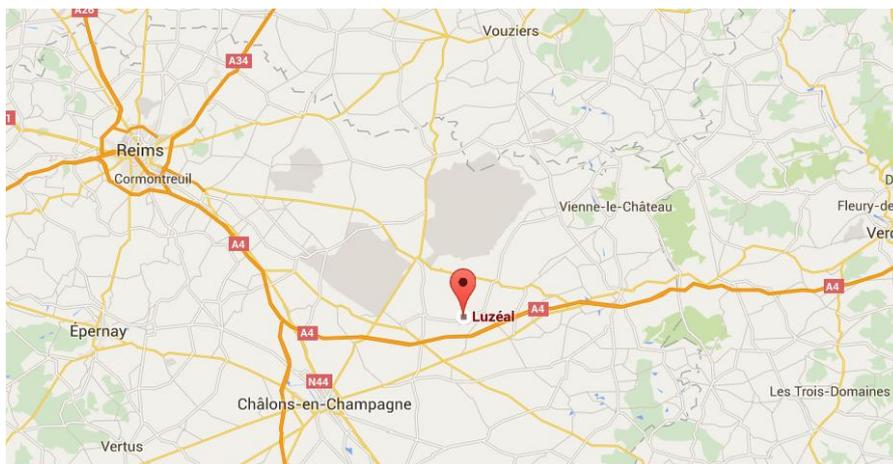


Figure 1: Situation géographique du site de Saint-Rémy (Luzéal-Saint Rémy) (Source: Google maps).

Le site de Saint-Rémy-sur-Bussy produit actuellement des aliments pour bétails, plus particulièrement :

- Des granulés et balles de luzerne (de avril à octobre) ;
- Des granulés de pulpes de betterave (de septembre à octobre) ;
- Des granulés de maïs (septembre).

3. Développement d'une nouvelle ligne de production comme centre logistique agro-industriel

Luzéal-Saint Rémy est intéressée pour démarrer une nouvelle ligne de production comme centre logistique de la biomasse, produisant et commercialisant, à terme, 10 000 tonnes de granulés produites à partir de coproduits agricoles, principalement de la paille de céréales. A ces coproduits pourront s'ajouter du miscanthus, de la sciure de bois ou des plaquettes forestières, permettant d'optimiser la qualité du produit et de proposer des agro-granulés standardisés.

Démarrer cette nouvelle activité permettrait à la coopérative de réduire ses coûts fixes en valorisant les équipements déjà existants. La part des associés pourra être ainsi valorisée. La coopérative utilisera ses installations actuelles pendant la période creuse d'activité s'étendant du 1^{er} novembre au 30 avril, période incluant 6 semaines nécessaires de maintenance ainsi que deux semaines de congés durant la période de Noël.

4. Les ressources en biomasse disponibles

La tâche 4.2 du projet SUCELLOG a permis d'évaluer les sources en biomasse disponibles pour l'approvisionnement de la nouvelle activité, dans un rayon de 30 km autour de la coopérative, ainsi que les utilisations compétitives existantes. Les résultats de l'étude ont confirmé la présence d'un important gisement de coproduits agricoles (après avoir considéré les utilisations compétitives et la nécessité d'un retour au sol) disponible pour la production d'agro-combustibles solides (figure 2).

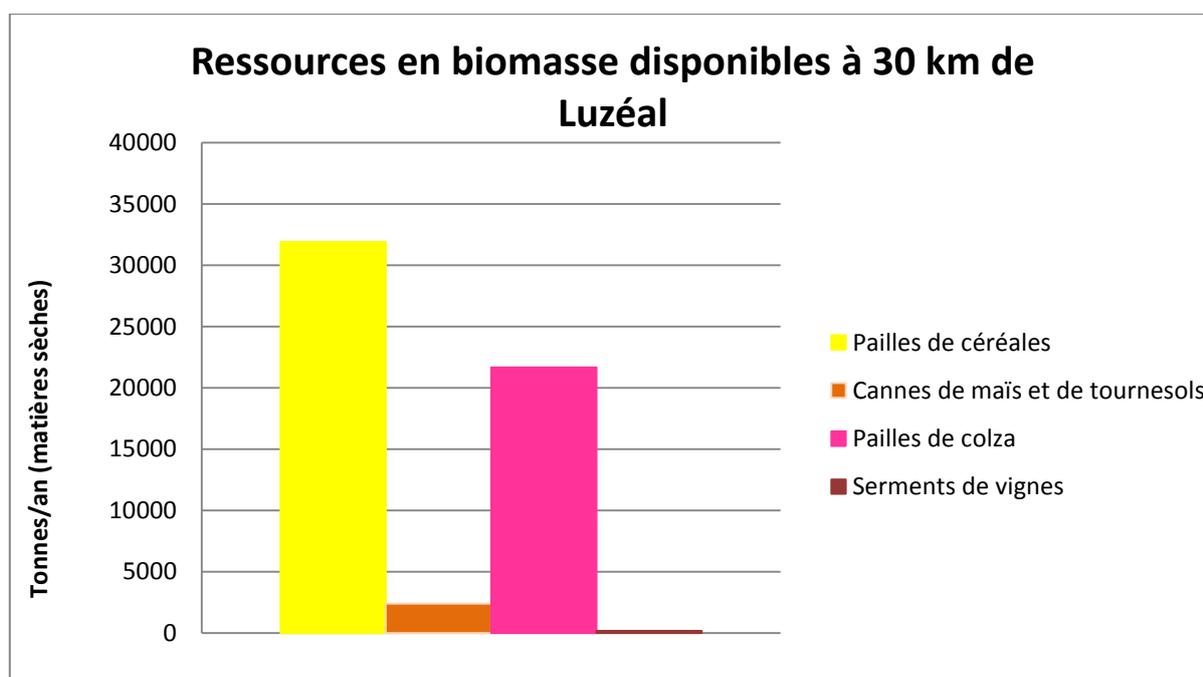


Figure 2: Tonnages et types de ressources disponibles sur un rayon de 30 km autour de Luzéal-Saint Rémy.

A partir de l'analyse de la figure ci-dessus et des entretiens réalisés avec les parties prenantes (exploitants agricoles et opérateurs logistiques), il a pu être conclu que :

- Les cannes de maïs ne constituent pas une ressource largement disponible. Leur sortie du champ est peu courante (difficultés à travailler sur un sol humide en novembre). C'est pourquoi cette ressource ne sera pas considérée comme une matière première pour la production d'agro-combustibles solides. En France, les rafles de maïs sont principalement utilisées comme abrasifs et ne seront pas étudiées afin de ne pas déstructurer de filières existantes. La ressource la plus pertinente à prendre en compte pour limiter les risques de rupture d'approvisionnement sont les pailles de céréales.
- La quantité de bois de tailles issue des vignobles de Champagne est marginale, de par l'absence de chaîne logistique organisée de collecte de ces bois. C'est pourquoi ils ne seront pas considérés comme une ressource disponible pour le centre logistique.
- Les céréales sont largement disponibles et la logistique induite est optimisée. Ils seront étudiés, par la suite, comme une ressource potentielle, bien que les variations annuelles de prix de la matière première soient importantes.
- Les pailles de colza peuvent également être considérées comme une matière première intéressante pour le projet, constituant un gisement de plus de 20 000 tonnes par an de matière sèche. Ces pailles sont toutefois généralement utilisées comme matière organique laissée au champ à des fins agronomiques. Leur extraction peut présenter un risque dans le cas où le coût de rachat de la matière ne couvrirait pas le prix de compensation des nutriments enlevés au sol. Dans l'étude de gisement, 50 % des pailles de colza sont ainsi considérées comme disponibles pour le projet.
La collecte des pailles de colza doit être réalisée simultanément à la collecte des graines, opérations rarement réalisées à la même période¹. Ce procédé entraîne une diminution du rendement de récolte (plus de temps est nécessaire pour la même production de graines), représentant un risque pour contractualiser avec les exploitants agricoles.
De par les raisons précisées ci-avant, et bien que cette ressource soit largement présente dans la région, le directeur de la coopérative ne juge pas opportun d'utiliser cette matière première. Elle ne sera pas considérée dans le cadre de ce projet.

C'est pourquoi seules les pailles de céréales seront étudiées. Les quantités disponibles, le taux d'humidité (masse d'eau/masse totale), les mois de production et les coûts d'acquisition, incluant le transport, sont présentés en table 1.

¹ Classiquement, la récolte de la paille de colza est réalisée juste sous l'inflorescence. Pour récolter la paille pour le centre logistique, la coupe doit être effectuée à une hauteur inférieure afin de collecter un tonnage plus important de pailles. Toutefois, les parties basses de la plante sont plus humides, rallongeant le temps de travail lors de la récolte.

Table 1: Propriétés des ressources agricoles disponibles pour la production d'agro-granulés

Type de ressources	Quantité disponible	Taux d'humidité	Mois de collecte	Coût d'acquisition
	t/an	% matière humide		€/t (transport inclus, TVA non incluse)
Paille de céréales	32 000	15	Juillet	67-95 (balles)

Comme mentionné précédemment, le prix de la paille varie de façon importante. Celui proposé ici correspond au matériel en balle classique. En cas d'acquisition de matière première en balle avec une longueur du brain plus faible, 15 €/t doivent être ajoutés. Dans l'étude de faisabilité ci-après, un prix de 75 €/t sera considéré ; ce prix semble réaliste, sous contrat, en France.

Outre les coproduits agricoles, la coopérative Luzéal-Saint Rémy souhaite inclure le miscanthus dans l'étude comme une possible source de biomasse mélangée à la paille, cette matière première étant produite par les associés coopérateurs de Luzéal-Saint Rémy. La production de cette culture a été initiée en Champagne lors du lancement de fortes politiques énergétiques en faveur des cultures énergétiques mais ne trouve pas aujourd'hui les débouchés espérés. La disponibilité actuelle est de 4 400 tonnes par an.

Les prix et disponibilités de la sciure de bois issue de feuillus et de conifères dans la région ont été étudiés, ainsi que ceux des plaquettes de bois à partir d'un mélange d'essences feuillus et conifères. Ces matières premières de haute qualité peuvent être nécessaires afin d'augmenter les propriétés de la paille, selon la qualité du produit recherchée. Leurs taux d'humidité, les mois de production et les prix sont présentés en Table 2.

Table 2: Propriétés des ressources non-agricoles disponibles pour la production d'agro-granulés mixtes sur la coopérative.

Type de ressources	Taux d'humidité	Mois de collecte	Coût d'acquisition
	% matière humide		€/t (transport inclus, TVA non incluse)
Miscanthus	10	Avril	110 (vrac)
Sciures de feuillus	45	Toute l'année	40 (vrac)
Sciures de conifères	48	Toute l'année	50 (vrac)*
Plaquettes forestières	38	Toute l'année	64 (vrac)

*Les prix peuvent varier de façon importante d'une année à l'autre.

5. Marché potentiel de la bioénergie

La tâche 4.3 du projet SUCELLOG a conduit à l'évaluation du marché de la bioénergie.

Bien que la France soit quasiment autosuffisante en matière de production d'électricité (principalement d'origine nucléaire), le pays est fortement dépendant des

énergies fossiles pour le chauffage et le transport. Afin de promouvoir la chaleur issue de sources renouvelables, la France a créé en 2009 le *Fond Chaleur*. Ces fonds ont été doublés pour la période 2015-2017 (420 millions d'euros) et ont permis le soutien de 2 911 projets entre 2009 et 2013, dont plus de 600 projets biomasse dans l'industrie, l'agriculture et le secteur des services, pour une production annuelle supérieure à 1 362 501 tep (tonnes équivalent pétrole) (septembre 2014).

Actuellement, la biomasse est la source d'énergie renouvelable la plus utilisée dans le pays (45 % de la consommation, en deuxième position en Europe après l'Allemagne).

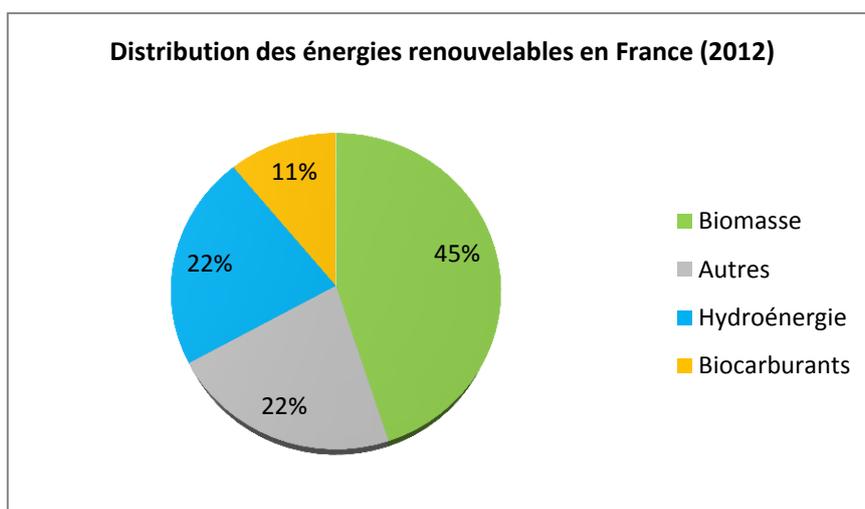


Figure 3 : Distribution des énergies renouvelables en France (source SOeS).

Selon le Plan d'Action National pour les énergies renouvelables, le chauffage issu de biomasse devrait atteindre, en 2020, 69,5 % du chauffage originaire d'énergies renouvelables ([Source: Ademe](#)). Le secteur de la bioénergie issue de combustibles solides repose principalement sur le bois (plaquettes forestières et coproduits des scieries).

Le marché des agro-granulés en France est restreint. Aucune donnée officielle n'est publiée sur la question et seules quelques expériences pilotes ont été lancées.

En Champagne-Ardenne, seulement quelques projets consommant des balles de pailles ont été identifiés et aucun consommateur d'agro-granulés. Jusqu'à présent, l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie) et les collectivités territoriales favorisaient l'utilisation de la biomasse forestière. Pour ce là, le marché du granulé bois est fortement développé, principalement promu par les particuliers.

Les caractéristiques techniques des chaudières à granulés-bois (à l'exception de la chaudières poly-combustible) ne permettent pas l'utilisation d'un agro-granulé. C'est pourquoi, dans le cas des agro-granulés produits par Luzéal-Saint Rémy, les principaux consommateurs ciblés seront les chaudières industrielles. Elles peuvent

généralement accepter un large panel de biomasse. Toutefois, des tests permettant de caractériser le comportement en combustion des agro-granulés dans des chaudières de forte capacité devront être réalisés.

Le projet a identifié une quarantaine de chaudières dans un rayon de 50 km autour de Luzéal-Saint Rémy, pour une production estimée à plus de 150 000 tonnes par an, principalement de plaquettes forestières (Figure 4). La majorité de ces chaudières est installée dans des bâtiments d'intérêt collectif (écoles, hôpitaux etc.) (Figure 5).

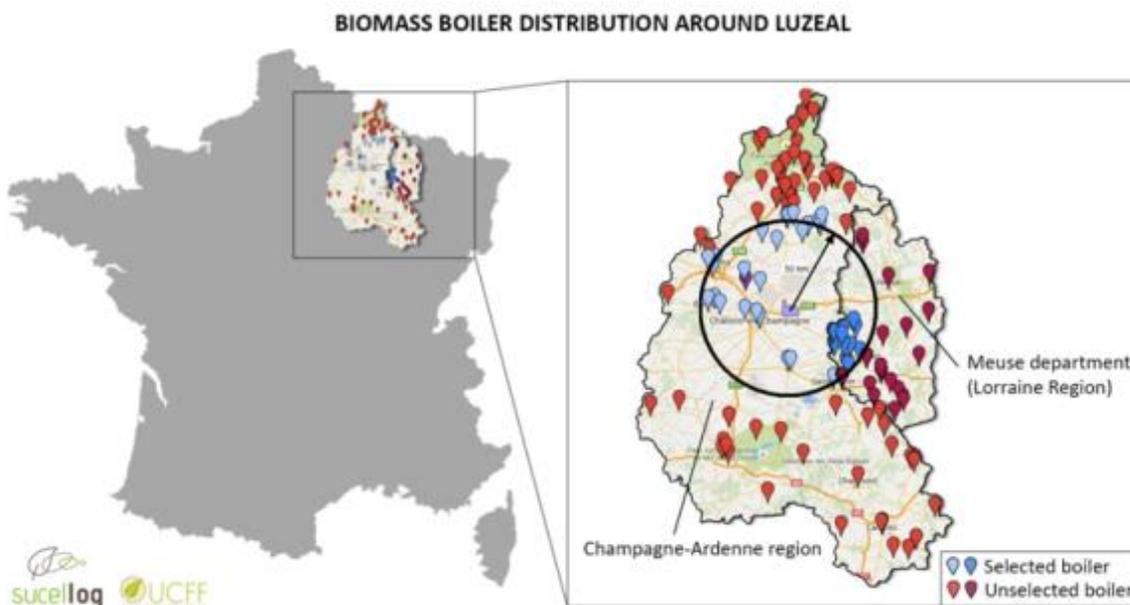


Figure 4: Chaudières à biomasse autour de Luzéal-Saint Rémy (Source : UCFF-GCF).

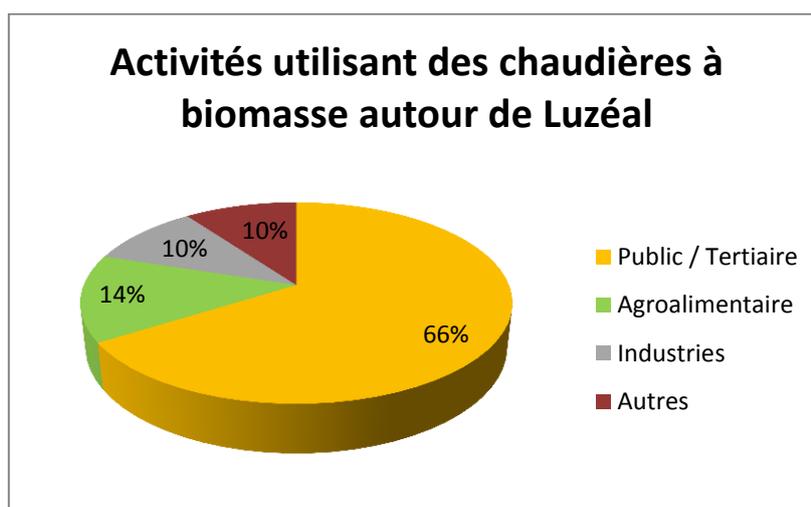


Figure 5: Activités utilisant des chaudières biomasse autour de Luzéal-Saint Rémy (Source : UCFF-GCF).

Parmi ces 40 chaudières biomasse, le projet se concentrera sur les 15 % consommant 79 % de l'énergie (Figure 6). La figure ci-dessous présente quatre classes de chaudières en fonction de leur consommation en biomasse (A, B, C, D) et de leur contribution à la consommation totale d'énergie de ces chaudières.

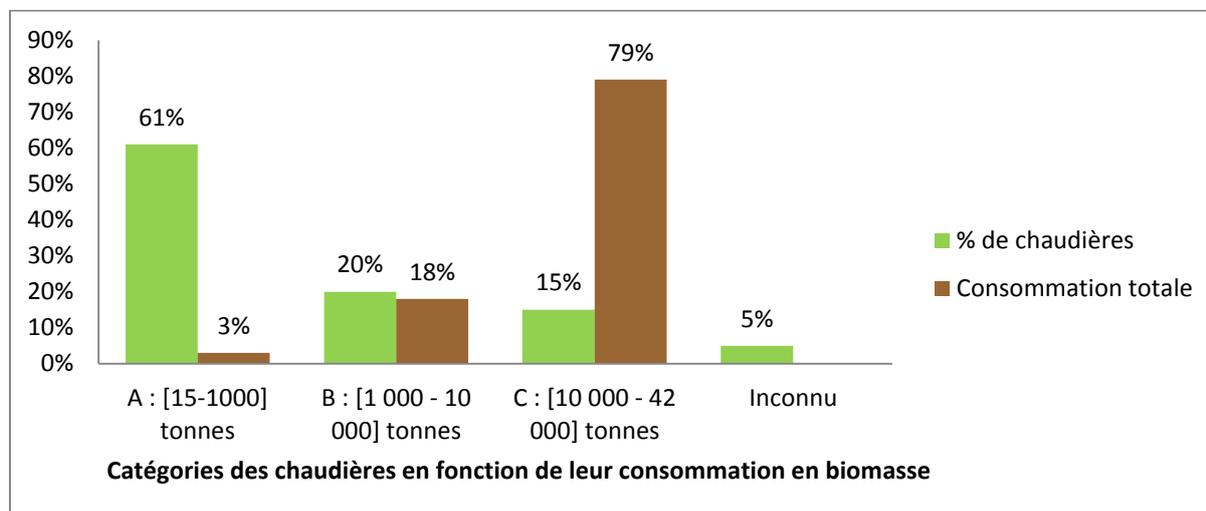


Figure 6: Types de chaudières et part de la consommation totale (Source: UCFF-GCF).

Certaines entreprises françaises productrices de chaleur (principaux gestionnaires des chaudières industrielles françaises) pourraient être intéressées pour consommer des agro-granulés, d'après les entretiens menés, si leurs critères de qualité sont respectés (taux de cendre, émissions, comportement en combustion) et si le produit proposé est compétitif d'un point de vue économique.

Les différents agro-combustibles solides utilisés dans la région et pouvant être considérés comme des utilisations compétitives pour le produit proposé sont présentés en table 3.

Table 3: Les différents types d'agro-combustibles solides consommés sur le territoire de Luzéal-Saint Rémy.

Type de combustible	Coût d'acquisition	Taux d'humidité	Prix
	€/t (transport inclus, TVA non incluse)	% matière humide	€/MWh
Plaquettes forestières	100	38	33
Granulés bois	250	10	50-60
Agro-granulés Calys ²	175	10	37

² Les agro-granulés Calys sont considérés comme des granulés de haute qualité.

6. Evaluation technique des installations

L'évaluation technique sera réalisée à partir des composants logistiques nécessaires pour le déploiement de la nouvelle ligne de production. Les deux lignes actuelles de production de granulés de luzerne peuvent être utilisées pour la fabrication d'agro-combustibles. La **Figure 7** présente le diagramme des flux des installations actuelles pour la production de granulés de luzerne et met en évidence les équipements utilisés pour la nouvelle ligne de production. Des détails complémentaires sont fournis dans les sections suivantes.

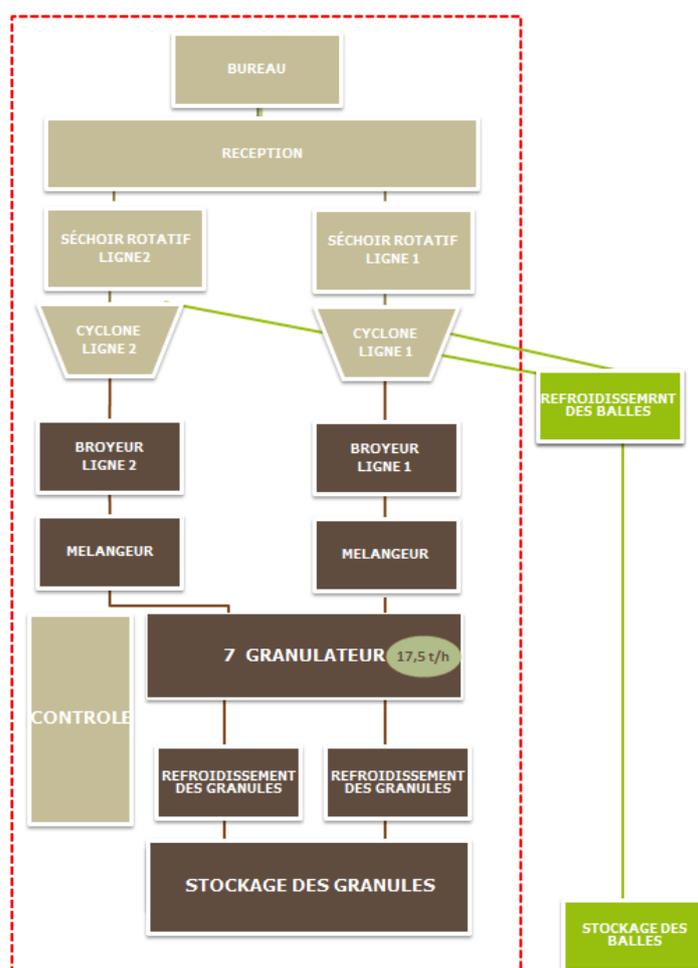


Figure 7: Diagramme des flux de la ligne actuelle de production de granulés

6.1. Réduction de la taille des fragments

Le site de LUZEAL à Saint-Rémy ne possède pas, actuellement, d'équipement lui permettant de réduire la taille de la biomasse, la luzerne arrivant à la coopérative sous un format adéquat à son traitement, ne nécessitant pas d'étape de coupe supplémentaire. Comme centre logistique, il sera nécessaire de réduire la taille des brins de pailles et des plaquettes forestières. Un broyeur à bol est disponible, non utilisé, sur un autre site de la coopérative et pourrait être installé à Saint-Rémy, spécialement dédié à cette activité.

6.2. Séchage

La coopérative sur son site de Saint-Rémy possède deux séchoirs utilisés pour la déshydratation de la luzerne, un par ligne de production. Il sera supposé par la suite qu'il n'est pas nécessaire de sécher les pailles de céréales dans le centre logistique, puisqu'elles sont habituellement laissées sur le sol avant leur collecte et sèchent ainsi naturellement jusqu'à atteindre 15 % d'humidité. Un séchage supplémentaire aura lieu durant la période de stockage. Le miscanthus ne nécessite également pas de séchage. Les sciures de bois et les plaquettes forestières sont les seules matières premières nécessitant cette étape supplémentaire avant granulation.

6.3. Broyage et granulation

La coopérative sur son site de Saint-Rémy possède deux équipements de broyage et sept unités de granulation identiques pour le travail de la luzerne. Ces mêmes équipements peuvent être utilisés pour la production d'agro-granulés.

6.4. Stockage

La coopérative sur son site de Saint-Rémy possède différentes zones de stockages disponibles pour le développement de la nouvelle activité. Les capacités sont limitées si l'on considère à la fois le stockage et des pailles et des granulés. L'acquisition de nouveaux silos ou de nouvelles zones de stockage n'étant pas prévue, le stockage au champ et la production sur demande doivent être favorisés.

6.5. Production de chaleur

La société sur son site de Saint-Rémy possède deux fours dédiés aux procédés de déshydratation, l'un utilisant du charbon et chauffant la ligne 1, le second fonctionnant avec un mélange de charbon et de miscanthus en vrac utilisé pour la ligne 2.

6.6. Capacité maximum pour le centre logistique

La capacité maximale de chaque ligne de production pour la luzerne est de 17,5 t/h. Ces lignes de production ne fonctionnent pas sur un rendement identique avec une autre matière première (différences de structure de la fibre et de densité).

Selon le responsable technique des lignes de production, la capacité, pour différents types de matière première pourraient atteindre :

- 14 t/h pour la paille de céréales ;
- 14 t/h pour le miscanthus ;
- 8 t/h pour le bois.

Ces données seront utilisées dans la suite du document pour l'étude de faisabilité.

7. Etude de faisabilité pour la nouvelle ligne de production comme centre logistique agro-industriel.

L'entreprise est intéressée pour lancer une nouvelle activité comme centre logistique de biomasse produisant 10 000 tonnes par an d'agro-granulés mixtes à vendre sur le marché. Afin de démarrer cette nouvelle activité, il est essentiel d'évaluer la faisabilité et la durabilité technique et économique du procédé ainsi proposé.

Une appréciation de la qualité du produit est nécessaire afin de vérifier l'adéquation entre la qualité de la matière première et les standards (ISO 17225-6). Cette étape sera détaillée dans les prochaines sections.

7.1. Evaluation de la qualité des agro-granulés

Il est nécessaire d'évaluer la qualité de l'agro-combustible produit par l'entreprise.

Le standard international ISO 17225 est la norme de référence actuelle pour tous les combustibles issus de biomasse solide :

- ISO 17225 – 1 : Exigences générales ;
- ISO 17225 – 2 : Classes de granulés de bois ;
- ISO 17225 – 3 : Classes de briquettes de bois ;
- ISO 17225 – 4 : Classes de plaquettes de bois ;
- ISO 17225 – 5 : Classes de bois de chauffage ;
- ISO 17225 – 6 : Classes de granulés non ligneux ;
- ISO 17225 – 7 : Classes de briquettes non ligneuses.

Les chaudières sont adaptées à un type précis de biocombustibles. C'est pourquoi, les chaudières ou les poêles à granulés bois ne peuvent accepter que des granulés bois ISO 17225 – 2 de classe A1. L'utilisation d'un autre type de combustible peut entraîner la perte de la garantie constructeur.

Cette étude utilisera la norme ISO 17225 – 6 pour la qualité du combustible mais également les normes ISO 17225 – 4 et ISO 17225 – 2 afin de comparer cette qualité à d'autres biomasse disponibles sur le marché. Ces exigences de qualité sont présentées en Table 4.

Table 4: Exigences de qualité pour trois types de biocombustibles

ISO 17225	Granulés bois ISO 17225-2 A1	Granulés bois ISO 17225-2 A2	Granulés bois ISO 17225-2 B	Plaquette ISO 17225-4 A1	Plaquette ISO 17225-4 A2	Plaquette ISO 17225-4 B	AGROGRANULÉS ISO 17 225-6 A	AGROGRANULÉS ISO 17 225-6 B
Taux d'humidité (%)	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10 ≤ 25	≤ 10	À préciser	≤ 12	≤ 15
PCI (kWh/kg) à 10 % d'humidité	≥ 4,6	≥ 4,6	≥ 4,6	À préciser	≥ 4,6	À préciser	≥ 4	≥ 4
Taux de cendre (%MS)	≤ 0,7	≤ 1,2	≤ 2	≤ 1	≤ 1,5	≤ 3	≤ 6	≤ 10
N (%MS)	≤ 0,3	≤ 0,5	≤ 1	-	-	≤ 1	≤ 1,5	≤ 2
S (%MS)	≤ 0,03	≤ 0,05	≤ 0,05	-	-	≤ 0,1	≤ 0,2	≤ 0,3
Cl (%MS)	≤ 0,02	≤ 0,02	≤ 0,03	-	-	≤ 0,05	≤ 0,1	≤ 0,3
As (mg/kg)	≤ 1	≤ 1	≤ 1	-	-	≤ 1	≤ 1	≤ 1
Cd (mg/kg)	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5	-	-	≤ 2,0	≤ 0,5	≤ 0,5
Cr (mg/kg)	≤ 10	≤ 10	≤ 10	-	-	≤ 10	≤ 50	≤ 50
Cu (mg/kg)	≤ 10	≤ 10	≤ 10	-	-	≤ 10	≤ 20	≤ 20
Pb (mg/kg)	≤ 10	≤ 10	≤ 10	-	-	≤ 10	≤ 10	≤ 10
Hg (mg/kg)	≤ 0,1	≤ 0,1	≤ 0,1	-	-	≤ 0,1	≤ 0,1	≤ 0,1
Ni (mg/kg)	≤ 10	≤ 10	≤ 10	-	-	≤ 10	≤ 10	≤ 10
Zn (mg/kg)	≤ 100	≤ 100	≤ 100	-	-	≤ 100	≤ 100	≤ 100
Température de contraction (°C)	À préciser	À préciser	À préciser	-	-	-	À préciser	À préciser
Température de déformation (°C)	À préciser	À préciser	À préciser	-	-	-	À préciser	À préciser
Température d'hémisphère (°C)	À préciser	À préciser	À préciser	-	-	-	À préciser	À préciser
Température de fusion (°C)	À préciser	À préciser	À préciser	-	-	-	À préciser	À préciser

La comparaison des différentes qualités des matières premières avec la norme ISO 17225-6 est essentielle. Il est ainsi nécessaire d'identifier en amont les possibles facteurs pouvant limiter l'utilisation de biomatériaux pour la production d'agro-combustibles certifiés. Des échantillons représentatifs des possibles matières premières ont été collectées par Luzéal-Saint Rémy et envoyées à RAGT afin d'en analyser le taux de cendre, le PCI et les taux de chlore, azote et soufre.

Une comparaison avec la base de données de RAGT a démontré que les caractéristiques chimiques des échantillons se placent entre les valeurs limites généralement observées par RAGT. Toutefois, les taux de soufre et de chlore contenus par la paille sont particulièrement bas par rapport aux valeurs moyennes de la norme ISO 17225-1. C'est pourquoi, dans cette étude, une valeur minimum et une valeur maximum de taux de cendre et de soufre, issues de la base de RAGT, feront l'objet d'analyse dans les différents scénarii.

Table 5 présente les différentes propriétés en termes de qualité de la paille de céréales, du bois et du miscanthus, comparées aux lignes directrices de la norme. La nécessité de proposer un mélange incluant du bois ou du miscanthus afin d'augmenter la qualité du granulé sera étudiée.

Table 5: Qualité des possibles matières premières et références issues de la norme ISO 17225 – 6.

Cas Français - Luzéal-Saint Rémy	Pailles de céréales			Miscanthus			Bois		AGROGRANULÉS ISO 17 225-6 A	AGROGRANULÉS ISO 17 225-6 B
	source de la donnée	Base de données RAGT		Echantillon Luzéal-Saint Rémy	Echantillon Luzéal-Saint Rémy	Valeur ISO 17225	Sciure : échantillon Luzeal	Plaquettes: ISO 17225-4		
		Min.	Max.	Moyenne	Valeur	Valeur	Valeur	Valeur		
Taux d'humidité (%)	8,69	12,60	5,00	9,80	8,30	10,00	6,57	35,00	≤ 12	≤ 15
PCI (kWh/kg) à 10 % d'humidité	4,23	4,39	4,33	4,28	4,40	4,34	4,54	4,43	≥ 4	≥ 4
Taux de cendre (%MS)	2,94	8,20	5,00	5,61	2,86	4,00	1,37	3	≤ 6	≤ 10
N (%MS)	0,41	4,16	0,80	0,54	0,25	0,70	0,14	1	≤ 1,5	≤ 2
S (%MS)	0,08	0,14	0,30	0,09	0,02	0,20	0,02	0,1	≤ 0,2	≤ 0,3
Cl (%MS)	0,04	0,24	0,40	0,13	0,02	0,20	0,01	0,05	≤ 0,1	≤ 0,3
As (mg/kg)	0,10	1,00	-	-	-	-	-	-	≤ 1	≤ 1
Cd (mg/kg)	0,40	0,48	-	-	-	-	-	-	≤ 0,5	≤ 0,5
Cr (mg/kg)	1,00	14,80	-	-	-	-	-	-	≤ 50	≤ 50
Cu (mg/kg)	3,20	10,00	-	-	-	-	-	-	≤ 20	≤ 20
Pb (mg/kg)	0,50	5,41	-	-	-	-	-	-	≤ 10	≤ 10
Hg (mg/kg)	0,10	0,10	-	-	-	-	-	-	≤ 0,1	≤ 0,1
Ni (mg/kg)	1,50	4,80	-	-	-	-	-	-	≤ 10	≤ 10
Zn (mg/kg)	7,40	38,40	-	-	-	-	-	-	≤ 100	≤ 100
Température de fusion des cendres (°C)	907	1066							A préciser	A préciser

Ainsi :

- Des agro-granulés de classe ISO 17225-6 A ne peuvent pas être produits à partir de 100 % de pailles de céréales, les taux de cendres et de chlore étant trop importants, supérieurs aux limites imposées par la norme. La seule manière de produire un agro-granulés de classe ISO 17225-6 A est d'utiliser un mélange contenant des matières premières aux taux de cendres et de chlore inférieurs.
- En considérant les différentes matières premières pouvant être ajoutées à la paille (sciure de bois, plaquettes forestières, miscanthus), un maximum de 60 % de pailles de céréales est envisageable pour atteindre la qualité de classe A. Les autres matières premières (miscanthus, sciures et plaquettes) peuvent compter pour 40 % de la matière première du produit final.
- Afin de satisfaire à la norme ISO 17225 – 6 B, 100 % de pailles de céréales peuvent être utilisées. Tous ces paramètres liés à la qualité seront étudiés dans l'évaluation économique, afin de proposer les scénarii les plus pertinents à développer.

7.2. Evaluation économique

Une évaluation des coûts d'investissement, des coûts d'acquisition des coproduits agricoles et autres matières premières, du coût du prétraitement, des coûts liés au personnel et des coûts annexes doit être réalisée. Le revenu issu de la vente du produit sera également évalué afin de déterminer le possible profit envisageable par unité de vente et le profit global.

Cette étude de faisabilité ne prend en compte que les activités liées à la nouvelle ligne de production

7.2.1. Coûts d'investissement

Les pailles de céréales peuvent être achetées déjà hachées, sans besoin supplémentaire de réduction de la taille des fragments. Toutefois, si ces matières premières aux brins recoupés ne sont pas disponibles, l'utilisation d'un bol hacheur, un équipement appartenant à la coopérative, situé sur un autre site, est nécessaire.

Cet équipement doit être transporté et installé sur le site du centre logistique. Cette opération est estimée à 100 000€, devant être remboursés sur 4 ans, selon la demande de Luzéal-Saint Rémy. Ce même équipement peut être utilisé pour les plaquettes forestières.

7.2.2. Coûts d'acquisition de la matière première

Les coproduits agricoles nécessaires à la nouvelle ligne de production seront achetés auprès des exploitants agricoles et des entreprises de négoce de pailles situées à proximité de la coopérative (maximum 30 km)

Selon les propriétés liées à la qualité (section 7.1), la production de 5 types d'agro-granulés peut être envisagée. Les 5 scénarii suivant seront étudiés :

- Scenario **MPM-A**: Production d'un granulé mixte pailles de céréales (60 %) et miscanthus (40 %) de classe A.
- Scenario **MPS-A**: Production d'un granulé mixte pailles de céréales (60 %) et sciure de bois (40 %) de classe A.
- Scenario **MPB-A**: Production d'un granulé mixte pailles de céréales (60 %) et de bois (40 %) de classe A.
- Scenario **MPMS-A**: Production d'un granulé mixte pailles de céréales (50 %), miscanthus (25 %) et sciure de bois (25 %) de classe A. Ce scénario a été proposé par la coopérative.
- Scenario **SP-B**: production d'un granulé pailles de céréales (100 %) de classe B.

La Table 6 présente le coût total, incluant le coût lié au transport jusqu'au centre logistique. Afin d'atteindre le tonnage prédéfini de produit final, la quantité de matière

première utilisée doit être supérieure à la quantité finale de produit souhaitée, son taux d'humidité étant supérieur à celui de l'agro-granulé. La paille de céréales, le miscanthus, la sciure et les plaquettes forestières sont acquises à respectivement 15 %, 12 %, 45 % et 35 % d'humidité. Les granulés obtenus ont un taux d'humidité de 10 %. Les Table 6 et Table 7 présentent les quantités nécessaires de matière première pour chaque scénario et leurs coûts.

Table 6: Coûts liés aux matières premières à acquérir pour produire des agro-granulés de casse A.

Type de coproduits	Mélange	Quantité pour le produit final	Quantité de matière première	Prix à l'unité en incluant les coûts de transport, sans les taxes	Coûts totaux
	%	t	t	€/t	€
Scenario MPM-A					
Pailles de céréales	60	6 000	6 353	75	476 471
Miscanthus	40	4 000	4 091	110	450 000
Total		10 000	10 444		926 471
Scenario MPS-A					
Pailles de céréales	60	6 000	6 353	75	476 471
Sciure	40	4 000	6 545	50	327 273
Total		10 000	12 898		803 743
Scenario MPB-A					
Pailles de céréales	60	6 000	6 353	75	476 471
Plaquette forestière	40	4 000	5 538	64	354 462
Total		10 000	11 891		830 932
Scenario MPMS-A					
Pailles de céréales	50	5 000	5 294	75	397 059
Miscanthus	25	2 500	2 557	110	281 250
Sciure	25	2 500	4 091	50	204 545
Total		10 000	11 942		882 854

Table 7: Coûts liés aux matières premières à acquérir pour produire des agro-granulés de casse B.

Type de coproduits	Mélange	Quantité pour le produit final	Quantité de matière première	Prix à l'unité en incluant les coûts de transport sans les taxes	Coûts totaux
	%	t	t	€/t	€
Scenario SP-B					
Pailles de céréales (15 % d'humidité)	100	10 000	10 588	75	709 118
Total		10 000	10 588		709 118

7.2.3. Coûts de prétraitement

Les matières premières doivent être prétraitées avant d'être vendues comme agro-granulés. Ce prétraitement inclut la réduction de la taille des fragments, le séchage, le broyage et la granulation.

- Les pailles de céréales, acquises à 15 % d'humidité, n'ont pas besoin d'être séchées mais doivent être réduites avant le broyage et la granulation dans un broyeur à bol qui permettra également de déstructurer la balle.
- Le miscanthus est acquis à 10 % d'humidité et ne nécessite pas d'étape de séchage ou de réduction de taille, pouvant être utilisé directement dans le broyeur.
- La sciure et les plaquettes forestières, acquises respectivement à 45 % et 30-40 % d'humidité nécessitent un séchage amont afin d'atteindre 13 % d'humidité avant mélange avec la paille puis granulation. Les plaquettes forestières doivent être réduites avant le procédé de séchage dans le broyeur à bol.

7.2.4. Coûts du personnel et autres coûts

Pendant la période creuse, certains salariés sont envoyés sur d'autres usines afin de poursuivre leurs activités, alors que d'autres contrats saisonniers se terminent au début de cette période creuse. Le développement de cette nouvelle activité permettrait de préserver l'emploi des salariés de la coopérative, sur la même usine de production, tout l'année, et de promouvoir des postes à temps plein.

7.2.5. Coûts de production

Le coût de production est la somme :

- Du coût d'acquisition de la matière première ;
- Des coûts de prétraitement ;
- Des coûts liés au personnel et autres coûts.

Il représente le prix minimum auquel le produit peut être vendu afin de couvrir les dépenses engagées par l'entreprise. Les Table 8 et

Table 9 présentent les coûts de production des agro-granulés en fonction des différents scenarii.

Table 8: Coûts de production d'un agro-granulé de classe A en fonctions des différents scenarii.

Type de Scenariio	Quantité produite	Coût d'acquisition	Coûts de prétraitement	Coût de production
	t	€/t	€/t	€/t
MPM-A	10 000	93	55	148
MPS-A	10 000	80	61	141
MPB-A	10 000	83	67	150
MPMS-A	10 000	88	56	144

Table 9: Coûts de production d'un agro-granulé de classe B en fonctions des différents scenarii.

Type de Scenario	Quantité produite	Coût d'acquisition	Coûts de prétraitement	Coût de production
	t	€/t	€/t	€/t
SP-B	10 000	79	65	144

7.2.6. Prix de revient, bénéfices et revenus

Le coût de revient représente le prix minimum de vente en dessous duquel le produit ne génèrera aucun bénéfice. Il représente la somme du coût de production et les coûts d'investissement. Le coût d'investissement pour la réduction de taille des pailles et des plaquettes forestières doit être amorti en 4 ans. Cet investissement doit être considéré dans tous les scénarii. Le prix du stockage et du transport a été estimé à 10€/t avec des camions à fond mouvant.

Le revenu est la somme d'argent reçue lors de la vente du produit. Il varie en fonction du prix de vente. Comme le produit proposé par l'agro-industrie ne possède actuellement pas un véritable marché, une estimation a été réalisée en fonction des prix des produits concurrents en termes de qualité (PCI, densité vrac et taux de cendres), i.e. les agro-granulés Calys dans le cas de la classe A à 170 €/t. Il a été estimé que les agro-granulés de classe B ne pouvait pas être vendus à plus de 130 €/t.

La Table 10 et la Table 11 présentent le coût de revient, le bénéfice par unité et le revenu total pour les granulés de classe A et de classe B. Les données liées aux bénéfices permettent de conclure que seul le scénario MPB-A n'est pas réalisable d'un point de vue économique avec un bénéfice de -3 €/t. Les autres scénarios sont économiquement possible, le plus intéressant étant le scénario MPS-A avec un profit de 7 €/t.

Table 10: Coût de revient, bénéfice et revenus des agro-granulés de classe A en fonction des différents scenario.

Type de Scenario	Quantité produite	Coût d'amortissement	Coût de production	Coût de stockage	Coût de transport	Coût de revient	Prix de vente	Profit	Revenu total
	t	€/t	€/t	€/t	€/t	€/t	€/t	€/t	€/t
MPM-A	10 000	3	148	10	10	170	170	0	1 700 000
MPS-A	10 000	3	141	10	10	163	170	7	1 700 000
MPB-A	10 000	3	150	10	10	173	170	-3	1 700 000
MPMS-A	10 000	3	144	10	10	167	170	3	1 700 000

Table 11: Coût de revient, bénéfice et revenus des agro-granulés de classe B en fonction des différents scenario.

Type de Scenario	Quantité produite	Coût d'amortissement	Coût de production	Coût de stockage	Coût de transport	Coût de revient	Prix de vente	Profit	Revenu total
	t	€/t	€/t	€/t	€/t	€/t	€/t	€/t	€/t
SP-B	10 000	3	144	10	10	167	130	-37	1 300 000

7.2.7. Bénéfice total

Le scénario MPS-A étant le plus rentable, c'est le profit lié à ce scénario qui sera proposé (Table 12).

Table 12: Bénéfice total pour le scénario MPS-A.

		Année 1-4	A partir de l'année 5
Dépenses (€)	Coûts d'investissement	25 000	0
	Coûts d'acquisition	830 932	830 932
	Coûts de prétraitement	605 365	605 365
	Coûts de stockage	100 000	100 000
	Coûts de transport	100 000	100 000
Recettes (€)	Recettes des ventes	1 700 000	1 700 000
	Epargnes	0	0
Bénéfices (€)		63 703	65 892

7.3. Evaluation du risque

Le principal risque pour la nouvelle ligne est la production d'un produit ne répondant pas aux critères des consommateurs d'un point de vue qualitatif.

Bien qu'une évaluation théorique de la qualité ait été réalisée dans la partie 7.1, une analyse complémentaire proposant une comparaison avec les principaux produits concurrents est réalisée ci-après. Tous les produits disponibles ont été intégrés, incluant ceux non retenus lors de l'évaluation économique.

Comme précisé en partie 7.1, le prix du produit dépend de sa qualité. La comparaison réalisée ci-après n'est donc pas raisonnée uniquement en €/t mais également en €/kWh, incluant la nécessité d'un stockage induit. Les Tables 13 et 14 présentent les différents prix en fonction des données qualitatives.

Table 13: Principales propriétés liées à la qualité et prix des produits concurrents.

	Propriétés liées à la qualité			Prix		
	PCI (kWh/kg)	Densité vrac (kg/m ³)	Taux de cendres (%MS)	€/t Transport inclus, TVA non incluse	€/kWh	€/m ³
Plaquettes forestières	2,92	250	≤ 3	100	0,034	25
Granulés bois	4,80	650	≤ 0,7	250	0,052	163
Agro-granulés Calys	4,75	650	≤ 5	175	0,037	114

Table 14: propriétés liées à la qualité du produit et prix estimés

	Propriétés liées à la qualité			Prix		
	PCI (kWh/kg)	Densité vrac (kg/m ³)	Taux de cendres (%MS)	€/t Transport inclus, TVA non incluse	€/kWh	€/m ³
Granulé mixte pailles de céréales (60 %) et miscanthus (40 %) Scenario MPM-A	4,34	650	4,23	170	0,039	111
Granulé mixte pailles de céréales (60 %) et sciure de bois (40 %) Scenario MPS-A	4,39	650	3,63	163	0,037	106
Granulé mixte pailles de céréales (60 %) et de bois (40 %) Scenario MPB-A	4,35	650	4,28	173	0,040	112
Granulé mixte pailles de céréales (50 %), miscanthus (25 %) et sciure de bois (25 %) Scenario MPMS-A	4,38	650	3,63	167	0,038	109
Granulé pailles de céréales (100 %) Scenario SP-B	4,30	650	5,14	167	0,039	109

Les données économiques précédentes nous permettent de conclure que :

- Le granulé mixte 60 % pailles – 40 % sciure (scénario MPS-A) a un prix de 0,037 €/kWh, le plus compétitif par rapport aux autres scénarii. Le prix de la biomasse est compétitif par rapport aux granulés bois ou à une gamme similaire de granulés Calys. De plus, l'espace de stockage nécessaire pour alimenter une chaudière de 50 kW est cinq fois inférieur à celui relatif au stockage de plaquettes forestières (voir Table 15).
- Le prix du granulé 100 % paille n'est pas viable, son prix étant trop élevé pour un agro-granulé de classe B.

La qualité de la matière première est variable. La coopérative doit proposer un planning d'échantillonnage de ces matières afin d'éviter les problèmes de qualité lors du procédé de production. Par ailleurs, des tests préliminaires doivent être réalisés

sur plusieurs chaudières afin de valider la formule finale. Un ajout complémentaire d'additif peut être nécessaire pour éviter les problèmes de mâchefer.

Table 15: Stockage nécessaire pour la même consommation d'énergie en fonction des différents produits proposés et concurrents.

	Propriétés du combustible		Quantité nécessaire pour une chaudière de 50 kW (90 000 kWh / an)			
	PCI (kWh/kg)	Densité Vrac (kg/m ³)	t	m ³	Facteur de charge (%)	m ³ final nécessaire
Plaquettes forestières	2,92	250	31	123	60 %	205
Granulés bois	4,80	650	19	29	85 %	34
Agro-granulés Calys	4,75	650	19	29	85 %	34
Granulé mixte pailles de céréales (60 %) et miscanthus (40 %) Scenario MPM-A	4,34	650	21	32	85 %	38
Granulé mixte pailles de céréales (60 %) et sciure de bois (40 %) Scenario MPS-A	4,39	650	21	32	85 %	37
Granulé mixte pailles de céréales (60 %) et de bois (40 %) Scenario MPB-A	4,35	650	21	32	85 %	37
Granulé mixte pailles de céréales (50 %), miscanthus (25 %) et sciure de bois (25 %) Scenario MPMS-A	4,38	650	21	32	85 %	37
Granulé pailles de céréales (100 %) Scenario SP-B	4,30	650	21	32	85 %	38

7.4. Evaluation de l'impact social

L'évaluation de l'impact social permet d'analyser, de contrôler et de gérer les conséquences sociales prévisibles et non prévisibles, positives ou négatives, liées au démarrage d'une nouvelle activité, que ce soit au niveau des interventions planifiées (politiques, programmation, plans, projets) ou des changements sociaux provoqués par ces interventions. Son objectif premier est de promouvoir un environnement de travail durable et équitable³. Les impacts sociaux sont généralement évalués à l'aide d'indicateurs. Les principaux impacts sociaux et les indicateurs relatifs à suivre sont précisés en Table 16.

³ <http://www.iaia.org/publicdocuments/sections/sia/IAIA-SIA-International-Principles.pdf>

Table 16: Impacts et indicateurs à évaluer lors de l'étude

Impacts sociaux	Indicateurs
a. Contribution à l'économie locale	Emplois
b. Conditions de travail	Avantages sociaux
c. Droits du travail	Santé et sécurité au travail. Genre. Discrimination.
d. Droits fonciers	Droits fonciers et conflits
e. Sécurité alimentaire	Territoire couvert de cultures vivrières

a. Contribution à l'économie locale : la mise en place d'un centre logistique utilisant des coproduits agricoles pour la production d'agro-combustibles solides a un impact positif sur l'économie d'un point de vue social, puisqu'il donne l'opportunité de créer de nouveaux emplois ou de proposer davantage d'heures de travail à un salarié embauché à temps partiel ou comme saisonnier. La vente d'un coproduit actuellement non valorisé permet d'apporter, de plus, un revenu complémentaire aux exploitants agricoles.

b. Conditions de travail: les conditions de travail sont largement réglementées par la loi du travail européenne, incluant le temps de travail, le temps partiel, le travail à durée déterminée, les saisonniers et le détachement des travailleurs. Ces critères sont la clef permettant d'assurer un taux d'emplois important et une protection sociale à travers l'Union Européenne.

Luzéal-Saint Rémy applique les conditions de travail de l'Union Européenne. Les travailleurs à temps partiels et les saisonniers ont les mêmes conditions de travail et les mêmes bénéfices salariaux que les travailleurs à temps plein.

c. Droit du travail: l'Union Européenne impose des droits minimums relatifs à :

- La santé et la sécurité au travail : droits et obligations, lieux de travail, équipements de travail, risques spécifiques, travailleurs vulnérables.
- L'égalité des chances pour les hommes et les femmes : un traitement identique au travail, dans le cadre d'une grossesse, de congés maternité ou parentaux.
- De lutte contre les discriminations basées sur le sexe, l'origine, la religion, l'âge, un handicap ou l'orientation sexuelle.

Luzéal-Saint Rémy respecte le droit du travail. Lors du travail de la biomasse, les salariés portent des masques afin de limiter le risque d'inhalation des particules. Deux femmes sont employées au département administratif du site à Saint-Rémy de la coopérative.

d. Droits fonciers: les droits fonciers sont essentiels si l'on considère la pratique de location des terres dans les pays en voie de développement par les pays en manque de terres agricoles. Ces terres pourraient d'abord être utilisées pour produire des

ressources alimentaires stratégiques. Toutefois, et indépendamment du fait que les ressources alimentaires ou en carburant soient cultivées, la question des transactions foncières ou « accaparement des terres » illustre les effets de la hausse de la demande des terres, à laquelle le développement de la bioénergie contribue. La pratique de transactions foncières soulève de sérieuses préoccupations au sujet du respect des droits fonciers des petits exploitants.

Le concept de SUELLOG n'amplifiera pas la mobilisation de nouvelles terres pour la production de bioénergie puisque ce sont les coproduits agricoles qui seront utilisés.

e. Sécurité alimentaire: la production de bioénergie peut entrer en compétition avec l'agriculture ou l'utilisation des terres, mettant en danger la sécurité alimentaire du pays. Le concept SUCELLOG n'affecte pas la sécurité alimentaire puisqu'il promeut l'utilisation de coproduits agricoles, n'entraînant pas de compétition avec les denrées alimentaires, mais offrant, au contraire, de nouvelles opportunités au secteur agricole. La seule menace est la compétition avec l'alimentation animale, dans le cas de la paille par exemple. Durant l'étude de disponibilité, seules les ressources sans compétition avérées ont été prises en compte.

7.5. Evaluation environnementale

L'évaluation de l'impact environnemental est le procédé permettant d'identifier, de prédire, d'évaluer et d'atténuer les effets biophysiques, sociaux ou autre (positifs ou négatifs) d'un projet avant l'application de décisions majeures ou la prise d'engagements. Les impacts, principalement sur la biodiversité, les sols, l'eau et l'air sont généralement étudiés.

Cette étude mobilisant uniquement des coproduits agricoles, la biodiversité et les ressources en eau ne sont pas affectées (de façon positive ou négative). C'est pourquoi seuls les impacts sur le sol et l'air seront développés.

a. Impacts sur le sol : l'apport de coproduits agricoles au sol est essentiel, comme source principale de carbone organique et de nutriments. Le carbone organique est lié positivement à la fertilité des sols, leur structure, l'infiltration de l'eau, la capacité au champ, la densité et l'activité microbienne. Sortir tous les coproduits tels que la paille de céréales hors du champ aurait un impact négatif sur le maintien et la fertilité des sols. Afin de proposer un procédé durable pour la production d'agro-combustibles, un pourcentage donné de biomasse doit retourner au champ pendant l'étape de collecte (entre 20 et 30 %). Ces paramètres ont déjà été pris en compte lors de l'évaluation de la biomasse disponible pour le projet.

b. Impacts sur l'air : Deux paramètres doivent être pris en compte dans le cas de la pollution de l'air. Lorsque les coproduits sont brûlés au champ, des polluants sont émis (CO, CH₄, CO₂, SO₂, carbone organique et ammoniac). C'est pourquoi mobiliser ces coproduits pour la production d'agro-combustibles est une alternative ayant un impact positif.

Le rapport de la Commission pour le Conseil et le Parlement Européen sur les exigences de durabilité pour l'utilisation de biocombustibles solides ou gazeux pour l'électricité, le chauffage ou la climatisation (COM(2010)11) recommande que les Etats Membres qui ont, ou qui vont introduire, des schémas nationaux de durabilité pour ces biocombustibles veillent à ce les normes utilisées soient les mêmes que celles existantes dans la Directive Energies Renouvelables. La directive 2009/28/EC du parlement Européen et du Conseil du 23 avril 2009 a établi les critères de durabilité pour les biocarburants et les bioliquides.

Selon le rapport COM(2010)11, les coproduits utilisés pour produire des combustibles solides doivent répondre à un minimum de critères liés aux gaz à effets de serre (GES), permettant une économie de 35 % par rapport aux énergies fossiles, 50 % au 1^{er} janvier 2017 et 60 % au 1^{er} janvier 2018 pour les combustibles produits à partir du 1^{er} janvier 2017.

Afin de vérifier que cette valeur est atteinte dans le cas de la production d'agrogranulés de classe A ou de plaquettes issues de bois de taille agricoles, le logiciel BIOGRACE (développé par le projet BIOGRACE II, financé par le programme Energie Intelligente pour l'Europe) a été utilisé. Le document excel permet de calculer les économies d'émissions, avec, en paramètres d'entrée, les caractéristiques du cas étudié et la distance entre le fournisseur et le consommateur.

Dans le cas du possible centre logistique développé par Luzéal-Saint Rémy, la réduction des émissions de GES supérieur au 35%. Pour le calcul, l'option « granulés de pailles » a été sélectionnée, l'outil ne pouvant pas prendre en compte un granulé mixte. Toute la chaîne logistique de la matière première a été prise en compte : la collecte, le transport de la matière première (maximum de 60 km), le prétraitement, le transport du produit (maximum de 60 km) et la consommation finale. La valeur la plus pertinentes parmi celles proposées par le logiciel a été choisi pour le calcul dans chaque cas.

8. Conclusion

Luzéal-Saint Rémy est une coopérative de Champagne-Ardenne de déshydratation et de production de granulés de luzerne, de pulpes de betteraves et de maïs, produisant également des balles de luzerne déshydratée. Elle est intéressée par la création d'un centre logistique, produisant des agrocombustibles à partir de coproduits agricoles disponibles sur la région et, si possible, chez ses adhérents.

Une évaluation des conditions extérieures (ressources en biomasse et marché) et des caractéristiques de l'entreprise (équipements et organisation) ont montré que :

- Les coproduits agricoles disponibles sur le centre logistique sont principalement des pailles de céréales et de colza. Dans les deux cas, la quantité produite annuellement dans un rayon de 30 km est significative (plus de 20 000 tonnes par an). La paille de colza étant retournée au sol pour des

raisons agronomiques et difficile à collecter, l'étude ne considérera ainsi que les pailles de céréales comme matière première pour limiter les risques dans l'approvisionnement du centre logistique.

De plus, les associés-coopérateurs de Luzéal-Saint Rémy produisent du miscanthus, considéré, en sus de la sciure et des plaquettes forestières comme matière première valorisable.

- Le marché actuel de la biomasse agricole dans la région n'est pas significatif. Les combustibles ligneux sont, par contre, très développés. Les consommateurs potentiels pour Luzéal-Saint Rémy pourraient être des chaudières industrielles installées dans des bâtiments publics.
- Les deux lignes de production actuelles peuvent être utilisées pour le prétraitement de la biomasse. Quelques modifications doivent être effectuées sur le granulater et le broyeur à bol (disponible sur un autre site) doit être installé lors du lancement de la production pour déstructurer les balles et alimenter la chaîne.

L'évaluation de la qualité a montré que, pour produire des agro-granulés de classe A, 40 % de biomasse non agricole (miscanthus, sciure ou plaquette) devaient être mélangés avec la paille de céréales. Ce résultat est basé sur l'étude de la composition chimique de véritables échantillons de pailles, de miscanthus et de sciure prélevés par Luzéal-Saint Rémy. L'étude de faisabilité a évalué les possibles scénarii pour le granulé mixte. Le mélange 60 % de paille – 40 % de sciure est celui ayant les coûts de production les plus faibles. En considérant un prix de vente à 163 €/t (0,037 €/kWh; soit un bénéfice de 7 €/t produite). Le produit proposé sera compétitif par rapport aux granulés bois et aux granulés Calys. L'espace de stockage requis pour une chaudière de 50 kW est cinq fois inférieur à celui nécessaire pour les plaquettes forestières.

Une étude préliminaire de la qualité (principalement taux d'humidité, le PCI, le taux de cendres et de chlore) d'un échantillon représentatif de la paille à utiliser pour le centre logistique est recommandée avant de démarrer la nouvelle ligne d'activité, afin de réduire les risques de discordance avec les besoins des consommateurs. Des tests de combustibles sur des chaudières cibles sont également hautement recommandés pour vérifier la viabilité du produit durant la combustion (notamment la production de mâchefer). Ces études permettront d'affiner la part de paille et des autres matières premières dans le produit final ainsi que les coûts de production associés.

Un modèle économique a été développé par le projet SUCELLOG en s'appuyant sur le concept de centre logistique produisant des granulés mixtes de classe A (60 % pailles, 40 % sciure) (voir document D4.4 sur le site internet du projet).

L'utilisation de paille et de miscanthus pour le granulé de classe A n'a pas d'impact social ou environnemental négatif. Au contraire, elle contribue au développement de

la société, démontrant que le projet SUCELLOG permet de répondre aux trois piliers du développement durable (l'économie, le social et le sociétal).