

Etude de la création d'une PME active sur le marché de la micro-cogénération alimentée au biogaz

Mémoire réalisé en vue de l'obtention du grade de
Master 120 à finalité spécialisée en

Droit - DROI2M
Adrien Dewalque

Sciences de gestion – GEST2M
Simon De Roo

Ingénieur civil - Mécanicien - MECA2M
Angelo Rodriguez Garcia

Promoteurs
Prof. Henri Culot (DRT)
Prof. Sabine Denis (LSM)
Prof. Hervé Jeanmart (EPL)

Année académique 2016-2017

*The problem we have, and that we must adress, is
that we waste the waste we create.*

Pauli, *The Blue Economy*, 2010

Remerciements

Ce mémoire n'aurait pu voir le jour sans l'aide des personnes qui l'ont entouré. C'est pourquoi il nous semble évident de leur offrir une place particulière dans notre travail. L'aide qu'elles nous ont apportée est précieuse, le lecteur pourra s'en convaincre au fil de sa lecture.

Nous souhaitons tout d'abord remercier chaleureusement Nicolas, sans qui cette aventure n'aurait pas été possible. Nicolas fut l'instigateur du projet et nous a orientés dans un domaine qui nous était inconnu. En effet, malgré un agenda fort chargé, il a trouvé le temps de nous transmettre une partie de ses connaissances, de son expérience du terrain mais surtout de sa passion. Sans lui, le projet Ogees ne serait pas ce qu'il est aujourd'hui.

Nous avons également à coeur de remercier les Professeurs Sabine Denis, Henri Culot et Hervé Jeanmart, promoteurs de ce mémoire, qui nous ont accompagnés dans l'accomplissement de ce travail et qui nous ont réorientés lorsque le doute s'installait.

Lors de notre séjour en RDC, nous avons été amicalement accueillis par le Professeur Haddy Mbuyi, Judith, James, Thomas et le Professeur Sumuna, sans qui nous n'aurions pu recueillir autant d'informations. Grâce à leur assistance, ce voyage restera inoubliable, c'est pourquoi nous les remercions.

A notre retour en Belgique, nous avons bénéficié du soutien de l'Yncubator. En son sein, nous avons eu pour coach Pierre De Muelenaere que nous remercions pour ses conseils avisés et ses encouragements. Dans cette structure nous avons été encadrés par Sophie Neu que nous remercions pour sa disponibilité et pour l'organisation professionnelle de l'incubateur.

La recherche technique n'aurait pu voir le jour sans le concours de Claude Lombart de la SAFS Altech et des membres du CTA de Strée. C'est pourquoi nous les remercions pour leur appui et leur accueil.

Nous ne pourrions terminer ces remerciements sans porter une attention particulière à Mariette Minet, Diana Rodriguez, Maureen De Roo et Raymond De Roo que nous remercions pour les longues heures consacrées à la relecture du travail.

Finalement, nous remercions nos familles et amis qui nous ont soutenus dans l'ombre, qui ont supportés nos humeurs changeantes et qui nous ont rassurés dans nos moments d'incertitude.

Executive summary

Le projet Ogees a pour objectif de concevoir, produire, distribuer et assurer la maintenance d'unités de micro-cogénération alimentées au biogaz à destination des agriculteurs wallons. Grâce à cette technologie, ces derniers diversifient leurs revenus en valorisant leurs déchets. De cette manière, Ogees contribue à rendre autonomes en énergie toutes les exploitations agricoles wallonnes tout en participant au mix énergétique belge.

Équipe :

Adrien Dewalque
Simon De Roo
Angelo Rodriguez G.

Business : Production, installation et maintenance d'unité de micro-cogénérations fonctionnant au biogaz.

Marché : Energie - Biométhanisation - Agricole.

Clients : Éleveurs wallons ayant une orientation technico-économique bovine viandeuse, possédant au moins 60 têtes et ayant une consommation d'au moins 50 MWh annuelle.

Propriété intellectuelle :
i-DEPOT, marque Benelux.

Financement : 195 000€.

Partenariats :

Nicolas, consultant en énergie ;
Pierre De Muelenaere, coach à l'Yncubator ;
InnoEnergy, structure d'accompagnement ;
ERigène et CRMT, fournisseurs.

Concours : Forums Mind&Market 2016 et 2017, Concours de la meilleure idée à Genève, Innovation Cup.

Contact :
info@ogees.org

Opportunité : Les agriculteurs font face à des charges élevées et ont de faibles revenus. Cela implique qu'ils dépendent souvent de subsides. Dans le même temps, des incitants sont mis en place pour l'investissement dans les énergies renouvelables. Notre offre est une solution permettant de lisser les revenus des agriculteurs tout en participant au mix énergétique.

Stratégie : Pour gagner la confiance des agriculteurs, Ogees souhaite se concentrer sur la qualité des installations, la transparence dans sa gestion et le respect de l'environnement. La stratégie de croissance respecte ces valeurs pour offrir à ses clients une meilleure garantie de qualité et une meilleure transparence, par le biais d'un mécanisme de tiers-investisseur.

Plan opérationnel : Le *core business* d'Ogees consiste à réaliser l'assemblage des produits, à les installer et en assurer la maintenance. Ceux-ci seront vendus par l'intermédiaire de la force commerciale de l'équipe Ogees de façon directe par le biais d'une prospection active sur le territoire wallon.

Aspects techniques : Les unités de micro-cogénération fonctionnant au biogaz sont composées de deux éléments principaux distincts -le procédé de digestion et la micro-cogénération. Le procédé de digestion choisi est dit en « voie sèche », celui-ci permettant de digérer des fumiers. La cogénération est composée d'un moteur diesel Kubota adapté par le CRMT de Lyon.

Financement : Nous avons estimé notre besoin de financement à 195 000€. Nous allons apporter 30 000€ et faire appel à InnoEnergy pour une participation en capital de 125 000€. Pour le surplus, nous faisons appel à des investisseurs privés.

Table des matières

Remerciements	I
Executive summary	III
Liste des abréviations et symboles	1
Introduction	5
1 Raison d'être du projet	9
1.1 Raison d'être et introduction au projet Ogees	9
1.2 Enjeux et solutions	10
2 Analyse interne de l'entreprise	17
2.1 Evolution du projet	17
2.2 Présentation du Business Model	19
2.3 Présentation de l'équipe	24
2.4 Phases de développement	26
3 Analyse de l'environnement	29
3.1 Marché de l'énergie	29
3.2 Marché des agriculteurs wallons	36
4 Solution apportée par la SCRL Ogees	47
4.1 La biométhanisation	48
4.2 Valorisation de l'électricité	50
4.3 Valorisation de la chaleur	57
4.4 Valorisation du digestat	58
4.5 Autres avantages et limites de la technologie	60
4.6 État de la biométhanisation	62
4.7 Acteurs de la biométhanisation	65
4.8 Choix du procédé	70
5 Etat de la technique	75
5.1 Moteurs à allumage commandé	77
5.2 Effets du biogaz sur un moteur à allumage commandé	86
6 Sélection du moteur et ses périphériques	101
6.1 Modèle mathématique	102
6.2 Hypothèses de la simulation	111
6.3 Émission de gaz polluants	128
6.4 Fin de vie des composants	129

6.5	Discussions et perspectives	130
7	Plan opérationnel	133
7.1	Offre commerciale	134
7.2	Activités opérationnelles	135
7.3	Ressources humaines	138
7.4	Analyse SWOT	152
7.5	Marketing	157
7.6	Protection de la technologie	179
7.7	Droit de l'entreprise	184
7.8	Perspectives futures	197
8	Plan financier	199
8.1	Plan financier de la SCRL Ogees	200
8.2	Aspects financiers de l'offre commerciale	215
8.3	Financement	220
	Conclusion	225
	Références	227
A	<i>Business Model Canvas</i>	245
B	Conditions générales	247
B.1	Aspects civils	247
B.2	Conditions générales de la SCRL Ogees	259
C	Sécurité des produits	267
C.1	Mise en conformité des produits	267
C.2	Non-conformité	269
D	Responsabilité du fait des produits défectueux	271
E	Projet d'acte constitutif	275
F	Analyse de l'environnement	295
F.1	Fonctionnement du marché de l'électricité	295
F.2	Evolution et décomposition du prix de l'électricité	298
F.3	Nucléaire en Belgique	300
F.4	Etude de marché	300
G	Annexes relatives à l'analyse des fournisseurs	327
G.1	Copie du mail utilisé pour le mailing	327
H	Annexes relatives au plan opérationnel	329
H.1	Analyse PESTEL détaillée	329
H.2	Analyse VRIO sur les sources d'avantages concurrentiels de la société Ogees . . .	331
I	Annexes relatives aux aspects financiers	335
I.1	Estimation de la demande pour les unités de la sociétés Ogees	335
I.2	Offre de vente pour un conteneur de la marque ARDEN Manutention	337
I.3	Extrait de comptes annuels	338
I.4	Publication dans Le Sillon Belge	339

I.5	Calcul de la trésorerie	339
I.6	Rentabilité pour l'agriculteur	341
J	Phases de développement	343
K	Modèle 0D	347
K.1	Chaleur apportée	347
K.2	Composition des gaz	348
K.3	Géométrie du cylindre	350
K.4	La combustion	351
K.5	Transfert de chaleur pariétal	352
L	Dimensionnement	355
L.1	Échangeurs	355
L.2	Circulateur	359
M	Fiches techniques	363
M.1	Lister-Petter LPW3	364
M.2	Yanmar 3TNV82A(-B)	366
M.3	Kubota D1803	368
M.4	WEG W22	370
M.5	Gundfos UPS 25-40 N 180	371
M.6	Échangeur à plaques GBS 400H	373
N	Mise en plan	375
N.1	Échangeur tubulaire	376

Liste des abréviations et symboles

η_e	Rendement effectif.
γ	Coefficient de Poisson.
μ	Viscosité dynamique.
ϕ	Richesse.
Ψ	Concentration volumique de méthane dans le biogaz.
ρ	Densité.
τ	Taux de compression.
θ	Angle de villebrequin.
θ_s	Avance à l'allumage.
0D	Zéro dimension.
ASBL	Association sans but. lucratif.
ATEX	Atmosphère explosible.
ATN	Avantage de toute nature.
AwAC	Agence wallonne de l'Air et du Climat.
BDC	Bottom dead center.
BSEC	Brake specific energy consumption.
C. trav.	Cour du travail.
C.I.R. 92	Code des impôts sur les revenus 1992.
c_p	Capacité thermique.
CAD	Crank angle degree.
Cass.	Cour de cassation.
Cass. fr	Cour de cassation française.
cc	Centimètre cube.
CEN	Comité européen de normalisation.
CEO	Chief executive officer.
CH_4	Méthane.

Civ.	Tribunal civil.
CNTP	Conditions normales de température et de pression.
CO	Monoxyde de carbone.
CO_2	Dioxyde de carbone.
CoDT	Code du développement. territorial.
Comm.	Tribunal de commerce.
COV	Composé organique volatil.
CRMT	Centre de Recherche en Machines Thermiques.
CTA	Centre des Technologies Agronomiques.
CV	Certificat vert.
CWaPE	Commission Wallonne Pour l'Energie.
D.A.O.R.	Droit des affaires - Ondernemingsrecht.
D.C.C.R.	Droit de la consommation / Consumentenrecht.
Déc.	Décision.
DGO	Direction générale opérationnelle.
DIMONA	Déclaration immédiate/Onmiddellijke Aangifte.
DIN	Deutsches Institut für Normung.
Doc. parl.	Document parlementaire.
EGR	Exhaust gas recirculation.
EN	European Normalization.
Entr. et dr.	L'entreprise et le droit.
EPC	Engineering, Procurement and Construction.
EPL	Ecole Polytechnique de Louvain.
F.J.F.	Fiscale jurisprudentie/Jurisprudence fiscale.
GES	Gaz à Effet de Serre.
H_2	Dihydrogène.
H_2O	Eau.
H_2S	Acide sulfurique.
HC	Hydrocarbure.
ISO	International Organization for Standardization.
J.D.F.	Journal de droit fiscal.
J.L.M.B.	Revue de jurisprudence de Liège, Mons et Bruxelles.
J.T.	Journal des tribunaux.
J.T.T.	Journal des tribunaux du travail.

k	Conductivité thermique.
kW	kilowatt.
kWc	Kilowatt crête.
kWh	Kilowatt-heure.
$m_{a,1}$	Pouvoir comburivore.
M_m	Masse molaire.
mep	Mean effective pressure.
N	Vitesse de rotation tr/min.
NjW	Nieuw juridisch Weekblad.
NO_x	Oxyde d'azote.
O.E.B	Office Européen des Brevets.
O_2	Dioxygène.
OBPI	Office Benelux de la Propriété intellectuelle.
ONG	Organisation Non Gouvernementale.
Pas.	Pasicrisie.
PCI	Pouvoir calorifique. inférieur.
PME	Petites et moyennes entreprises.
ppm	Partie par million.
Pr	Nombre de Prandtl.
R.C.J.B.	Revue critique de jurisprudence belge.
R.D.C.	Revue de droit commercial.
R.D.I.	Revue de droit immobilier.
R.G.	Rôle général.
R.W.	Rechtskundig weekblad.
RATPK	Régie d'Assainissement et des Travaux Publics de Kinshasa.
RDC	République Démocratique du Congo.
Re	Nombre de Reynolds.
Res et jur. imm.	Res et jura immobilier.
Rev. TVA	Revue de la TVA.
SCRL	Société coopérative à responsabilité limitée.
SESAM	Soutien à l'Emploi dans les Secteurs d'Activités Marchands.
SOGENAC	Société des Grands Élevages Ndama en Afrique Centrale.
TVA	Taxe sur la valeur ajoutée.
TBN	Total base number.

TC	Comité Technique.
TDC	Top dead center.
tep	Tonnes Equivalent Pétrole.
TGV	Turbine-Gaz-Vapeur.
TPES	Total Primary Energy Supply.
Trib. trav.	Tribunal du travail.
U	Coefficient de transfert de chaleur.
UDE	Utilisation Durable de l'Energie.
W_e	Travail effectif.

Introduction

Le présent mémoire est réalisé dans le cadre de la formation en création de petites et moyennes entreprises proposée par l'Université Catholique de Louvain. Celui-ci est l'aboutissement de deux années de master et le fruit de la collaboration entre trois étudiants aux compétences complémentaires provenant de trois facultés différentes.

Le travail est articulé sous la forme d'un plan d'affaires lié à la création d'une entreprise active dans le milieu de l'énergie, la société Ogees. Cette dernière propose aux agriculteurs wallons des installations de petite puissance produisant de l'électricité et de la chaleur à partir des gaz produits par la digestion de leurs déchets organiques. Ce mémoire étudie la faisabilité de la création d'une telle entreprise et approfondit les domaines maîtrisés par chacun des membres, à savoir le droit, la gestion et l'ingénierie mécanique.

Nous commençons cet ouvrage par contextualiser la problématique énergétique dans laquelle nous nous situons. Nous y présentons brièvement les motivations sous-jacentes du projet et l'activité de l'entreprise Ogees. Les enjeux liés à la problématique de l'énergie sont exposés ainsi que les solutions apportées par Ogees.

Le second chapitre reprend une analyse interne de l'entreprise. Plus précisément, nous y présentons le cheminement suivi pour arriver jusqu'à l'idée finale du projet. Nous exposons ensuite en détail le *Business Model*. Nous y introduisons également les trois membres de l'équipe ainsi que les acteurs externes au projet. Nous terminons ce chapitre en énonçant les diverses étapes à suivre afin de démarrer l'activité.

Le troisième chapitre analyse l'environnement de l'entreprise dans le but d'identifier des besoins non-couverts. Nous étudions d'abord le marché wallon de l'énergie afin de comprendre si la technologie apportée par la société Ogees couvre certains besoins de la Wallonie en énergie. Nous esquissons ensuite la situation des agriculteurs wallons, par le biais d'une étude de marché.

Nous présentons leurs difficultés, leurs besoins et leur ressenti par rapport au produit qu'Ogees propose.

Les besoins identifiés, le quatrième chapitre est consacré à la description de la solution apportée par Ogees pour couvrir ceux-ci. Nous y étudions l'une des deux technologies au coeur de notre projet, à savoir la biométhanisation. Nous présentons les valorisations possibles et exposons également les inconvénients d'une telle technologie. L'état de la biométhanisation en Europe et en Wallonie est ensuite abordé afin d'en identifier les différents acteurs. Enfin, nous terminons ce chapitre avec la sélection du type de procédé de digestion.

Le chapitre cinq étudie l'autre technologie centrale à ce projet, à savoir le moteur thermique. Nous introduisons le principe général ainsi que les différentes grandeurs et phénomènes s'y affèrent. Nous étudions ensuite les effets que peut avoir un gaz issu de biométhanisation sur le moteur.

Le chapitre suivant présente le travail technique réalisé dans le cadre de ce mémoire. Nous dimensionnons et sélectionnons le moteur ainsi que ses périphériques, allant de la génératrice jusqu'aux échangeurs du circuit de récupération de chaleur. Ce dimensionnement est possible grâce à la réalisation d'un modèle 0D. Nous y abordons également la question de fin de vie du produit ainsi que le respect des normes d'émissions de gaz polluants.

Le septième chapitre relate le plan opérationnel suivi afin d'amener le produit imaginé aux chapitres précédents sur le marché. Tout d'abord, les activités que devront réaliser les collaborateurs au sein de la société Ogees sont décrites. Ensuite, une analyse SWOT cerne les forces, les faiblesses, les opportunités et les menaces qui peuvent être saisies ou évitées. En outre, les aspects relatifs au marketing sont abordés afin de créer de la valeur pour le segment cible. De plus, se pose la question de la protection, d'un point de vue légal, de la technologie développée. Tous ces aspects analysés, les choix qui régissent la relation entre les fondateurs de l'entreprise sont exposés. Enfin, ce chapitre se clôture en exposant des possibilités d'évolution du *Business Model*, qui pourraient préfigurer la stratégie à long terme de la société Ogees.

Le plan financier de l'entreprise Ogees est présenté au chapitre huit. Celui-ci se base sur toutes les recherches menées dans les sept premiers chapitres mais aussi sur les différentes offres de prix que nous avons pu obtenir lors de nos rencontres. Son but est non seulement d'étudier la

rentabilité de l'entreprise mais également d'analyser la rentabilité des installations vendues aux clients. Ce dernier chapitre s'achève en explorant les possibilités de financement qui s'offrent à la société Ogees.

Ce rapport se termine avec une conclusion reprenant les idées phares de la recherche menée.

Chapitre 1

Raison d'être du projet

1.1 Raison d'être et introduction au projet Ogees	9
1.1.1 Contexte	9
1.1.2 Choix du projet	10
1.1.3 Brève explication de l'entreprise Ogees	10
1.2 Enjeux et solutions	10
1.2.1 Identification des enjeux : raréfaction et énergie	10
1.2.2 Evolution des points de vue	12
1.2.3 Économie circulaire et biométhanisation	14

Les sections qui suivent introduisent au projet entrepreneurial développé dans ce mémoire, à la raison d'être de celui-ci et aux enjeux couverts. La raréfaction des ressources et les enjeux énergétiques constituent le problème de départ de notre analyse et sont brièvement évoqués. Enfin, la biométhanisation est amenée en tant que solution face aux enjeux identifiés.

1.1 Raison d'être et introduction au projet Ogees

1.1.1 Contexte

Le 2 août 2017, une belle journée d'été. Repensez-y un instant. Vous organisiez peut-être un barbecue avec des amis dans votre jardin fleuri. Dans un parc, vous trouviez éventuellement un coin ombragé où vous preniez le temps de lire, en entendant les rires généreux des enfants qui jouent au loin. En randonnée dans les Ardennes, il n'y avait plus que vous, la verdure, le chant des oiseaux et la valse des arbres qui suivent le rythme du vent. Plus au Nord, vous savouriez la sensation du sable chaud sous vos pieds et écoutiez l'incessante mélodie des allers-retours des vagues. Peu importe l'endroit où vous étiez ce 2 août, peut-être

associez-vous ce jour à une communion avec la nature. Une parenthèse. Un retour à l'essentiel.

Or cette nature, qui *a priori* semble bien belle, souffre, en réalité, de l'activité anthropique. En effet, cette date du 2 août 2017 correspond à ce que certains scientifiques appellent le jour du dépassement (Global Footprint Network, 2017). Alors que la nature est capable de générer une certaine quantité de ressources naturelles en un an, ce jour du dépassement coïncide avec la date théorique de l'année à laquelle l'humanité a consommé l'ensemble de ces ressources et commence donc à puiser dans les réserves naturelles de la Terre (Jalinière, 2014 ; Boyer & Dumas, 2016).

1.1.2 Choix du projet

C'est dans l'optique d'amener une solution respectueuse de l'environnement naturel et couvrant les enjeux exposés à la section suivante que trois jeunes entrepreneurs ont envisagé le lancement de l'entreprise Ogees. Les sources d'inspiration qui les ont réunis autour du sujet de ce mémoire sont les énergies renouvelables ainsi que les projets attentifs aux facettes sociales et au milieu naturel dans lesquels ils voient le jour. Plus précisément, la raréfaction des ressources ainsi que l'économie circulaire sont la source d'inspiration des porteurs du projet Ogees.

1.1.3 Brève explication de l'entreprise Ogees

C'est au fil des idées et des rencontres que le projet de société Ogees voit le jour. En quelques mots, Ogees est une société coopérative proposant des unités de cogénération à destination des exploitations agricoles wallonnes. Exprimé de manière simplifiée, des déchets organiques -comme du fumier ou du lisier- sont insérés dans un conteneur. Ceux-ci sont alors digérés naturellement par des microorganismes, ce qui donne lieu à une production de gaz. Ce gaz est ensuite injecté dans une cogénération qui va produire d'une part de l'électricité et d'autre part de la chaleur.

1.2 Enjeux et solutions

Avant d'expliquer plus en détail la solution proposée sur le marché par la société Ogees, il est utile de présenter les enjeux couverts par cette technologie. Cette section introduit au concept de raréfaction des ressources et aux enjeux énergétiques attenants.

1.2.1 Identification des enjeux : raréfaction et énergie

Cette sous-section examine les causes de la raréfaction des ressources et les enjeux énergétiques qui en découlent. Une explication à la raréfaction des ressources est à trouver dans notre manière de consommer celles-ci mais aussi dans le fait que notre économie se soit spécialisée dans les produits dérivés des énergies fossiles.

Consommation linéaire

Alors que les systèmes naturels se sont perpétrés de manière durable sur la planète depuis des millions d'années, c'est non seulement l'explosion de la population mais également notre manière de consommer des ressources qui ont engendré une dégradation du milieu naturel (Foley, 2010). En effet, les pays industrialisés se sont développés, et ce, certainement depuis la révolution industrielle, sur base de ce que Pauli (2010) décrit comme étant une économie rouge. Celle-ci est caractérisée par un modèle linéaire de consommation des ressources qui étaient, à la veille de cette révolution, encore abondantes. Concrètement, tout ceci signifie que des entreprises extraient des ressources naturelles pour ensuite les transformer en produits qu'elles vendent aux consommateurs. Ces derniers se débarrassent alors de ces objets lorsque ceux-ci ne correspondent plus à leurs attentes (Moray, 2017).

Dépendance au pétrole et réchauffement climatique

Les énergies fossiles ont permis le développement de nombreux pays. Si une liste des sous-produits obtenus à partir de ces énergies devait être établie, celle-ci serait particulièrement longue. En effet, cette liste contiendrait des produits des secteurs de l'énergie -comme les voitures électriques, les éoliennes ou les panneaux solaires-, de l'agriculture -comme les engrais, pesticides ou tracteurs-, de la médecine -comme certaines gélules, les bandages ou appareils auditifs- ou encore de bien nombreux autres secteurs divers -comme les balles de volley-ball, les rideaux de douches ou les casques de moto (Chapelle, 2017).

Au-delà du fait que les énergies fossiles constituent 4% du PIB mondial (Chapelle, 2017), le problème majeur réside dans le fait que notre économie soit trop spécialisée et donc dépendante du pétrole. Un appauvrissement de ces ressources paralyserait donc l'ensemble de l'économie mondiale.

Au-delà de cet appauvrissement, le développement d'activités qui recourent aux énergies fossiles a été accompagné de plus amples émissions de gaz à effet de serre -GES- dans l'atmosphère provoquant un changement climatique (Falaise & Lusson, 2009). Bien que le dioxyde de carbone - CO_2 - soit le plus connu de ces gaz à effet de serre, nous voulons dans le cadre de la présente analyse attirer l'attention sur le méthane - CH_4 . Selon le GIEC (2007), le CH_4 est en fait le deuxième gaz avec 14,3% des GES, après le CO_2 avec 76,7%, jouant un rôle clé dans le changement climatique (United States Environment Protection Agency, 2015). Celui-ci a un pouvoir de réchauffement vingt-cinq fois plus élevé que celui du CO_2 (Moletta, 2008 ; Falaise & Lusson, 2009). En outre, l'activité de l'homme représente plus des deux tiers des émissions de CH_4 , dont l'agriculture en est la principale origine (Moletta, 2008). A titre d'exemple, l'agriculture

française représente près de 20% des émissions du pays (Guillouard & Moreau, 2009 ; Falaise & Lusson, 2009).

Raréfaction des ressources

La combinaison d'une consommation linéaire des ressources et d'une spécialisation de l'économie dans les énergies fossiles a engendré une raréfaction des ressources naturelles, entraînant une augmentation des prix de celles-ci (RMT Biomasse Energie Environnement et Territoire, 2012). Comme l'indique Chapelle (2017), les industries pétrolières doivent plus que jamais creuser profondément afin d'extraire du pétrole. Ceci les rapproche donc du litre de pétrole consommé afin d'obtenir un litre de pétrole à mettre sur le marché.

Système économique sous pression

Tout ceci nous indique non seulement que le milieu naturel subit les conséquences de l'activité anthropique mais surtout que l'essor des activités économiques se heurte à une raréfaction des ressources dont la cause est le développement lui-même (Pauli, 2010).

1.2.2 Evolution des points de vue

Ces constats placent le système économique sous pression. C'est justement cette sensation de crise qui invite à explorer de nouvelles possibilités, à questionner les évidences et qui donne suffisamment d'énergie aux institutions, entreprises et entrepreneurs dans la recherche de nouvelles solutions (Ellen Mac Arthur Foundation, 2013). Il est possible d'illustrer cette notion de réaction du monde face à l'environnement se dégradant par divers exemples.

Exemples de changements de mentalités

Les « Sustainable Goals » définis par les Nations Unies dans l'agenda 2030 cherchant à atteindre un développement durable (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2015) sont un exemple de réaction qui impacte directement le secteur agricole. De manière plus générale, l'Union européenne a également adopté en 2009 la directive 2009/28/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 avril 2009 relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables visant à atteindre des objectifs de durabilité en 2020 en fixant trois objectifs à ses pays membres. Celle-ci incite d'abord à améliorer l'efficacité énergétique de 20%, à réduire de 20% les émissions de GES par rapport au niveau de 1990 et enfin à porter la part des énergies renouvelables dans la consommation totale à 20% (Commission européenne, 2009 ; RMT Biomasse Energie Environnement et Territoire, 2012). Dans la même

lignée, la COP21 réunit les différents états pour aborder le sujet du réchauffement climatique. Un autre exemple de réaction est l'évolution des mentalités passant d'une logique du « ou » à une logique du « et » (De Brabandere, 2012). En effet, alors que la plus value économique était perçue auparavant comme étant un choix à opérer par rapport à une plus value sociale ou par rapport au maintien de l'environnement dans laquelle l'activité avait lieu, Elkington a introduit en 1994 la notion de « Triple Bottom Line » qui réconcilie dorénavant les 3Ps « People, Planet, Profit » (The Economist, 2009 ; Hall, 2011). Cette nouvelle vision fait passer le monde de l'économie rouge dans laquelle il se trouvait à une économie verte caractérisée par des investissements plus élevés de la part des entreprises et des paiements plus importants des consommateurs afin d'atteindre une situation similaire, voire moindre, tout en préservant l'environnement (Pauli, 2010).

Exemples pratiques

Bien que tous les objectifs et le modèle théorique énoncés ci-haut représentent un premier signe d'action, au même titre que les conférences organisées à propos de ces sujets ainsi que les écrits de la littérature, ceux-ci ne suffisent pas lorsqu'une pression est exercée sur le modèle économique. Il y a un réel besoin de passer de la parole et du discours à l'action. Et ce mouvement a déjà débuté avec les voitures électriques, les panneaux photovoltaïques, le secteur éolien, l'utilisation de biocarburants ou encore avec une série d'objets du quotidien visant à diminuer la consommation d'énergie et la dépendance de l'économie aux sources fossiles tout en favorisant la production d'électricité verte.

Limites aux solutions existantes

Adopter un certain esprit critique permet de détecter quelques limites à ces réactions face à la dégradation du milieu naturel et à l'écroulement du modèle économique. Tout d'abord, une forme d'absurdité peut être relevée dans le modèle de la Triple Bottom Line puisque l'idée des trois cercles se chevauchant partiellement implique qu'il serait possible de parler d'une activité économique sans que celle-ci n'ait d'impact sur son environnement ni sur les personnes au sein de son champ d'action (Chapelle, 2017). Or un développement économique prend place inexorablement dans un certain environnement et impacte les parties prenantes de ce milieu (Chapelle, 2017).

De plus, nous pouvons questionner la durabilité des nouveaux produits développés, comme les panneaux photovoltaïques par exemple. Ceux-ci requièrent une entrée énergétique considérable pour être fabriqués, sans compter leur recyclage après utilisation qui présente encore de nom-

breuses interrogations. Dans ce cas, une large quantité de pétrole est requise sur la durée de vie des produits (Chapelle, 2017 ; Pauli, 2010).

Enfin, une prise de recul par rapport à certaines initiatives, *a priori* respectueuses de l'environnement, permet de déceler celles qui le sont réellement de celles que l'on peut associer à des pratiques de *greenwashing* ou celles qui le paraissent mais dont la durabilité peut être remise en question.

1.2.3 Économie circulaire et biométhanisation

Bien que des solutions existent, celles-ci connaissent bien souvent des limites. C'est pourquoi nous voulons, dans cette analyse, étudier un projet constituant une nouvelle source énergétique et répondant aux enjeux de la destruction du milieu naturel qui paralyserait à son tour l'économie mondiale. Avant de détailler notre projet dans ce secteur énergétique, nous voudrions toutefois souligner que l'augmentation de « l'énergie que l'on ne consomme pas » -soit les négawatts comme certains auteurs le renseignent- reste une solution à favoriser avant tout développement d'une nouvelle source de production d'énergie.

Les deux sous-sections qui suivent présentent l'économie circulaire, courant dans lequel la société Ogees s'inscrit, ainsi que la biométhanisation en réponse aux enjeux soulignés *supra*.

Economie circulaire

L'économie verte représente une première avancée vers la voie de la durabilité. Cependant, nous voulons aller un cran plus loin. En effet, « ... *business often concludes that doing "less bad" equates to doing good* » (Pauli, 2010) est une phrase introduisant la notion d'économie bleue. Alors que les acteurs d'une économie verte pensent à préserver l'environnement dans lequel ils agissent, ceux d'une économie bleue essayent de régénérer celui-ci.

Plutôt que d'adopter la Triple Bottom Line, nous adoptons une approche bio-centrée plaçant l'activité économique dans la sphère sociale, qui est à son tour incluse dans l'environnement naturel, la biosphère (Chapelle, 2017). De plus, cette nouvelle approche place l'Homme non plus au sommet mais bien au même rang que les autres espèces.

Une façon de respecter l'environnement est de développer un projet de telle façon que celui-ci fasse au moins aussi bien que l'environnement naturel dont il prend la place (Benyus, 2009). Pour ce faire, le projet se situe dans un cadre qui ressemble à celui d'un écosystème, d'un organisme vivant. En effet, ces écosystèmes sont une source d'inspiration pour changer nos systèmes de consommation. En observant un organisme vivant, prenons un oiseau, nous pouvons remarquer que celui-ci utilise ce qui est disponible localement, c'est à dire en mangeant la pomme

tombée au pied de l'arbre, sans aller puiser des ressources dans un autre environnement. Nous pouvons également souligner que la surexploitation des ressources n'est pas à observer chez de tels organismes. En outre, la notion de déchet n'existe pas lorsque l'on étudie ces écosystèmes. Alors que les minéraux nourrissent les microorganismes, ceux-ci nourrissent à leur tour des plantes qui constituent la nourriture première d'autres espèces qui nourrissent à leur tour un autre maillon de la chaîne. Rien n'est déchet, tout est valorisé. Aujourd'hui, lorsque l'être humain ne sait que faire de ce que l'on appelle un déchet, celui-ci a tendance à le détruire. Comme le résume bien Pauli (2010), « *The problem we have, and that we must address, is that we waste the waste we create* ». Par ailleurs, aucune notion de produits chimiques non-naturels n'est à trouver dans un organisme vivant : tout est part du contexte. Enfin, une des plus belles constatations lorsque l'on s'inspire de la nature est la notion de coopération. En effet, chaque espèce a son rôle à jouer, contribue au tout et répond aux besoins de tous.

Biométhanisation

L'idée poursuivie avec le projet d'entreprise exposé dans ce mémoire n'est pas uniquement de limiter la notion de déchet dans une optique de diminution de la pollution. Celui-ci vise aussi à diminuer les coûts liés à l'élimination de ces déchets et à limiter l'inefficacité qui résulte de ce système de consommation, voire même à extraire de ces déchets une valeur.

En effet, les unités de cogénération alimentées au biogaz obtenu à partir de déchets organiques répondent aux enjeux de raréfaction de ressources et de dépendance au pétrole puisque celles-ci utilisent des intrants localement disponibles, aujourd'hui considérés par les agriculteurs comme étant des déchets. C'est pourquoi ces unités s'alignent également dans une perspective d'économie circulaire et peuvent transformer une source de coûts associée aux déchets en une source de revenus.

Chapitre 2

Analyse interne de l'entreprise

2.1	Evolution du projet	17
2.2	Présentation du Business Model	19
2.2.1	Proposition de valeur	20
2.2.2	Segment de clientèle	21
2.2.3	Relation avec les clients	21
2.2.4	Canaux de distribution	21
2.2.5	Partenaires clés	22
2.2.6	Activités clés	22
2.2.7	Ressources clés	23
2.2.8	Structure de coûts	23
2.2.9	Flux de revenus	24
2.3	Présentation de l'équipe	24
2.3.1	Porteurs du projet	24
2.3.2	Autres acteurs du projet	25
2.4	Phases de développement	26
2.4.1	Phase préparatoire	26
2.4.2	Phase de mise au point d'un démonstrateur fonctionnel	27
2.4.3	Phase de mise sur le marché	27

2.1 Evolution du projet

Le projet Ogees est né de la rencontre entre Nicolas, ancien chercheur à l'UCL et consultant en énergie et trois étudiants, Adrien, Simon, Angelo. Nous renvoyons le lecteur à la section 2.3 pour mieux connaître les porteurs du projet. Lors de cette première rencontre en février 2016,

nous avons pris connaissance du projet d'entreprise de Nicolas. Celui-ci avait comme objectif la création d'une entreprise offrant des formations à la fabrication de micro-générateurs électriques fonctionnant au biogaz, à destination de populations rurales en République Démocratique du Congo -RDC. Le segment de clientèle était les ONG actives dans le secteur de l'énergie et de l'épuration des eaux. A la suite de cette rencontre, les quatre porteurs de projet ont continué à se rencontrer afin d'établir un *Business Model* solide à présenter devant le jury du Forum Mind & Market 2016 à Louvain-La-Neuve.

Les réunions portaient principalement sur les utilisateurs finaux ainsi que sur les technologies à utiliser. Au fur et à mesure de l'avancement du travail d'équipe, les choix se sont portés sur les producteurs de café de l'est de la RDC -ceux-ci ayant d'importants gisements de pulpe de café- et sur le développement d'un « kit » d'adaptation pour un moteur de moto 125 cc¹. Les formations dispensées auraient porté sur la fabrication artisanale d'un procédé de digestion et sur l'adaptation du moteur de moto avec le « kit ». Un moteur fonctionnant à l'essence disponible localement aurait pu être adapté pour fonctionner au biogaz.

Convaincus de notre *Business Model*, nous nous sommes rendus au Forum Mind & Market pour le présenter à un jury composé d'entrepreneurs. Cependant, à notre grande surprise, l'idée a essuyé la critique des experts. Selon les jurés, il n'est pas possible de vendre des formations à des ONG, celles-ci ne disposant pas de fonds suffisants. Toutefois, nous décidons de ne pas baisser les bras et d'aller à la rencontre des ONG. C'est pourquoi nous avons organisé une rencontre avec Monsieur Vanderstricht, directeur général de Louvain Coopération, le 13 mai 2016. Cette entrevue constructive s'est terminée sur un sentiment partagé entre motivation et résignation. En effet, l'ONG considérait l'idée comme intéressante mais soulignait le manque d'un village pilote pour valider le concept. Cette dernière considération étant motivée par le fait que « *en Afrique, lorsqu'on installe quelque chose ou que l'on met en oeuvre une dynamique, cela ne dure pas bien longtemps s'il n'y a pas d'incitant ou de contrôle* » (Vanderstricht, Louvain Coopération, rencontre à Louvain-La-Neuve, 13 mai 2016).

Suite à ces différents feedbacks, l'équipe a décidé de se tourner vers un projet plus commercial mais toujours avec un impact social fort. Nous nous sommes alors tournés vers les exploitations agricoles en RDC. Nous avons organisé une étude de marché, à Kinshasa, dans le but de rencontrer les propriétaires d'exploitations. Pour financer ce voyage, nous avons reçu une bourse du Bureau International Jeunesse. Les objectifs de ce séjour étaient de :

1. Centimètres cubes

- Evaluer les besoins des consommateurs. Afin de satisfaire à cet objectif, nous nous sommes rendus : dans la ferme porcine du Professeur Sumuna à Kasangulu, au ranch de la famille Vanhoutte dans le Bandundu², au ranch de la SOGENAC à Kolo-Fuma³, au centre d'enfouissement technique de la RATPK⁴ à Kinshasa ainsi que dans trois écoles de la région de Maluku⁵ ;
- Prendre connaissance des possibilités de partenariat pour la maintenance d'unités de cogénération. Nous avons donc rencontré : le Professeur Mbuyi de l'Université de Kinshasa qui oriente ses recherches dans les biocarburants, Judith Masumu de l'ASBL Action Alternative qui collabore avec la SAFS Altech⁶ et Thomas Laurent de la société de construction SMS.

Le résultat de cette étude est positif. En effet, nous avons pu prendre conscience de la réalité socio-économique dans laquelle la RDC se trouvait. Ainsi, lorsqu'un ranch isolé peut avoir accès à l'électricité, les travailleurs vivant sur place voient leur confort amélioré. En outre, les micro-cogénérations fonctionnant au biogaz ont suscité un intérêt auprès des directeurs de fermes et de ranchs, l'électricité étant hors de prix et fréquemment coupée. Cependant, les gisements de déchets étant trop hétérogènes en RDC, il ne nous est pas possible de pouvoir satisfaire cette demande avec une seule technologie. Partant, nous avons décidé de mettre le projet « africain » en suspens dans le but de maîtriser la technique en Belgique. Notons que cette expansion vers l'Afrique ne fait plus partie de la stratégie de croissance d'Ogees. Si ce marché devait être développé, une nouvelle société dédiée à ce segment de clientèle serait créée.

Par conséquent, le *Business Model* qui nous anime aujourd'hui vise la Wallonie.

2.2 Présentation du Business Model

A la suite des différentes rencontres et discussions exposées dans la section précédente, cette section présente le *Business Model Canvas* (Carré, 2015) auquel nous sommes arrivés et que nous développons dans ce mémoire. Un aperçu global du BMC est disponible en annexe A et le contenu de cette section détaille celui-ci. Cette dernière a donc pour but de synthétiser le BMC

2. Le ranch de la famille Vanhoutte est un ranch de culture de moringa.

3. La Société des Grands Élevages Ndama en Afrique Centrale (SOGENAC) possède plusieurs ranchs d'élevage en RDC pour une superficie totale de 300 000 ha.

4. La Régie d'Assainissement et des Travaux Publics de Kinshasa (RATPK) s'occupe de la gestion des déchets à Kinshasa.

5. Ces trois visites avaient pour objectif l'installation de sanitaires afin de récupérer le biogaz et de l'utiliser comme gaz de cuisson.

6. La SAFS Altech basée à Waremme est une société à finalité sociale active dans le secteur de l'eau, de l'assainissement et des énergies renouvelables.

tandis que les détails concernant chaque élément du BMC seront fournis dans les différents chapitres de ce mémoire.

2.2.1 Proposition de valeur

Besoins adressés

Le BMC développé répond aux besoins de deux cibles : d'une part la Wallonie et d'autre part les exploitants agricoles wallons. Les principaux besoins couverts par notre solution sont les suivants :

- Un besoin créé par des obligations légales dérivées des objectifs de durabilité de l'Union Européenne ;
- Un besoin de la Wallonie de diversifier le mix énergétique et la production locale d'énergie afin de diminuer sa dépendance de l'étranger et les risques de non-approvisionnement ;
- Un besoin de diversification des revenus des agriculteurs wallons pour compenser les prix et marges faibles des produits agricoles.

Solution offerte

Afin de couvrir ces besoins, Ogees propose des unités de cogénération de puissance de 10 kW, alimentées au biogaz produit à partir de déchets agricoles insérés dans des digesteurs en voie sèche prenant la forme de containers.

Valeur ajoutée

La solution proposée permet, d'une part de développer en Wallonie des unités décentralisées de production d'électricité verte et, d'autre part de diminuer les charges tout en augmentant les revenus des agriculteurs wallons grâce à la production d'électricité, de chaleur et d'amendement.

Mission et vision d'Ogees

En proposant cette solution sur le marché, Ogees suit une mission et une vision qui permettent à l'ensemble des collaborateurs et autres parties prenantes d'Ogees de se diriger dans une même direction.

Mission : Ogees diversifie les revenus des agriculteurs en valorisant leurs déchets.

Vision : Rendre autonomes en énergie toutes les exploitations agricoles wallonnes tout en participant au mix énergétique belge.

2.2.2 Segment de clientèle

Les unités imaginées par la société Ogees sont adressées au segment de clients répondant à la description suivante :

- Ils sont exploitants agricoles ;
- Ils sont situés en Wallonie ;
- Ils sont détenteurs d’au minimum 60 têtes bovines ;
- Ils ont une orientation technico-économique bovine ;
- Ils ont une consommation minimum de 50 MWh annuelle.

2.2.3 Relation avec les clients

L’objectif est d’établir des relations directes, personnelles et de confiance avec les clients ciblés. La fourniture d’une information transparente et le choix de matériaux de qualité visent une bonne réputation entraînant une différenciation pour la société Ogees par rapport à d’éventuels concurrents. De plus, un service de maintenance est proposé afin de garder les unités vendues en fonctionnement de manière durable. Enfin, la confiance des agriculteurs est également gagnée grâce au démonstrateur initial qui témoigne du bon fonctionnement et de la qualité des installations.

2.2.4 Canaux de distribution

Le segment cible est principalement atteint de manière directe grâce à la force commerciale d’Ogees. En effet, la confiance des exploitants agricoles doit d’abord être gagnée avant d’aboutir à une signature de contrat.

De plus, un site web est développé. Celui-ci a pour objectif de fournir une information transparente et de qualité aux potentiels intéressés qui chercheraient de l’information en ligne. Ce canal s’adresse principalement aux jeunes agriculteurs qui passent plus de temps sur internet que les agriculteurs de la génération au-dessus.

Ogees participe à des foires agricoles pour y exposer ses produits et fournir toute l’information nécessaire afin de faire découvrir et comprendre la technologie offerte ainsi que pour aboutir à la signature de contrats. Par exemple, Ogees sera présent à la Foire de Libramont en juillet 2018. Enfin, Ogees publie chaque année, au quatrième trimestre, une annonce dans le Sillon Belge,

magazine qui représente une référence dans le monde agricole wallon.

2.2.5 Partenaires clés

Pour réaliser ces activités, Ogees a identifié des fournisseurs européens permettant de diminuer l'impact environnemental de ses installations, dont les principaux sont :

- ERigène pour la partie relative au procédé ;
- CRMT pour le moteur et le calculateur ;
- ARDEN Manutention pour le container ;
- Divers fournisseurs d'éléments connexes.

Au-delà de ces fournisseurs, Ogees collabore également avec de nombreux autres partenaires :

- Des artisans capables d'effectuer les travaux de génie civil ;
- Le facilitateur wallon en biométhanisation, Valbiom ;
- Les pouvoirs publics : CWaPE, CREG ou encore Elia ;
- Des partenaires financiers comme InnoEnergy ou des *Business Angels* ;
- Les collectivités et les citoyens concernés par les installations ;
- Des experts comptable-fiscaliste, juridique, financier, etc. ;
- L'Yncubator de Louvain-La-Neuve et plus particulièrement avec Pierre De Muelenaere ;
- Des organismes assureurs.

Ogees essaye de créer des partenariats sur le long terme avec tous ces acteurs précités afin de s'intégrer au mieux dans cet écosystème.

2.2.6 Activités clés

Au jour le jour, les collaborateurs actifs de la société Ogees doivent réaliser toute une série d'activités, dont les suivantes :

- Les activités commerciales : prospecter des clients potentiels, participer à des foires et salons, organiser des visites de sites témoins, la réalisation de brochures et annonces publicitaires ;
- Les activités opérationnelles : réaliser et planifier l'assemblage des différents éléments provenant des fournisseurs, planifier les commandes et les livraisons et réaliser la main-

tenance des installations en fonctionnement ;

- Les activités diverses : répondre aux interrogations des parties prenantes –dont les questions et problèmes rencontrés par les clients-, engager un ouvrier, améliorer de manière continue la technique utilisée, etc.

2.2.7 Ressources clés

Diverses ressources sont indispensables afin que la société Ogees puisse réaliser son activité. Tout d'abord des locaux sont loués pour les activités d'assemblage, entreposer le matériel et inviter des clients potentiels. De l'outillage est également indispensable à la réalisation de ces activités. Du matériel de bureau et informatique ainsi que la location d'une camionnette sont également nécessaires pour garantir le bon fonctionnement de l'activité. De plus, des fonds doivent être récoltés afin de financer le démonstrateur mais aussi les activités opérationnelles et les variations de trésorerie. En outre, un salarié est recruté en plus de l'administrateur délégué à la gestion journalière afin de réaliser les tâches d'assemblage et de maintenance. Par ailleurs, l'équipe interdisciplinaire ainsi que les valeurs d'Ogees -de qualité, d'information transparente mais aussi de considération de l'environnement- représentent des ressources immatérielles de l'entreprise qui sont exploitées.

2.2.8 Structure de coûts

La réalisation des activités présentées ci-dessus engendre certains coûts pour la SCRL Ogees. Il est possible de notamment référencer :

- Les coûts liés aux sous-produits constituant une unité de cogénération -digesteurs, conteneurs, moteur, calculateur, etc. - et à la prestation de maintenance –nouvelles pièces, huile, filtres, etc.- ;
- Les coûts des démarches commerciales, de la publicité, du site web, etc. ;
- La rémunération d'un ouvrier et de l'administrateur délégué à la gestion journalière ;
- Les frais afférents aux consultations d'experts –comptables, financiers, juridiques, etc.- ;
- Les coûts engendrés par variation de trésorerie ;
- Les frais généraux : les frais de téléphone, d'utilisation de logiciels informatiques, la location de bureaux ainsi que d'une camionnette et l'achat de matériel de bureau et informatique.

2.2.9 Flux de revenus

L'entreprise Ogees bénéficie de revenus provenant de deux sources principales :

- La vente d'unité de cogénération : le paiement dû est ventilé en trois parties ;
- La réalisation de la maintenance des unités vendues : le paiement est annuel.

2.3 Présentation de l'équipe

L'équipe se forme en décembre 2015 avec pour volonté de créer, ensemble, un projet entrepreneurial qui aboutirait non seulement en un mémoire de fin d'étude mais aussi en la création d'une entreprise. Cette équipe se compose de trois étudiants en fin de cursus à l'Université catholique de Louvain. Chacun d'eux appartient à une faculté différente mais ils ont pour point commun l'option en création de petite et moyenne entreprise -CPME- proposée par l'UCL. Le projet Ogees voit le jour grâce à la rencontre d'une quatrième personne, Nicolas, docteur en science de l'ingénieur, ayant également fait ses études à l'UCL et travaillant à présent en tant que consultant en énergie.

Nous présentons dans les paragraphes suivants chacun des membres de l'équipe, leur parcours, leur contribution au projet et leur rôle dans la société en devenir.

2.3.1 Porteurs du projet

Adrien Dewalque

Adrien, 26 ans, étudiant en Droit à l'UCL. Son parcours original lui a permis d'arriver en fin de cursus avec la volonté de développer sa propre entreprise. Issu de l'enseignement secondaire technique, il commence une carrière en tant que mécanicien automobile. Rapidement, il sent le désir et le besoin d'être autonome, indépendant. Il décide alors de faire un baccalauréat en droit en Haute-École puis de se diriger vers une passerelle en sciences politiques afin de pouvoir mieux appréhender les grandes questions sociétales. Ensuite, il s'inscrit au master en Droit et à la formation CPME à l'UCL.

Aidé par sa grande habilité à générer de nouvelles idées, Adrien est animé par sa volonté de créer une entreprise. Ces aptitudes et sa proactivité auront servi au projet du présent mémoire et permis plusieurs rencontres importantes. Son parcours le place, comme il est plus longuement discuté à la section 7.3.1, à la tête de la société Ogees.

Simon De Roo

Simon, 23 ans, étudiant à l'UCL en science de gestion. La formation en CPME offerte par l'UCL a été pour Simon un second souffle dans ses études. Sa motivation se trouve dans la création même, dans la concrétisation d'idées plutôt que dans le contrôle ou l'indépendance.

Simon est également animé par sa volonté de participer à des projets dotés d'un réel impact, comme en témoignent les deux projets humanitaires, en Thaïlande et au Cambodge, auxquels il a pris part. Sa compréhension globale du projet ainsi que ses compétences en communication ont été d'une grande aide lors de diverses réunions, présentations et concours. La réalité économique d'un jeune diplômé ainsi que sa curiosité à s'immerger dans des domaines variés le poussent à chercher une première expérience professionnelle ailleurs. Simon gardera néanmoins un pied dans la société Ogees en étant membre du conseil d'administration.

Angelo Rodriguez Garcia

Angelo, 24 ans, étudiant à l'UCL en sciences de l'ingénieur orientation ingénieur civil mécanicien. Il a voulu saisir toutes les opportunités se présentant à lui pendant ses études. C'est ainsi qu'il s'est rendu à Madagascar dans le cadre de l'initiative IngénieursSud de Louvain Coopération et de l'EPL. Il s'est aussi impliqué tant nationalement qu'internationalement dans des associations étudiantes. Son arrivée en CPME vient de sa volonté d'ajouter une corde à son arc et de pouvoir un jour créer une entreprise dans un pays du Sud dont il est originaire.

Ses expériences dans plusieurs groupes tant sportifs qu'académiques ont permis à l'équipe de garder une certaine communion et d'avancer dans des moments difficiles du projet. Angelo a pour volonté d'acquérir une première expérience professionnelle avant de prendre part activement à la création d'une entreprise, c'est pourquoi il ne gardera qu'un pied dans la société Ogees par son poste dans le conseil d'administration avec la possibilité de devenir plus actif si une opportunité se présente à l'avenir.

2.3.2 Autres acteurs du projet

Tout au long de notre travail, nous avons eu la chance de rencontrer et discuter avec des dizaines de personnes dans le domaine de l'entrepreneuriat mais aussi de l'énergie, des ONG et bien plus encore. Chacune à sa façon nous a permis d'avancer. Citer toutes ces rencontres n'est pas possible mais nous ne pouvons omettre le rôle joué par Nicolas au sein de notre équipe.

Comme nous l'avons déjà évoqué dans l'introduction de cette section, Nicolas est à l'origine de ce projet. Il nous aura accompagnés tout au long de celui-ci à travers les différentes réorientations prises. Nicolas achève un doctorat en sciences de l'ingénieur en 2013 et a, depuis, travaillé en tant qu'indépendant et consultant en énergie. Son expérience dans le domaine de l'énergie ainsi que ses conseils nous ont permis de considérablement avancer et d'ajouter au projet l'aspect très concret que nous recherchions. La volonté première de Nicolas est de créer ou de faire partie d'une entreprise active dans les pays du Sud. Bien que ce ne soit plus la mission d'Ogees -section 2.1-, Nicolas a également la volonté de participer à la création d'une entreprise belge. C'est pourquoi une relation privilégiée avec lui sera établie en tant que consultant extérieur.

2.4 Phases de développement

Une société technologique ne voit pas le jour en quelques mois. En effet, la connaissance du client, la maîtrise de la technique ainsi que l'organisation de l'entreprise sont autant d'éléments qui prennent du temps et qui demandent une certaine réflexion.

C'est pourquoi nous avons décidé de subordonner la réalisation de notre *Business Model* à trois grandes phases de développement, à savoir : une phase préparatoire, une phase de mise au point d'un démonstrateur fonctionnel et une phase de mise sur le marché. Ces différentes phases sont schématisées à l'annexe J.

2.4.1 Phase préparatoire

La phase préparatoire peut se résumer comme étant celle qui a apporté une vue globale du sujet à l'équipe. La première étape de cette phase consistait, tout d'abord, en la mise au point de la technologie par un modèle mathématique 0D qui nous a permis de connaître les informations nécessaires au développement des cogénérations. Sur base de ces recherches théoriques, plusieurs moteurs ont pu être sélectionnés. Nous renvoyons le lecteur au chapitre 6.1 pour un approfondissement de l'aspect technique.

Dans le même temps, il était nécessaire pour l'entreprise de connaître son marché. C'est pour cette raison que nous nous sommes rendus à l'Expobiogaz de Bordeaux en mai 2017. Ce séjour avait pour objectif de nouer contact avec les acteurs européens du biogaz. Ces rencontres ont été positives en ce que nous avons pu recevoir différentes offres de procédés mais aussi convenir d'un rendez-vous chez le motoriste CRMT à Lyon en juillet 2017.

De plus, une étude du segment de clientèle a été menée. Celle-ci avait pour but de valider les hypothèses du business plan. Nous renvoyons le lecteur à la section 3.2 pour un approfondissement de l'étude de marché.

Les résultats de recherche portant sur la technique et sur le marché ont permis de développer un *Business Model* mais aussi une offre commerciale rentable. Nous renvoyons à la section 7.1 pour une explication de l'offre commerciale.

C'est à partir des résultats et des données recueillies durant la phase préparatoire que les porteurs de projet pourront passer à la seconde phase du développement. Nous considérons que ce mémoire est l'aboutissement de la première phase de développement.

2.4.2 Phase de mise au point d'un démonstrateur fonctionnel

La deuxième phase du développement s'est imposée à nous suite aux rencontres. En effet, nous avons rapidement remarqué que nous ne pouvions pas proposer de micro-cogénération sans avoir préalablement mis sur pied une unité témoin. De plus, une levée de fonds pourrait être rendue difficile si cette étape n'était pas prévue (Yncubator, évaluation finale, 9 mai 2017). Par conséquent, dès le 1er octobre 2017, la tâche principale de la SCRL Ogees sera de mettre au point un démonstrateur fonctionnel à l'échelle réelle, en utilisant les mêmes technologies que celles qui seront utilisées chez les clients. Cette seconde phase devrait aboutir en janvier 2018.

Pour convaincre les investisseurs de financer ce démonstrateur fonctionnel, nous nous reposons principalement sur les conclusions de la phase préparatoire. Pour plus de détails quant au financement, voyez la section 8.3. En outre, durant cette seconde phase, un partenariat visant à réaliser des études de pertinence rémunérées n'est pas à exclure. Nous ne développerons pas cette hypothèse dans le cadre de ce mémoire. Durant cette période, une prospection active de la clientèle est prévue afin de conclure les premiers accords de principe sur la vente de cogénérations.

2.4.3 Phase de mise sur le marché

Fin janvier 2018, le démonstrateur fonctionnel sera en activité et servira de référence à la SCRL Ogees. Les ventes pourront alors débuter. Ces ventes seront basées sur l'offre commerciale ayant reçu les faveurs des agriculteurs, selon notre étude de marché. C'est ainsi que la vente de micro-cogénérations en pleine propriété a été adoptée. Pour mieux comprendre ce choix, nous

renvoyons à la section 3.2.

Notons, enfin, qu'une évolution de l'offre vers un modèle de tiers-investisseur est possible. En effet, il ressort de l'étude de marché que le second choix se portait sur ce mode de financement. Pour une vision plus approfondie du sujet, nous renvoyons à la section 7.8.

Chapitre 3

Analyse de l'environnement

3.1	Marché de l'énergie	29
3.1.1	Importance de l'énergie	29
3.1.2	D'exportateur à importateur d'énergie	30
3.1.3	Situation énergétique de la Belgique aujourd'hui	30
3.1.4	Résumé des besoins de la Wallonie	35
3.2	Marché des agriculteurs wallons	36
3.2.1	Esquisse des exploitations agricoles wallonnes	37
3.2.2	Analyse de la demande : étude de marché qualitative	40
3.2.3	Résultats de l'étude des entretiens directifs de l'étude qualitative exploratoire	40
3.2.4	Réalisation d'une <i>empathy map</i>	45
3.2.5	Résumé des besoins des exploitants agricoles	45

Ce chapitre est consacré à l'analyse de l'environnement de l'entreprise et est divisé en deux grandes parties. La première partie de celui-ci familiarise le lecteur à la situation énergétique wallonne et au besoin énergétique rencontré par la Wallonie. La seconde partie du chapitre esquisse la situation des agriculteurs wallons et présente l'étude de marché qui a été réalisée afin de comprendre les besoins des agriculteurs.

3.1 Marché de l'énergie

3.1.1 Importance de l'énergie

Comme avancé dans les premières lignes de ce mémoire, l'énergie est un élément indispensable au développement économique et l'est même dans la vie quotidienne de tout être humain. En

effet, celle-ci peut être considérée comme étant un bien de première nécessité puisqu'elle permet de chauffer, de refroidir, d'éclairer, de se déplacer mais aussi d'alimenter de nombreux appareils électriques. De plus, un accès à l'énergie est essentiel afin de diminuer la pauvreté et hausser le niveau de vie d'un pays (Goldemberg, 2000).

3.1.2 D'exportateur à importateur d'énergie

Au moment de la révolution belge, le Royaume est exportateur net d'énergie dont la source principale est le charbon. En effet, la Belgique exporte cette ressource minière d'une telle façon que 6 des 30 millions de tonnes de charbon extrait mondialement en 1830 proviennent du territoire belge (Ashworth, 1987).

Cependant, la position dominante de la Belgique sur la scène internationale est altérée après la Seconde Guerre mondiale par l'épuisement de cette ressource naturelle. Le pays entre alors, comme d'autres pays d'Europe occidentale, dans une période de pénurie d'énergie. En effet, la Belgique exporte de moins en moins d'énergie –on peut observer entre 1990 et 2004 une diminution de 4,4% de la production d'énergie sur le territoire belge– et ne cesse d'importer davantage –sur cette même période, les importations nettes d'énergie s'accroissent de presque 20% (International Energy Agency, 2016a).

Au-delà du fait que la Belgique importe de l'électricité alors qu'elle avait encore une position dominante sur le plan énergétique il y a quelques décennies, celle-ci est exposée à l'automne 2014 à un risque de black-out, de non-approvisionnement énergétique suite à la coupure de trois réacteurs de centrales nucléaires belges. Bien que la Belgique n'ait finalement pas connu de délestage grâce à une météo clémente cet hiver-là et à l'importation massive d'électricité depuis la France et les Pays-Bas, cet événement illustre la situation actuelle de la Belgique. La sécurité d'approvisionnement du pays est dépendante de l'extérieur tout en étant soumise à des objectifs contraignants imposés par l'Union européenne (Le Soir, 2015).

3.1.3 Situation énergétique de la Belgique aujourd'hui

Maintenant que la dépendance énergétique de la Belgique a été introduite, il est intéressant de dresser un panorama de l'état actuel de la filière énergétique en Belgique.

De l'Union européenne aux Régions

Une bonne partie de la politique énergétique appliquée en Wallonie est influencée par les objectifs imposés pour 2020 aux Etats membres par l'Union européenne –qui ont été soulignés dans la contextualisation au chapitre 1. De plus, l'Union européenne adopte régulièrement des normes

qui impactent également les politiques énergétiques des Etats membres. Ce fût par exemple le cas en 1996 au travers de la Directive 96/92/CE du Parlement européen et du Conseil du 19 décembre 1996 concernant des règles communes pour le marché intérieur de l'électricité. En effet, l'Union décida de libéraliser le marché de l'électricité et du gaz –ce qui implique que chaque consommateur du marché est dorénavant libre de s'approvisionner auprès du fournisseur de son choix. C'est parce que l'Union considère l'énergie comme un bien de première nécessité et que des prix de l'énergie plus abordables étaient visés que cette norme a été adoptée (Power4You, s. d.). Cependant, il n'existe à proprement parler aucune politique commune au niveau de l'Union européenne –dans le sens où chaque Etat membre opte pour la politique qu'il souhaite afin de rencontrer les objectifs imposés.

En zoomant sur le cas de la Belgique, il est possible de constater qu'aucune stratégie énergétique n'existe au niveau national. En effet, la compétence énergie a été régionalisée (art.6,§1^{er},VII,al.1^{er} et 2 de la loi spéciale de réformes institutionnelles, 1980), ce qui se traduit par des décisions prises par les trois régions respectivement applicables sur leurs territoires. Concrètement, chaque région est responsable des tarifs de distribution, du lancement d'initiatives encourageant les énergies renouvelables ainsi que de la promotion d'efficacité énergétique sur son territoire (International Energy Agency, 2016b). Toutefois, quelques sujets plus stratégiques comme la sortie du nucléaire, la sécurité d'approvisionnement, la gestion des plateformes offshore ou encore la supervision du transport de l'énergie restent des compétences fédérales (art.6,§1^{er},VII,al.3 de la loi spéciale de réformes institutionnelles, 1980).

Fourniture, production et importation d'énergie en Belgique

Le total des ressources en énergie primaire¹ d'un pays correspond à la quantité totale d'énergie² consommée par ce pays. Dans le cas de la Belgique, ce total s'élevait à 52,8 Mtep³ pour l'année 2014 pour une population de 11 267 910 habitants (PopulationData, 2017), soit 4,7 tep par habitant –ce qui est légèrement plus élevé que la moyenne des pays membres de l'International Energy Agency se situant à 4,4 tep. Les combustibles fossiles représentent 72,7% de ce TPES, la puissance nucléaire 16,6% et les sources renouvelables 8%. Ensuite, la consommation totale finale⁴ se chiffre à 40,1 Mtep. La différence entre le TPES et la consommation totale finale se situe dans les combustibles utilisés dans la génération d'électricité ou de chaleur, dans la

1. Le total des ressources en énergie primaire est parfois plus connu sous la dénomination anglaise « Total Primary Energy Supply » ou TPES

2. Ce total équivaut donc à la production domestique d'énergie ajoutée aux importations d'énergie auxquelles il faut déduire les exportations avant de corriger ce résultat par la variation de stock

3. Mtep : Millions de tonnes équivalent pétrole, soit une unité de mesure de l'énergie permettant la comparaison entre diverses sources d'énergie

4. La consommation totale finale correspond à l'utilisation d'énergie par des consommateurs finaux

transformation ainsi que dans les pertes liées à ces processus. L'industrie représente l'utilisation la plus énergivore -47,5%- suivie du transport -21,7%-, de la consommation résidentielle -18,4%- et enfin des commerces, secteur public et agriculture -12,3%. Ces premières données sont à distinguer de la production d'énergie domestique d'un pays, chiffre qui s'élève à 12,5 Mtep –soit 23,6% du TPES- pour la Belgique. Alors que le nucléaire représente 70,1% de cette production, les énergies renouvelables en représentent 28,1% (CREG, CWaPE, Brugel, & Vreg, 2015). La figure 3.1 représente visuellement ces données.

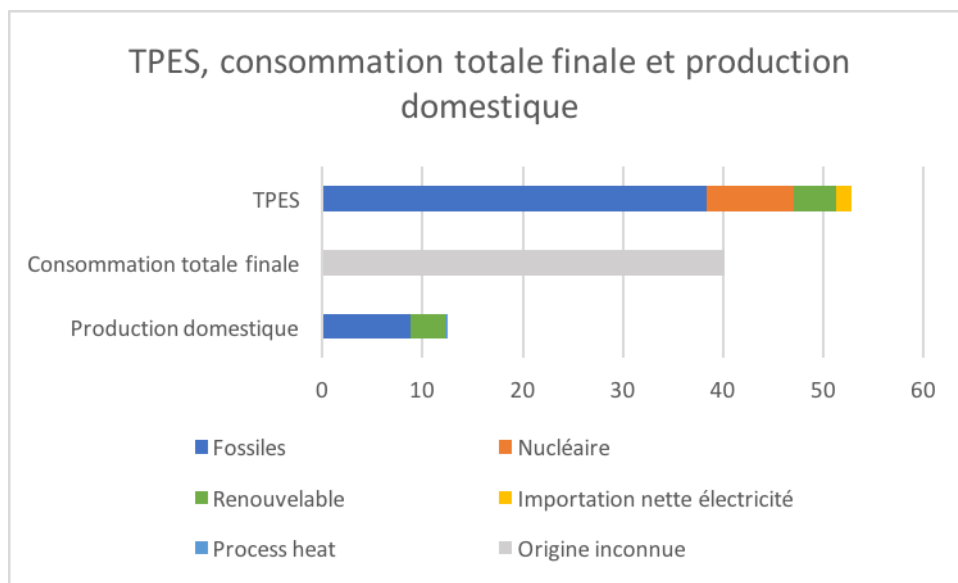


FIGURE 3.1 – TPES, Consommation totale et production domestique (International Energy Agency, 2016a).

Forte dépendance énergétique de la Belgique

Deux remarques peuvent être formulées face aux chiffres présentés ci-dessus. Tout d'abord, la Belgique est dépendante de ressources qui se raréfient -comme expliqué au chapitre 1- puisque près des trois quarts du TPES belge proviennent des énergies fossiles⁵(International Energy Agency, 2016a). Ensuite, la production domestique d'énergie ne représente que moins d'un quart de l'énergie utilisée en Belgique. L'importation joue dès lors un rôle important dans l'approvisionnement énergétique belge. Ceci signifie donc que la Belgique dépend grandement des apports énergétiques extérieurs pour sa consommation.

Prix de l'énergie

Une dépendance énergétique peut avoir un impact considérable sur l'économie d'un pays. Etant donné la dépendance énergétique de la Belgique, celle-ci est sensible à l'évolution des prix

5. Les apports pétroliers proviennent principalement de Russie, d'Arabie Saoudite, d'Iran et de Norvège (International Energy Agency, 2016b)

mondiaux de l'énergie.

Un rapport de la Commission européenne (2016) indique que les prix de l'énergie sont mondialement élevés. Bien que des différences notables concernant les prix de l'énergie soient observées entre les différents Etats membres de l'Union européenne -ces prix pouvant aller du simple - pour la Bulgarie par exemple- au triple -pour le Danemark-, ces montants restent nettement plus considérables en Europe par rapport aux prix payés par d'autres partenaires commerciaux -comme les Etats-Unis (Commission européenne, 2016). Or ces prix d'énergie élevés diminuent le pouvoir d'achat des Belges, et donc la qualité de vie de manière générale tout en augmentant les coûts pour les entreprises, les rendant ainsi moins compétitives. Cependant, des prix élevés ne représentent rien d'autre qu'un incitant à limiter la consommation énergétique et à adopter de nouvelles technologies plus innovatrices et responsables vis-à-vis de l'environnement (Commission européenne, 2016). C'est d'ailleurs cette efficacité énergétique accrue combinée à une croissance économique faible qui a réduit la demande. En parallèle, des sources alternatives de production d'énergie plus écologiques et locales ont vu le jour sur le marché, ce qui a stimulé l'offre énergétique. Ces évolutions de l'offre et la demande en énergie ont diminué le prix de gros des combustibles fossiles ces dernières années (Commission européenne, 2016).

Focus sur le marché de l'électricité

Le marché de l'énergie étant vaste, cette section se focalise sur le marché de l'électricité -puisque l'électricité produite par les unités de cogénération sera valorisée sur celui-ci.

Consommation et production d'électricité

En 2014, la demande en électricité belge a été chiffrée⁶ à 82 TWh⁷ pour une production de 71,5 TWh comme le présente la figure 3.2. Près de la moitié -47,2%- de la génération d'électricité en Belgique provenait de centrales nucléaires, le gaz naturel représentant la seconde source de production électrique -27%- suivie par les sources renouvelables -à hauteur de 18,8%.

La demande étant plus élevée que la production, la Belgique importe environ un cinquième de sa demande en électricité -21,5% pour 2014, ce qui représente une augmentation de 82,6% par rapport à l'année précédente (CREG et al., 2015). Depuis 2006, le réseau électrique belge a été couplé à celui de la France et des Pays-Bas (International Energy Agency, 2016b).

6. Sauf indication contraire, toutes les données renseignées au sein de cette section proviennent de l'International Energy Agency, (2016b).

7. TWh : térawatts-heure.

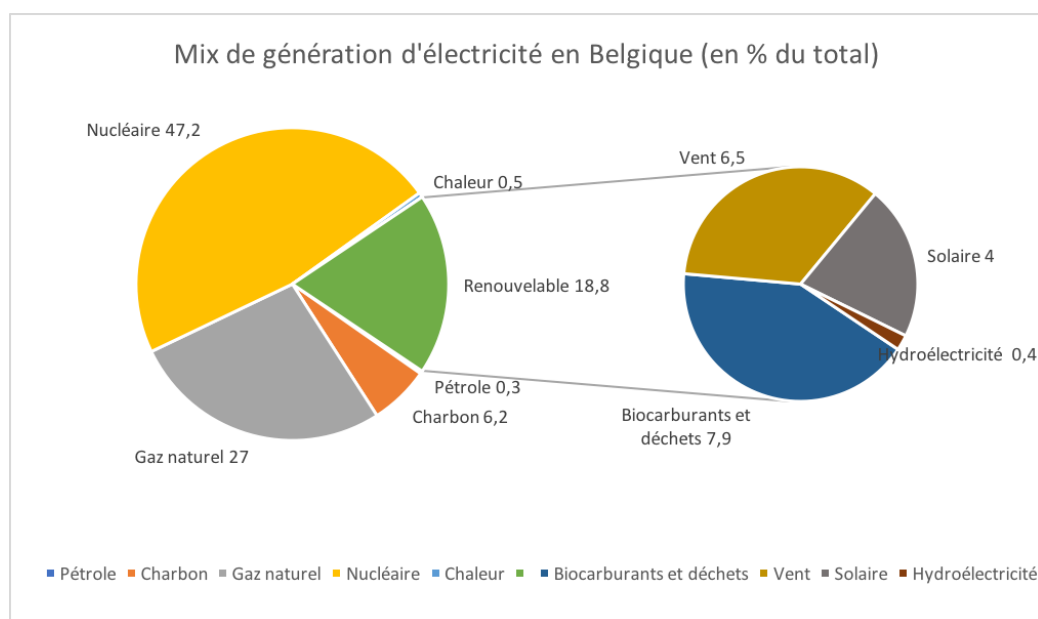


FIGURE 3.2 – Mix de génération d'électricité, avec la part du renouvelable détaillée (International Energy Agency, 2016a).

Acteurs du marché de l'électricité

Cette sous-section cherche à décomposer le marché de l'électricité pour en comprendre les différents acteurs. Cependant, nous présentons dans celle-ci uniquement le rôle du producteur -puisque les clients de la société Ogees sont ce premier maillon du marché de l'électricité. Le rôle joué par chacun de ces acteurs est consultable en annexe F.1.

Les producteurs génèrent, en Belgique ou à l'étranger, de l'électricité à partir de technologies différentes. Globalement, il est possible de distinguer la production d'électricité verte de l'électricité grise. Cette dernière correspond à l'électricité produite à partir de combustibles fossiles ou nucléaires. Au contraire, l'électricité verte fait référence à l'électricité obtenue à partir de source d'énergie renouvelable ou de cogénération de qualité (Art.2,7^e et 9^e du Décret relatif à l'organisation du marché régional de l'électricité, 2001) de telle sorte qu'une économie de minimum 10% de dioxyde de carbone est réalisée par rapport à une production classique (38,§2,al.2 du Décret relatif à l'organisation du marché régional de l'électricité, 2001) dans une centrale TGV⁸ (Annexe de l'Arrêté ministériel déterminant les procédures et le Code de comptage de l'électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelables et/ou de cogénération, 2007), définie par le législateur comme l'installation de référence (art.17,al.2 de l'Arrêté du Gouvernement wallon relatif à la promotion de l'électricité verte, 2006). L'énergie renouvelable doit donc être distinguée de l'énergie dite verte puisque cette première est définie comme une « *source d'énergie [...] dont la consommation ne limite pas son utilisation future [...]* » (Art.2,9^e du

8. TGV : Turbine-Gaz-Vapeur.

Décret relatif à l'organisation du marché régional de l'électricité, 2001).

Les clients de l'entreprise Ogees sont donc considérés comme des producteurs d'électricité verte et renouvelable.

Prix et décomposition du prix de l'électricité

Ce paragraphe présente brièvement le coût de l'électricité en Belgique. Par souci de clarté, nous ne présentons ici que les chiffres clés et invitons le lecteur intéressé à consulter l'annexe F.2 afin de découvrir le détail des facteurs influençant ces prix ainsi que l'évolution dans le temps de ceux-ci. Le prix de gros –qui est donc le prix auquel les fournisseurs achètent l'électricité aux producteurs- est à distinguer du prix de détail – le prix auquel l'électricité est revendue par les fournisseurs aux consommateurs finaux (Commission de Régulation de l'Energie, s. d.).

En résumé, le prix de gros européen est à la baisse depuis 2008 et avoisinait en 2014 les 40€/MWh. Au contraire, le prix de détail moyen européen connaît un taux de croissance annuel positif et approche les 200€/MWh (CREG et al., 2015). Ces évolutions en sens opposés sont explicables par le fait qu'une part importante du prix de détail de l'électricité résulte de taxes, prélèvements et des tarifs de réseau (Commission européenne, 2016).

Bien qu'une analyse un peu plus générale au niveau de l'Europe permette de relativiser les prix de l'électricité en Belgique, il est important de noter que des différences notoires sont à observer entre les pays européens. C'est pourquoi nous utilisons dans la suite de ce mémoire uniquement le prix moyen de l'électricité fournie aux ménages belges qui était en 2015 de 235€/MWh (Eurostat, 2016).

3.1.4 Résumé des besoins de la Wallonie

Cette section résume donc les deux besoins que présente la Wallonie, à savoir le besoin légalement imposé par l'Union européenne et un besoin contraint par les risques de non-appvisionnement.

Un besoin légal dicté par l'Union européenne

Face à la pression que connaît l'environnement naturel dans lequel l'activité humaine prend place -comme résumé au chapitre 1-, l'Union européenne impose aujourd'hui des objectifs à ses Etats membres afin d'adopter un développement d'une activité économique plus respectueux de l'environnement (Commission européenne, 2009 ; Directive 2009/28/CE relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables, 2009). De par ces impositions légales supraétatiques, un besoin est donc créé pour la Belgique qui doit aujourd'hui

penser et stimuler le développement de projets diminuant les émissions de gaz à effets de serre tout en augmentant la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique.

Un besoin face à un risque de non-approvisionnement en électricité

La Wallonie rencontre d'autre part un besoin d'assurer l'approvisionnement énergétique. En effet, le black-out frôlé en 2014 illustre parfaitement l'insécurité d'approvisionnement que connaît la Wallonie.

Cette sécurité n'est pas garantie du fait que la consommation excède grandement la production nationale en énergie. C'est pourquoi la Belgique est dans l'obligation d'importer de l'énergie du monde extérieur, la rendant dépendante de celui-ci.

D'autre part, cette insécurité est due à la composition du mix énergétique alliée à la volonté de sortir du nucléaire⁹-qui génère aujourd'hui près de la moitié de l'électricité (Loi sur la sortie progressive de l'énergie nucléaire à des fins de production industrielle d'électricité, 2003 ; International Energy Agency, 2016b). Alors que la Belgique doit suivre les objectifs de durabilité imposés par l'Union européenne¹⁰, celle-ci désire également sortir du nucléaire. Si le pays souhaite suivre ces deux objectifs simultanément, les sources alternatives d'électricité doivent suffisamment se développer que pour compenser la production massive obtenue à partir des centrales nucléaires (International Energy Agency, 2016b).

3.2 Marché des agriculteurs wallons

Maintenant qu'il a été démontré que la Wallonie rencontre un véritable besoin énergétique, nous analysons dans cette section le besoin des agriculteurs wallons qui pourrait potentiellement être couvert par la solution proposée par la société Ogees.

Nous adoptons dans ce qui suit une démarche centrée sur le client que nous scindons en deux parties.

Nous procédons premièrement à une analyse technique des déchets des exploitations agricoles wallonnes puisque ceux-ci constitueront la base de la biométhanisation. Sur base de publications et rapports, nous identifions le type de déchets présents dans les exploitations agricoles wallonnes et cherchons à quantifier ceux-ci. Nous essayons également dans cette première partie de comprendre le quotidien des agriculteurs avec les données et évolutions indiquées par la théorie. Deuxièmement, nous tentons de comprendre, par le biais d'une étude de marché réalisée sur le terrain, les besoins des propriétaires d'exploitations présentant un certain type de déchets.

9. Cf. annexe F.3 pour de plus amples informations sur la situation nucléaire de la Belgique

10. Comme les centrales nucléaires sont une source faiblement émettrice de CO_2 , celles-ci constituent une source idéale de production d'électricité pour respecter ces objectifs

3.2.1 Esquisse des exploitations agricoles wallonnes

Comme expliqué dans le *Business Model Canvas* à la section 1.1.3, la solution développée transforme des intrants organiques introduits dans le digesteur en électricité, chaleur et digestat. C'est pourquoi nous étions à la recherche d'utilisateurs potentiels produisant annuellement de grandes quantités de matière organique, consommant une importante quantité d'énergie annuellement et étant à la recherche de nouvelles activités économiques. L'analyse qui suit confirme que les exploitations agricoles wallonnes répondent à cette description.

Présence de déchets organiques dans les fermes

En 2014, 37 194 exploitations agricoles étaient recensées en Belgique, dont environ un tiers se situe en Région wallonne -12 902- (Agence Wallonne pour la Promotion d'une Agriculture de Qualité, 2016b). Les exploitations wallonnes sont inégalement réparties entre provinces puisque 30% d'entre elles se situent en province de Hainaut alors que seulement 8% sont localisées en Brabant wallon (Agence Wallonne pour la Promotion d'une Agriculture de Qualité, 2016a). Entre 1980 et 2010, le nombre d'exploitations en Belgique a connu une diminution de 63% tandis que la superficie moyenne par exploitation a quant à elle plus que doublé pour arriver aujourd'hui à environ 55 ha (Agence Wallonne pour la Promotion d'une Agriculture de Qualité, 2016b; Direction Générale Statistique, 2014). Notons donc que de moins en moins d'exploitations sont à comptabiliser en Belgique mais que celles-ci sont de plus en plus imposantes. Durant cette même période, le volume de main-d'œuvre consacrée aux activités agricoles s'est contracté de 45% et la part de l'agriculture dans l'économie belge est passée en 2014 sous la barre de 1% (Direction Générale Statistique, 2014).

Une grande diversité est cependant à observer parmi les exploitations agricoles wallonnes, tant au niveau de la taille de celles-ci, de leur niveau de modernité, de l'ampleur des troupeaux ou cultures qu'elles pratiquent ou encore du type d'activité réalisée (Rulot, 2011). Étant donné que le type de voie de biométhanisation adopté -cf. section 4.8- dépend principalement du type de déchets identifiés dans les fermes wallonnes, il est intéressant de séparer les exploitations agricoles en fonction de leur orientation technico-économique (European Commission, 2003). Il est alors possible de constater sur la figure 3.3 que parmi ces 12 902 exploitations wallonnes, 32% sont dédiées à l'agriculture, tandis que 20% pratiquent l'élevage de viande bovine, 15,3% la production mixte de viande bovine et de lait, 15% la production de lait, 10% dans les cultures - le restant représentant des orientations technico-économiques fort peu présentes en Belgique (Agence Wallonne pour la Promotion d'une Agriculture de Qualité, 2016b).

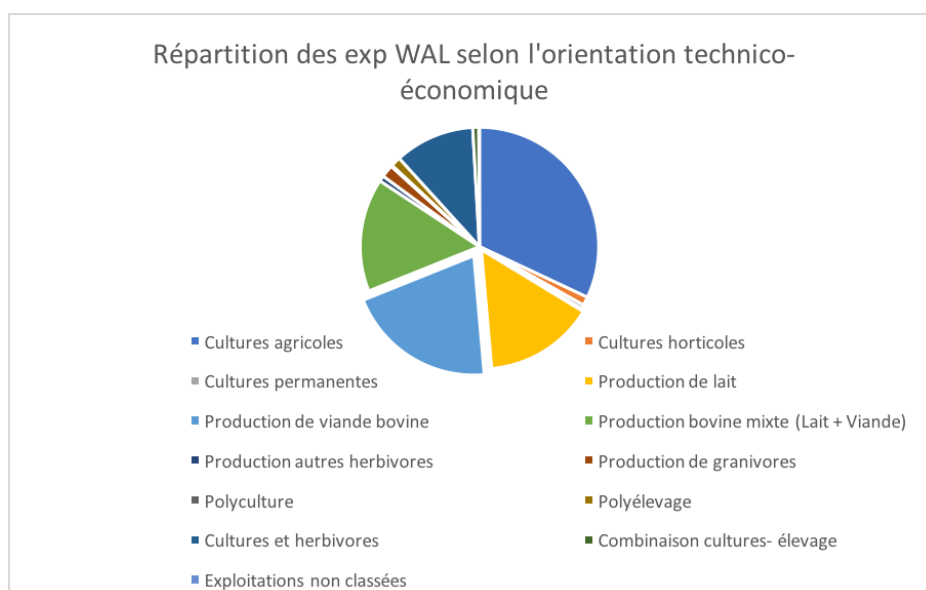


FIGURE 3.3 – Répartition des exploitations agricoles wallonnes selon leur orientation technico-économique (Agence Wallonne pour la Promotion d'une Agriculture de Qualité, 2016b).

De cette figure, nous pouvons constater que la production bovine joue un rôle majeur en Wallonie et que plus de la moitié des exploitations agricoles présentent une orientation technico-économique produisant des effluents bovins. Formulé autrement, si la société Ogees s'adresse aux exploitations agricoles présentant des effluents bovins, elle s'adresse en réalité à la moitié du marché des agriculteurs belges en nombre d'exploitations.

Consommation d'énergie conséquente

Les exploitations agricoles semblent correspondre au profil type d'utilisateurs d'installations de biométhanisation puisque la ferme moyenne présente des consommations annuelles en électricité d'environ 22 000 kWh et en chaleur d'approximativement 3000 litres de mazout (Rulot, 2011). De manière générale, environ 5% des charges d'une exploitation de bovins destinés à la viande sont à retrouver dans le poste énergie et 6% dans le poste d'engrais (Agence Wallonne pour la Promotion d'une Agriculture de Qualité, 2016a).

Cependant, notons que cette moyenne n'est probablement pas une représentation fiable d'une ferme type wallonne puisque les extrêmes impactent fortement celle-ci. En effet, les postes de consommation sont nettement influencés par les comportements adoptés par l'agriculteur. Une traite manuelle ou par robot, une alimentation animale produite à proximité de la ferme ou achetée quelques kilomètres plus loin ou encore l'utilisation de pesticides sont quelques exemples de pratiques agricoles qui influencent la consommation énergétique (Rabier, 2011 ; Mignon, 2012). Toutefois, le classement des postes dans les charges d'exploitation pour la production viandeuse de bovins reste globalement le même pour les différentes exploitations : le poste engrais repré-

sente les plus grosses dépenses, suivi du fioul, aliment et électricité (Mignon, 2012). Par ailleurs, cette consommation ne cesse de gonfler de par l'installation de matériels énergivores de plus en plus fréquemment utilisés au sein des fermes pour des activités de traite ou de séchage par exemple (Agricondruses, 2011).

Situation économique instable

L'agriculteur se retrouve bien souvent au cœur de l'actualité et des manifestations devant le Parlement européen à Bruxelles pour lutter contre les bas prix rencontrés par le secteur sont régulièrement observées (RTLinfo, 2017).

En effet, les prix à la production dans le secteur agricole augmentent depuis 2000 de manière nettement moins élevée -environ 19% jusqu'en 2009- que les prix alimentaires aux consommateurs -environ 28% pour la même période (Direction Générale Statistique, 2016 ; Eurostat, 2016). De manière plus détaillée, la valeur de la production céréalière a chuté de près de 50%, la valeur des productions animales et végétales a baissé de 4%, tandis que le lait a également connu une baisse de valeur (Direction Générale Statistique, 2016). Exception faite de la production horticole, tous les secteurs agricoles ont rencontré en 2016 des conditions de marché moins favorables par rapport à l'année 2015 et la valeur ajoutée nette du secteur agricole a été la plus faible des vingt dernières années (Direction Générale Statistique, 2016). Les exploitants agricoles sont donc potentiellement à la recherche de nouvelles sources de revenus.

Choix soutenu par le gouvernement

En outre, la Région wallonne présenterait, selon une étude réalisée par le Réseau Wallon de Développement Rural (2014), un fort potentiel de biomasse en zone agricole. Celle-ci est aujourd'hui sous-exploitée mais pourrait, après biométhanisation fournir 80% de la consommation électrique des ménages wallons. Comme le mentionne très clairement l'un des agriculteurs rencontrés -qui sera identifié comme étant la ferme08 dans le cadre de l'étude de marché détaillée à la section 3.2.2-, « il y a de l'or non-utilisé dans nos fermes ». De plus, le digestat de cette biomasse digérée pourrait substituer l'entièreté de l'engrais utilisé actuellement par les cultures céréalières en Wallonie. Enfin, le choix des fermes plutôt que des entreprises industrielles se justifie par le soutien accru du gouvernement pour le traitement des effluents agricoles plutôt que des déchets agro-alimentaires, diminuant ainsi l'octroi du nombre de certificats verts accordés pour les installations traitant ces derniers et impactant donc la rentabilité du projet (CWaPE, 2015).

3.2.2 Analyse de la demande : étude de marché qualitative

Raison d'être de l'étude de marché

Ce projet de création d'entreprise mêle des aspects biochimiques, agronomiques, mécaniques, électriques et concerne un public cible qui ne suit pas toujours les principes théoriques abordés à l'université. Dès lors, les besoins des clients potentiels ne sont pas toujours évidents à cerner. Comme Ooms (2016) et Roisin (2017) l'indiquent, il est cependant nécessaire de comprendre ce que le segment ciblé désire concrètement. Tout entrepreneur doit pour ce faire quitter la tour d'ivoire de la théorie pour confronter l'idée au segment de marché cible. Comprendre les besoins des clients potentiels nous a poussés à réaliser une étude de marché.

Réalisation de l'étude

L'annexe F.4.1 présente l'étude de marché de manière détaillée. Bien que cette étude représente une pièce maîtresse dans l'analyse de la faisabilité de la création de la société Ogees, nous avons choisi de conserver dans le corps de ce texte uniquement les résultats de celle-ci afin de faciliter la lecture du mémoire et afin de ne pas perdre le fil conducteur liant les chapitres.

L'annexe F.4.1 explique tout d'abord la manière dont nous avons choisi les participants de l'étude. L'annexe F.4.2 explique pourquoi nous avons opté pour la méthode des interviews directifs afin de réaliser celle-ci. Cette même section relate la conception des questions de l'étude et décrit la préparation du discours et du comportement que les interviewers ont dû adopter. Ensuite, l'annexe F.4.3 présente les hypothèses qui ont été formulées au préalable de cette étude et que nous avons cherché à confirmer ou infirmer. Enfin l'annexe F.4.4 reprend chaque hypothèse et présente à l'aide de graphiques les résultats de l'étude. C'est d'ailleurs cette dernière section que nous reprenons à l'annexe F.4.4 ci-dessous.

3.2.3 Résultats de l'étude des entretiens directifs de l'étude qualitative exploratoire

Dans cette sous-section¹¹, nous présentons quelques-uns des résultats de l'étude qualitative réalisée au moyen du document listant les questions à poser au public cible. Nous ne présentons toutefois ici que les résultats portant sur la compréhension des besoins des exploitants agricoles, en laissant d'autres résultats à d'autres chapitres de ce mémoire lorsque ceux-ci seront plus utiles. Ces résultats de l'étude permettent de confirmer ou infirmer les six hypothèses qui avaient au préalable été formulées.

11. Cette section coïncide avec l'annexe F.4.4.

H1 : La plupart des fermes de l'échantillon possèdent un troupeau d'au moins 60 têtes bovines.

La ferme moyenne parmi les exploitations visitées dans le cadre de l'étude possède une superficie de 97 ha pour un nombre moyen de têtes bovines de 174. Il est possible de constater que notre échantillon de 19 exploitations est représentatif de la réalité puisque les fermes possédant un nombre de bovins soit très faible soit très élevé sont des minorités et que les fermes élevant entre 60 et 150 bêtes ont été les plus rencontrées. Ce constat établit un corollaire avec la moyenne wallonne indiquée par l'Agence Wallonne pour la Promotion d'une Agriculture de Qualité (2016a) qui s'élève à 131 têtes par détenteur pour l'année 2014. Étant donné que seulement deux fermes -ferme00 et ferme08- possèdent un élevage de moins de soixante vaches, l'hypothèse 1 est confirmée.

H2 : Les fermes bovines à orientation viandeuse produiront principalement du fumier tandis que les fermes laitières produiront du lisier.

Parmi les 18 exploitations de notre étude qui possèdent encore aujourd'hui un élevage bovin –en excluant donc la ferme03-, nous pouvons constater qu'une possession de vaches laitières est associée à une détention de lisier tandis qu'une exploitation bovine viandeuse produit du fumier. La seconde hypothèse est donc confirmée. Ceci aura une importance plus loin dans le choix de la technique utilisée étant donné que des matières liquides ou sèches ne biométhanisent pas de la même manière -section 4.8.

H3 : Les bas prix des produits agricoles sont perçus comme étant une source majeure de difficultés rencontrées par les agriculteurs.

Le troisième thème abordé dans l'enquête posait la question de savoir quelles étaient les grandes difficultés rencontrées en tant qu'agriculteur. Après répartition en six catégories –les difficultés administratives, relatives à l'image, financières, relatives à la main d'œuvre, relatives à la météo et encore une catégorie divers reprenant des éléments de reprise de ferme ou encore de solitude face aux problèmes-, il est possible de conclure que les aspects financiers –sommairement des prix trop bas, une marge trop faible, des investissements requérant des montants particulièrement élevés sans garantie de revenus, ou encore la concurrence mondiale- représentent la première source de difficultés rencontrées. L'hypothèse 3 est par ceci également confirmée. Il faut toutefois noter que la moitié des participants interrogés a souligné la lourdeur des contraintes administratives et nouvelles réglementations – la « paperasse », les contrôles AFSCA ou encore le respect des normes environnementales¹² -rendant leur métier de fermier bien plus compliqué

12. Un exemple de norme environnementale contraignante pour les agriculteurs est la norme concernant les

que ce qu'il ne l'était il y a quelques années. De manière moins significative, le manque de personnel –associé au coût supplémentaire d'engager un équivalent temps plein supplémentaire– et le travail 24 heures sur 24, 7 jours sur 7 ont été mentionnés, devant la dépendance aux aléas météorologiques et enfin l'image, loin d'être dorée, qu'est celle de l'agriculteur dans la société. Ce dernier point, bien que non significativement abordé par les fermiers, a été particulièrement souligné par le gérant de la ferme de recherche de l'UCL comme étant un des points à améliorer dans les fermes de demain, à savoir rapprocher la ferme du public. Les exploitants des ferme01 et ferme09 ont rapidement abordé le fait que « tout le monde critique les agriculteurs » tout en ayant un sentiment certain d'être en dehors de la société ainsi que d'être perçus comme dérangeants à cause du bruit occasionné, la présence de mouches et poussière, ainsi que par les nuisances engendrées par l'entreposage du matériel et le manque d'esthétique de certaines fermes.

H4 : Les agriculteurs sont à la recherche de diversification de revenus.

En analysant les réponses fournies aux questions des facteurs qui feront une ferme de demain une ferme pérenne, de la vente à la ferme, de la production de produits labellisés mais également des éléments mentionnés ici et là durant les entretiens, il est possible de conclure que 16 des 18 exploitants rencontrés ont à un moment où l'autre abordé le sujet de la diversification dans le but d'obtenir de meilleurs revenus, ce qui vient confirmer l'hypothèse 4. En effet, nous pouvons facilement constater que de nombreux exploitants vendent ou ont tenté de vendre leurs produits directement à la ferme –parfois après transformation comme pour la vente de produits laitiers ou encore l'établissement d'une boucherie à la ferme. Cependant, il est possible de souligner que cinq fermiers -ferme06, 13, 14, 15, 17- avaient lancé une nouvelle activité de vente à la ferme mais que ces derniers ont mis fin à celle-ci, ce qui montre une certaine recherche de solutions de diversification sans pour autant toujours en trouver des solutions et que cinq autres -ferme01, 03, 05, 07, 11- se disent être contre la vente directe à la ferme. Il est possible, après analyse, de constater que ce rejet est lié pour quatre d'entre eux à la problématique de la main d'œuvre. En dehors de la vente directe, neuf exploitants se sont lancés dans des productions labellisées –biologiques, Fairtrade, avec appellation locale ou encore d'autres labels de qualité pour la viande notamment. Ici encore, huit des fermiers rencontrés manifestent une certaine résistance face à ces labellisations et soutiennent que celles-ci ne rapportent généralement pas assez et sont surtout dépendantes des primes. La prestation de services -ferme04- ou encore la location de terres -ferme09- à d'autres agriculteurs représentent également deux autres façons évoquées pour diversifier les revenus. Par contre, l'exploitant de la ferme11 n'a pas manifesté être à la

recherche de diversification tandis que celui de la ferme06 a, à l'inverse, partagé sa vision de spécialisation comme étant la solution pour rendre les fermes de demain économiquement viables.

H5 : Les connaissances des fermiers à propos de la biométhanisation sont faibles.

Nous avons, grâce à la question portant sur les connaissances de la biométhanisation, réparti les fermiers en quatre catégories, à savoir :

- La catégorie néant : ceux n'ayant jamais entendu parlé de biométhanisation ;
- La catégorie connaissances faibles : ceux qui n'en connaissent que les principes de base -transformation de déchets- ou ceux qui connaissent une personne de leur entourage en possédant ;
- La catégorie connaissances modérées : le fermier connaît alors les différentes valorisations de la biométhanisation -cf. chapitre 4- ou parle de détails portant sur le procédé ;
- Et enfin, la catégorie connaissances élevées : le fermier a une idée de prix d'une installation ou sait approximativement si une telle installation serait envisageable sur son site.

Près de la moitié des participants interrogés a été classée dans la catégorie des connaissances faibles, ce qui signifie qu'ils ont à peine entendu parler de cette technologie avant notre visite et qu'ils ne sont capables d'en esquisser que les plus grandes lignes. Si l'on cumule les catégories de connaissances faibles et modérées, il est possible de constater que plus de deux tiers des exploitants ont des connaissances limitées quant au sujet de biométhanisation, ce qui vient confirmer l'hypothèse 5.

H6 : Les fermiers seront intéressés par une solution de biométhanisation associée à une cogénération et favoriseront l'option 2 qui leur sera présentée consistant en l'achat de l'unité avec cession des certificats verts.

Pour cette dernière hypothèse, nous séparons l'intérêt manifesté de l'option choisie parmi les trois options présentées.

A la question de savoir si les fermiers portaient un intérêt pour la biométhanisation, nous avons classé les réponses en trois catégories, à savoir les réponses tranchées –oui / non- et les réponses moins franches, hésitantes. Il est possible de constater en lisant le graphe ci-dessous que la première partie de cette dernière hypothèse est confirmée puisque plus de la moitié des personnes interviewées dit porter un intérêt pour cette technologie.

La dernière question de l'étude consistait à présenter aux agriculteurs trois options –cf. le dernier thème de l'annexe F.4.5. Il leur était demandé de choisir et/ou de rejeter une option plutôt qu'une autre tout en justifiant leur choix. La première option présentée était celle d'un schéma classique de vente et de propriété consistant à acheter à prix plein l'unité de cogénération tout en devenant propriétaire de celle-ci. La deuxième option conservait l'idée de propriété par le fermier tout en permettant un investissement environ 40% moins élevé –et donc un retour sur investissement plus court- grâce à un contrat de cession des CV de la part des fermiers à l'entreprise leur vendant l'unité. Enfin la troisième option, un peu différente des deux premières, proposait aux fermiers que l'entreprise vendant l'unité de cogénération vienne installer une telle unité sur le site du fermier, sans que ce dernier ne doive déboursier le montant de l'unité, tout en restant propriétaire de cette installation ¹³ –cf. le tableau de l'annexe F.4.5.

Selon l'hypothèse formulée, la deuxième option devait générer le plus d'engouement puisqu'elle permettait de rester propriétaire –nous avons supposé que les fermiers tenaient à garder le contrôle des activités qui avaient lieu sur leurs terres, ce qui a été justement confirmé par l'enquête- tout en diminuant le montant de base de l'investissement. Cette hypothèse s'alignait en effet à leur situation économique difficile du moment (Direction Générale Statistique, 2016). Cependant, l'option 2 a généré le moins d'engouement tout en activant le plus de rejet, ce qui vient donc infirmer cette deuxième partie de cette dernière hypothèse. Par contre les options 1 et 3 ont généré un même niveau d'enthousiasme même si un rejet de l'option 3 a été marqué de façon légèrement plus accentuée. Alors que nous pensions que le compromis entre le contrôle et le montant d'investissement l'emporterait, l'enquête révèle deux résultats contrastés. Il y a, à une extrême, les fermiers qui, comme nous le pensions, accordent une importance majeure au fait de contrôler ce qu'il se passe dans leur ferme –c'est le cas notamment des exploitants des ferme00, 05, 06, 07, 09 et 18- et qui sont plutôt intéressés par une solution où ils deviennent propriétaires quitte à investir l'entièreté du montant demandé. A l'autre extrême, il y a les exploitants de fermes –ferme03, 06, 08, 12, 15, 17 et 19- qui sont visiblement à la recherche de solutions pour lisser leurs revenus mais qui n'en trouvent pas et qui sont attirés par l'investissement provenant de l'extérieur –souvent ces fermes ne semblent pas disposer des montants demandés-, tout en bénéficiant d'une solution supportant également les risques liés à de telles installations –quelques-uns d'entre eux énoncent notamment la taxe récente adressée aux particuliers possédant des installations photovoltaïques.

13. Soit le principe de tiers investisseur

3.2.4 Réalisation d'une *empathy map*

Après avoir rencontré les agriculteurs dans le cadre de cette étude, il est maintenant possible de dresser une *empathy map* afin de comprendre la réalité vécue par ceux-ci.

L'empathie est « la capacité à se représenter [...] les ressentis d'autrui » (Favre, Joly, Reynaud, & Salvador, 2005 ; Sciences Humaines, 2017). Une *empathy map* est un cadre conceptuel développé dans le domaine de l'entrepreneuriat social. Ce cadre est dressé après s'être informé, après avoir rencontré et observé des utilisateurs potentiels d'une solution imaginée par une entreprise. L'*empathy map* permet de se connecter émotionnellement avec ces personnes afin de mieux comprendre les problèmes, le contexte et la réalité que ces dernières vivent (Bacq, 2016). C'est en quelque sorte porter des lunettes différentes des nôtres afin de découvrir la réalité perçue par ces personnes. Cette démarche amène une nouvelle vision des choses, et permet parfois de découvrir de nouveaux besoins potentiels. L'*empathy map* dressée pour un utilisateur type de la solution exposée dans ce mémoire est consultable en annexe F.4.8. Celle-ci met le lecteur dans la peau d'un agriculteur fictif et analyse ce que ce dernier entend, pense, voit et fait au quotidien. L'outil illustre dans ce cas-ci à quel point un agriculteur peut être à la recherche de solutions pour avoir un revenu plus lisse, peut se sentir seul face à ses problèmes, voire même mis à part de la société de par les nuisances qu'il peut occasionner au voisinage.

3.2.5 Résumé des besoins des exploitants agricoles

Au-delà des besoins légalement imposés par l'Union européenne et de couverture du risque de non-approvisionnement en électricité et de dépendance de la Wallonie, la section montre que les fermiers manifestent également un certain besoin qui peut être couvert par la technologie développée par la société Ogees.

Les rapports d'organismes ont démontré que les exploitations wallonnes produisent de nombreux déchets organiques et que plus de la moitié d'entre elles avait une orientation technico-économique dans l'élevage bovin. L'étude de marché vient d'ailleurs confirmer la théorie qui indiquait que les exploitants détenaient en moyenne suffisamment de bêtes -par rapport aux données du facilitateur en biométhanisation, Valbiom- que pour se lancer dans un projet de biométhanisation. La littérature a également indiqué que les exploitations agricoles consommaient de grandes quantités d'énergie. Cette première partie d'analyse nous indique donc que les fermes wallonnes correspondent techniquement au profil recherché afin d'installer de telles unités.

Les prix bas et les faibles marges qu'annonçait la littérature ont également été confirmés par l'étude de marché qui précise que plus de deux tiers des participants rencontrés se plaignent de

leur situation économique. Comme le résume correctement le gérant de la ferme de recherche associée à l'UCL que nous avons rencontré -ferme00- : « le métier d'agriculteur est un métier de moins en moins rentable tout en étant de plus en plus contraignant » -faisant alors allusion aux lourdeurs administratives également soulignées par de nombreux autres exploitants rencontrés. Cette situation économique est probablement à l'origine du fait que près de 90% des fermiers rencontrés se sont lancés, parfois sans succès, dans des activités qui visent à diversifier leurs revenus. La lecture de rapports, l'analyse de l'étude de marché ainsi que l'*empathy map* dressée nous mènent donc à la conclusion que les fermiers sont face à une situation économique instable, que ces derniers sont à la recherche de diversification de revenus et qu'il existe un véritable marché pour la technologie que nous développons.

Chapitre 4

Solution apportée par la SCRL

Ogees

4.1	La biométhanisation	48
4.1.1	Le biogaz	49
4.2	Valorisation de l'électricité	50
4.2.1	Electricité non-achetée sur le réseau	50
4.2.2	Système de soutien aux énergies renouvelables	50
4.3	Valorisation de la chaleur	57
4.3.1	Chauffage des élevages	58
4.3.2	Chauffage des habitations	58
4.3.3	Possibilité de diversification	58
4.4	Valorisation du digestat	58
4.5	Autres avantages et limites de la technologie	60
4.5.1	Avantages environnementaux	60
4.5.2	Avantages sociaux	61
4.5.3	Inconvénient du temps à consacrer	61
4.5.4	Lourdeur administrative	62
4.5.5	Investissements élevés	62
4.6	État de la biométhanisation	62
4.6.1	État de la biométhanisation en Europe	62
4.6.2	Etat de la biométhanisation en Wallonie	64
4.7	Acteurs de la biométhanisation	65
4.7.1	Les acteurs en Wallonie	66
4.7.2	Les acteurs en Europe	67

4.8	Choix du procédé	70
4.8.1	Choix de la technologie de digestion	70
4.8.2	Choix du garage	73
4.8.3	Coût d'un procédé en conteneur en voie sèche	74

Maintenant que les besoins de la Wallonie et des agriculteurs ont été identifiés, ce chapitre aborde la solution apportée par Ogees. Plus précisément, celui-ci est consacré à l'une des deux technologies intégrées dans la solution, à savoir la biométhanisation. Après une explication succincte de la biométhanisation, nous indiquons comment valoriser les trois sorties d'une unité de cogénération, à savoir l'électricité, la chaleur et le digestat. L'état de la biométhanisation en Europe et en Wallonie est exposé afin de comprendre les différents acteurs régissant ce marché. Enfin, nous justifions le choix du type de procédé de digestion.

4.1 La biométhanisation

La biométhanisation est un procédé naturel qui consiste en la dégradation des matières organiques par une activité microbienne complexe. Cette réaction est anaérobie -elle se déroule en absence d'oxygène- et est favorisée dans des conditions particulières de température et de pH. Ces conditions sont celles qui permettent la croissance et la reproduction des bactéries à la base de la biométhanisation. Le rapport de carbone sur azote et le taux de matière sèche de la matière digérée sont également des paramètres d'importance. La biométhanisation peut être trouvée dans la nature : dans les marais, les rizières, l'intestin de mammifères ou encore dans le tractus digestif de certains insectes tels que des termites. L'homme reproduit ce phénomène naturel dans des digesteurs pour profiter de la valorisation des déchets organiques en biogaz.

Le procédé est classiquement divisé en 4 étapes successives (Moletta, 2008) :

L'hydrolyse Lors de cette étape, les molécules organiques de hautes masses moléculaires tels que les polysaccharides, les lipides, ou les protéines sont hydrolysées en monomères. La réaction consiste donc à casser les molécules longues et complexes en composés simples.

L'acidogénèse Au cours de cette étape, les monomères issus de l'étape précédente sont transformés en acides gras volatils, en alcool, en acides organiques, en hydrogène et en dioxyde de carbone.

L'acétogénèse Cette étape permet la transformation des produits des phases précédentes en précurseurs directs du méthane : l'acétate, l'hydrogène et le dioxyde de carbone.

La méthanogénèse Lors de cette dernière étape, les produits de l'acétogénèse sont transformés en méthane. La formation du méthane se fait soit par dégradation de l'acide acétique, produit de la combinaison de l'acétate et de l'hydrogène, ce qui représente 70% de la production, soit par réduction du CO_2 par l'hydrogène, ce qui représente les 30% restant. C'est cette étape qui est la plus sensible à toutes variations des conditions de la réaction : pH, température mais aussi des agents toxiques qui pourraient se retrouver dans le digesteur. C'est pourquoi c'est en principe cette étape qui est contrôlée (Couturier, 2009).

4.1.1 Le biogaz

Le biogaz produit par les réactions décrites précédemment est composé de 5 éléments de base : le carbone C, l'hydrogène H, l'oxygène O, l'azote N et le soufre S. Ces éléments se retrouvent dans le biogaz principalement sous forme de méthane $-CH_4-$ et de dioxyde de carbone $-CO_2-$ mais des traces d'hydroxyde de soufre, d'ammoniac et de vapeur d'eau peuvent également être trouvées. La proportion de ces différents composés sont directement liés au substrat dont ils sont issus. Des valeurs pour la composition de biogaz d'origine agricole sont reprises dans le tableau 4.1 (Ineris, 2009).

Composé	Concentration dans un biogaz «générique»	Concentration dans un biogaz agricole
CH_4	50 - 75 % du vol	50 - 75 % du vol
CO_2	25 - 45 % du vol	25 - 45 % du vol
H_2O	2 - 7 % du vol	2 - 7 % du vol
H_2S	20 - 20 000 ppmv	< 1 % du vol. ou 200 - 5000ppm
N_2	< 2 % du vol	< 2 % du vol
O_2	<2 % du vol	-
H_2	$\leq$ 1 % du vol	< 1 % du vol.
NH_3	-	< 500 ppm

TABLE 4.1 – Composition du biogaz.

4.2 Valorisation de l'électricité

4.2.1 Electricité non-achetée sur le réseau

En produisant une certaine quantité d'électricité, l'agriculteur ayant opté pour une unité de cogénération fait des économies sur l'électricité qu'il aurait en principe payée. Comme nous l'avons expliqué dans la section 3.1.3, un agriculteur paye aujourd'hui son électricité à 235€/MWh. En devenant propriétaire d'une unité de cogénération, celui-ci produit sa propre électricité et ne doit donc plus passer par un fournisseur d'électricité. Une fois l'investissement réalisé dans le projet, l'exploitant en question bénéficie d'une électricité à moindre prix que celle proposée sur le marché.

4.2.2 Système de soutien aux énergies renouvelables

Dans le cadre du respect des objectifs imposés par l'Union Européenne et de la sortie du nucléaire, la Région wallonne a instauré un système de soutien aux sources renouvelables de production d'électricité. Ce système est, en plus des incitants fiscaux accordés par les Régions (International Energy Agency, 2016) principalement composé de deux instruments que nous abordons dans les sections suivantes, à savoir les certificats de garantie d'origine -CGO- et les certificats verts -CV. Pour un même MWh produit, un CGO et des CV seront émis.

Certificats de Garantie d'Origine

Les CGO sont un instrument existant au niveau européen qui permet une certaine traçabilité de l'électricité. Les CGO ont été instaurés par la Directive 2009/28/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 avril 2009 relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables. Cette directive définit la garantie d'origine comme étant « *un document électronique servant uniquement à prouver au client final qu'une part ou une quantité déterminée d'énergie a été produite à partir de sources renouvelables [...]* » (art.2,al.2,j de la Directive relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelable, 2009).

Un rapport de la CWaPE (2015) précise également que ces CGO « [...] permettent d'assurer le suivi de l'électricité [...] depuis le producteur jusqu'au client final [...] ».

Si sur le fond il est vrai qu'un CGO est un document -octroyé pour chaque MWh vert produit- indiquant la source géographique et technologique de la quantité d'électricité produite (Energuide, 2017), deux remarques peuvent toutefois être formulées. Premièrement, nous avons indiqué dans le chapitre traitant du marché de l'électricité que le kWh sortant de la prise de

courant est *in fine* le même pour tous les consommateurs et qu'une distinction du kWh vert du kWh gris n'est techniquement pas possible. Cependant, l'explication donnée par Wikipedia laisse grandement penser qu'un kWh vert parviendra au consommateur si un CGO a été actionné. Deuxièmement, bien que le fait d'acheter des CGO soutient en quelque sorte le développement des énergies renouvelables, il est important de signaler qu'énergie renouvelable diffère d'énergie renouvelable produite localement. En effet, lorsque l'on sait que 58% des CGO proviennent des pays du nord de l'Europe (Islande, Norvège, Danemark, Suède et Finlande) (CREG et al., 2015), il est important de souligner qu'un CGO acheté ici en Belgique correspondra peut-être à un MWh produit par une centrale hydroélectrique en Norvège, et est donc à distinguer d'une production localement renouvelable –et la question de savoir si une électricité importée depuis plusieurs centaines de kilomètres est toujours une électricité durable peut susciter un débat.

Ces certificats peuvent être vendus indépendamment de l'électricité produite. L'offre des CGO est abondante par rapport à la demande au niveau européen, ce qui implique des prix bas pour ceux-ci, variant de 0 à 4€ (CWaPE, 2015). Étant donné que plus de la moitié des CGO ont été vendus à moins de 0,2€/MWh (CWaPE, 2015), nous ne prendrons pas en compte dans les calculs de rentabilité cette possible revalorisation.

Les certificats verts

Introduction aux CV

En décidant de prolonger la durée de vie des installations nucléaires comme expliqué en annexe F.3, les décideurs politiques n'ont fait que postposer le problème de l'approvisionnement électrique et celui de la variété du mix énergétique à 2022-2025 (International Energy Agency, 2016). D'ici là, la production électrique provenant de sources renouvelables, alternatives au nucléaire, doit être encouragée –la production issue des sources renouvelables correspond pour l'année 2014 à 18,8%, dans la production domestique totale (International Energy Agency, 2016). L'instrument principal poursuivant cet objectif de soutien aux sources d'énergies vertes est le mécanisme des certificats verts.

Les certificats verts représentent depuis 2002 un soutien à la production d'énergies vertes (Arrêté du Gouvernement wallon relatif à la promotion de l'électricité verte, 2002). En effet, le but recherché par l'instauration de ce soutien est d'inciter financièrement les producteurs d'électricité à investir dans des sources d'énergie vertes en leur offrant un revenu supplémentaire de telle façon que la Belgique puisse se rapprocher des objectifs qu'elle poursuit.

Les CV : un échange sur un marché virtuel

Afin d'accorder ce soutien, le gouvernement wallon a créé un marché virtuel des CV. L'offre de ce marché correspond aux certificats verts octroyés aux producteurs d'énergie verte tandis que la demande des CV est définie par les quotas décidés par le gouvernement.

Offre des CV

Comme défini dans le décret du 12 avril 2001, un CV est « *octroyé par la CWaPE aux producteurs d'électricité verte pour un nombre de kWh nets produits correspondant à 1MWh divisé par le taux d'économie de dioxyde de carbone* » (Art.38,§2 du Décret relatif à l'organisation du marché régional de l'électricité, 2001). Ce taux d'économie de carbone sera calculé en comparaison à une installation que le gouvernement considère comme étant l'installation la plus performante aujourd'hui, à savoir une centrale TGV (art.17,al.2 de l'Arrêté du Gouvernement wallon du relatif à la promotion de l'électricité verte, 2006).

a. Comment un producteur peut-il obtenir des certificats verts ?

Un producteur d'électricité verte qui désire bénéficier du mécanisme de soutien et obtenir des CV doit réserver ceux-ci à l'avance auprès de l'administration qui en a la responsabilité, à savoir la DGO4. La réservation des CV acceptée garantit ensuite l'octroi des CV pendant une période de quinze ans pour les installations ayant vu le jour depuis 2008 avec toutefois un coefficient de réduction –révisé tous les trois ans- pour les cinq dernières années (Art.15 de l'Arrêté du Gouvernement wallon relatif à la promotion de l'électricité produite au moyen de sources d'énergie renouvelables ou de cogénération, 2006). Pour les unités de cogénération de plus de 10kW, une étude d'orientation de la part du GRD ainsi qu'un plan, une description du détail des aides UDE obtenues et une présentation du permis de construction sont requis (Valbiom, 2016a).

Une fois cette demande acceptée et l'installation en fonctionnement, le producteur doit être agréé par un organisme afin que ce dernier lui attribue un CGO qui sera ensuite transmis à la CWaPE. Une fois le dossier complet validé et sur base des relevés de compteurs de manière trimestrielle du producteur, la CWaPE octroiera le nombre de CV dont le producteur peut bénéficier en fonction du nombre de MWh produits (CWaPE, 2015, 2017).

b. Combien de CV un producteur peut-il obtenir ?

Tout producteur d'électricité verte peut bénéficier de CV, la législation ne prenant pas en considération que celle-ci soit autoconsommée ou remise sur le réseau (Energie Facteur 4, s. d.).

Le nombre de CV octroyés trimestriellement par la CWaPE au producteur dépend du surcoût de production de la source d'électricité adoptée par ce dernier ainsi que de la performance environnementale de l'installation (CWaPE, 2015). Concrètement, le taux d'octroi est calculé comme suit :

$$\text{Nombre de CV octroyés} = \text{Taux d'octroi de CV} * \text{Electricité nette produite}$$

avec,

$$\text{Taux d'octroi de CV} = \min(2,5 ; \text{taux d'économie de } CO_2 * \text{coefficient économique}).$$

Tout d'abord, un taux d'économie de CO_2 est calculé afin de diminuer ou augmenter le taux d'octroi de CV en fonction, pour notre cas de cogérations utilisant les déchets agricoles, de la production de chaleur ainsi que des émissions de CO_2 engendrées lors de la préparation de la biomasse (Energie Facteur 4, s. d.). Ensuite, un coefficient économique est appliqué afin de garantir un niveau de rentabilité suffisant, dans le but d'encourager le développement des énergies vertes (CWaPE, 2015). En effet, les filières vertes étant généralement plus coûteuses que les filières traditionnelles de production d'électricité, une aide financière est nécessaire afin d'encourager les investissements (Energie Facteur 4, s. d.).

Depuis le 1 janvier 2015, un plafond de nombre de CV accordés par MWh produit a été fixé à 2,5 (Wathelet, 2015). Cependant, selon les informations données par le facilitateur en biomasse désigné par le gouvernement wallon, Valbiom (2016a), un agriculteur optant pour une solution de micro-biométhanisation peut s'attendre à recevoir 2,5 CV/MWh, soit le maximum prévu par le gouvernement. Deux points peuvent donc être soulignés face à ce chiffre. Tout d'abord, ce montant octroyé coïncidant au maximum envisageable, la filière de biométhanisation semble soutenue par le gouvernement wallon. Cependant, ce montant maximum représente un risque. En effet, puisque ce montant égale aujourd'hui le montant maximum accordé de CV, le taux d'octroi pour les unités de biométhanisation ne peut faire que diminuer à l'avenir. C'est la raison pour laquelle ce facteur de CV est particulièrement étudié dans l'analyse financière de ce rapport.

Afin d'accroître la part des énergies vertes dans la production domestique totale, le gouvernement fixe des quantités d'électricité qui devrait être produite par chaque filière et les traduit en enveloppes de CV qui seront alors attribuées pour chacune de ces filières (CWaPE, 2015). En 2015, 7 650 000 CV ont été octroyés au total –dont 3 500 000 pour les 1 249 sites de production enregistrés dans la banque de données de la CWaPE dépassant les 10 kW (CWaPE, 2015). Environ 81% des CV octroyés en 2015 à des sites de production de plus de 10 kW étaient destinés au soutien du développement des filières éoliennes et biomasse –mais si l'on considère

également les unités de production de petites tailles, la filière solaire prend alors largement le devant, avec 59% des CV accordés (CWaPE, 2015). Nous pouvons donc ici à nouveau constater le souhait des décideurs politiques d'augmenter la part de la biomasse dans le mix énergétique belge. Toujours pour l'année 2015, le montant total du soutien à la production d'électricité verte a avoisiné les 572 millions d'euros –dont 60% pour le solaire, suivi par la biomasse -19%- et l'éolien -18% (CWaPE, 2015).

La demande des CV

Comme nous l'indiquions dans l'introduction de la section 3.1.3, la demande sur le marché des CV est déterminée par les quotas imposés par le gouvernement. La Région Wallonne poursuit en effet l'objectif d'obtenir une part d'électricité dans la fourniture totale d'électricité qui serait une électricité verte, produite sur le territoire wallon (Energie Facteur 4, s. d.). Afin d'atteindre cet objectif, la Région impose aux fournisseurs de restituer un certain nombre de CV (International Energy Agency, 2016b) –calculé comme ci-dessous- qui dépend de la quantité de MWh fournis par chacun de ces fournisseurs trimestriellement aux clients finaux (CWaPE, 2015). Les fournisseurs d'électricité doivent donc acheter, et ce indépendamment des flux réels d'électricité, une certaine quantité de CV auprès de producteurs verts ou investir eux-mêmes dans des installations vertes (Energie Facteur 4, s. d.).

Nombre de CV à restituer = Nombre de MWh fournis * Quota en vigueur.

Les quotas applicables qui déterminent cette quantité de CV à restituer, sont fixés par le gouvernement wallon pour chaque année d'une telle façon que la part des énergies vertes prenne de plus en plus d'importance dans la production domestique totale (Art.25 Arrêté du Gouvernement wallon relatif à la promotion de l'électricité produite au moyen de sources d'énergie renouvelables ou de cogénération, 2006). En effet, alors que ce quota était de 3% pour l'année 2003 et prévoit d'être de 37,9% pour l'année 2024, celui de l'année 2017 s'élève à 34,03% (CWaPE, s. d., 2015). Ceci signifie donc concrètement qu'un fournisseur qui vend 100 MWh à des clients finaux wallons devra restituer 34,03 CV à la CWaPE.

Dans le cas où les fournisseurs n'arrivent pas à fournir à la CWaPE le nombre suffisant de CV pour une période donnée, ceux-ci se verront infliger une amende de 100€ par CV manquant (Energie Facteur 4, s. d. ; CWaPE, s. d.). Le fait d'acheter des CV représentent donc pour un fournisseur un moyen d'éviter une amende et est donc un incitant à soutenir le développement des énergies vertes.

De par l'instauration de ce système de restitution de CV, les fournisseurs sont donc tenus

d'une obligation de Service Public. Néanmoins, cette obligation a un certain coût. Celui-ci sera reporté sur la facture de chaque consommateur. En effet, les coûts supplémentaires pour les fournisseurs seront reportés dans le composant énergie de chaque facture tandis que les coûts pour les gestionnaires de réseaux –cf. point suivant– seront traduits par une surcharge régionale.

La revente des CV par les producteurs sur ce marché virtuel

Une fois les CV obtenus par la CWaPE, les producteurs ont cinq ans pour les échanger (Energie Facteur 4, s. d.). Les CV peuvent être revendus sur ce marché virtuel aux fournisseurs d'électricité qui ont, comme nous l'avons déjà souligné, une obligation de Service Public (CWaPE, 2015). Au-delà de ces échanges possibles sur ce marché, le législateur Wallon a instauré depuis 2001 un mécanisme supplémentaire visant à soutenir le fonctionnement du système de CV en garantissant un prix de rachat minimal des CV obtenus par les producteurs par le GRT, Elia (Energie Facteur 4, s. d. ; CWaPE, 2015 ; art.40 du Décret relatif à l'organisation du marché régional de l'électricité, 2001). Ce prix de rachat garanti s'élève alors à 65€ par CV obtenu. Cependant, ce dernier mécanisme est venu perturber le marché des CV.

Alors que la garantie de rachat par Elia était supposée n'être qu'un filet de sécurité pour garantir un certain prix pour les CV en cas de perturbation du marché, ce même système est devenu une source de financement des CV à part entière (CWaPE, 2015). En effet, il est possible de lire dans un rapport de la CWaPE (2015) que le prix moyen global –c'est à dire en considérant les échanges du marché et ceux au prix garanti Elia– de la vente des CV était de 68€/CV –ce dernier chiffre passe à 70,76€/CV pour l'année 2015 si l'on ne considère que la vente hors prix garanti–, et que tout de même 47% des CV ont été vendus au prix garanti de 65€/CV. Cependant, une nuance peut être apportée face à ces chiffres. En effet, ce sont principalement les CV provenant de la filière solaire qui sont revendus au prix minimal garanti puisque ce même rapport (CWaPE, 2015) indique que seulement 16% des CV issus de filières autres que solaire ont été revendus au prix garanti. Néanmoins, le prix de vente toutes puissances et toutes filières confondues est en déclin comme l'indique la figure 4.1 (CWaPE, 2015). Le prix global moyen confirme également cette tendance puisque celui-ci avoisinait les 90€ en 2007 pour se situer à 70,76€ en 2015 comme renseigné *infra*.

En résumé :

- Le prix plancher de revente d'un CV est de 65€, ce qui correspond au prix minimal garanti ;
- Le prix plafond de revente d'un CV est de 100€, ce qui correspond au montant de l'amende

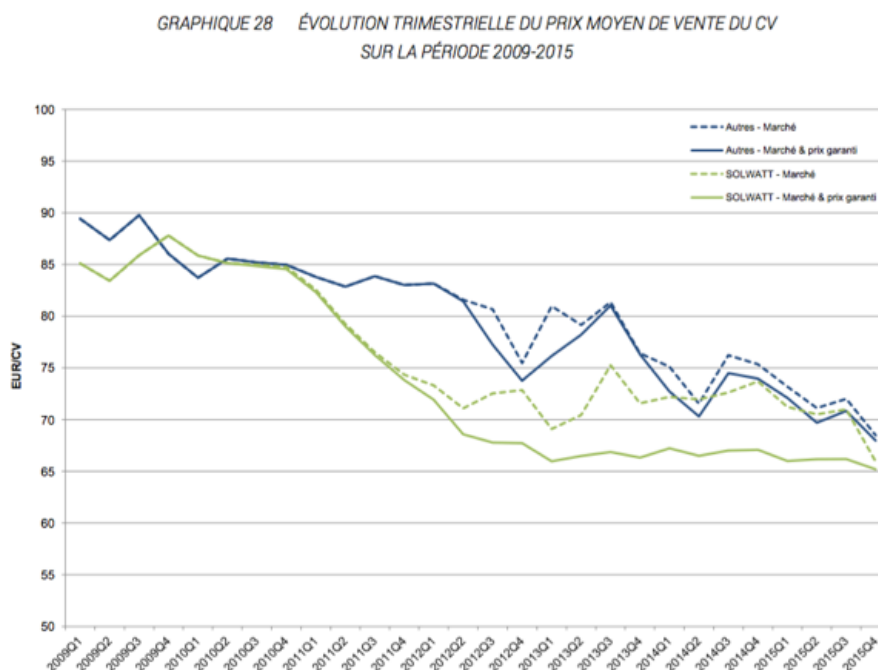


FIGURE 4.1 – Evolution trimestrielle du prix moyen de vente du CV (CWaPE, 2015).

infligée ax fournisseurs en cas de non-respect du nombre de CV à présenter à la CWaPE ;

— Le prix moyen du CV revendu en 2015 était de 68€.

Efficacité et limites du système des CV

Le système de soutien des CV compense le manque d'incitants financiers en proposant une meilleure rentabilité financière pour les investissements réalisés dans les sources d'énergie verte (Energie Facteur 4, s. d.).

Ce système de soutien a d'ailleurs été particulièrement efficace puisque les objectifs que s'était fixé le gouvernement wallon pour l'année 2010 avaient déjà été atteints en 2008 (International Energy Agency, 2016a) et que la part de l'électricité produite à partir de source renouvelable dans l'électricité fournie ne cesse de croître sur le territoire wallon (CWaPE, 2015).

Le système a ensuite connu une période de stabilisation avant de subir un développement non-maîtrisé en 2011 et 2012, un nombre de requêtes records de CV de par l'explosion des ventes des petites unités photovoltaïques (CWaPE, 2015). Cette évolution non-maîtrisée a engendré des coûts bien plus importants que ce que les estimations laissaient penser –les subsides accordés pour l'électricité verte en 2013 ont coûté 1,7 milliards d'euros (International Energy Agency, 2016a). Cette perte de contrôle du mécanisme de soutien a impliqué une modification en 2014 de la politique des subsides accordés. Une taxe de connexion au réseau a été annoncée pour 2015 dans les médias, ce qui a immédiatement fait chuter le nombre d'unités photovoltaïques installées (International Energy Agency, 2014). En effet, la presse annonçait récemment qu'une

tarification de réseau serait implémentée dès 2019 pour les propriétaires d'installations photovoltaïques (RTBF, 2017). Ce changement de politique de soutien a, comme l'indiquent de nombreux agriculteurs rencontrés lors de l'étude de marché réalisée, créé une nette méfiance de la part de potentiels intéressés à investir dans une source de production d'électricité verte.

4.3 Valorisation de la chaleur

La valorisation de la chaleur dans un projet de cogénération alimentée en carburant fossile a une importance élevée pour la rentabilité du projet. Il est en effet important de maximiser l'énergie extraite du carburant acheté. Les cogénérations alimentées en biogaz ne dérogent pas à la règle mais comportent une subtilité. La subtilité tient au fait que le biogaz ne soit pas acheté mais provient des déchets organiques déjà présents en large quantités sur l'exploitation agricole. L'apport en biogaz n'est donc pas un facteur limitant dans l'utilisation d'une cogénération et l'optimisation du rendement énergétique est moins critique que pour une cogénération alimentée en carburant fossile.

Ceci étant dit, la durée de retour sur investissement peut être considérablement réduite grâce à la valorisation de la chaleur produite par le moteur. Selon Valbiom (2016a), le temps de retour sur investissement peut être réduit jusqu'à cinq ans. Toujours selon Valbiom (2016a), une installation de 10 kW électriques permet l'économie de l'équivalent de 3 à 6 000 litres de mazout par an. La variabilité sur l'économie de mazout vient des différentes demandes en énergie de chaque procédé mais aussi de l'utilisation que chaque exploitation peut faire de la chaleur produite par la cogénération. Si la production de chaleur est relativement constante le long de l'année, ce n'est pas le cas de la demande énergétique du procédé de méthanisation. Comme mentionné à la section 4.1, la température du procédé doit rester constante pour que les réactions de digestion se déroulent correctement. La demande en chaleur dépend donc grandement de la température ambiante au digesteur. En hiver, une grande partie de la chaleur produite par la cogénération est nécessaire au procédé tandis qu'en été, peu de chaleur lui est nécessaire. Selon ADEME (2016), le chauffage du digesteur représente entre 20 et 30% de la chaleur produite par la cogénération. Cette variabilité limite l'utilisation de la chaleur pour d'autres applications ou la contraint à être utilisée de façon complémentaire à une source de chaleur telle qu'une chaudière classique. Nous présentons dans les paragraphes suivants certaines applications permettant la valorisation de la chaleur sur des exploitations agricoles.

4.3.1 Chauffage des élevages

Le chauffage des élevages peut représenter une consommation importante pour les exploitations agricoles. Les filières porcines et avicoles sont une source importante de consommation. Celles-ci représentent près de 85% et 45% de la consommation énergétique totale de l'élevage, respectivement avicole et porcin (ADEME, 2016). La filière bovine est, elle, moins demandeuse de chaleur. Cette chaleur peut être utilisée pour la production d'eau chaude utile à l'eau de buvée des veaux et le nettoyage des équipements employés pour les pratiques d'élevage (ADEME, 2016).

4.3.2 Chauffage des habitations

L'énergie thermique provenant de la cogénération peut également être utile aux habitations de l'agriculteur, tant pour le chauffage que pour l'eau chaude sanitaire. La contrainte principale liée à ce type de valorisation est la proximité des bâtiments à chauffer. Une trop longue distance impliquerait trop de pertes thermiques et une chaleur difficilement valorisable. Si les distances le permettent, les exploitations voisines peuvent également profiter de la chaleur produite, moyennant arrangements.

4.3.3 Possibilité de diversification

La chaleur produite peut également être une possibilité de diversification pour l'agriculteur. Celui-ci peut utiliser la chaleur pour chauffer un gîte à la ferme, faire du maraîchage sous serre, de la culture de champignons ou encore de la vente de produits laitiers à la ferme dont la préparation nécessite une quantité considérable d'énergie. Ce genre de valorisations dépend fortement des opportunités de chaque exploitation agricole. Une autre possibilité ne représentant pas une diversification de revenus mais qui est tout de même à prendre en compte est le chauffage d'une piscine. L'avantage de cette valorisation est que les piscines sont principalement utilisées et donc chauffées en période estivales, lorsque la chaleur est la plus disponible comme mentionné plus haut.

4.4 Valorisation du digestat

L'utilisation d'engrais chimiques inorganiques a permis l'augmentation de productivité des fermes lors de ces 50 dernières années (Lukehurst, Frost, & Al Saedi, 2010). La crise énergétique et la montée des prix des énergies fossiles, à partir desquelles les engrais sont réalisés, ont cependant poussé les agriculteurs à s'orienter vers des alternatives. Le digestat, issu de la

transformation des déchets par le digesteur, est un fertilisant organique permettant de contrer les coûts financiers et environnementaux liés à l'utilisation des engrais inorganiques (Lukehurst et al., 2010).

Une étude de Oenema et Tamminga (2005) explique qu'entre 55 et 95% de l'azote -N- ingéré par les animaux est restitué dans leurs déjections. L'étude explique également qu'entre 80 et 130 megatonnes d'azote sont présentes dans le volume global de déjection animal, ce qui égale voire dépasse la consommation annuelle globale d'azote comme fertilisant. Toujours selon Oenema et Tamminga (2005), 60% de cette masse provient des élevages bovins. Outre l'azote, de grandes proportions de phosphore -P- et de potassium -K- ingérés par les bêtes se retrouvent dans leurs lisiers (Lukehurst et al., 2010). Ces trois éléments représentent des nutriments importants pour les terres et plantes cultivées.

L'utilisation des déchets de bétails comme engrais a donc du sens et le passage de ces déchets dans le digesteur n'altère que peu leur teneur en nutriments. En effet, la biométhanisation va transformer les atomes de carbone, d'hydrogène et d'oxygène en gaz tandis que les composants restant se retrouvent majoritairement dans le digestat. Les réactions de digestion vont néanmoins modifier la structure des molécules. Par exemple, une grande partie de l'azote présent dans les déchets organiques se transforme en ammonium. L'azote sous la forme d'ammonium est plus facilement assimilable par les plantes et les terres ce qui devrait améliorer la qualité de l'engrais. De plus, en comparaison au fumier, le digestat percole plus rapidement dans les sols. L'ammonium possède cependant une volatilité importante, ce qui implique qu'une part d'ammonium va se volatiliser lorsque le digestat est épandu (Lukehurst et al., 2010). Il est donc important de limiter la surface de contact entre le digestat et l'air. Cela est rendu possible par l'utilisation de techniques d'épandage spécifiques qui permettent par exemple d'insérer le digestat directement sous terre. Pour les mêmes raisons, il est préférable de privilégier un stockage couvert pour ne pas perdre les nutriments présents dans le digestat. La valorisation optimale du digestat demande donc des investissements pour l'épandage et le stockage. Ces problèmes sont cependant déjà connus des agriculteurs utilisant et stockant le fumier pour l'épandage sur leurs cultures.

La méthanisation des fumiers de bétail comporte d'autres avantages. Ces fumiers sont porteurs de plusieurs composés organiques volatils -COV- qui sont la source de leur odeur nauséabonde caractéristique. La digestion réduit significativement la concentration de ces COV, ce qui

réduit donc ces odeurs (Birkmose, Mortensen, Skaaning, & Hansen, 2004). Un autre avantage est la capacité de la digestion anaérobie de réduire la durée de vie des agents pathogènes présents dans le fumier et lisier bovins. Lukehurst et al. (2010) ont regroupé plusieurs études portant sur cette réduction de vie. On y relève par exemple que le temps de survie de la bactérie salmonelle est de 0,7 heures dans un digesteur à 53°C tandis que cette même bactérie vivra entre 2 et 6 semaines dans les lisiers non-traités. Le risque de contamination est donc nettement diminué tant pour les bêtes que pour les humains. Un exemple semblable est donné dans la même étude (Lukehurst et al., 2010) pour les plantes. En effet, les agents pathogènes des plantes -fongicides- présents dans les fumiers vont également voir leur temps de survie réduit lors de leur passage dans le digesteur. Finalement, la biométhanisation réduit également la quantité de semence de mauvaises herbes viables présente dans les fumiers, ce qui a pour conséquence de réduire la quantité de pesticide utilisé par l'agriculteur.

4.5 Autres avantages et limites de la technologie

La section précédente a souligné que des avantages énergétiques et économiques pouvaient être atteints en insérant ce qui est usuellement considéré comme des déchets organiques –et donc non-utilisés et coûteux- dans un digesteur raccordé à une cogénération. Ces avantages se retrouvaient dans la production d'électricité, de chaleur et de digestat et représentent de nouveaux revenus pour un agriculteur. Cette section présente de manière synthétique les autres avantages ainsi que les limites de la technologie utilisée.

4.5.1 Avantages environnementaux

Le procédé de biométhanisation permet tout d'abord de diminuer les émissions de CH_4 . En effet, du méthane est produit lorsque les effluents d'élevage sont stockés (Mignon, 2010 ; Rulot, 2011). Lorsque l'on brûle le méthane, celui-ci se transforme principalement en eau et en CO_2 . Or, ce dernier a un pouvoir de réchauffement nettement moindre que celui du CH_4 (Moletta, 2008 ; Mignon, 2010).

De plus, une telle installation permet une diminution des apports énergétiques extérieurs (Réseau Wallon de Développement Rural, 2014). Ceci diminue donc le nombre de trajets effectués puisque l'utilisation des ressources localement disponibles devient possible. Cela réduit également la consommation d'intrants chimiques –qui à leur tour sont énergivores (Chapelle, 2017).

4.5.2 Avantages sociaux

L'étude de marché réalisée a permis de constater que les exploitations agricoles produisent des dizaines, voire des centaines de tonnes d'effluents annuellement. La biométhanisation représente dès lors une solution d'assainissement qui permet de traiter ces déchets et d'en extraire une certaine valeur. En effet, les odeurs sont réduites grâce à la digestion des matières organiques et l'air environnant est amélioré grâce à la diminution des émissions de méthane (Réseau Wallon de Développement Rural, 2014).

En outre, la technologie proposée sur le marché permet de sauvegarder les emplois dans le secteur agricole, voire même d'en créer de nouveaux. De plus, ces emplois créés sont non-délocalisables (RMT Biomasse Energie Environnement et Territoire, 2012).

Par ailleurs, cette technologie peut créer une forme de solidarité régionale entre les différents acteurs à proximité des installations. En effet, les citoyens pourraient devenir coopérateurs –surtout dans le cas d'un système de tiers investisseur comme développé dans la section 7.8- et investir dans de tels projets locaux (Réseau Wallon de Développement Rural, 2014). Les communes ont également un rôle à jouer tandis que certaines entreprises locales pourraient également bénéficier de l'installation –en utilisant la chaleur produite par exemple. Une telle solidarité locale est souvent la source d'un multiplicateur économique puisque les bénéfices engendrés par l'installation seront réinjectés dans l'écosystème. Par exemple, les citoyens investisseurs achèteront avec les bénéfices financiers des produits agricoles des agriculteurs qui leur apporteront d'autant plus de bénéfices (AMIBA, s. d.).

Les unités de cogénération améliorent surtout l'image de l'agriculture aux yeux de la société –comme le souligne le gérant de la ferme00 rencontré lors de l'étude de marché. En effet, la diminution d'odeur, l'assainissement des effluents, la production d'énergie verte, la création d'emplois locaux et la possible solidarité régionale ont de quoi redorer l'image un peu grisâtre que peut parfois rencontrer le secteur agricole (Rulot, 2011).

4.5.3 Inconvénient du temps à consacrer

Comme indiqué dans l'explication de la biométhanisation, un digesteur peut être assimilé à un organisme vivant dont il faut s'occuper (Valbiom, 2016a). En effet, les digesteurs doivent être nourris et vidés tout au long de l'année et un contrôle quotidien de la machine est nécessaire afin de garantir son bon fonctionnement. Or, l'étude de marché a justement révélé que les agriculteurs manquent souvent de temps. Ce désagrément est principalement à souligner lorsque l'on compare les différentes possibilités qui s'offrent à un agriculteur. En effet, les unités de cogénération nécessitent bien plus de main-d'œuvre que des installations photovoltaïques, par

exemple.

4.5.4 Lourdeur administrative

Les unités vendues par la société Ogees doivent respecter différentes normes et règlements. En effet, les nombreuses étapes à franchir que constituent les autorisations et permis à obtenir rallongent la durée du processus de lancement d'une installation et exigent que l'agriculteur y investisse un temps important, ce qui a tendance à souvent décourager les porteurs de projets (Valbiom, 2016a ; Réseau Wallon de Développement Rural, 2014 ; Mignon, 2010).

4.5.5 Investissements élevés

L'investissement initial d'une unité de cogénération alimentée au biogaz est élevé comparativement à d'autres sources de production d'électricité verte (Mignon, 2010 ; Rulot, 2011). De plus, les banques sont souvent réticentes à prêter de l'argent pour un tel projet puisque le temps de retour sur investissement est assez long –pouvant aller jusqu'à dix ans- et que les certificats verts sont indispensables, mais incertains sur le long terme, à la rentabilité d'une unité (Mignon, 2010).

4.6 État de la biométhanisation

Le chapitre 1 introduisait au thème de la raréfaction des ressources naturelles, une raréfaction apparue suite à notre manière de consommer celles-ci depuis des décennies. C'est justement après la crise pétrolière que la filière de la biométhanisation a commencé à se développer (Hjort-Gregersen, 2015). Les préoccupations naissantes des années 90 pour l'environnement ont d'ailleurs soutenu le développement de la filière jusqu'en 2014 (Réseau Wallon de Développement Rural, 2014). Cependant, des changements de politique de certains pays –portant notamment sur l'usage des cultures énergétiques- sont à la source de la baisse du nombre de nouvelles installations en Europe (EurObserv'ER, 2014). De plus, cette technologie n'a pas évolué de manière uniforme au sein des différents pays européens. C'est pourquoi cette section présente, dans un premier temps, l'état de la biométhanisation en Europe et approfondit un peu plus en détail le cas des pays les plus innovants en la matière. Dans un second temps, elle aborde le cas de la Wallonie en particulier.

4.6.1 État de la biométhanisation en Europe

Si le paysage de la biométhanisation peut si grandement différer d'un pays à l'autre au sein même de l'Europe, c'est parce que le développement de cette filière dépend tout d'abord du

mécanisme de subvention que chaque pays adopte (Hjort-Gregersen, 2015). Dans la majorité des cas, les gouvernements ont fait le choix de soutenir la production d'électricité et de chaleur avec le biogaz obtenu de la biométhanisation (Hjort-Gregersen, 2015).

En 2014, 15 000 installations de biométhanisation existaient en Europe (Réseau Wallon de Développement Rural, 2014) qui produisent au total 13 378,7 ktep (EurObserv'ER, 2014). Etant donné que la société Ogees se lance dans le marché de la petite puissance, il est également intéressant d'avoir une idée de l'étendue des installations qualifiées de petites puissances en Europe. Parmi les 15 000 exploitations existantes, approximativement 1 000 sont qualifiées de petites puissance (Hjort-Gregersen, 2015).

L'Allemagne est le premier pays européen en matière de biométhanisation puisque plus de 9 000 des 15 000 installations y sont implantées –qui produisent 6 716,8 ktep, soit la moitié du biogaz européen produit. L'Allemagne est également le pays doté du plus grand nombre de fournisseurs de solutions (Hjort-Gregersen, 2015 ; Réseau Wallon de Développement Rural, 2014). L'un de ces fournisseurs, Agrikomp, est d'ailleurs leader mondial en biométhanisation avec plus de 800 unités en fonctionnement (Bakx, Boéchat, Leon, & Membrez, 2014). Si le pays comptait à peine une centaine d'installations en 2000 et qu'il en compte un si grand nombre aujourd'hui, c'est grâce à l'évolution de la législation allemande avec l'Erneuerbare-Energien-Gesetz qui a été adoptée en 2000 et qui visait à rendre les tarifs de revente d'électricité plus attractifs tout en simplifiant les démarches administratives associées aux nouvelles installations (Réseau Wallon de Développement Rural, 2014). La taille des unités allemandes est relativement élevée puisque la puissance moyenne est de 400 kW et que seules quelques petites unités sont à retrouver au sud du pays. Tout ceci fait que la filière avait créé en 2013 plus de 45 000 emplois (Réseau Wallon de Développement Rural, 2014).

Derrière l'Allemagne -6 716,8 ktep-, la Grande-Bretagne -1 824,4 ktep-, l'Italie -1 815,4- et la France -465,0 ktep- sont les plus gros producteurs de biogaz européens –la Belgique est seulement le dixième producteur de biogaz avec 141,9 ktep (EurObserv'ER, 2014).

La France, bien que nettement moins développée que l'Allemagne pour la filière biomasse, était dotée de 140 installations en 2014 mais projette d'atteindre le nombre de 1 000 en 2020. Ce projet ambitieux est soutenu par une facilitation des démarches administratives ainsi que le développement de la filière par le biométhane –c'est-à-dire par l'insertion du biogaz obtenu sur le réseau (Réseau Wallon de Développement Rural, 2014).

La Suède, quant à elle, est un cas plus particulier sur lequel il est intéressant de se pencher

puisque'il n'existe pour ce pays aucun système de soutien à la production. Bien qu'ayant un coût du kWh très faible en Suède, les unités de biométhanisation sont principalement utilisées afin d'obtenir de la chaleur depuis le gaz produit ou encore du carburant après épuration de ce dernier.

4.6.2 Etat de la biométhanisation en Wallonie

Comme indiqué ci-dessus, la Belgique est le dixième plus gros producteur de biogaz avec un peu plus de 80 unités en Flandre et 46 en Wallonie (Valbiom, 2016b). Les 46 unités wallonnes sont localisées sur la figure 4.2. Celles-ci ont produit en 2015 198 GWh électriques –par rapport aux 71,7 TWh d'électricité produite nationalement comme indiqué à la section 3.1.3 (Valbiom, 2016b).



FIGURE 4.2 – Localisation des 46 unités de biométhanisation wallonnes.

Comme l'indiquait la ferme09 de l'étude de marché –et les recommandations du Réseau Wallon de Développement Rural (2014) vont dans le même sens-, « il y a de l'or non-utilisé dans nos fermes ». Des ressources peu utilisées et non-délocalisables pourraient être source de revenus et ainsi combler les besoins identifiés au chapitre 3. Parmi les 46 unités, 11 sont considérées comme des unités de micro-cogénérations, à savoir des unités dotées d'une capacité de maximum 50 kW –comprises entre 10 et 44 kW et qui sont installées dans des fermes possédant au moins 60 vaches (Valbiom, 2016a). Une analyse réalisée par Hjort-Gregersen (2015) aboutit d'ailleurs au constat que la Belgique représente le modèle européen le plus adapté pour la micro-biométhanisation. La majorité de ces 46 unités sont cependant de puissance supérieure à 1 500 kW -cf. 4.3(b). Enfin, 21 de ces unités sont des unités agricoles –cf. figure 4.3(a) (Valbiom, 2016b). Il est d'ailleurs à noter que parmi toutes les différentes sources de

biogaz –comme celui des centres d’enfouissements techniques, de stations d’épuration ou encore d’industrie-, c’est le biogaz agricole qui présente la plus grande croissance de production, d’environ 27%, de 2014 à 2015 pour atteindre les 89 GWh (CWaPE, 2015).

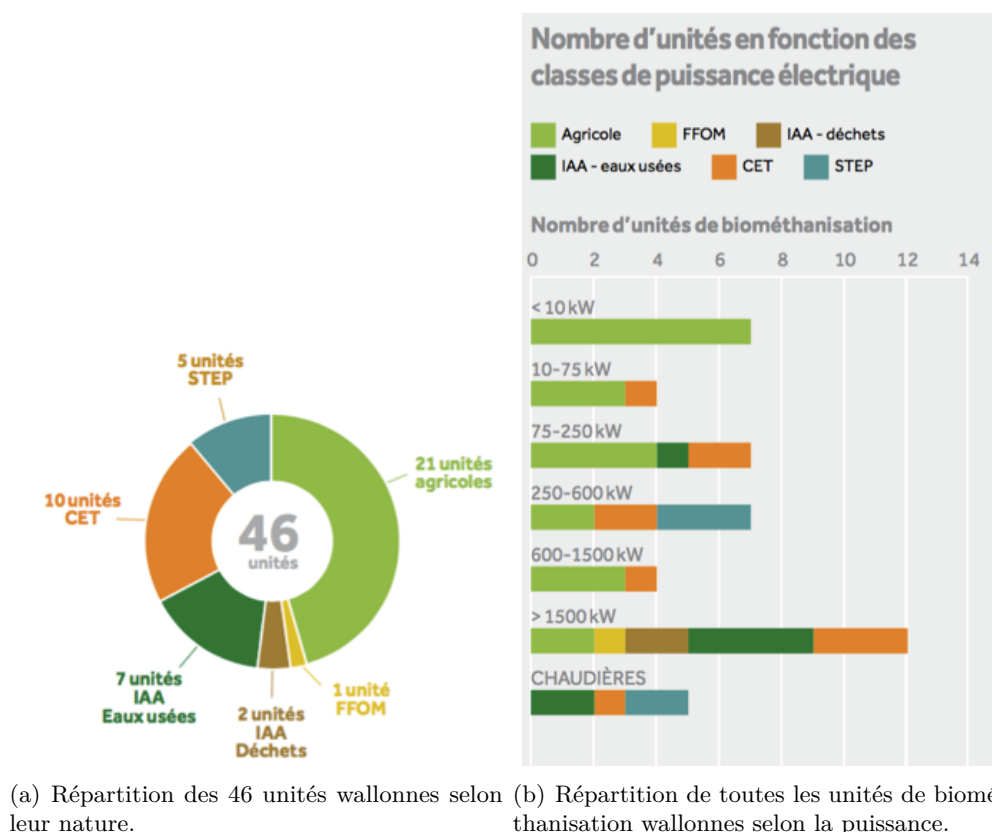


FIGURE 4.3 – Répartition des unités de biométhanisation wallonnes selon leur nature et leur puissance.

4.7 Acteurs de la biométhanisation

L’objectif de cette section est d’analyser la concurrence et d’identifier les potentiels fournisseurs qui pourraient faire partie intégrante de notre chaîne d’approvisionnement. Cependant, un manque de transparence est à noter sur le marché de la biométhanisation en Europe. En effet, nous nous sommes rapidement rendus compte qu’identifier le rôle ainsi que les produits offerts –aussi bien au niveau de la voie de procédé que de la puissance fournie- par chacun des noms qui pouvaient apparaître dans ce marché n’est pas une tâche aisée. Alors que certains sont uniquement producteurs de procédés de biométhanisation ou de cogénérations, d’autres sont ensembliers –c’est à dire qu’ils procèdent à l’assemblage de procédés et de cogénérations qu’ils n’ont pas produits. En outre, ils sont également à distinguer des producteurs-ensembliers

–ils produisent par exemple le procédé mais vont chercher une cogénération chez un fournisseur. D'emblée, il est opportun de noter que certains noms pouvant apparaître comme des fournisseurs pourraient très bien devenir des concurrents s'ils se mettaient à assembler les différents éléments que composent une unité.

Bien qu'il existe évidemment des producteurs actifs sur le marché de la grosse puissance, nous nous focaliserons, dans cette section, sur celui de la petite puissance. Nous essayerons tant que possible d'identifier pour chacun des noms apparaissant, aussi bien sur la scène européenne qu'en Wallonie, le type de voie –liquide, infiniment mélangé ou sèche– ainsi que la catégorie de puissance offerte par ceux-ci. Toutefois, cette tâche n'est pas évidente vu la pauvreté d'informations disponibles. De plus, celles-ci ne sont pas toujours mises à jour. Nous savons, suite à nos rencontres, que certains acteurs qui semblent être actifs selon les données consultables en ligne ne le sont plus ou sont actifs sur différents marchés.

4.7.1 Les acteurs en Wallonie

Sur base des documents disponibles, il est possible de référencer dix constructeurs d'unités de micro-biométhanisation en Wallonie –Agrofutur, Anatis, Aria Energies, Bioelectric, Cogéo, EnergX, Enerpro, ERigène, Greenwatt et Nenufar (Heneffe, 2016). Si l'on se limite à la compréhension de la littérature, le marché de la micro-biométhanisation semble déjà fort occupé puisque ces entreprises semblent couvrir ensemble les trois types de voie de biométhanisation en offrant une palette assez large de puissance.

Cependant, nous suspicions de découvrir, comme annoncé au paragraphe précédent, une réalité de terrain bien différente de ce que la théorie nous indiquait. C'est pourquoi nous avons rencontré en mars 2017 M. Wauthelet du Groupe d'Action Locale du pays des Condruses¹ afin d'obtenir un regard critique sur ces différents constructeurs *a priori* actifs en Belgique (Wauthelet, GAL du pays des Condruses, rencontre, 9 mars 2017). Anatis avait mis sur le marché en juillet 2016 deux installations en utilisant le filtre développé par Agrofutur –qui ne commercialise que la partie procédé. Cependant, Wauthelet (2017) nous indique qu'aucune de ces deux unités n'est encore en fonctionnement aujourd'hui. Aria Energies est un constructeur bel et bien actif en France mais n'est en réalité pas encore du tout présent sur le territoire belge (Heneffe, 2016). Les mêmes conclusions sont d'ailleurs à tirer pour Enerpro, ERigène et Nenufar (Heneffe, 2016). Ceci est explicable par le fait que pour obtenir son nom référencé dans l'annuaire développé par Heneffe (2016), il ne faut pas avoir une unité en fonctionnement en Belgique comme on pour-

1. M. Wauthelet est le responsable chargé de missions pour le Groupe d'Action Locale du pays des Condruses. Il a une bonne connaissance en la matière vu que ce dernier a déjà réalisé de nombreuses études dans le but de savoir ce qu'il était possible de développer sur le territoire du pays des Condruses

rait le penser. En effet, avoir un produit commercialement prêt pour la Wallonie permet, après simple requête à Valbiom, d'y voir son nom déjà apparaître. Bien que Cogéo ait une unité d'une centaine de kW en fonctionnement en Wallonie (Wauthelet, GAL pays des Condruses, rencontre, 9 mars 2017), ce dernier fournisseur ne propose les plus petites puissances qu'en France –mais représente donc une réelle menace d'un point de vue concurrentielle comme nous l'indiquerons dans l'analyse de Porter. EnergX et Quays sont, eux, encore à la phase d'étude de prototype et ne disposent donc pas encore d'unités actives en Wallonie –mais représentent une menace de nouveaux entrants sur le marché (Heneffe, 2016). Greenwatt a une installation opérationnelle en Belgique d'une centaine de kW également mais a été déclarée en faillite le 8 mai dernier (Scharff, 2017). Succinctement, Bioelectric semble donc être l'unique constructeur réellement actif en Wallonie possédant les 11 unités de micro-biométhanisation en fonctionnement (Heneffe, 2016). Le leader sur le marché wallon de la petite puissance propose des solutions allant de 9,7 kW à 44 kW et semble avoir réalisé un travail commercial important. Cependant, les représentants de Bioelectric semblent avoir fourni des chiffres particulièrement gonflés de rentabilité et de production, ce qui fait qu'aujourd'hui seulement deux de ces onze installations semblent être en fonctionnement normal –les autres présentant divers problèmes techniques repris à la section 7.4. Ceci explique que des actions en justice sont actuellement intentées à leur encontre (Wauthelet, GAL pays des Condruses, rencontre, 9 mars 2017). De manière critique, Wauthelet (2017) ne semble pas être le seul à avoir cette opinion de Bioelectric puisque de nombreux acteurs internationaux rencontrés durant l'Expobiogaz à Bordeaux ont d'eux-mêmes parlé de l'image peu flatteuse de Bioelectric. De plus, de nombreux agriculteurs –dont la ferme¹⁵ de notre étude de marché- ont connaissance de l'histoire Bioelectric.

4.7.2 Les acteurs en Europe

Alors que Bioelectric semble être le seul constructeur actif en Wallonie –mais doté d'une réputation peu flatteuse, et ce jusqu'à l'international-, il est également intéressant d'analyser la menace que représentent les constructeurs européens déjà actifs à l'étranger et qui pourraient pénétrer le marché wallon.

Sur la scène européenne, ce ne sont pas moins de 70 entreprises qui proposent une solution pour des petites unités de biométhanisation (Rulot, 2011 ; Bakx, Boéchat, Leon, & Membrez, 2014). Comme pour la situation wallonne, nous essayons avec la démarche qui suit de découvrir ce à quoi ressemble la réalité de terrain par rapport aux listes renseignées.

Si l'on diminue de ce total les fournisseurs ne proposant pas à proprement parler une solution de biométhanisation –notamment ceux ne proposant que quelques composants annexes et qui ne

devraient en toute logique pas se retrouver dans cette liste- et les fournisseurs apparaissant sous deux noms –les doublons, donc-, ce nombre se contracte déjà à 60 constructeurs, 5 proposant une solution de voie liquide, 43 une voie infiniment mélangée et 12 une voie sèche -indiqués sur la figure 4.4. Notre participation à l’Expobiogaz de Bordeaux nous a permis de rencontrer quelques-uns de ces acteurs, comme Verde Energy, Bio4gas ou encore Nenufar.

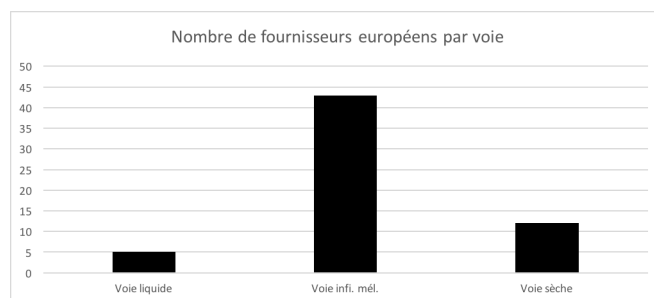


FIGURE 4.4 – Répartition des fournisseurs européens de la filière de biométhanisation selon la voie proposée.

En ne considérant uniquement les constructeurs d’unités de moins de 31 kW afin de fixer une limite à la notion de « petite puissance », 15 fournisseurs sont à recenser.

Ce total de 60 restant élevé, nous avons voulu tester la réactivité de ces 60 fournisseurs et avons voulu connaître leur niveau d’enthousiasme pour le marché wallon. C’est dans ce but que nous avons réalisé une étude de la concurrence sur base d’un mailing –c’est à dire via l’envoi d’e-mails. Afin de réaliser ce mailing, nous avons reçu l’autorisation d’utiliser la ferme du CTA comme ferme-type afin d’expérimenter le dynamisme des fournisseurs européens et avons même reçu de la part de la direction une liste précisant avec exactitude le nombre de bovins détenus, leur âge, leur type racial, leur sexe, etc. La ferme du CTA -124 têtes bovines- s’avérait en effet être une ferme se rapprochant particulièrement de la ferme moyenne -131 bovins- indiquée par l’Agence Wallonne pour la Promotion d’une Agriculture de Qualité (2016a).

Concrètement nous avons adressé un e-mail aux fournisseurs dans lequel nous expliquions le cas du CTA. En effet, l’email précisait le nombre de têtes bovines détenues avec leur âge afin de fournir les informations de base nécessaires, mais en indiquant également l’adresse, le logo et le site internet du CTA afin de crédibiliser au maximum la demande en se basant sur un cas réel- et les invitant à nous proposer une offre d’unité de cogénération. Une copie de l’e-mail rédigé dans le cadre de ce mailing est disponible à l’annexe G.1. L’e-mail rédigé, nous avons procédé à la recherche des adresses e-mails des fournisseurs. C’est lors de cette étape que nous avons pu constater que de nombreux constructeurs ne possèdent pas d’adresse e-mail, ni de site internet et ne sont parfois pas référencés sur le moteur de recherche *Google*. En effet, seulement 38 adresses e-mails de fournisseurs ont pu être identifiées –dont la grande majorité, 25 sur les

38, provenait d'Allemagne. Nous avons donc approché ceux-ci avec l'e-mail en question.

L'e-mail envoyé, nous avons pu écarter trois fournisseurs supplémentaires en raison d'adresses e-mails incorrectes. Nous avons toutefois reçu cinq réponses à notre requête. Il est donc pour nous possible de constater que la réactivité des fournisseurs européens joignables pour des demandes provenant du marché wallon est extrêmement faible. Ce manque d'intérêt pour le marché wallon peut s'expliquer par la taille relativement restreinte du marché wallon en nombre d'exploitations agricoles ainsi que par la législation qui lui est propre. En effet, le système de soutien des CV est particulier à la Belgique, ce qui modifie les calculs de rentabilité et les démarches à suivre afin d'implanter une installation.

Parmi les cinq fournisseurs qui ont fait suite à notre demande, deux d'entre eux –Biogas Hochreiter et Host- nous annoncent que la puissance qu'ils proposent est trop élevée pour la ferme-type wallonne. ERigène répond quant à lui que l'entreprise n'est aujourd'hui pas en mesure de proposer le produit mais que des discussions avec de nouvelles entreprises ont déjà été entamées afin de lancer un nouveau partenariat, ce qui rendrait le produit à nouveau accessible sur le marché –et ce nouvel entrant sur la biométhanisation en voie sèche de puissance de 25 kW deviendrait par conséquent une menace potentielle. Renergon et Qube Renewables ont tous deux professionnellement fait suite à notre demande et constituent également une menace potentielle de nouveaux entrants sur le marché puisqu'ils proposent respectivement une solution de petite taille en voie sèche et une solution de très petite puissance en infiniment mélangé. Cependant, il ne faut pas négliger, au-delà de ces réponses obtenues, la force que pourraient représenter les fournisseurs qui proposent des solutions de petite puissance mais qui sont aujourd'hui introuvables –et qui en améliorant leur communication et leur présence sur internet pourraient devenir une menace-, ni celle de ceux qui proposent une petite unité, qui sont joignables mais qui n'ont pas fait suite à notre requête –qui représentent déjà aujourd'hui une potentielle menace et qui n'ont peut-être pas répondu par manque de temps ou n'ont pas voulu faire suite à notre cas précis –cf. figure 4.5.

En conclusion à cette section, notre mailing a démontré d'une part que peu de fournisseurs européens sont joignables, qu'une très petite proportion d'entre eux répondent aux requêtes et enfin que trois fournisseurs –ERigène, Renergon et Qube Renewables- peuvent devenir des concurrents potentiels si ceux-ci se mettaient à exporter leur technologie en Wallonie. Toutefois, il ne faut pas négliger la présence des fournisseurs aujourd'hui injoignables –mais qui après amélioration de leur présence sur le web et de leur communication pourraient le devenir- et de

Fournisseur	Type de voie	Puissance
Fournisseurs proposant une solution, mais n'étant pas joignables facilement		
Aergas	Infi. Mél.	10
Portaferm	Infi. Mél.	10
Blue Energy Control	Infi. Mél.	25
Biogas Ost	Infi. Mél.	30
Odipure	Infi. Mél.	30
Seab Energy	Liquide	Inconnu ("petite puissance")
Fournisseurs proposant une solution, joignables mais sans réponse du mailing		
Müller	Sèche	10
NRE	Infi. Mél.	20
Bio4Gas Express Gmbh	Infi. Mél.	30
NQ-Anlagen Technik Gmbh	Infi. Mél.	30
Valogreen	Infi. Mél.	30
Fournisseurs proposant une solution, joignables et réactifs aux demandes		
Qube Renewables	Infi. Mél.	3,2 à 15
Erigène	Sèche	25
Renergon	Sèche	Inconnu ("Mini")
Biogas Hochreiter	Infi. Mél.	30
$\Sigma = 15$		

FIGURE 4.5 – Répartition des fournisseurs européens proposant des unités de petite puissance.

ceux joignables mais n'ayant pour notre cas précis par répondu à notre requête. En résumé, la menace de concurrents provenant de l'étranger est donc relativement faible, comme nous le rappelons dans l'analyse de Porter à la section 7.5.2.

4.8 Choix du procédé

Le but recherché de cette section est d'opérer deux choix successifs : premièrement identifier le type de voie à adopter dans le *Business Model* et deuxièmement sélectionner le type de sous-catégorie au sein de cette voie. Pour ce faire, il est nécessaire de comprendre la classification des procédés utilisés par les unités de cogénération indiquée sur la figure 4.6.

Voies de procédés	Catégorie au sein de chaque voie
Liquide	Digestion sur lit fixe
	Poche de digestion
	Système à écoulement différencié
Infiniment mélangé	Cuve horizontale ou verticale
Solide	Conteneur
	Garage
	Silo

FIGURE 4.6 – Classification des procédés de biométhanisation (Valbiom, 2016a).

4.8.1 Choix de la technologie de digestion

Le choix de la technologie de digestion est influencée par le type d'intrants disponibles, la concurrence ainsi que par d'autres facteurs.

Un choix basé sur le type d'intrants disponibles

Comme mis en évidence dans la section 3.2.1, plus de la moitié des exploitations agricoles wallonnes ont une orientation technico-économique liée à un élevage bovin –pour la production de lait, de viande ou une production mixte. Cependant, ce n'est pas tellement l'orientation technico-économique qui détermine le choix de la technologie mais plutôt le type d'intrants, que l'on classe en fonction de leur taux de matière sèche comme suit (Valbiom, 2016a ; Valbiom, 2016b) :

- Les matières liquides qui comprennent le lisier, les eaux usagées, etc ;
- Les matières solides liquéfiables qui englobent l'ensilage de maïs ou encore les feuilles de betteraves ;
- Les matières solides qui comptent notamment le fumier et la paille.

Les procédés en voie liquide sont donc appropriés pour l'insertion d'intrants liquides, les procédés en voie infiniment mélangé le sont pour les matières liquides et solides liquéfiables tandis que les procédés en voie sèche sont adaptés aux intrants solides. Il est donc nécessaire, afin de sélectionner la voie la plus judicieuse, de distinguer le lisier du fumier. Toutefois une corrélation positive entre orientation technico-économique et type de déchets produits est observable puisque l'étude de marché menée à la section 3.2.2 a démontré que les exploitations actives dans des activités laitières ont une plus grande propension à produire du lisier tandis que les exploitations viandeuses produisent majoritairement du fumier –un mélange de fumier et de lisier est observable dans les exploitations mixtes.

Dans ce qui suit, nous essayons de déterminer le type de matière organique le plus présent dans les fermes wallonnes. Comme l'a indiqué l'étude de marché, 9 exploitations agricoles possèdent du fumier, 7 produisent un mixte de fumier et lisier tandis que 2 produisent uniquement du lisier. Notre échantillon n'étant pas statistiquement significatif afin de procéder à l'induction d'une tendance sur base des données récoltées (Yin, 2015), nous construisons cette analyse sur base d'une étude de terrain réalisée par Rulot (2011) auprès de plus de 300 éleveurs localisés sur le territoire du GAL Pays des Condruses -qui nous a été fournie en plus d'un listing confidentiel rassemblant les données privées de ces 300 fermes par M. Wauthelet du GAL même. Après analyse des données, Rulot (2011) arrive à la conclusion que 48% des exploitations du territoire produisent du fumier, 29% possèdent un mixte de fumier et lisier tandis que seulement 3% d'entre elles produisent uniquement du lisier –et les 20% restant ne possèdent plus de bétail, ce qui souligne à nouveau la tendance à la baisse du nombre d'exploitations belges. Ces

résultats vont donc dans le même sens que ceux obtenus sur l'échantillon de l'étude de marché et confirment donc la nette présence majoritaire de fumier dans les exploitations agricoles wallonnes, ce qui dirige le choix de la voie de procédé vers la voie sèche.

Un choix basé sur la présence des concurrents

Comme nous l'indiquions dans la section 4.7, le seul concurrent en micro-biométhanisation actif en Wallonie, Bioelectric, a opté pour la voie de l'infiniment mélangé. Contrairement à l'Allemagne et à la France, la voie sèche n'est donc pas encore utilisée en Belgique en biométhanisation agricole (Réseau Wallon de Développement Rural, 2014). Sur le plan européen, 15 concurrents potentiels ont été identifiés à la section 4.7. Parmi ceux-ci, 11 proposent la voie de l'infiniment mélangé, 3 la voie sèche et 1 la voie liquide. La grande majorité des unités en Europe utilise donc la voie de l'infiniment mélangé (Valbiom, 2016b), ce qui se traduit par une intensité concurrence faible concernant les voies liquide et sèches.

Autres arguments à prendre en compte dans le choix du procédé

Le procédé en voie sèche est la plupart du temps un procédé discontinu –en opposition au procédé infiniment mélangé qui est continu, c'est à dire alimenté en permanence. Ceci implique donc qu'une main-d'œuvre est requise afin de remplir et vider le digesteur. Or, l'étude de marché révélait que la main-d'œuvre constituait la troisième difficulté évoquée par les agriculteurs rencontrés. Afin de respecter entièrement les besoins identifiés chez les fermiers, nous tiendrons compte des heures de travail nécessaires à ce type de voie lorsque nous déterminerons les taux de rentabilité dans l'offre commerciale proposée au fermier à la section 8.2.

Ensuite, la littérature semble indiquer que le prix d'une installation en voie sèche est souvent bien plus élevé qu'une unité en voie liquide. Cependant, comme nous l'annoncions dans la méthodologie de l'analyse du besoin des clients, nous suivons une approche centrée sur les besoins des clients. Or il vient d'être démontré ci-dessus que les fermes possèdent dans de nombreux cas du fumier. Analyser la faisabilité d'une installation qui recourt à la voie sèche est donc en cohérence avec les intrants disponibles chez les agriculteurs wallons.

Enfin, lorsque des effluents essentiellement liquides sont insérés dans le digesteur, l'utilisation de cultures énergétiques est souvent nécessaire afin de garantir une certaine rentabilité financière. A l'inverse, l'utilisation d'intrants plus secs ne requiert pas l'insertion additionnelle de coproduits tout en offrant une rentabilité (Rulot, 2011). L'ajout de cultures énergétiques aura d'ailleurs souvent pour conséquence de diminuer la rentabilité du projet. Ceci est notamment dû au pouvoir

méthanogène des différents intrants –le fumier possède un pouvoir méthanogène plus élevé que le lisier (Valbiom, 2016b)- mais est surtout expliqué par le coefficient de CO_2 qui détermine le nombre de CV octroyé –cf. section 4.2.2. Produire du maïs d’ensilage, par exemple, émettra du CO_2 supplémentaire, ce qui impactera négativement le nombre de CV octroyés (Rulot, 2011). Adopter un procédé en voie sèche nous permet donc de n’utiliser que des résidus organiques et non des cultures énergétiques, ce qui équivaut à mieux prendre en compte les répercussions sociétales du *Business Model* imaginé.

4.8.2 Choix du garage

Les digesteurs répertoriés dans la voie sèche peuvent être classés en trois catégories distinctes, à savoir les digesteurs en garage, en conteneur et en silos (Valbiom, 2016a). Les digesteurs en garage sont une catégorie peu adaptée aux petites puissances de par leurs prix. En effet, suite à l’Expobiogaz de Bordeaux, une offre budgétaire nous a été envoyée pour ce type de procédé.

Le digesteur en conteneur présente deux avantages que le digesteur en silo ne présente pas, ce qui justifie notre choix pour ce premier. D’une part, le conteneur est une solution très compacte (Réseau Wallon de Développement Rural, 2014) qui ne prend dès lors que peu de place dans l’exploitation. L’étude de marché a en effet démontré que les agriculteurs ne possèdent que très rarement des terres non-exploitées –seulement 4 des 19 exploitants visités ont dit pouvoir libérer de l’espace sur leurs terres. De plus, le prix élevé des terres a été mentionné –ferme07, 11, 18- comme étant une des difficultés rencontrées par les agriculteurs. Proposer une unité de cogénération ne requérant pas une place trop importante peut donc s’avérer être un avantage stratégique. En plus d’être compact, un digesteur sous forme de conteneur peut être déplacé d’un point à l’autre et peut ainsi être rapproché de la source d’intrants ou de la source de consommation d’énergie.

Suite à l’analyse des acteurs européens, au mailing réalisé et à notre participation à l’Expobiogaz de Bordeaux, ERigène semble être le seul constructeur d’un digesteur en voie sèche en conteneur de petite puissance. Cependant, ERigène apparaît également comme un partenaire potentiel de choix puisque cette entreprise française est déjà dotée d’une certaine expérience dans la petite puissance. Celle-ci va en outre être revitalisée et acquérir de nouvelles compétences grâce à la collaboration que la société française est en train de mettre sur pied avec d’autres entreprises. L’établissement de nouveaux partenariats par la société ERigène repré-

sente une opportunité pour la SCRL Ogees de s'intégrer dans un réseau naissant d'entreprises déjà existantes.

4.8.3 Coût d'un procédé en conteneur en voie sèche

La voie sèche choisie, le type conteneur sélectionné, l'étape suivant consiste à estimer le prix d'un tel procédé.

Pour rappel, la biométhanisation en voie sèche est un processus discontinu (Valbiom, 2016a). Chaque conteneur doit d'abord être rempli de matières organiques avant de produire une quantité de gaz. Or, la production de gaz est variable dans le temps. Celle-ci est presque nulle après l'insertion de ces matières, atteint un pic avant de diminuer à nouveau. Cependant, celle-ci peut être lissée si plusieurs conteneurs sont installés côte-à-côte. Dans ce cas, chacun de ces conteneurs produit du gaz en décalage par rapport aux deux autres et la production en est stabilisée dans le temps.

Suite à notre mailing, nous avons obtenu par e-mail une estimation de prix du fournisseur ERigène. Celui-ci nous indique que trois conteneurs sont nécessaires afin de lisser la production de gaz et évalue le coût de chaque conteneur à 25 000€, soit un total de 75 000€.

Chapitre 5

Etat de la technique

5.1 Moteurs à allumage commandé	77
5.1.1 Principe général	77
5.1.2 Différence entre théorie et pratique	78
5.1.3 Richesse du mélange	80
5.1.4 Avance à l'allumage	81
5.1.5 Phénomène du cliquetis	83
5.2 Effets du biogaz sur un moteur à allumage commandé	86
5.2.1 Effet sur la pression dans le cylindre	86
5.2.2 Effets sur la flamme et sur la combustion	88
5.2.3 Effets sur la puissance et la consommation de carburant	90
5.2.4 Effets sur les émissions du moteur	92
5.2.5 Effets sur la durée de vie du moteur	95
5.2.6 Amélioration des performances	97

L'utilisation du biogaz est attractive du point de vue des gaz à émission d'effet de serre étant donné que le biogaz est considéré comme étant carboneutre, le dioxyde de carbone libéré lors de la combustion du gaz correspondant au dioxyde de carbone qui a été absorbé par la biomasse pendant sa durée de vie. Le méthane, composé du biogaz, est plus nocif pour l'atmosphère que le dioxyde de carbone -cf. chapitre 1. Il est donc important que la combustion du biogaz soit complète puisqu'une combustion incomplète libérerait du méthane dans les fumées.

Ce biogaz peut par exemple directement être utilisé comme gaz de cuisson. C'est une solution sensée pour les pays en voie de développement pour substituer la cuisson au charbon qui a pour effet la déforestation et l'intoxication par les fumées (Surendra, Takara, Hashimoto,

& Khanal, 2014). Le biogaz est aussi une source d'énergie importante pour nos pays. Souvent, une transformation supplémentaire lui est apportée pour valoriser son contenu énergétique en une source d'énergie ayant plus de valeur. Cette source d'énergie peut être de l'énergie mécanique ou, en y apportant encore une étape, de l'énergie électrique. Cette transformation de l'énergie primaire contenue dans le biogaz se fait dans des moteurs thermiques pour des puissances pouvant aller de quelques kilowatts jusqu'à plusieurs megawatts pour les plus grandes installations.

Ogees s'intéresse aux plus petites installations de biogaz, celles qui produisent 10 kW électriques. Dans cette gamme de puissance, le procédé de valorisation du biogaz passe par des moteurs à combustion interne de type allumage commandé. On ne trouve pas sur le marché de moteurs usinés pour directement tourner au biogaz dès leur sortie de l'usine. Il arrive donc que le biogaz soit utilisé dans des moteurs non-optimisés pour ce type de carburant. On peut cependant trouver des moteurs résultants d'adaptations apportées sur des moteurs classiques tels que des moteurs à gaz, à essence ou encore des blocs moteurs diesel.

Ces petits moteurs ont pour avantage d'avoir la capacité de travailler avec du biogaz pratiquement pur, c'est-à-dire malgré la présence d'impuretés. La présence de ces impuretés nécessite néanmoins une étude approfondie, certaines de celles-ci pouvant être néfastes pour la durée de vie du moteur et être source d'émissions de gaz polluants. En fonction de la composition du biogaz, celui-ci peut donc nécessiter un traitement. Une étude des paramètres moteur est également importante pour optimiser l'utilisation du moteur malgré l'utilisation d'un gaz pauvre tel que le biogaz.

Dans les sections qui suivent, nous abordons la théorie de la seconde technologique¹ qui est au cœur du projet entrepreneurial Ogees : le moteur qui transforme le biogaz produit en électricité. Nous commençons en donnant une introduction à la technologie des moteurs à combustion interne et plus particulièrement des moteurs à allumage commandé. Nous en donnons le principe général, exposons les paramètres d'importance du moteur et définissons le phénomène de cliquetis auquel il est sensible. Nous effectuons ensuite une recherche dans la littérature couvrant les effets des paramètres moteurs lorsque celui-ci est alimenté au biogaz. Nous terminons en exposant quelques technologies permettant de nettoyer le biogaz de ses impuretés et quelques méthodes pour améliorer les performances du moteur.

1. La première technologie au cœur de notre projet a été traitée à la section 4.1.

5.1 Moteurs à allumage commandé

L'une des options de valorisation du biogaz est de l'utiliser pour alimenter un moteur à combustion interne couplé à une génératrice pour produire de l'électricité. Nous donnons dans cette section une introduction générale à cette technologie, aux paramètres la caractérisant et aux phénomènes pouvant être rencontrés. Dans le cadre du projet Ogees, nous nous focalisons sur les moteurs à quatre temps et à allumage commandé. Les moteurs à allumage spontané peuvent être utilisés avec du biogaz en mode dual fuel mais cela complexifie la comptabilisation des certificats verts ainsi que la réinjection de l'électricité produite sur le réseau. De plus, cela va à l'encontre de notre objectif de rendre les exploitations agricoles indépendantes des énergies fossiles.

5.1.1 Principe général

Les moteurs à combustion interne sont des machines volumétriques dans lesquelles des transformations physico-chimiques se produisent cycliquement. Ces transformations opèrent sur un mélange gazeux qui produit un travail moteur par l'intermédiaire d'un piston. Celui-ci effectue un mouvement alternatif dans un cylindre dont la cinématique est imposée par le système bielle- manivelle auquel il est lié.

Le cycle théorique du moteur à allumage commandé est décrit par le cycle de Beau de Rochas. Celui-ci se compose d'une phase d'admission isobare, une compression isentropique, une combustion isochore, une détente isentropique et un échappement isobare. Le point mort haut est atteint lorsque le piston atteint son point le plus haut et définit ainsi le volume mort V_M . De façon similaire, le point mort bas est atteint quand le piston est à son point le plus bas et donne le volume total du cylindre V_1 .

Les différentes phases du cycle sont délimitées, théoriquement, de la façon suivante, avec θ l'angle de vilebrequin qui est égal à zéro en son point mort haut :

- $-360^\circ < \theta < -180^\circ$: Phase d'admission. Quand le piston est au point mort haut, les soupapes d'admissions s'ouvrent et le piston en phase descendante aspire le mélange d'air et de carburant frais dans le cylindre jusqu'à ce qu'il atteigne son point mort bas ;
- $-180^\circ < \theta < 0^\circ$: Phase de compression. Une fois arrivé au point mort bas, les soupapes d'admission se ferment. Par inertie, le piston entame sa remontée dans le cylindre et comprime le mélange gazeux jusqu'au point mort haut ;

- $\theta = 0^\circ$: Phase de combustion. Une fois arrivé au point mort haut et le mélange gazeux confiné dans le volume mort à haute pression, la bougie d'allumage produit une étincelle qui fournit l'énergie nécessaire à l'initiation de la combustion. Cette dernière initiée, la réaction s'auto-entretient jusqu'à la combustion totale du mélange et la transformation du mélange en fumées. Cette réaction se produit, selon le cycle de Beau de Rochas, de façon instantanée ;
- $0^\circ < \theta < 180^\circ$: Phase de détente. La phase de combustion libère une quantité d'énergie importante qui va pousser le piston vers le bas jusqu'au point mort bas et détendre les fumées, produits de la réaction de combustion. En plus de cela, l'énergie libérée lors de la combustion fournit au piston l'inertie nécessaire aux phases de respiration et de compression tout en produisant de l'énergie utile ;
- $180^\circ < \theta < 360^\circ$: Phase d'échappement. Au point mort bas, les soupapes d'échappement s'ouvrent et les fumées s'échappent à cause de la surpression présente dans le cylindre et du piston qui est en phase ascendante et chasse donc les gaz présents hors du cylindre.

Le rendement théorique du cycle de Beau de Rochas η_{th} est fonction du taux de compression τ et du coefficient de Poisson γ . Le taux de compression d'un cylindre est défini par le rapport entre le volume total du cylindre et son volume mort, $\tau = V_1/V_M$, tandis que le coefficient de Poisson est défini par le rapport des capacités thermiques du mélange gazeux, $\gamma = c_p/c_v$:

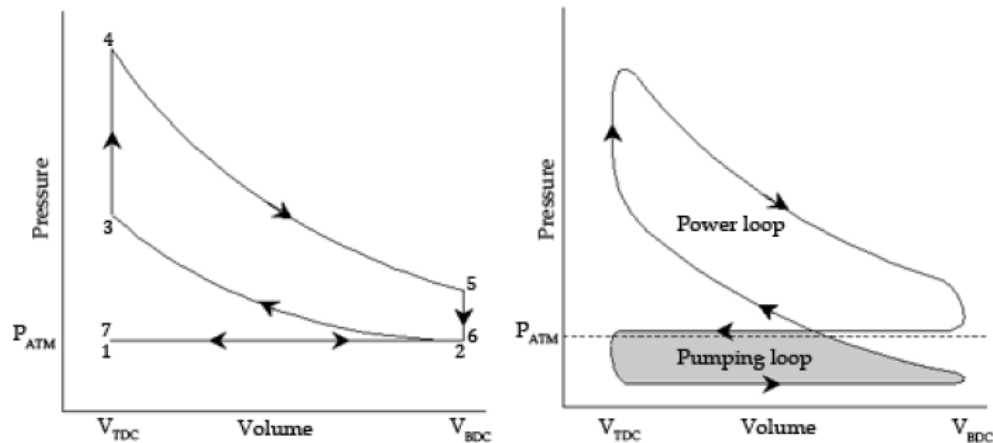
$$\eta_{th} = 1 - \tau^{1-\gamma}.$$

D'un point de vue théorique, le rendement peut donc être optimisé soit géométriquement, en diminuant le volume mort et en augmentant le volume V_1 pour augmenter le taux de compression, soit en choisissant un carburant avec un coefficient de Poisson plus important.

5.1.2 Différence entre théorie et pratique

Le cycle réel s'écarte du cycle de Beau de Rochas décrit ci-dessus. Nous établissons ici une liste exhaustive de ces différences :

- La combustion n'est pas instantanée. Pour la combustion de biogaz, la durée de combustion est approximativement de 40° d'angle de vilebrequin à une vitesse de 1500 tours par minute, avec une richesse de 0.9 et un taux de compression de 13 (Porpatham, Ramesh, & Nagalingam, 2008), ce qui correspond à 4.4 millièmes de seconde. La



(a) Diagramme p-V d'un cycle moteur théorique. (b) Diagramme p-V d'un cycle moteur réel.

FIGURE 5.1 – Diagrammes p-V du cycle théorique à gauche et réel à droite

combustion n'a pas lieu strictement au point mort haut mais déborde sur les phases de compression et de détente. En pratique, l'allumage est avancé pour que le déroulement de la combustion encadre le passage au point mort haut du piston. L'avance à l'allumage doit être optimisée pour se rapprocher du rendement du cycle de Beau de Rochas ;

- Lors de la respiration du moteur, une boucle négative dans le diagramme p-V est obtenue à cause des pertes de charge d'aspiration et d'échappement. Cette boucle négative se traduit par un travail négatif et donc un travail utile récupérable plus faible. Ces pertes peuvent être minimisées en jouant avec les temps d'ouverture et de fermeture des soupapes d'admission et d'échappement. En pratique, la soupape d'admission s'ouvre avant que le point mort haut soit atteint et se ferme après que le point mort bas soit atteint pour améliorer le remplissage du cylindre. Il en va de même pour la soupape d'échappement qui s'ouvre avant que le point mort bas soit atteint et se ferme après que le point mort haut soit atteint pour améliorer l'évacuation des fumées. A la fin de l'échappement et au début de l'admission, les deux soupapes sont ouvertes : on parle de phase de croisement ou encore d'*overlap* ;
- Le cycle réel s'écarte également du cycle théorique à cause de différents types de pertes. La compression et la détente ne sont pas adiabatiques et subissent des pertes pariétales aux parois du cylindre. Le cycle subit également des pertes par frottements mécaniques aux divers paliers et entre le piston et le cylindre. Les pertes par pompages réduisent également le rendement efficacité du cycle. Dans une cogénération, un récupérateur de

chaleur des fumées a tendance à augmenter ces pertes.

Le cycle réel ne présente pas de points anguleux mais des arrondis liés aux phénomènes expliqués, comme nous pouvons l'observer sur les diagrammes de la figure 5.1.

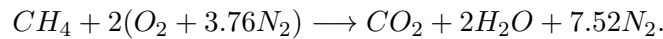
5.1.3 Richesse du mélange

La richesse du mélange de combustion ϕ est définie par le rapport des rapports stœchiométrique et réel de la masse d'air sur la masse de carburant :

$$\phi = \frac{\left(\frac{m_{air}}{m_{carb}}\right)_{stoech}}{\left(\frac{m_{air}}{m_{carb}}\right)_{réel}}.$$

Dans notre cas, le carburant est du biogaz. Nous développons ici la réaction de combustion du biogaz pour étudier l'effet de la variation de la composition du biogaz ou encore l'effet de la variation de la richesse sur le mélange entrant dans le moteur.

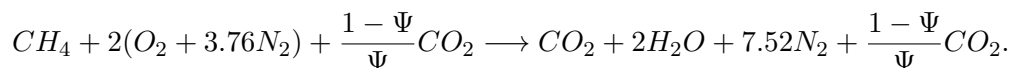
La stœchiométrie² de la réaction de combustion du biogaz dépend uniquement du méthane présent dans le biogaz. Nous commençons donc par définir le pouvoir comburivore du méthane qui est la quantité massique d'air nécessaire à la combustion d'une unité de combustible :



Nous avons, dans la réaction stœchiométrique précédente, 9.52 moles d'air pour 1 mole de méthane. En considérant la masse molaire de l'air et de méthane de, respectivement, 29.1 g/mol et 16 g/mol, nous obtenons la valeur du pouvoir comburivore du méthane :

$$m_{a1,CH_4} = \left(\frac{m_{air}}{m_{CH_4}}\right)_{stoech} = 17.32 \frac{kg_{air}}{kg_{CH_4}}.$$

Si nous considérons maintenant la combustion du biogaz avec une concentration volumique de méthane Ψ , nous pouvons réécrire la réaction de combustion en considérant que tous les gaz ont un volume molaire égale³ :



Les masses de méthane et d'air restent inchangées tandis que la masse de CO_2 doit être déterminée. En considérant une masse molaire du dioxyde de carbone de $M_{CO_2} = 44$ g/mol,

2. réaction complète

3. Hypothèse des gaz parfaits

nous obtenons pour le pouvoir comburivore du biogaz :

$$m_{a1,biogaz} = \left(\frac{m_{air}}{m_{CH_4} + \frac{1-\Psi}{\Psi} M_{CO_2}} \right)_{stoech}.$$

Pour une concentration de méthane de 50%, le pouvoir comburivore du biogaz sera de 4.576 m_{air}/m_{CH_4} . Il est important de noter que, à richesse égale pour un mélange air/méthane et un mélange air/biogaz, la proportion massique de méthane et d'air est conservée.

Pour illustrer l'effet de la variation de richesse et l'effet de la variation de la dilution sur la quantité de méthane présente dans le cylindre, nous développons l'exemple suivant. Nous définissons la composition volumique du cylindre et la développons⁴ :

$$\begin{aligned} V_{biogaz} &= V_{CH_4} + V_{CO_2} = V_{CH_4} \cdot \left(1 + \frac{1-\Psi}{\Psi} \right), \\ V_{air} &= \frac{m_{air}}{\rho_{air}} = m_{CH_4} \frac{m_{a1,CH_4}}{\phi \rho_{air}} \\ V_{cylindre} &= V_{biogaz} + V_{air} = m_{CH_4} \left[\frac{m_{a1,CH_4}}{\phi \rho_{air}} + \frac{1}{\rho_{CH_4}} \left(1 + \frac{1-\Psi}{\Psi} \right) \right]. \end{aligned}$$

La masse de méthane est directement déduite de l'expression précédente et est donnée en fonction de la concentration en méthane Ψ et de la richesse du mélange ϕ . Pour le passage d'une concentration en méthane de 100% à 60%, une diminution massique de méthane de 5.98% est notée. Le passage d'une richesse unitaire à une richesse de 60% donne une diminution massique de méthane de 37.62%. Nous avons démontré ici que la richesse a un impact plus important que la concentration de méthane dans le biogaz sur la masse de méthane admise dans le cylindre. Cette masse est équivalente à la quantité d'énergie primaire entrant dans celui-ci.

5.1.4 Avance à l'allumage

Comme discuté à la section 5.1.2, la combustion n'est pas instantanée et le moment de l'allumage de l'étincelle doit être avancé par rapport à la théorie. Nous analysons ici les effets des différents paramètres moteurs sur l'avance à l'allumage :

Vitesse de rotation

Plus la vitesse de rotation est rapide, plus l'angle de rotation du moteur pour la réalisation de la combustion et l'allumage de la bougie est grand. En effet, le moteur tournant plus rapidement, chaque degré de vilebrequin, ou CAD pour *crank angle degree*, prend moins de temps. La durée de

4. Nous considérons le volume au CNTP pour cet exemple

combustion restant approximativement constante, il lui faut plus de degrés de vilebrequin pour s'achever. Il en va de même pour l'allumage de l'étincelle, ou retard à l'allumage qui peut arriver à 15° pour une richesse de 0.7, une vitesse de rotation de 1500 tr/min et un taux de compression de 15 (Porpatham, Ramesh, & Nagalingam, 2012). Par conséquent, l'avance à l'allumage doit être avancée avec l'augmentation de la vitesse de rotation.

Richesse

La richesse du mélange a un impact sur la quantité de carburant entrant dans le moteur. Plus le mélange est pauvre, plus la quantité de carburant est faible et plus la dilution du carburant est importante dans les cylindres du moteur. Cela a pour effet une diminution de la vitesse du front de flamme et donc une augmentation de la durée de combustion. L'objectif étant toujours d'avoir une avance qui encadre le point mort haut, l'avance doit être plus importante pour des mélanges plus pauvres.

Taux de compression

L'augmentation du taux de compression implique de plus hautes températures et pressions dans le cylindre, ce qui va favoriser le déroulement de la combustion et réduire sa durée. Pour la même raison que celle évoquée au paragraphe précédent, il en résulte que l'avance doit être diminuée avec une augmentation du taux de compression.

Concentration en méthane

La concentration en méthane dans le biogaz a un effet similaire à celui de la richesse. Plus le biogaz est proche d'un méthane pur, plus la quantité de méthane entrant dans le cylindre est importante et plus la réaction de combustion est facilitée. Il en résulte que plus la concentration de méthane augmente, plus l'avance doit être réduite. L'impact de la concentration est cependant moindre en comparaison aux autres paramètres (Carrera, Riesco, Martinez, Sanchez, & Gallegos, 2013) et en particulier en comparaison à la richesse, comme démontré à la section 5.1.3.

Avance à l'allumage

Plus l'avance est grande, plus le début de la combustion a lieu en phase de compression. Le piston pousse le mélange frais vers le front de flamme, ce qui accélère la combustion. Or si la durée de combustion diminue, l'avance doit également être réduite pour que la combustion encadre bien le passage au point mort haut. Un équilibre doit donc être trouvé pour optimiser les performances du moteur.

5.1.5 Phénomène du cliquetis

Une combustion normale dans un moteur à étincelle est définie par Heywood (1988) comme étant : « *un processus de combustion qui est initié uniquement par une étincelle et dont le front de flamme se déplace complètement à travers la chambre de combustion d'une façon uniforme et à une vitesse normale* ». Une combustion anormale survient quand un front de flamme est initié ailleurs qu'à l'étincelle. Après l'allumage par l'étincelle, le front de flamme se déplace comprimant le mélange de gaz frais. Cette compression fait monter la température de ce mélange frais et certaines zones de la chambre atteignent des pressions et des températures très élevées qui sont susceptibles de devenir des zones d'auto-allumage. Cette ignition spontanée cause une libération rapide de l'énergie contenue dans le mélange frais qui va causer une pression locale encore plus importante et des ondes de pression s'en propagent à travers la chambre de combustion. Ces ondes de pression peuvent faire vibrer la chambre de combustion à sa fréquence naturelle et transmettre la vibration à travers la structure du moteur. Il en résulte un son audible appelé « cliquetis ».

La figure 5.2 montre l'effet du cliquetis sur la courbe de pression. La figure montre la courbe de pression d'une combustion normale, d'une combustion avec un léger cliquetis survenant en fin de combustion et une courbe de pression pour une combustion avec un cliquetis fort survenant plus tôt dans la combustion.

Ce phénomène de cliquetis est destructeur pour le moteur. Les augmentations en température et en pression locales vont faire surchauffer la tête de cylindre et le piston, ce qui peut entraîner un cliquetis encore plus intense. Si le cliquetis n'est pas stoppé rapidement, le moteur va surchauffer et des dommages irréparables auront lieu. Le piston et ses segments entrent en contact avec le cylindre à cause des vibrations, ce qui va réduire leur durée de vie, surtout à haut régime. Qui plus est, la chaleur importante dégagée ainsi que la pression locale élevée vont affaiblir les matériaux du moteur et possiblement causer l'érosion et la défaillance du piston et du cylindre.

Le cliquetis peut également être causé par des points chauds de la chambre de combustion telles qu'une valve d'échappement trop chaude ou une bougie d'allumage encore trop chaude. Le choix de la bougie a de l'importance pour un moteur sensible au phénomène de cliquetis et est ultérieurement discuté dans la section 6.2.3.

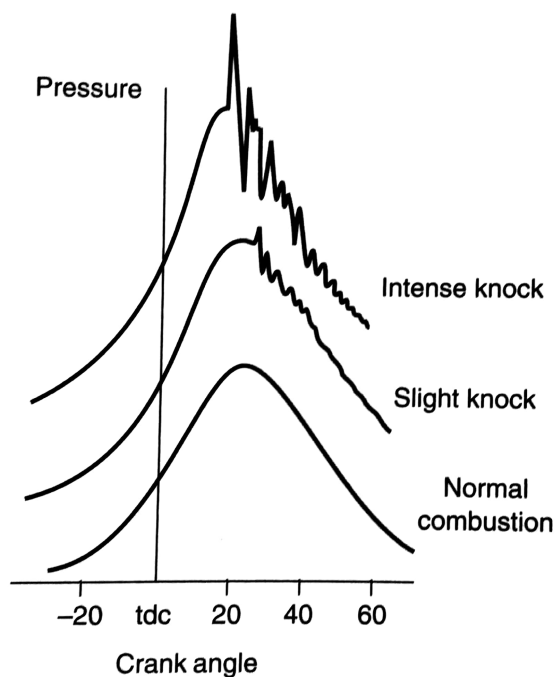


FIGURE 5.2 – Diagramme de pression avec différentes intensités de cliquetis (Ferguson & Kirkpatrick, 2015).

Le cliquetis est également affecté par les paramètres moteurs. Nous donnons ci-après l'impact de la variation de ces différents paramètres.

Avance à l'allumage

Plus l'avance à l'allumage est importante, plus la température et la pression maximales augmentent et plus il y a de risque d'occurrence du cliquetis. En effet, plus l'allumage est avancé, plus le piston comprime des fumées plutôt que le mélange de gaz frais. Une bonne façon d'éviter le cliquetis est donc de retarder l'avance pour que la combustion se déroule davantage pendant la phase descendante du piston qui correspond à la détente.

Pression et température initiales

Une augmentation de la pression et de la température initiales augmentent la pression et la température pendant le cycle. Les réactions d'auto-ignition sont favorisées à plus haute pression et température, ce qui entraîne une plus grande probabilité d'occurrence de cliquetis. La température du liquide de refroidissement permet de limiter la température initiale du moteur et permet donc de limiter le cliquetis.

Vitesse de rotation du moteur

L'influence de la vitesse de rotation sur l'occurrence du cliquetis est complexe. D'une part, pour une avance à l'allumage fixée, l'augmentation de la vitesse de rotation réduit le temps de transfert de chaleur aux parois, ce qui va impliquer une augmentation de la température dans le cylindre, ce qui, comme déjà expliqué, augmente le risque de cliquetis. D'autre part, l'augmentation de la vitesse de rotation va déplacer la combustion vers la phase descendante du piston et donc réduire la température et la pression dans le cylindre, ce qui va réduire le risque de cliquetis. Il y a donc deux effets qui s'opposent mais c'est le second qui serait prédominant (Trijselaar, 2012). Augmenter la vitesse de rotation réduit donc la probabilité de cliquetis.

Richesse du mélange

Tant une augmentation qu'une réduction de la richesse, en partant d'une richesse unitaire, résultent en l'augmentation du temps nécessaire pour que les réactions d'auto-allumage s'initient. Cela est lié à la réduction de température tant en mélange pauvre que riche. Pour un mélange pauvre -surplus d'air $\phi < 1$ -, la réduction de température est causée par l'effet refroidissant de l'excès d'air. Dans le cas d'un mélange riche -surplus de carburant $\phi > 1$ - la température dans le cylindre est plus basse car la réaction de combustion est incomplète. Dans les deux cas, l'éloignement du mélange stoechiométrique $\phi = 1$ réduit la probabilité d'occurrence du cliquetis.

Taux de compression

Un taux de compression plus élevé entraîne une augmentation du pic de pression et de température. Encore une fois, ces plus hautes pressions et températures vont favoriser l'initiation des réactions d'auto-allumage. Le taux de compression doit donc être limité au détriment du rendement effectif.

Il existe plusieurs méthodes de détection. Ci-après une liste reprenant certaines de ces méthodes. Celles-ci sont uniquement citées dans ce travail. Une description plus complète est donnée par Soyly (2001).

- Détection du cliquetis audible ;
- Détection des oscillations de pression dans le cylindre ;
- Détection des vibrations induites par le cliquetis sur la structure du moteur ;
- Détection du transfert de chaleur du mélange frais (*end-gas*) ;

— Techniques d'ionisation des gaz.

5.2 Effets du biogaz sur un moteur à allumage commandé

Plusieurs articles scientifiques ont déjà étudié l'effet que peut avoir le biogaz sur des moteurs classiques. Dans cette section, nous effectuons une revue de l'état de l'art de ces publications et nous les regroupons dans les 5 thèmes suivants (Mustafi, Raine, & Bansal, 2006) :

- La pression dans le cylindre ;
- La vitesse de la flamme et la combustion se déroulant dans le cylindre ;
- La puissance et la consommation de carburant ;
- Les émissions de polluants en comparaison à d'autres moteurs et carburants ;
- La durée de vie du moteur.

Nous étudions également les moyens, hors paramètres moteur, avec lesquels nous pouvons jouer pour améliorer les performances et la durée de vie du moteur. Nous couvrons finalement certaines des technologies de purification du biogaz les plus utilisées.

5.2.1 Effet sur la pression dans le cylindre

Les diagrammes de pression dans les cylindres du moteur donnent une information directe du travail effectif qui peut être extrait du moteur. En effet, le travail est donné par l'intégrale sur un cycle moteur de la courbe de pression en fonction du volume. L'étude de la courbe de pression en fonction de l'angle θ du vilebrequin donne la même information en raison du lien direct entre le volume et cet angle.

La présence de diluant dans le biogaz, principalement le CO_2 , cause une réduction du pic de pression atteint dans le cylindre pour un taux de compression donné. Plusieurs résultats d'études expérimentales s'accordent sur ce point et ajoutent que plus la concentration du diluant augmente, plus la position du maximum de pression subit un retard (Porpatham et al., 2008 ; Gómez, Amell, & Zapata, 2015 ; Huang & Crookes, 1998). Nous pouvons observer cet effet sur la figure 5.3 pour plusieurs concentrations de CO_2 à une vitesse de rotation de 2000 tr/min, un taux de compression de 13 et à une richesse de 1.02 (Huang & Crookes, 1998).

Ces effets ont plusieurs explications. Une augmentation de la concentration de dioxyde de carbone implique une diminution de la quantité de méthane entrant dans le moteur. A richesse constante, une diminution de méthane implique également une diminution d'air entrant pour

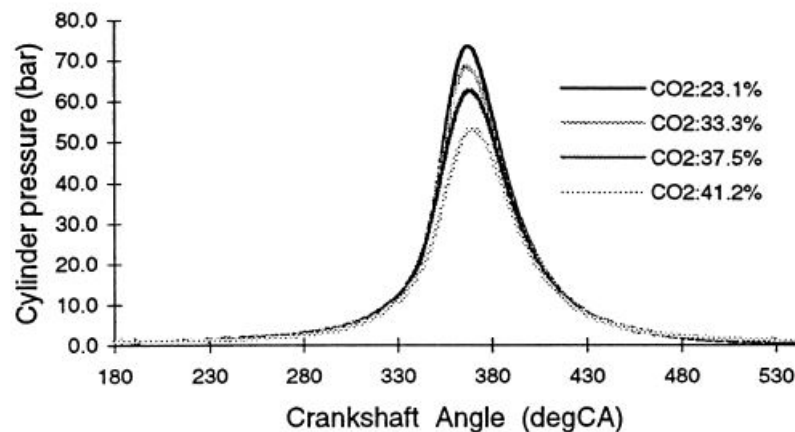
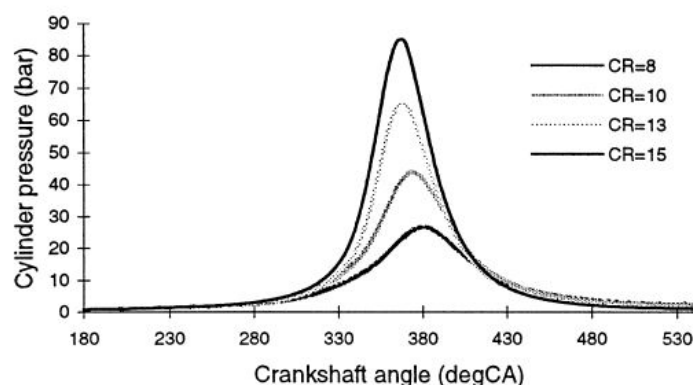


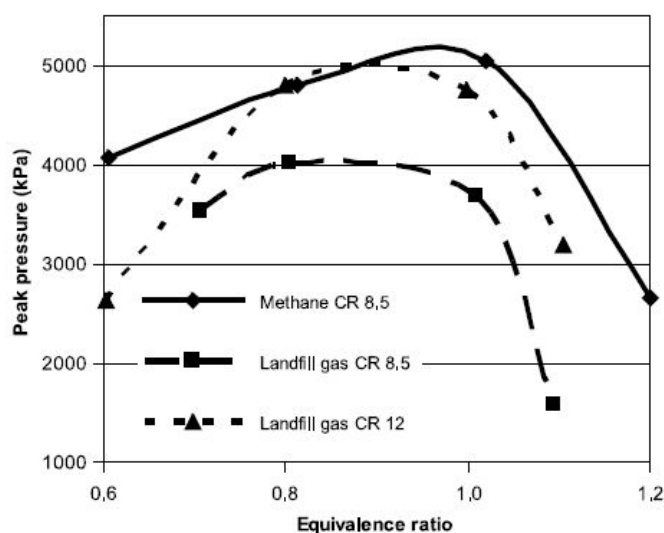
FIGURE 5.3 – Diagramme $p\theta$ pour différentes concentrations de CO_2 (Huang & Crookes, 1998).

garder le rapport entre masse d'air et de méthane constant. Le résultat est qu'une moins grande quantité d'énergie entre dans le moteur, ce qui aura pour effet une diminution du pic de pression. Pour ce qui en est du décalage du pic, il peut être expliqué par une cinétique de combustion changeante avec la diminution d'énergie apportée. Une augmentation de dioxyde de carbone va ralentir la réaction de combustion et peut expliquer ce décalage. La cinétique est traitée plus en profondeur à la section suivante 5.2.2. Finalement, une variation de concentration de CO_2 dans le biogaz nécessite une adaptation de l'avance à l'allumage. Aucune information n'est donnée par Huang et Crookes (1998) sur cette adaptation pour la figure 5.3 et pourrait expliquer en partie la différence entre les différentes courbes.

Il existe cependant un moyen de palier à ce déficit. Le méthane possède une bonne résistance au cliquetis ce qui lui permet d'être utilisé à des taux de compression plus élevés que ceux utilisés pour de l'essence. La présence de CO_2 va améliorer cette résistance au cliquetis et le taux de compression va pouvoir être augmenté davantage. Huang et Crookes ont défini expérimentalement le rapport de compression maximum comme étant égal à 13 pour un mélange contenant 40% de CO_2 . Au-delà de cette valeur, les bénéfices de la haute pression atteinte deviennent moins importants. Au delà d'un taux de compression de 15, du cliquetis apparaît et les performances du moteur chutent. Ces observations sont illustrées sur la figure 5.4(a). Une étude de Shrestha et Narayanan (2008) sur les gaz de décharges de composition 53% de méthane, 42% de dioxyde de carbone et 5% d'azote démontre expérimentalement que le même pic de pression est atteint pour un biogaz à un taux de compression de 12 et du méthane pur à un taux de compression de 8.5 dans une gamme de richesse située entre 0.79 et 0.8. Cette observation est représentée à la figure 5.4(b).



(a) Diagramme de pression en fonction de l'angle de vilebrequin - CR=15 courbe la plus haute, CR=8 courbe la plus basse- (Huang & Crookes, 1998).



(b) Pic de compression en fonction de la richesse (Shrestha & Narayanan, 2008).

FIGURE 5.4 – Effets de l'augmentation du taux de compression.

5.2.2 Effets sur la flamme et sur la combustion

Comme mentionné ci-dessus, le retard et la réduction du pic de pression avec l'augmentation de CO_2 peuvent être dus à la réduction de la vitesse de flamme et à la détérioration de la réaction de combustion. Pour expliquer ce phénomène, nous faisons une analogie avec la recirculation des fumées -EGR⁵. Comme pour l'EGR, le biogaz remplace une partie du carburant par des diluants, principalement composés de CO_2 .

La quantité de méthane diminuant avec l'augmentation de CO_2 , la richesse du mélange va diminuer si le débit d'air reste, lui, constant. Or c'est à une richesse proche de l'unité que

5. Exhaust Gas Recirculation

la température maximale est atteinte. Toute autre richesse diminue la température maximale atteinte lors de la combustion. Le rapport entre air et carburant est à adapter en fonction de la composition du biogaz. La température maximale atteinte donne une indication sur la cinétique de la combustion. Plus la température est haute, plus la combustion est complète. Plus la température est basse, moins la combustion fournit d'énergie au moteur. D'autres effets de la combustion qui empêchent de récupérer toute l'énergie contenue dans le carburant sont les réactions de dissociation des produits de la combustion. L'eau et le dioxyde de carbone, produits de la combustion, vont se dissocier en leurs composants basiques $-CO$, O_2 et H_2 . Ces réactions sont endothermiques et absorbent de l'énergie libérée par la combustion du méthane. Le biogaz contenant déjà un volume considérable de CO_2 subit davantage de réactions de dissociation et par conséquent, moins d'énergie est libérée par la combustion (McAllister, Chen, & Fernandez-Pello, 2011 ; Hussain, Palaniradja, Alagumurthi, & Manimaran, 2012 ; Abader, 2014).

Finalement, la combustion est également moins efficace à cause de la grande capacité calorifique des diluants du biogaz. Celle du CO_2 augmente avec l'augmentation de la température, sa part captée de l'énergie libérée par la combustion du carburant augmente donc à haute température de combustion. Expliqué d'une autre façon, de la chaleur libérée lors de la combustion va être utilisée pour chauffer les diluants. L'effet net est donc la réduction de la température adiabatique de flamme.

Tant la vitesse laminaire de flamme que la vitesse turbulente de flamme diminuent significativement à cause de l'augmentation du taux de réaction de dissociation, la diminution de la température de flamme, la diminution de la diffusivité et des propriétés de transport du mélange liés à la présence de diluants (Pizzuti, Martins, & Lacava, 2016 ; Qin, Egolfopoulos, & Tsotsis, 2001 ; O. Park, Veloo, Liu, & Egolfopoulos, 2011). Nous pouvons observer sur la figure 5.5 les effets prédits. La vitesse de flamme augmente avec la diminution de CO_2 et l'augmentation de la richesse d'un mélange pauvre vers une richesse unitaire. La vitesse rediminue néanmoins au-delà d'une richesse proche de l'unité, ce qui peut être observé dans l'article de Le Cong, Dagaut, et Dayma (2008).

La vitesse de propagation de flamme étant réduite avec l'augmentation de CO_2 dans le biogaz, elle cause une augmentation dans la durée moyenne de la combustion. La flamme prend plus de temps pour se propager dans la chambre de combustion. Le calage de l'étincelle est donc normalement plus avancé dans le cas de la combustion du biogaz. L'avance à l'allumage doit

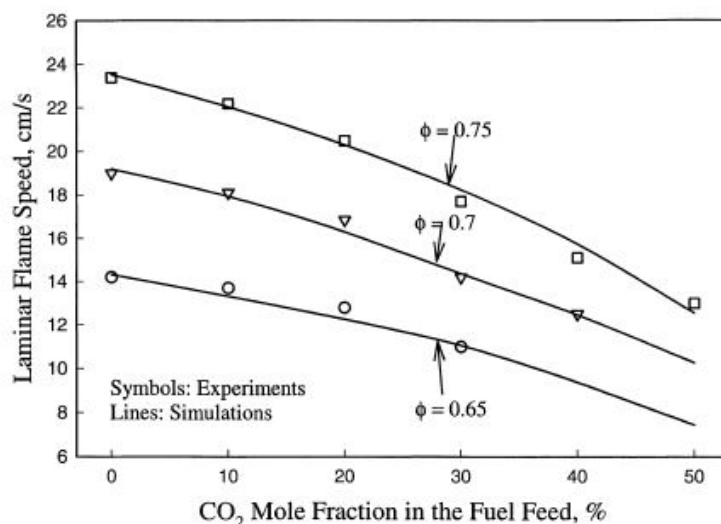


FIGURE 5.5 – Vitesse laminaire de flamme pour différentes richesses en fonction de la quantité de CO_2 (Qin et al., 2001).

être avancée en comparaison au gaz naturel ou à l'essence, pour compenser les effets liés à la présence du diluant (Porpatham et al., 2008 ; Huang & Crookes, 1998 ; Porpatham et al., 2012). Plus tôt l'allumage se produit, plus la combustion se produit en phase de compression et les gaz comprimés sont alors les fumées. Cela résulte en une pression et température maximales plus élevées. Cette avance à l'allumage est normalement limitée dans les moteurs tournant au gaz naturel ou à l'essence pour éviter le cliquetis or le biogaz a une meilleure résistance au cliquetis que les carburants mentionnés.

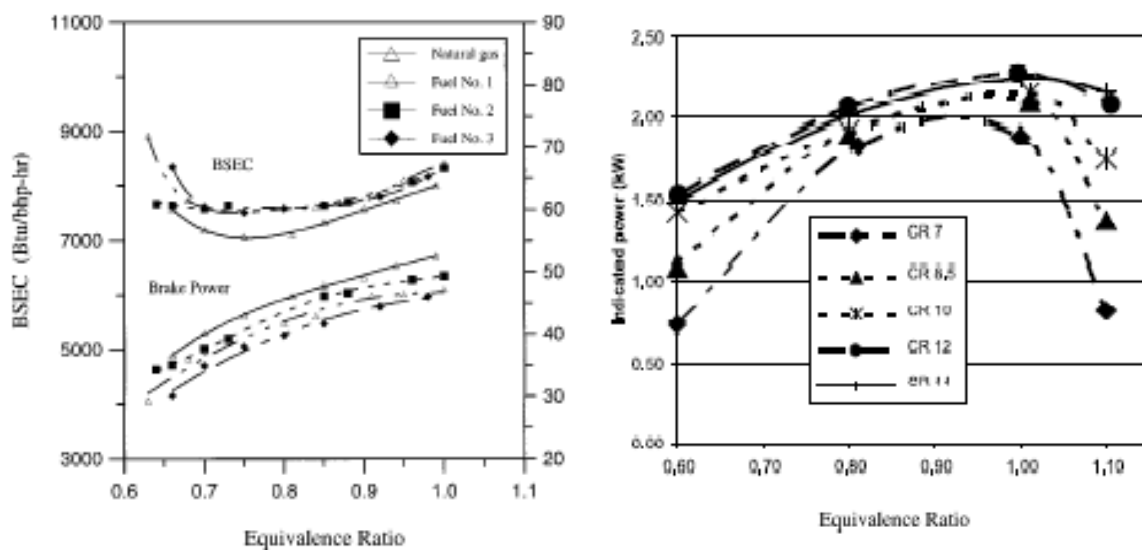
5.2.3 Effets sur la puissance et la consommation de carburant

Plus il y a de diluants dans le biogaz, moins il y a de méthane qui est le composé fournissant l'énergie primaire au moteur. La puissance effective fournie par le moteur diminue donc avec l'augmentation de CO_2 . Plus il y a de CO_2 dans le biogaz, plus le rapport stœchiométrique d'air et de carburant diminue. La richesse étant définie comme le rapport entre le rapport stœchiométrique d'air et de carburant et le rapport réel, pour la garder constante, il faut augmenter la quantité de carburant. Pour obtenir une même puissance d'un moteur, la consommation de carburant augmente avec l'augmentation de CO_2 présent dans ce carburant.

Midkiff, Bell, Rathnam, et Bhargava (2001) ont étudié trois types de carburant et les ont comparés avec du gaz naturel. Le premier contient 40%⁶ de CO_2 et complété par du méthane, le second avec 25% de CO_2 et complété par du méthane et le troisième contient 35% de CO_2 ,

6. Les pourcentages donnés dans ce chapitre sont toujours volumiques sauf si explicitement indiqué autrement

10% de N_2 et complété par du méthane. Les résultats expérimentaux de l'article sont illustrés sur la figure 5.6(a). Nous pouvons y observer une diminution de 30 à 35% de puissance lorsque la richesse passe de l'unité à 0.65 qui est la limite inférieure d'ignition du mélange dans l'article. En dessous de cette valeur, la combustion ne se produit pas. La réduction de puissance liée à l'augmentation de CO_2 en condition stoechiométrique est quasi linéaire. Une réduction de puissance de 13 à 14% est observée dans l'article quand la quantité de CO_2 augmente de 40% en comparaison au gaz naturel. La diminution de puissance liée à l'augmentation de CO_2 est moins importante pour des richesses faibles. La consommation⁷ est la plus faible pour une richesse située entre 0.7 et 0.8 dans tous les cas. La consommation augmente avec l'augmentation de CO_2 mais non-linéairement. Nous pouvons également observer que la dilution par le CO_2 n'a pas beaucoup d'effet sur la consommation pour les richesses entre 0.7 et 0.9. Cela peut être dû au fait qu'à plus basse richesse, l'air devient dominant proportionnellement à la quantité de CO_2 présente dans le biogaz (Mustafi et al., 2006), une variation de la quantité de CO_2 n'a donc que peu d'effet.



(a) Consommation et Puissance en fonction de la richesse (Midkiff et al., 2001). (b) Puissance en fonction de la richesse (Shrestha & Narayanan, 2008).

FIGURE 5.6 – Puissance et consommation en fonction de la richesse.

Plusieurs sources s'accordent à dire qu'il y a une diminution en puissance avec le biogaz en comparaison au méthane ou au gaz naturel (Porpatham et al., 2012, 2008 ; Gómez et al., 2015 ; Huang & Crookes, 1998 ; Shrestha & Narayanan, 2008). Cependant, cette diminution est aussi liée à la non optimisation des paramètres moteurs lors du passage au biogaz. Par exemple,

7. BSEC pour Brake Specific Energy Consumption sur la figure

Wong (1977) n'a pas optimisé l'avance à l'allumage pour le biogaz alors qu'il faisait varier la concentration en CO_2 . Le résultat a été que la richesse a augmenté et la puissance mécanique a diminué de 20%. Plusieurs sources s'accordent à dire que plus le carburant est dilué, plus il faut avancer l'allumage, avec pour limitation l'apparition du cliquetis (Hu, Huang, Liu, Zheng, & Gu, 2009 ; O. Park et al., 2011 ; Shrestha & Narayanan, 2008 ; Abader, 2014). Cela a également été discuté à la section 5.1.4.

Un autre paramètre qui peut être adapté pour obtenir une performance se rapprochant de celle obtenue avec l'utilisation de gaz naturel est, encore une fois, le taux de compression. De façon similaire à ce qui est expliqué à la section 5.2.1, Shrestha et Narayanan (2008) comparent le méthane à un taux de compression de 8.5 avec du biogaz à un taux de compression de 8.5 et de 12. L'avance à l'allumage a été optimisée pour chaque gaz. Nous pouvons observer le résultat sur la figure 5.6(b). Premièrement nous notons que même avec une avance à l'allumage optimisée, il y a une différence de puissance entre biogaz et méthane qui est expliquée par la moins grande quantité de méthane qui entre dans le cylindre, l'effet puits de chaleur⁸ et les réactions de dissociations des diluants. Finalement, nous observons que cette puissance peut être augmentée grâce à une modification du taux de compression pour arriver à une puissance équivalente au méthane pour un taux de 12.

5.2.4 Effets sur les émissions du moteur

Les moteurs à combustion interne produisent des polluants de type oxyde d'azote $-NO_x-$, monoxyde et dioxyde de carbone $-CO$ et CO_2- et hydrocarbure $-HC-$ qui peuvent être libérés dans l'atmosphère. Les moteurs tournant au biogaz ne dérogent pas à la règle mais comportent néanmoins certaines particularités liées à la nature du carburant et aux conditions opératoires du moteur. Il est important de gérer au mieux ces émissions d'un point de vue environnemental mais également des points de vue législatif et économique.

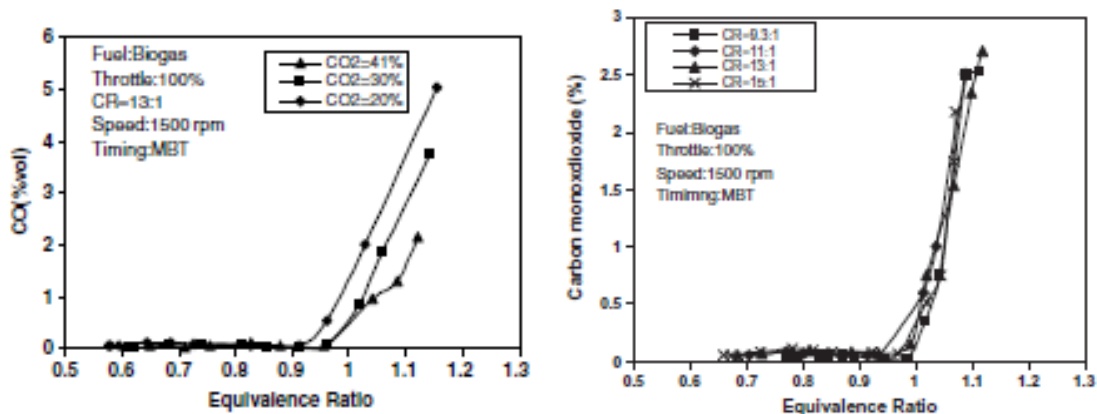
Dioxyde et monoxyde de carbone

Le CO_2 est un produit primaire de combustion. Lorsque la combustion est complète, nous avons peu de CO et tout le carbone se retrouve dans le CO_2 qui est alors à valeur maximale. La quantité de CO_2 diminue avec l'augmentation de CO , ce qui survient lorsque la richesse augmente à partir de la stoechiométrie, le mélange devenant riche. Le CO est un produit de la combustion incomplète qui survient donc lorsqu'il n'y a pas suffisamment d'air. La richesse est

8. énergie utilisée pour chauffer les diluants

l'élément principal duquel la quantité de CO dépend. Être proche de la stœchiométrie permet d'éviter une formation trop importante de CO .

Nous observons maintenant les effets qu'a le CO_2 présent dans le biogaz sur ces émissions. Pour des mélanges pauvres, les émissions de monoxyde de carbone lors de la combustion de biogaz restent basses et la présence de CO_2 n'a pas de grande influence. C'est ce que nous pouvons observer sur la figure 5.7(a). Pour les mélanges pauvres avec une richesse située entre 0.6 et 0.9, les émissions de CO pour un biogaz avec 40% de CO_2 sont plus importantes de 10% par rapport au gaz naturel (Midkiff et al., 2001). Plus le mélange devient riche, plus il devient sensible à l'augmentation de CO_2 dans le mélange puisque la combustion devient incomplète à cause du manque d'oxygène (Porpatham et al., 2012, 2008; Gómez et al., 2015). Nous pouvons également observer à la figure 5.7(a) que les émissions de CO augmentent avec la diminution de CO_2 dans le biogaz pour des mélanges riches. En effet, en plus de la combustion incomplète qui survient en mélange riche, la dissociation du CO_2 en CO et O_2 est favorisée lorsque la température de la réaction est élevée (Ganesan, 2012). Le CO_2 limitant la température maximale atteinte, les réactions de dissociations sont moins importantes lorsqu'il y a plus de CO_2 , ce qui explique l'observation mentionnée. Il a été relevé par Porpatham et al. (2008) que l'augmentation de l'avance à l'allumage augmente les émissions de CO puisque plus l'avance est grande, plus la température maximale atteinte est importante. Nous pouvons observer sur la figure 5.7(b) que le taux de compression n'a que peu d'effet sur les émissions de monoxyde de carbone. Finalement, Midkiff et al. (2001) ont observé que les émissions de CO_2 étaient 80% plus élevées pour un biogaz avec 40% de CO_2 que pour du gaz naturel.



(a) Pour différentes concentrations de CO_2 (Porpatham et al., 2008). (b) Pour différents taux de compressions (Porpatham et al., 2012)

FIGURE 5.7 – Concentration de CO en fonction de la richesse.

Oxyde et dioxyde d'azote

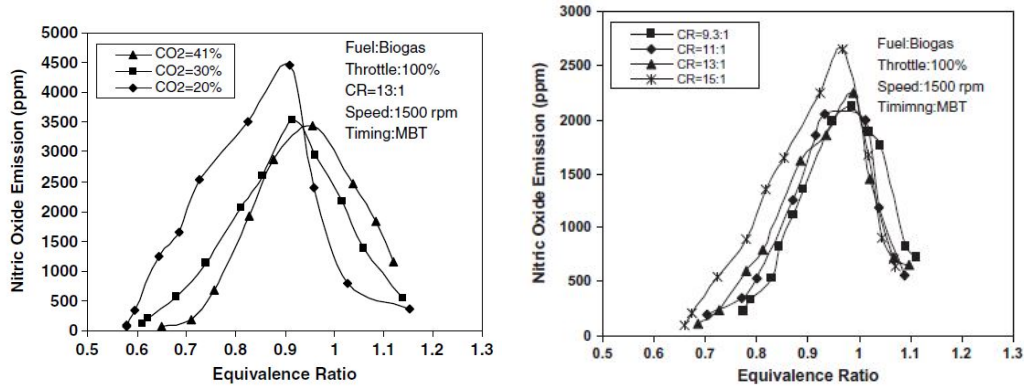
Les NO_x sont composés d'oxyde d'azote $-NO-$ et de dioxyde d'azote $-NO_2-$. Ceux-ci sont formés lors de la combustion, essentiellement par des réactions de dissociation de l'oxygène et des composés azotés de l'air. Dans le cas du biogaz, la formation de NO_x peut être amplifiée par les impuretés de type azotées du carburant.

La formation de NO_x est fortement dépendante de la température de combustion et de la concentration d' O_2 . Dans les mélanges plus pauvres, la température de combustion est plus faible mais la concentration en oxygène est plus élevée. Plus on se rapproche de la stoechiométrie, plus la température augmente et la concentration d'oxygène diminue. Il en résulte que les émissions maximales de NO_x surviennent un peu avant d'arriver à la stoechiométrie (Yousufuddin, Venkateswarlu, Sastry, & Pradesh-india, 2012). Puisque le CO_2 présent dans le biogaz réduit la température de combustion, les émissions de NO_x sont également réduites en comparaison à la combustion de méthane pur ou de gaz naturel (Midkiff et al., 2001 ; Porpatham et al., 2012, 2008 ; Gómez et al., 2015 ; Huang & Crookes, 1998). Midkiff et al. (2001) observent que les émissions en NO_x d'un biogaz avec 40% de CO_2 sont approximativement réduites de 50% par rapport à la combustion de méthane pur. Nous pouvons également observer cet effet sur la figure 6.8(a). L'augmentation du taux de compression résulte en l'augmentation des émissions de NO_x . Comme représenté à la figure 5.8(b). Cette augmentation est due à l'augmentation de la température maximale atteinte avec l'augmentation du taux de compression. Cependant, le pic d'émission reste moins élevé que pour du gaz naturel selon Huang, Crookes, et al. (1998). Les émissions de NO_x peuvent être amoindries en réduisant l'avance à l'allumage, ce qui a pour effet de réduire la température maximale atteinte, mais au détriment du rendement et de la puissance effective récupérée.

Hydrocarbure

Les émissions d'hydrocarbures $-HC-$ résultent du relâchement de carburant partiellement brûlé. Les hydrocarbures, en plus de polluer, réduisent le rendement thermique puisqu'ils constituent une source d'énergie non-utilisée (Ferguson & Kirkpatrick, 2015).

D'après Midkiff et al. (2001), Porpatham et al. (2008) et Gómez et al. (2015) les émissions d'hydrocarbures sont plus élevées pour le biogaz que pour le gaz naturel, augmentent avec l'augmentation de CO_2 dans le biogaz et sont minimales pour une richesse légèrement plus petite que l'unité. Cela peut être observé sur la figure 5.9(a). La diminution de HC pour des



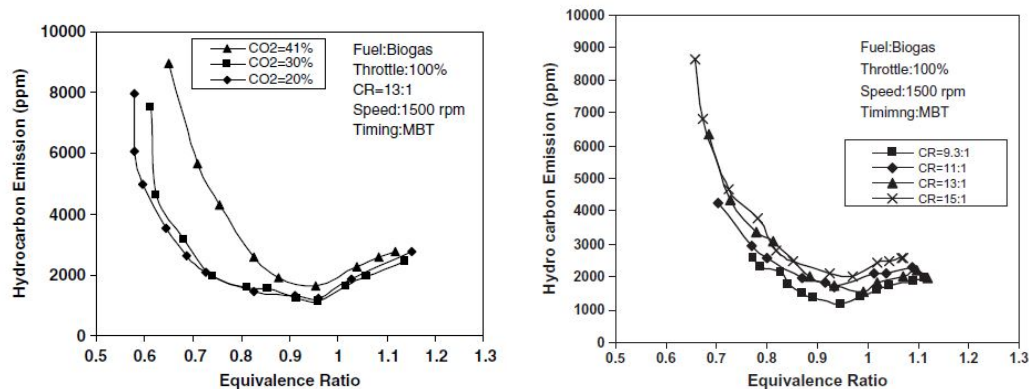
(a) Émissions de NO_x pour différentes concentrations de CO_2 (Porpatham et al., 2008). (b) Émissions de NO_x pour différents taux de compressions (Porpatham et al., 2012).

FIGURE 5.8 – Émissions de NO_x en fonction de la richesse.

richesses décroissantes à partir de 1.1 est liée à l'augmentation d'oxygène présent dans le mélange qui permet une combustion plus complète. En deçà de 0.9 sur la figure ou de 0.8 chez Midkiff et al., les émissions de HC augmentent légèrement. Ceci est expliqué dans leur article comme étant lié à la diminution de la température dans le cylindre qui mène à un phénomène de coïncage plus important à proximité de la paroi du cylindre mais aussi à la combustion incomplète liée à la vitesse de flamme moins élevée. Pour une richesse proche de 0.65, qui est la limite de défaut d'allumage, les émissions de HC explosent puisque la combustion ne se fait plus correctement. Pour des mélanges riches, le manque d'oxygène mène à une combustion incomplète qui mène à plus de HC dans les fumées. Finalement, pour toute richesse, une augmentation du rapport de compression résulte en l'augmentation de HC dans les gaz d'échappement. Ceci est expliqué par Porpatham et al. (2012) comme étant dû à l'augmentation de HC dans les crevasses qui accompagne l'augmentation des taux de compression et une réduction d'une possible post-oxydation liée aux températures décroissantes des gaz d'échappement avec l'augmentation du taux de compression. Cette diminution de température des gaz d'échappement est expliquée par le fait que la chaleur produite lors de la combustion est utilisée de façon plus effective à plus haut taux de compression résultant en moins de chaleur résiduelle dans les gaz d'échappement. Cela peut être observé sur la figure 5.9(b).

5.2.5 Effets sur la durée de vie du moteur

Le biogaz peut contenir des traces d'autres gaz que du méthane et du dioxyde de carbone tels que de l'hydrogène $-H_2-$, de la vapeur d'eau $-H_2O-$, de l'ammonium $-NH_3-$ ou du sulfure d'hydrogène $-H_2S-$. Du siloxane peut également être présent dans le biogaz provenant de gaz de décharge mais est négligeable dans le cas d'un biogaz agricole (Couturier, 2009). Dépendant des



(a) Pour différentes concentrations de CO_2 (b) Pour différents taux de compressions (Porpatham et al., 2008). (Porpatham et al., 2012).

FIGURE 5.9 – Émissions de HC en fonction de la richesse.

spécifications du moteur et de la nature des déchets méthanisés, ces quantités de gaz doivent être surveillées et/ou traitées. Le H_2S est le gaz le plus néfaste pour la durée de vie du moteur⁹ puisque celui-ci peut se transformer en acide sulfurique en réagissant avec l'eau également présente dans le biogaz. La présence d'acide sulfurique mène à des dommages sur les paliers, les têtes de pistons et les chemises de cylindres entre autres (Nijaguna, 2006). Il faut, d'après Krich et al. (2005), particulièrement éviter tout composé en cuivre. Des problèmes similaires ont été notés par d'autres auteurs (Pellerin, Walker, Heisler, & Farmer, 1988 ; Fulton, 1991). Ils recommandent l'utilisation d'huile avec un haut taux de TBN¹⁰ avec un suivi attentionné de l'état de l'huile pour éviter ces problèmes. Fulton (1991) a mené une enquête auprès de propriétaires de cogénérations tournant au biogaz et les conclusions suivantes ont pu être tirées. Les moteurs à étincelles tolèrent assez bien la présence de H_2S jusqu'à 1000 ppm¹¹. Pour des concentrations de H_2S entre 1000 et 2000 ppm, l'acidité peut être contrôlée par l'utilisation d'huiles adéquates possédant un haut taux de TBN. Les vidanges d'huiles nécessaires mèneront à un coût de maintenance plus élevé mais généralement moindre que ceux liés à l'extraction d' H_2S du biogaz.

Au-delà de 2000 ppm, une simple gestion des huiles ne suffit plus. Il faut procéder en amont pour réduire les hauts taux de sulfure d'hydrogène. Plusieurs techniques existent pour réduire la quantité d' H_2S (Krich et al., 2005).

Une des techniques utilisées est celle du filtre en limaille de fer. Le sulfure d'hydrogène réagit avec l'hydroxyde ou l'oxyde de fer présent dans cette limaille et forme du sulfure de fer. Le lit

9. Pour du biogaz agricole

10. TBN : total base number

11. partie par million : une mole sur un million ou encore, un m^3 de polluant sur $10^6 m^3$ de fumées

de ce filtre peut être fait avec de la paille de fer ou des copeaux de bois imprégnés d'oxyde de fer. L'oxyde de fer peut être régénéré en y faisant passer de l'oxygène ou de l'air. Généralement, deux filtres sont utilisés. Pendant que l'un est en fonctionnement, l'autre se régénère. Des précautions doivent être prises pour ce qui est de l'environnement de la régénération. La réaction étant fortement exothermique, un risque d'auto-ignition existe.

Voici une liste non-exhaustive d'autres techniques existantes. Plus d'information à propos de ces techniques peuvent être trouvées chez Krich et al. (2005) :

- Injection d'oxygène : de l'air en quantité contrôlée est injecté dans le digesteur, ce qui fait précipiter le H_2S en cristaux de sel ;
- Filtre de charbon actif : ce processus absorbe également le CO_2 ainsi que la vapeur d'eau présente dans le biogaz ;
- Lavage par eau : il permet d'extraire le CO_2 et l' H_2S car ces deux composés sont plus solubles que le CH_4 dans l'eau ;
- Filtre biologique ;
- Lavage par hydroxyde de sodium.

Retirer la vapeur d'eau présente dans le biogaz a également de l'importance puisque c'est la réaction de l'eau condensée dans le moteur avec le sulfure d'hydrogène qui donne de l'acide sulfurique qui est extrêmement corrosif pour le moteur. Même si l' H_2S a été retiré par un filtre en amont, la vapeur d'eau peut réagir avec le CO_2 et former de l'acide carbonique - H_2CO_3 . Comme mentionné ci-dessus, du charbon actif peut être utilisé à cette fin. Des techniques plus simples existent également. La plus simple consiste à faire passer le biogaz dans des canalisations horizontales avec une pente de 1% et avec une purge placée au point le plus bas. L'eau extraite est celle qui aura condensé dans les tuyaux. Si l'humidité doit encore être réduite, cela peut se faire à l'aide d'une unité de réfrigération pour condenser et capturer l'eau présente dans le biogaz.

5.2.6 Amélioration des performances

Nous pouvons conclure des paragraphes précédents qu'une bonne façon d'obtenir de bonnes performances pour un moteur tournant au biogaz est d'optimiser les paramètres moteurs que sont l'avance à l'allumage, la richesse du mélange air-carburant et finalement le rapport de compression. Les deux premiers paramètres sont adaptables en fonction de la qualité du

biogaz tandis que le troisième ne peut être réglé, *a priori*, qu'une fois. Il existe néanmoins d'autres techniques pour améliorer les performances du moteur que nous développons dans les paragraphes qui suivent.

Faire varier le taux de compression pour optimiser les performances du moteur n'est pas une chose simple et directe puisqu'il faut modifier le moteur lui-même. L'adoption d'un turbo compresseur peut produire des bénéfices similaires. Jung, Park, et Song (2015) étudient la question avec une modélisation 1D du cycle moteur. Les conclusions principales de cette étude sont les suivantes : l'augmentation de méthane entrant dans le cylindre grâce au turbo améliore la fraction brûlée de carburant et la durée de combustion est réduite. La puissance, le rendement ainsi que les émissions de NO_x augmentent. La limite pauvre de défaut d'allumage est repoussée, ce qui permet de travailler en mélange plus pauvre. Toujours d'après les observations de Jung et al. (2015), travailler avec le turbo-compresseur et un mélange pauvre donne de meilleurs rendements et puissances effectives tout en diminuant les émissions de NO_x liées aux basses températures de combustion propres des mélanges pauvres.

Porpatham, Ramesh, et Nagalingam (2007) ont observé que l'addition d'hydrogène au biogaz utilisé dans des moteurs à étincelles tournant à régime constant et pour différentes richesses résulte en l'amélioration du rendement thermique et de la puissance effective et en une réduction significative des émissions d'hydrocarbures. C. Park et al. (2011) ont étudié les effets de l'addition d'hydrogène sur des moteurs tournant avec différentes richesses et avec un biogaz comportant différentes concentrations de méthane. Ils ont observé que cette addition de H_2 améliore les caractéristiques de la combustion -vitesse de flamme, durée de combustion- dans les cylindres, améliore la limite de richesse pauvre du mélange air-biogaz, encore nommée limite d'inflammabilité, et réduit les émissions d'hydrocarbures. Les émissions de NO_x augmentent mais sont contrées par la possibilité de travailler avec des mélanges plus pauvres que la normal pour la même raison qu'au paragraphe précédent.

Finalement il existe plusieurs techniques pour améliorer le biogaz avant qu'il n'entre dans le moteur. Ces techniques consistent en la purification du biogaz en biométhane. C'est à dire un biogaz lavé de ses impuretés et diluants, se rapprochant ainsi du méthane pur. Ce biométhane pourrait donc être utilisé dans des moteurs à gaz non-modifiés et bénéficierait de performances semblables à celles du méthane. Le biogaz nettoyé pourrait également être réinséré sur le réseau de gaz naturel. Ces techniques ne sont pas étudiées dans ce travail puisqu'elles ne sont pas

applicables aux cogénérations que nous étudions. La figure 5.10 reprend certaines des techniques existantes et certaines de leurs caractéristiques.

Les techniques	Qualité du biométhane	Pertes en CH ₄	Pré-traitement H ₂ S requis	Facilité opératoire	Maturité	Taille des équipements
Absorption physique – Lavage à l'eau	> 97 % CH ₄	Modérée	Non	Facile	Mature	Elevée
Absorption physique – solvant organique	> 97 % CH ₄	Modérée	Non	Facile	Mature	Elevée
Absorption chimique – Lavage aux amines	> 99 % CH ₄	Faible	Requis	Modérée	Mature	Elevée
« Pressure Swing Adsorption »	95 – 98 % CH ₄	Elevée	Requis	Complexe	Mature	Elevée
Séparation membranaire	> 96 % CH ₄	Elevée	Requis	Facile	Mature	Réduite
Epuration cryogénique	90 – 98 % CH ₄	Modérée	Requis	Complexe	Non mature	Modérée

FIGURE 5.10 – Techniques de purifications du biogaz (Innovalor, 2017).

Chapitre 6

Sélection du moteur et ses périphériques

6.1	Modèle mathématique	102
6.1.1	Grandeurs physiques et variables du modèle	103
6.1.2	Chaleur apportée	104
6.1.3	Composition des gaz	105
6.1.4	Géométrie du cylindre	106
6.1.5	La combustion	106
6.1.6	Transfert de chaleur pariétal	107
6.1.7	Pression dans le cylindre	108
6.1.8	Pertes mécaniques	109
6.1.9	Résultats	109
6.2	Hypothèses de la simulation	111
6.2.1	Critères de sélection du moteur	114
6.2.2	Sélection du moteur	116
6.2.3	Adaptations à apporter au moteur	116
6.2.4	Sélection et dimensionnement des périphériques	120
6.3	Émission de gaz polluants	128
6.4	Fin de vie des composants	129
6.5	Discussions et perspectives	130

Un des éléments centraux du produit proposé par Ogees est le moteur thermique ainsi que ses périphériques qui, ensemble, forment la micro-cogénération. L'objet du travail technique réalisé dans le présent mémoire est l'étude des composants constituant cette micro-cogénération.

Plus concrètement, nous cherchons à établir un cahier des charges qui servira de base à une discussion avec le motoriste qui mettra au point notre cogénération.

Nous commençons ce chapitre en introduisant le modèle 0D mis au point. Ce modèle 0D permet l'étude d'un moteur à allumage commandé à 4 temps alimenté au biogaz. Le principal objectif de cette étude est de déterminer le rendement effectif du cycle moteur et le travail moteur atteint qui nous permettent de déterminer la cylindrée de moteur nécessaire pour atteindre une puissance requise. Le modèle nous donne également des informations importantes sur l'aspect récupération de chaleur de la cogénération. En effet, le modèle nous donne la température des fumées en fin de détente, les pertes de chaleur pariétales et les pertes par frottement qui sont récupérées par le liquide de refroidissement.

Nous définissons ensuite les hypothèses qui, avec le modèle 0D, nous permettent d'établir un premier dimensionnement de notre cogénération. Nous sélectionnons des moteurs répondant à nos besoins en terme de puissance électrique mais qui permettent également une bonne récupération de la chaleur. Nous étudions les adaptations à apporter au moteur pour le faire fonctionner au biogaz et nous dimensionnons les périphériques principaux de la cogénération. Finalement, notre projet s'inscrivant dans une mentalité de responsabilité sociétale des entreprises, nous abordons les émissions de gaz polluants de notre machine et discutons de la fin de vie de nos installations.

6.1 Modèle mathématique

La littérature portant sur les moteurs à combustion interne alimentés au biogaz se base principalement sur des études expérimentales. Ces études permettent d'analyser les effets sur les performances du moteur en fonction de la variation des paramètres dudit moteur et du carburant. Cette démarche permet d'avoir des résultats fiables et précis mais, dans la phase d'avant projet qu'est la nôtre, une étape préliminaire est ajoutée : la simulation numérique ou modélisation du cycle moteur. Cette simulation permet de prédire les températures et pressions atteintes dans les cylindres du moteur. Ces informations permettent ensuite de dimensionner les différents composants du moteur, d'estimer les émissions de polluants, d'optimiser le rendement effectif de notre machine et surtout de sélectionner le moteur requis pour fournir la puissance recherchée.

Plusieurs types de modèles existent pour mener à bien cette simulation. Parmi eux, les modèles multidimensionnels basés sur les équations différentielles de Navier Stokes et les

modèles 0D basés sur les équations fondamentales de thermodynamique ainsi que sur des relations semi-empiriques. Les modèles 0D sont largement répandus chez les motoristes car ils permettent d'optimiser les paramètres du moteur avec une complexité et un temps de calcul réduits. Dans ce travail, seul le second est étudié.

Le modèle se base sur l'hypothèse des gaz idéaux. Tous les gaz sont considérés comme idéaux et suivent donc l'équation d'état $pV = nRT$ avec une capacité thermique variant avec la température, $c(T)$. A cette équation, viennent s'ajouter l'équation de la variation de volume dans le cylindre, les équations de conservation de l'énergie et de la masse dans un volume de contrôle qu'est le cylindre du moteur. La composition du biogaz modélisé dans cette simulation est simplifiée et uniquement composée de dioxyde de carbone et de méthane, les autres composés étant considérés comme inerte de la réaction. Le modèle 0D peut encore être séparé en deux catégories : le modèle à zone unique et le modèle multi-zones. Le premier mentionné ne distingue aucune zone et donne les valeurs moyennes de pression et de température dans le cylindre. C'est celui-ci que nous allons décrire dans les paragraphes suivants. Le second permet de distinguer différentes zones tels que la zone proche paroi, le front de flamme, la zone des gaz brûlés et des gaz imbrûlés et peut être utilisé pour modéliser l'occurrence du cliquetis.

Nous commençons cette section en donnant la liste des grandeurs physiques et des variables utilisées dans notre modèle. Nous continuons en donnant les grandes étapes de la démarche suivie pour mettre au point notre modèle. Une description plus complète est donnée en annexe K.

6.1.1 Grandeurs physiques et variables du modèle

Les grandeurs physiques utilisées dans la description de ce modèle sont données au tableau 6.1. Dans la suite du travail, ces grandeurs peuvent se voir ajouter un indice pour signifier que nous considérons la grandeur physique d'un composé particulier ou à un état particulier. Ces grandeurs ne sont pas systématiquement introduites dans les paragraphes qui suivent.

Le modèle nécessite également l'imposition de plusieurs variables pour pouvoir tourner. Ces variables sont présentées au tableau 6.2.

Les variables N , τ , θ_s et ϕ sont libres et sont variées dans le but d'obtenir les paramètres moteurs qui nous conviennent le mieux. La variable Ψ ainsi que les conditions initiales et la

Grandeur physique	Symbole	Unité
Température	T	K
	t	$^{\circ}C$
Pression	p	bar
Densité	ρ	$kg \cdot m^{-3}$
Masse molaire	M_m	$g \cdot mol^{-1}$
Pouvoir comburivore	$m_{a,1}$	$kg_{air} \cdot kg_{carburant}^{-1}$
Pouvoir calorifique inférieur	PCI	$kJ \cdot kg^{-1}$

TABLE 6.1 – Symboles et unités des grandeurs physiques et paramètres utilisées.

Variable	Symbole	Unité
Vitesse de rotation	N	tr/min
	ω	rad/s
Taux de compression	τ	-
Avance à l'allumage	θ_s	rad
Concentration de méthane dans le biogaz	Ψ	$m_{methane}^3/m_{biogaz}^3$
Conditions initiales de pression et température	p_1	bar
	T_1	K
Température à la paroi du cylindre	T_w	K
Richesse	ϕ	-
Cylindrée	V_c	m^3

TABLE 6.2 – Variables du modèle 0D.

température à la paroi sont gardées constantes dans notre modèle mais pourraient être variées si besoin. Finalement, la cylindrée V_c est une variable du modèle bien qu'elle soit également l'un des résultats recherchés de la simulation. Le raisonnement suivi pour déterminer cette cylindrée est expliqué à la section 6.3.

6.1.2 Chaleur apportée

Comme nous le voyons dans les paragraphes suivants, un des paramètres du modèle 0D et plus en particulier de l'équation différentielle de la pression est la chaleur apportée par le carburant dans le cylindre. Afin de déterminer cette chaleur, l'objectif est de déterminer la masse de méthane $-m_{CH_4}-$ entrant dans le cylindre. Cette valeur peut être déterminée en exprimant le volume contenu dans le cylindre en fonction de la masse de méthane. Ce calcul est possible

connaissant la concentration de méthane présente dans le biogaz, du pouvoir comburivore du méthane, des conditions initiales de pression et température, des masses volumiques des différents gaz présents et de la richesse du mélange.

$$m_{CH_4} = \frac{V_1}{\frac{m_{a,1}}{\phi \cdot \rho_{air,N}} \cdot \frac{p_N T_1}{p_1 T_N} + \frac{1}{\rho_{CH_4,N}} \cdot \frac{p_N T_1}{p_1 T_N} \cdot \left[1 + \frac{1-\Psi}{\Psi}\right]}.$$

La masse de méthane entrant dans le moteur étant maintenant connue et connaissant le PCI du méthane, nous pouvons déterminer la chaleur apportée au cylindre :

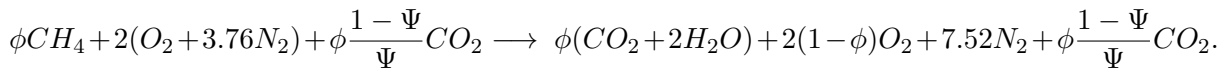
$$Q = m_{CH_4} \cdot PCI_{CH_4}.$$

6.1.3 Composition des gaz

Connaître la composition des gaz en tout temps du cycle moteur ainsi que son état de pression et de température permet d'adapter le coefficient adiabatique γ en tout temps. Ce coefficient intervient, comme nous le voyons par la suite, dans l'équation différentielle de la pression. Le coefficient adiabatique d'un gaz est donné, par définition, par le rapport entre la capacité calorifique à pression constante et la capacité calorifique à volume constant de ce gaz :

$$\gamma = \frac{c_p}{c_v}.$$

Ces capacités calorifiques sont déterminables pour un gaz donné et pour une température connue. L'objectif est de déterminer la concentration de chaque gaz en tout temps lors de la combustion dans le cylindre. La réaction de combustion du biogaz est régie par la réaction suivante :



Cette équation est uniquement valable lorsque $\phi \leq 1$, soit quand il y a excès d'air et donc combustion complète. L'équation étant définie, il ne reste plus qu'à connaître la vitesse à laquelle les réactifs -biogaz et air- vont se transformer en produits -fumées. Cette vitesse de réaction est définie par le paramètre x_b qui est discuté ultérieurement, à la sous-section 6.1.5, et que nous pouvons déterminer.

Il est donc possible de déterminer la concentration de chaque gaz en tout temps dans le moteur. Connaissant les capacités calorifiques de chaque gaz, nous réalisons une moyenne massique

pour déterminer les capacités calorifiques du mélange gazeux et ainsi déterminer le coefficient adiabatique du mélange en tout temps.

6.1.4 Géométrie du cylindre

Le volume instantané du cylindre $V(\theta)$ est donné en fonction de l'angle de vilebrequin. Un angle de $-\pi$ correspond au point mort bas et un angle de 0 correspond au point mort haut. Le volume $V(\theta)$ est dérivé à partir d'un système bielle-manivelle simple qui dépend de la cylindrée V_c , du rapport de compression géométrique τ , de la longueur de la bielle, L , et du rayon de la manivelle, R . Son expression et celle de sa dérivée sont données par :

$$V(\theta) = \frac{V_c}{\tau - 1} + \frac{V_{cyl}}{2} \left(L/R + 1 - \cos(\theta) - \sqrt{(L/R)^2 - \sin^2(\theta)} \right),$$

$$\frac{dV(\theta)}{d\theta} = V_{cyl} \cdot \frac{\sin(\theta)}{2} \left(1 + \frac{\cos(\theta)}{\sqrt{(L/R)^2 - \sin^2(\theta)}} \right).$$

La longueur de la bielle et le rayon de la manivelle sont rarement donnés dans les fiches techniques des moteurs. Dans de tels cas, nous considérons ces deux longueurs proportionnelles à la course c du piston :

$$R = \frac{c}{2}, \quad L = 3R.$$

Une note est reprise en annexe K.3 à propos de la différence entre le rapport de compression effectif et le rapport géométrique. Cette différence n'a cependant pas d'incidence sur notre modèle.

6.1.5 La combustion

Comme mentionné à la section 5.2.2, la combustion du biogaz diffère de celle des carburants classiques tels que l'essence ou le gaz naturel. La modélisation de cette combustion ne peut pas se faire par une simple sinusoïde mais nécessite un modèle plus complet tel que l'équation de Wiebe qui décrit l'évolution de la combustion de la façon suivante :

$$x_b = 1 - \exp \left[-a \left(\frac{\theta - \theta_s}{\Delta\theta} \right)^{m+1} \right].$$

Où θ est l'angle de vilebrequin, θ_s le début de la combustion -dépendant de l'avance à l'allumage-, $\Delta\theta$ la durée de la combustion allant de $x_b = 0$ à $x_b \approx 1$, et a et m sont des paramètres à déterminer qui définissent la forme de la courbe. Le paramètre a définit la fraction

maximale d'énergie libérée par la combustion et donne donc une indication sur la complétude de la combustion. Une valeur $a = 6.908$ correspond à une fraction brûlée $x_b = 0.999$, soit une réaction complète. Le facteur m change la forme de la courbe comme illustré sur la figure 6.1.

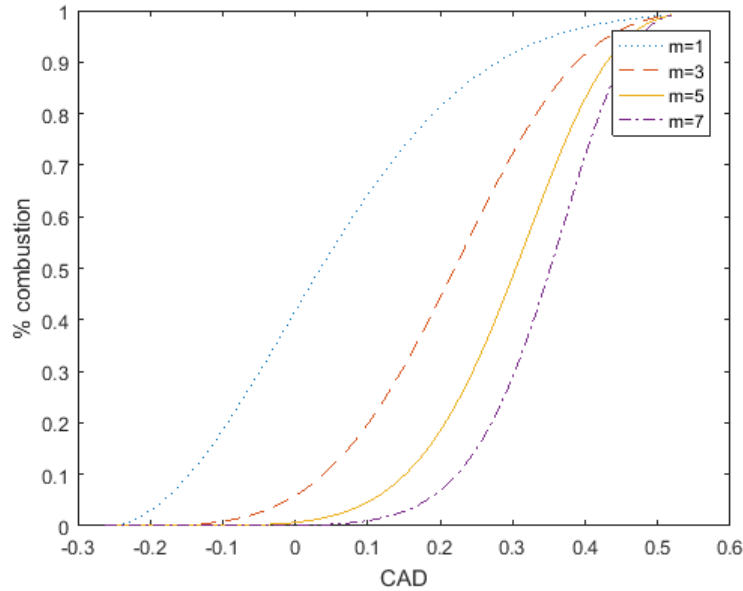


FIGURE 6.1 – Impact du paramètre m sur l'avancement de la combustion.

La définition des paramètres de Wiebe peut se faire expérimentalement ou à partir d'un modèle numérique simulant la combustion. S'il est facile de trouver dans la littérature des recommandations pour la valeur de ces paramètres pour des moteurs à essence ou diesel, nous avons trouvé un seul article étudiant le cas du biogaz. Carrera et al. (2013) définissent ces paramètres en caractérisant la combustion de façon numérique dans un moteur alimenté avec du biogaz de différentes compositions. Nous utilisons les résultats de cet article dans notre simulation pour définir la combustion de notre carburant. Une explication plus complète de l'article utilisé est donné en annexe K.4.

6.1.6 Transfert de chaleur pariétal

Le transfert de chaleur pariétal constitue une perte pour le cycle moteur. Ce transfert de chaleur se fait par convection à la paroi du cylindre. L'expression du flux de chaleur perdu est :

$$\dot{Q}_{pertes} = \frac{dQ_{pertes}}{dt} = h_{conv} A(\theta) \cdot (T - T_{wall}).$$

avec h_{conv} le coefficient de convection de chaleur, $A(\theta)$ la surface effective du cylindre à un angle donné de vilebrequin, T la température dans le cylindre et T_{wall} la température de la paroi.

Cette dernière température est assumée constante, homogène et égale à 400K bien qu'elle devrait varier spatialement et dans le temps. Cette décision a été prise en suivant les recommandations de Carrera et al. (2013), un choix qu'ils justifient car la variation de température de la paroi n'affecte que très peu les propriétés du mélange gazeux dans le cylindre. Le coefficient de convection de chaleur est, lui, défini à l'aide de corrélations déterminées expérimentalement. Dans notre simulation nous comparons deux de ces corrélations. L'une proposée par Woschni et l'autre par Hohenberg. Nous décrivons ces deux corrélations en annexe K.5.

6.1.7 Pression dans le cylindre

La pression dans le cylindre est déduite de la loi des gaz parfaits et de la forme différentielle de la première loi de la thermodynamique :

$$pV = mRT,$$

$$dU = dQ - pdV.$$

qui après différentiation par $d\theta$ et en ayant par définition que $dU = c_v dT$ donne :

$$\begin{aligned} p \frac{dV}{d\theta} + V \frac{dp}{d\theta} &= mR \frac{dT}{d\theta}, \\ mc_v \frac{dT}{d\theta} &= \frac{dQ}{d\theta} - p \frac{dV}{d\theta}. \end{aligned}$$

Finalement, en combinant ces deux expressions nous pouvons obtenir l'équation différentielle de la pression :

$$\frac{dp}{d\theta} = -\gamma \frac{p}{V} \frac{dV}{d\theta} + (\gamma - 1) \frac{1}{V} \frac{dQ}{d\theta}.$$

où le terme relatif à la chaleur peut être décomposé en la chaleur apportée par la combustion et la chaleur perdue aux parois : $Q = Q_{comb}x - Q_{pertes}$ avec x l'avancement de la combustion allant de 0 à 1. L'équation différentielle de la pression peut donc être réécrite, sous forme adimensionnelle, de la façon suivante :

$$\frac{d\tilde{p}}{d\theta} = -\gamma \frac{\tilde{p}}{\tilde{V}} \frac{d\tilde{V}}{d\theta} + (\gamma - 1) \frac{1}{\tilde{V}} \left[\tilde{Q} \frac{dx}{d\theta} - \tilde{h}(1 + \beta\tilde{V})(\tilde{p}\tilde{V} - \tilde{T}_{wall}) \right].$$

Avec les adimensionnalisations suivantes :

$$\tilde{p} = \frac{p}{p_1}, \quad \tilde{V} = \frac{V}{V_1}, \quad \tilde{Q} = \frac{Q}{p_1 V_1}, \quad \tilde{h} = \frac{4hT_1}{p_1 \omega \beta D}, \quad \tilde{T} = \frac{T}{T_1}.$$

Où β et D sont des constantes géométriques définies en annexe K.5 et ω est la vitesse de rotation du moteur en rad/s .

6.1.8 Pertes mécaniques

Les pertes totales mécaniques se composent de trois composantes principales. Ces composantes sont les pertes par pompage W_p , qui représentent le travail net réalisé par le piston lors des phases de respiration du moteur -lorsque les valves sont ouvertes-, les pertes par frottement W_f , qui expriment le travail exercé pour vaincre le frottement entre deux pièces adjacentes en mouvement, et finalement, les pertes accessoires W_a , liées au travail nécessaire sur un cycle pour faire fonctionner les accessoires du moteur tels que les pompes, les ventilateurs, les générateurs, etc. Les pertes totales mécaniques peuvent donc être exprimées comme suit :

$$W_{pm} = W_p + W_f + W_a.$$

Des corrélations existent pour évaluer ces pertes. Nous reprenons ici celle proposée par Alla (2002) qui a été mise au point à partir de tests sur des moteurs à étincelles à quatre temps et pour des cylindrées allant de 845 à 2000 cm^3 . Ces pertes sont données sous le format de pression¹ :

$$tfmep = 0.97 + 0.15(N/1000) + 0.05(N/1000)^2 \quad \text{bar.}$$

où N est la vitesse de rotation du moteur, donnée en rotation par minutes.

6.1.9 Résultats

L'intégration de l'équation différentielle de la pression nous donne la pression pour tout angle de vilebrequin. Connaissant déjà le volume pour tout angle de vilebrequin, nous obtenons donc la courbe pV du cycle moteur.

Le travail indiqué est défini positif lorsque l'énergie est transférée des gaz au piston qui actionne le vilebrequin. Le travail est obtenu en intégrant la relation suivante et est représenté par l'air contenu dans la courbe pV :

$$\frac{dW_i}{d\theta} = p \frac{dV}{d\theta}.$$

Le rendement indiqué est obtenu en divisant le travail indiqué par la chaleur apportée par la

1. tfmep pour total friction mean effective pressure

combustion. Cependant, les grandeurs qui nous sont utiles sont le travail effectif et le rendement effectif. Pour obtenir le travail, nous soustrayons au travail les pertes mécaniques estimées, tandis que le rendement effectif est obtenu en divisant cette valeur par la chaleur apportée :

$$W_e = W_i - f_{mep} \cdot V_c,$$

$$\eta_e = \frac{W_e}{Q_{comb}}.$$

Comme expliqué à la section 6.1.1, ce rendement est déterminé pour une cylindrée donnée or la cylindrée est un paramètre que nous voulons déterminer. Une itération est réalisée pour définir cette cylindrée requise à l'obtention d'une puissance donnée.

La puissance électrique P_{el} étant une donnée que nous nous imposons, nous pouvons déterminer le travail effectif nécessaire :

$$W_e = \frac{P_{el} \cdot 4\pi}{\omega \eta_{conv}}.$$

avec η_{conv} le rendement de la génératrice. A partir de ce travail W_e et de la première approximation du rendement effectif, nous déterminons la quantité de chaleur nécessaire du cycle moteur. En suivant une démarche fort similaire à celle suivie à la section 6.1.2, nous déterminons la cylindrée nécessaire qui nous permettra de sélectionner notre moteur. Nous pouvons ensuite relancer notre code avec la nouvelle cylindrée pour obtenir le nouveau rendement effectif. Pas plus d'une itération est nécessaire pour définir définitivement le rendement, celui-ci ne changeant que peu en fonction de la cylindrée.

6.2 Hypothèses de la simulation

La simulation du cycle moteur est réalisée à l'aide du modèle 0D que nous avons mis au point à l'aide du logiciel Matlab. Ce modèle permet d'estimer le rendement électrique de la cogénération et ainsi déterminer la cylindrée nécessaire à la production de 10 kW électriques pour aboutir à une sélection de moteur se conformant à nos hypothèses. Le modèle nous donne également des informations sur la quantité de chaleur qui peut être récupérée dans les fumées, sur la chaleur perdue par convection lors de la combustion et sur les pertes par frottement qui se transforment en chaleur. Toutes ces pertes de chaleur ne sont pas entièrement récupérables en théorie puisque une partie s'échappe par rayonnement ou par convection avec l'air ambiant. Néanmoins nous considérons qu'elles le sont pour ce prédimensionnement. Ces informations nous permettent de réaliser un premier dimensionnement des différents composants du circuit de récupération de chaleur.

Certains paramètres de la simulation sont gardés constants en première approximation. Nous donnons ci-dessous une liste de ces paramètres ainsi qu'une justification des valeurs choisies :

- **Un biogaz avec une composition volumique de 60% de méthane et 40% de dioxyde de carbone.** Cette composition est une composition standard du biogaz (Ineris, 2009) et c'est à partir de cela que nous établissons le dimensionnement du moteur. Le biogaz peut néanmoins contenir moins de méthane, ce qui aurait pour conséquence de diminuer la puissance produite et de changer certains des paramètres du moteur tels que la richesse et l'avance à l'allumage ;
- **Les conditions initiales dans le cylindre sont posées à $p_1 = 1.0 \text{ bar}$ et $T_1 = 30^\circ\text{C}$.** La température initiale est déterminée à partir des conditions initiales proposées par Carrera et al. (2013) tandis que la pression est supposée atmosphérique ;
- **La température à la paroi du cylindre $T_w = 400 \text{ K}$.** La température est considérée comme constante et homogène bien que la température à la paroi devrait varier en fonction du temps et de l'espace. Cette hypothèse simplificatrice est faite car il est démontré que cette variation n'affecte que peu les propriétés du mélange dans le cylindre (Jafari & Hannani, 2006).

- **Le rendement de la génératrice** $\eta_{gen} = 88.64\%$. Ce rendement est donné pour une génératrice WEG de 15 kW et pour un accouplement par courroie. Le choix de cette génératrice et de ce type d'accouplement est argumenté à la section 6.2.4.

D'autres paramètres de notre modèle sont gardés variables. La variation de ces paramètres nous permet de déterminer quel jeu de paramètres moteurs nous allons utiliser sur notre moteur. Le choix de ces paramètres est fait sur base des résultats de notre modèle : le rendement effectif ainsi que la cylindrée nécessaire pour que notre moteur fournisse la puissance recherchée de 10 kW. Le tableau 6.3 reprend le résultat de la simulation pour différentes combinaisons de ces paramètres que sont le taux de compression, la richesse et la vitesse de rotation.

τ [-]	ϕ [-]	N [tr/min]	η_e [-]	V_c [cm ³]
14	0.7	1500	0.372	1076
14	0.8	1500	0.379	939
14	0.9	1500	0.380	845
14	1	1500	0.378	777
14	0.7	1000	0.372	1615
14	0.7	2000	0.368	816
14	0.7	3000	0.357	561
17	0.7	1500	0.385	1055
12	0.7	1500	0.359	1101
9	0.7	1500	0.333	1151

TABLE 6.3 – Résultats de la simulation avec différents rapports de compression, richesses et vitesses de rotation.

Sur base de ces résultats, nous posons les paramètres suivants à notre moteur :

- **Richesse ϕ** : un mélange pauvre diminue la quantité de biogaz, et donc de méthane, entrant dans le moteur, ce qui a pour conséquence une diminution de la puissance effective et donc la nécessité d'une plus grande cylindrée pour fournir 10 kW. Le rendement est également affecté par une diminution de la richesse. Une diminution de la richesse signifie qu'il y a plus d'oxygène que nécessaire et implique une combustion plus complète. Le rendement devrait donc augmenter avec la diminution de la richesse. Cet effet n'est cependant pas observé dans les résultats présentés au tableau 6.3. Le

rendement maximum étant obtenu pour une richesse de 0.9.

Ceci peut être expliqué par le fait qu'à richesse de 0.7, une plus grande cylindrée est nécessaire et une plus grande cylindrée implique des pertes pariétales plus importantes. La différence de rendement reste néanmoins minime et le choix final de la richesse ne se base pas sur ce paramètre mais plutôt sur celui des émissions de NO_x .

Une faible richesse permet de réduire les émissions de NO_x et de monoxyde de carbone comme discuté à la section 5.2.4. Qui plus est, réduire la richesse permet de réduire les températures maximales atteintes et ainsi réduire les risques de cliquetis. La problématique de la pollution ayant de l'importance dans la démarche de l'entreprise, nous pausons la **richesse** à $\phi = 0.7$ pour minimiser les émissions de polluants. L'idéal est de réduire davantage la richesse mais cette réduction pourrait causer des défauts d'allumage liés à une dilution trop importante du carburant. Midkiff et al. (2001) obtiennent des défauts d'allumage à partir d'une richesse de 0.65. Si les émissions de NO_x restent trop élevées, un traitement aval devra être mis en place ;

- **Vitesse de rotation N** : une vitesse de rotation limitée permet de réduire les frottements et ainsi allonger la durée de vie du moteur. La durée de vie des consommables est également allongée -huile et bougies. La réduction de vitesse de rotation a un impact direct sur la puissance extractible du moteur $P = \frac{W_e}{4\pi} \cdot \omega$ où W_e est le travail effectif et ω la vitesse de rotation en rad/s et donc un impact sur la taille du moteur à sélectionner pour avoir une puissance de 10 kWe. Sur base des résultats présentés au tableau 6.3, nous posons **une vitesse de rotation de $N = 1500 \text{ tr/min}$** . Cette vitesse de rotation n'optimise pas le rendement effectif du cycle, celui-ci se situant entre une vitesse de 1000 et 1500 tr/min , mais en est très proche. Elle ne minimise pas non plus la cylindrée nécessaire mais permet de rester à un bas-régime, ce qui allonge la durée de vie du moteur. D'autre part, une vitesse de rotation de 1500 tr/min permet un éventuel accouplement direct avec une génératrice à 4 pôles ;
- **Rapport de compression** : augmenter le rapport de compression permet d'augmenter significativement le rendement effectif d'un moteur à étincelle et ainsi résorber les désavantages du biogaz liés à sa haute concentration en dioxyde de carbone. En théorie, le rendement est donné par la relation suivante : $\eta = 1 - \tau^{1-\gamma}$. Pour $\gamma = 1.38^2$ et pour

2. Pour un biogaz aux conditions d'admission du moteur

un taux de compression allant de 9 à 17, nous passons d'un rendement de 0.56 à 0.66 soit une augmentation proche de 20% du rendement. Notre modèle nous indique des rendements de 0.333 et 0.385 pour ces deux rapports de compression, soit une augmentation de près de 16% -avec une vitesse de rotation de 1500 tr/min. L'augmentation du rapport de compression est cependant limitée par le phénomène de cliquetis qui détériore le rendement et la durée de vie du moteur. Le choix est limité à un taux de compression de 14. Ce taux de compression permet de largement éviter le cliquetis selon Montoya, Amell, et Olsen (2016) qui déterminent le taux de compression critique égal 17.

Avec ces paramètres de simulation, nous obtenons donc une cylindrée nécessaire de 1076 cm^3 . Dans notre modèle, l'avance à l'allumage est définie en optimisant le rendement effectif du moteur. Une avance de -15° est trouvée. Cette valeur semble faible par rapport à ce qui peut être trouvé dans la littérature. Une raison possible est la sous-estimation de la durée de combustion par la corrélation définie par Carrera et al. (2013). De plus, cette valeur sous-estime probablement le retard à l'ignition propre au biogaz. Ce retard est proche de 15° pour une vitesse de rotation de 1500 tr/min selon Porpatham et al. (2012).

Un doute existant sur l'avance à l'allumage à adopter, celle-ci devra être définie en pratique sur le moteur. Plusieurs méthodes relativement simples, ne nécessitant pas de capteurs intrusifs, existent pour déterminer cette avance (Benjamin, 2013).

6.2.1 Critères de sélection du moteur

Conformément aux exigences du projet, le moteur doit disposer de plusieurs caractéristiques spécifiques. La première caractéristique est le type de moteur à choisir : un moteur de type allumage commandé ou allumage spontané -diesel-, l'un comme l'autre nécessitant des adaptations pour fonctionner au gaz et plus particulièrement au biogaz.

D'un côté, nous avons les moteurs à allumage commandé qui ont pour avantage de déjà fonctionner avec une étincelle. Peu d'adaptations sont nécessaires pour les faire tourner au biogaz. Cependant, le taux de compression discuté à la section précédente impose l'augmentation du taux de compression qui se situe entre 8 et 10 pour un moteur à étincelle classique. Cette augmentation est techniquement compliquée puisqu'il faut soit ajouter de la matière à la chambre de combustion, soit trouver un plus grand piston qui corresponde parfaitement au

moteur choisi, soit faire couler un nouveau piston, ce qui n'est pas économiquement avantageux. D'un autre côté, nous avons les moteurs diesel. Ceux-ci nécessitent des modifications plus importantes pour les transformer en moteurs à étincelle. Ces moteurs ont classiquement un taux de compression pouvant aller de 18 à 23. L'adaptation au taux de compression discuté à la section précédente est donc plus aisée. Les moteurs diesel ont également pour avantage d'être plus robustes. En effet, de par leur type de combustion, ceux-ci sont construits pour résister à des pressions importantes.

Bien que la robustesse soit un critère décisif, le choix sera avant tout opéré en fonction des disponibilités sur le marché. Les moteurs diesel sont largement disponibles et sont proposés par différents constructeurs de toutes tailles et de toutes puissances. Les moteurs à étincelle, bien qu'existant dans le domaine automobile, sont bien moins disponibles en vente directe et n'existent que pour des petites puissances. Ogees désirant proposer des cogénérations de 10 kW de puissance électrique, nous nous orientons vers des moteurs de type diesel. Cela nous permettra d'adapter plus facilement les recherches effectuées dans ce travail pour des cogénérations de plus grandes tailles.

Au-delà du type de moteur, les exigences du projet imposent d'autres critères, certains obligatoires et d'autres préférables :

— Critères obligatoires :

- La cylindrée du moteur doit être supérieure ou égale à la cylindrée obtenue par la simulation pour pouvoir atteindre la puissance requise. Si la cylindrée est supérieure, le papillon a pour rôle d'augmenter les pertes de charges dans le conduit d'admission pour réduire le remplissage du moteur et pour qu'ainsi le moteur admette la quantité de carburant exacte nécessaire à la production de 10 kW.
- La plateforme doit pouvoir être transportable dans un conteneur standard. Les dimensions intérieures d'un conteneur de petite taille sont : $L = 5,9 \text{ m}$; $l = 2,3 \text{ m}$; $h = 2,2 \text{ m}$; masse maximale : 28.2 tonnes (Maersk Line, 2017) ;
- Le moteur diesel doit être à injection directe, pour permettre l'insertion de la bougie à la place de l'injecteur.

— Performances préférables :

- Le moteur doit être équipé d'un système de refroidissement par eau pour permettre une bonne récupération de la chaleur du moteur ;
- Le moteur doit être atmosphérique. Nous pouvons également imaginer prendre un moteur suralimenté auquel on enlèverait le turbo. Le turbo pourrait améliorer le rendement thermodynamique du moteur mais au détriment de la valorisation de chaleur de la cogénération et du risque de cliquetis. De plus, les systèmes de contrôles du turbo sont relativement sophistiqués et le turbo lui-même est une pièce fragile (Von Mitzlaff, 1988).

6.2.2 Sélection du moteur

Nous avons réalisé la recherche de moteurs chez six constructeurs de moteur : Yanmar, Mitsubishi, Kohler, Honda, Kubota et Lister Petter. Les moteurs Honda n'ont pas de cylindrée suffisante. Les moteurs Mitsubishi, Kohler et Kubota ont une cylindrée suffisante mais sont à injection indirecte. Deux moteurs répondant à notre cahier de charges ont finalement été retenus chez les constructeurs Yanmar et Lister Petter représentés à la figure 6.2 et dont les spécifications sont reprises au tableau 6.4 ;



(a) Yanmar 3TNV82A-(B).



(b) Lister Petter LPW3

FIGURE 6.2 – Moteurs sélectionnés

6.2.3 Adaptations à apporter au moteur

Diminution du taux de compression

Les moteurs sélectionnés ont un taux de compression trop élevé qu'il faut réduire pour éviter le cliquetis. Nous discutons ici de la méthodologie pour réduire ce taux de compression

Modèle du moteur	3TNV82A-(B)	LPW3
Type	Diesel 4 temps	Diesel 4 temps
Configuration du moteur	3 cylindres verticaux en ligne	3 cylindres verticaux en ligne
Combustion	Injection directe	Injection directe
Cylindrée	1331 cm^3	1395 cm^3
Rapport de compression	19.2	18.5
Alésage x Course	82 x 84 mm	86 x 80 mm
Aspiration	Atmosphérique	Atmosphérique
Dimensions L x W x H	584 x 508 x 610 mm	596 x 470 x 574 mm
Refroidissement	Liquide	Liquide

TABLE 6.4 – Fiches techniques 3TNV82A-(B) et LPW3.

(Von Mitzlaff, 1988). Diminuer le taux de compression signifie augmenter le volume mort du cylindre. Cela peut être fait par différentes techniques :

- Changer de piston ;
- Changer de culasse ;
- Usinage du piston ;
- Usinage de la culasse dans la chambre de combustion ;
- Utiliser un joint de culasse plus épais.

Changer de piston ou de culasse serait la solution la plus élégante mais est restreinte à des moteurs pour lesquels les constructeurs ou les fournisseurs proposent de telles pièces. La même contrainte s'applique au joint de culasse.

Finalement, l'extrusion de matière par usinage du piston est possible mais a un effet sur l'équilibre dynamique du moteur. L'usinage doit être fait de telle sorte que l'épaisseur du piston ne devienne pas critique. A noter que les pistons d'un moteur Diesel sont, en général, robustes pour pouvoir résister aux fortes pressions propres au moteur à allumage spontané. Pour ce qui est de l'extrusion de matière de la culasse dans la chambre de combustion, une attention particulière doit être tenue pour ne pas affaiblir les sièges de soupapes. La géométrie de la

chambre de combustion doit être gardée axisymétrique autant que possible.

Le volume à augmenter au volume mort, ΔV , est calculé facilement à partir de la cylindrée, du taux de compression initial et du taux de compression final :

$$\Delta V = V_c \cdot \frac{\tau_{init}}{\tau_{init} - 1} - V_c \cdot \frac{\tau_{fin}}{\tau_{fin} - 1}.$$

Ce volume doit être gagné soit en épaississant le joint de culasse, soit en extrudant la surface du piston³. Nous donnons dans le tableau 6.5 l'épaisseur à gagner sur les deux moteurs sélectionnés :

3TNV82A	5.5 mm $\pm$ 0.1 mm
LPW3	5.0 mm $\pm$ 0.1 mm

TABLE 6.5 – Épaisseur à gagner pour atteindre le taux de compression souhaité.

Régulateur de vitesse

L'addition d'un régulateur de vitesse est importante pour le bon fonctionnement de notre cogénération. Celui-ci est conçu pour maintenir la vitesse du moteur constante en réglant la charge entrant dans le moteur. Cette régulation se fait par l'intermédiaire d'un actuateur et d'une vanne papillon.

Le PANDAROS I/DC6 est un gouverneur digital proposé par Heinzmann pour des moteurs à gaz et Diesel de puissances moyennes et faibles. Ce gouverneur peut être couplé avec un actuateur StG 2010 utile pour des moteurs à gaz allant jusqu'à 200 kW.

Remplacement du système à injection par un système d'allumage par étincelle

L'extraction de la pompe à injection est relativement facile et ne nécessite pas d'expertise importante (Von Mitzlaff, 1988). Cependant, le démontage de l'engrenage entraînant la pompe à injection doit être fait avec attention puisque celui-ci pourrait être utile pour commander le distributeur du système à étincelle.

L'addition du système d'allumage par étincelle nécessite une expertise plus importante et passe par l'achat de composants extérieurs commandant l'allumage des bougies. Un tel système est proposé par Heinzmann et son PHLOX II IC8, qui est un système d'allumage puissant

3. en considérant qu'on extrude de façon uniforme sur toute sa surface

pour des moteurs allant jusqu'à 8 cylindres. Celui-ci est accompagné des bobines d'allumages correspondantes et des câbles de liaisons nécessaires.

Sélection des bougies

Le choix des bougies dépend des conditions d'utilisation du moteur. Nous donnons ici quelques indications pour faire ce choix et proposons le type de bougie à sélectionner.

Un paramètre important pour le choix de la bougie est son degré thermique. Le degré thermique caractérise la capacité de la bougie à transmettre la chaleur depuis le bec de l'isolant -extrémité de la bougie-, jusqu'au système de refroidissement (Flat4ever, 2017). Pour notre application, qui est sensible au phénomène de cliquetis, il nous faut une bougie qui se refroidit rapidement pour éviter les points chauds dans la chambre de combustion. Ce type de bougie est appelé « bougie froide » et possède un bec isolant relativement court pour permettre un refroidissement rapide en opposition avec une bougie chaude qui a un bec plus long.

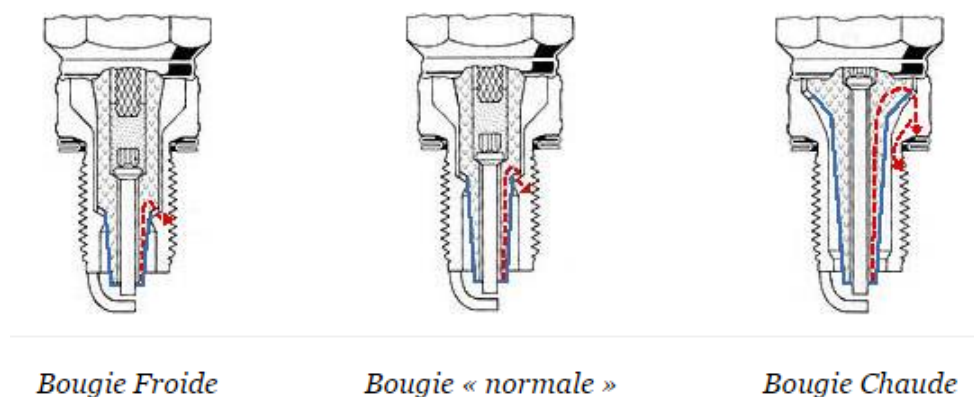


FIGURE 6.3 – Les différents types de bougies.

Le risque de travailler avec une bougie trop froide est qu'elle ne puisse plus se nettoyer en brûlant les dépôts de carbone s'accumulant sur sa pointe. Le fonctionnement de la bougie risque de se détériorer jusqu'à un défaut d'allumage total. Ce risque étant néanmoins moins néfaste que le cliquetis, nous commençons avec une bougie ayant un degré thermique de 11 et si le dépôt de carbone est un problème, nous passerons à un degré 10. Le choix exact de la bougie dépendra des dimensions -alésage, longueur- de l'injecteur retiré.

Addition d'un dispositif de mélange

A la différence des moteurs diesel, le mélange de l'air et du carburant se fait avant d'arriver à la chambre de combustion. Nous présentons ici une méthode courante et technologiquement

simple dans le cas d'un mélange de gaz : un venturi.

Le mélange par venturi est simple puisqu'il consiste simplement en un tube avec un rétrécissement comme illustré à la figure 6.4. Ce rétrécissement va causer une dépression dans le flux d'air entrant qui va aspirer le carburant via les ouvertures, comme représenté sur l'image. La réalisation de ce type de mélangeur ne nécessite pas une grande expertise ni de matériel trop complexe à l'utilisation. Celui-ci peut être réalisé sur mesure par un fournisseur tel que Heinzmann.

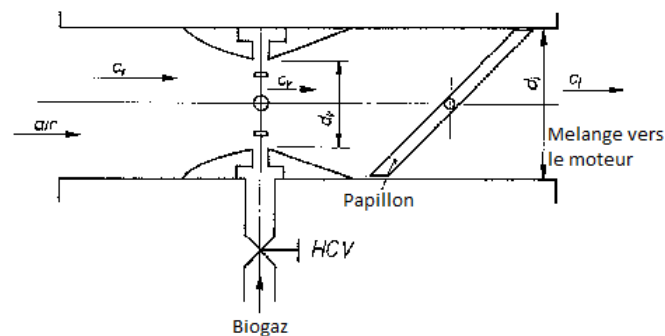


FIGURE 6.4 – Mélange par venturi.

L'arrivée de biogaz est contrôlée par une vanne de sécurité dont la fonction est double. Premièrement la vanne coupe l'arrivée de biogaz en cas d'incident. Deuxièmement, la vanne régule la pression du biogaz entrant ce qui permet un bon contrôle sur le mélange des gaz. Cette vanne est contrôlée par le système de contrôle.

6.2.4 Sélection et dimensionnement des périphériques

Dans cette section, nous dimensionnons et sélectionnons certains des périphériques nécessaires au bon fonctionnement de la cogénération. La figure 6.5 reprend le schéma fonctionnel de notre cogénération. Nous pouvons y voir les différents flux et certains des composants périphériques que nous dimensionnons.

Génératrice

La puissance électrique à générer est de 10 kW. Nous sélectionnons une génératrice de 15 kW proposée par WEG : la W22. Le rendement de transformation de la puissance mécanique en électrique de la génératrice à 66.6% de sa puissance maximale est de 93.3%. La fiche technique de cette génératrice est reprise en annexe M.4.

Nous choisissons un accouplement par courroie. Ce type d'accouplement a pour avantage

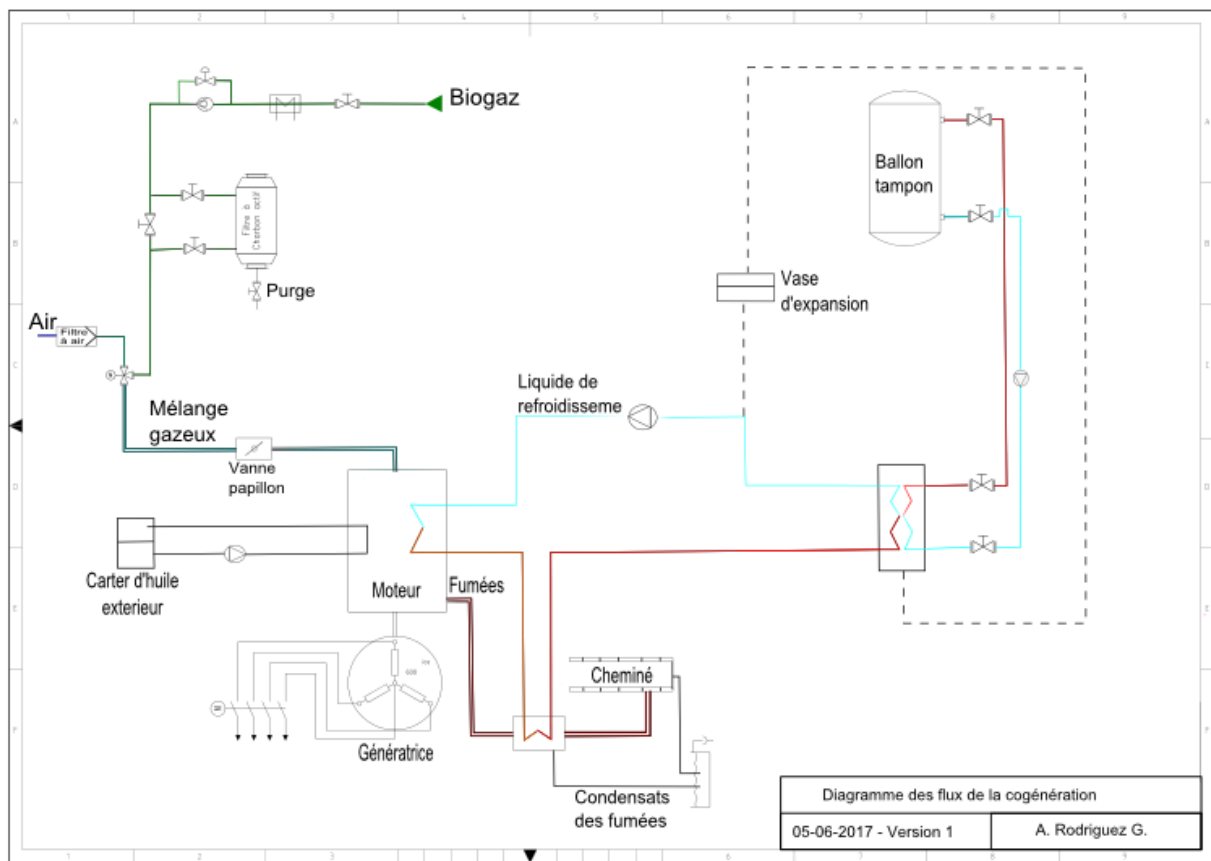


FIGURE 6.5 – Schéma fonctionnel de notre cogénération.

d'être facile à démonter -en opposition avec un accouplement direct-, ce qui permet une maintenance aisée du moteur et de la génératrice. Ce type d'accouplement permet également de faire varier aisément la vitesse de rotation du moteur en faisant varier le rapport de réduction des poulies entraînant la courroie. Cette capacité de faire varier la vitesse de rotation du moteur nous permet de fournir plusieurs gammes de puissance sans apporter de modifications importantes à notre cogénération.

L'accouplement par courroie plate a une efficacité de 95% (Esnault, 2009) ce qui donne un rendement total de conversion de puissance mécanique en puissance électrique de 88.64%.

Système d'huile

Un réservoir d'huile extérieur est ajouté pour réduire la fréquence des vidanges sur le moteur. Ce réservoir fonctionne comme un carter de moteur. Il récupère les huiles après leur passage dans le moteur et les réinjecte ensuite dans le circuit à l'aide d'une pompe. Un réservoir extérieur ne réduit pas les coûts liés à la consommation d'huile mais réduit les coûts liés à la maintenance.

Comme discuté à la section 5.2.5, un moteur alimenté au biogaz nécessite une huile spéciale pour assurer une bonne lubrification ainsi qu'une bonne durée de vie. Nous préconisons l'utilisation de l'huile Mobil PegasusTM 605 Ultra 40 qui assure jusqu'à 1000 heures entre les vidanges pour du biogaz.

Vase d'expansion

Le vase d'expansion permet de récupérer le surplus d'eau lié à la dilatation du liquide de refroidissement avec un changement de température. S'il n'y a pas de vase d'expansion, le circuit de refroidissement étant fermé, la dilatation du liquide résulte en une augmentation de pression qui peut endommager le circuit.

Le changement de volume dV avec le changement de température dt est exprimé de la façon suivante :

$$dV = V_0 \int_{t_0}^{t_1} \beta(t) dt.$$

avec V_0 le volume initial et β le coefficient de dilatation thermique. Ce dernier coefficient dépend de la température. En pratique, la valeur de β est donnée par la relation linéaire suivante (Pramuditya S., 2011).

$$\beta(t) = 7.957 \cdot 10^{-5} + 7.315 \cdot 10^{-6}t.$$

Pour un volume initial de 10 litres et une variation de température allant de 10°C à 90°C une dilatation de 0.37 litres est obtenue. Le vase d'expansion est néanmoins surdimensionné. En plus de prévenir les risques liés à la dilatation du liquide, il permet le remplissage du circuit en liquide de refroidissement et il constitue un volume de sécurité en cas de fuite. C'est également le vase d'expansion qui va réguler la pression dans le circuit de refroidissement. Le bouchon de fermeture du vase est composé de deux clapets. L'un de surpression permettant la pressurisation du circuit, ce qui permet d'éloigner la température d'ébullition du liquide et l'autre de dépression qui permet au circuit de revenir à pression atmosphérique lorsque le moteur est à l'arrêt.

Si le vase d'expansion d'origine du moteur ne suffit pas, un vase d'expansion peut être trouvé dans le domaine automobile. Plusieurs pourraient convenir. A titre d'exemple nous sélectionnons le vase universel DORMAN 603-001.

Tuyau d'échappement

La dilatation thermique s'applique également aux solides. Le tuyau d'échappement de notre cogénération transportant des fumées encore chaudes, est affecté par cette dilatation. Cette dilatation peut avoir des conséquences néfastes si ce tuyau est raccordé à des composants fixes. L'expression de la dilatation thermique est la suivante :

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T.$$

avec ΔL l'élongation du tuyau, α le coefficient de dilatation thermique propre à la nature du matériau du tuyau et L_0 la longueur initiale dudit tuyau. Afin d'éviter tout risque lié à cette dilatation, un compensateur peut être installé.

Pour une longueur initiale de 2 mètres, une température des fumées de 180°C après passage dans un échangeur de chaleur et un coefficient de dilatation pour un acier courant de $12.5 \cdot 10^{-6}$, nous obtenons une dilatation de 4.25 mm. Pour cette dilatation, nous sélectionnons le plus petit compensateur proposé par ERIKS, le KS SS/ST PN 16 permettant une dilatation de 9 mm.

Échangeurs

Une version simplifiée du circuit de récupération de chaleur est représenté à la figure 6.6. Le circuit principal est composé d'un circulateur pour faire circuler le liquide de refroidissement -eau glycolée- et de trois échangeurs. Le premier échangeur est en réalité le circuit de refroidissement interne au moteur qui refroidit les composants du moteur. Par ce refroidissement, le liquide va récupérer la chaleur produite par la combustion, les frottements et le refroidissement de l'huile de lubrification. Le second échangeur est un échangeur tubulaire à co-courant et permet de récupérer l'énergie contenue dans les fumées. Le troisième échangeur est un échangeur à plaque à contre-courant et transmet toute la chaleur récupérée du moteur et des fumées à un circuit secondaire d'eau qui peut être utilisé pour maintenir le procédé à la température requise ainsi que pour les besoins sanitaires ou de chauffage de l'agriculteur.

Le dimensionnement de ces différents échangeurs nécessite l'établissement de paramètres. Certains de ces paramètres sont donnés par les résultats de la simulation tandis que d'autres sont posés. Nous présentons ici les grandes étapes du dimensionnement. Le développement plus détaillé est donné en annexe L.1.

La simulation nous donnant la puissance récupérable du moteur et des fumées d'échappement, nous déterminons le débit de liquide de refroidissement nécessaire au bon fonctionnement

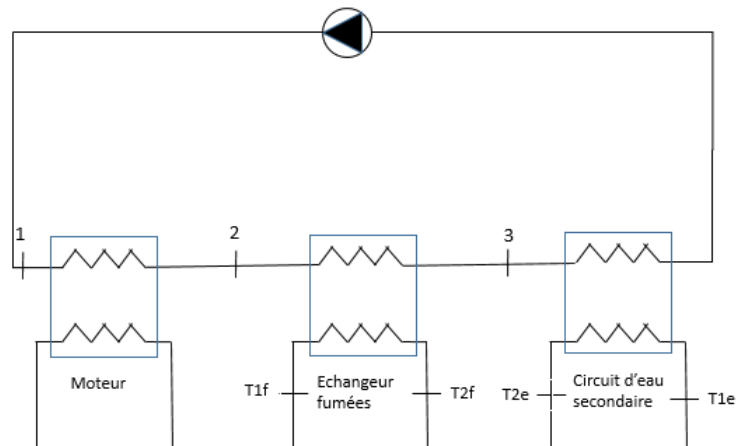


FIGURE 6.6 – Circuit de refroidissement de notre cogénération.

du moteur. Le débit d'eau du circuit secondaire est également déterminé.

Échangeur à plaques

Un échangeur à plaques est un échangeur compact composé de plaques successives entre lesquelles passe le liquide à réchauffer ou à refroidir de façon alternative comme représenté sur la figure 6.7.

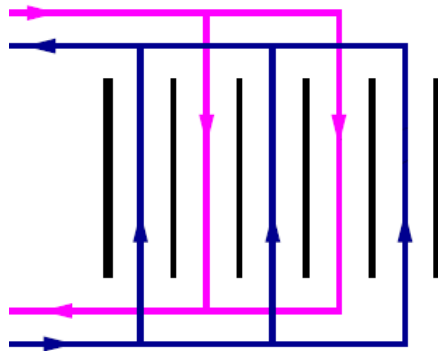


FIGURE 6.7 – Schéma d'un échangeur à plaques à un passage.

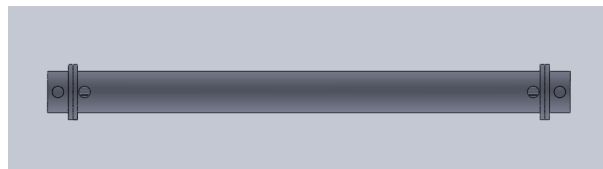
Le dimensionnement que nous faisons ici se base sur une méthode proposée dans le livre de référence *Fundamentals of heat exchanger design* (Shah & Sekulic, 2003). Ce dimensionnement nous permet de déterminer le nombre de plaques nécessaires. Les autres dimensions de l'échangeur -longueur, largeur, épaisseur des canaux, etc- sont données par la fiche technique M.6 de l'échangeur GBS400H de la marque GEA.

Nous commençons par poser une première valeur pour le coefficient de transfert de chaleur global de l'échangeur à plaque $U_0 = 1000 \text{ W/m}^2\text{K}$. Cela nous permet d'obtenir un premier di-

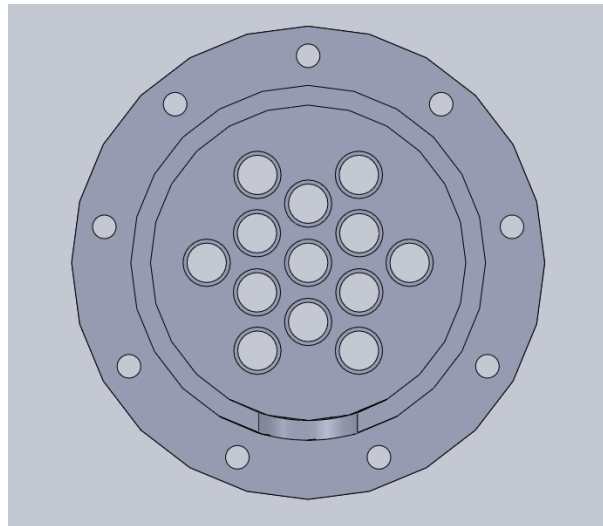
mensionnement. Nous obtenons une surface nécessaire de $A_p = 1.2835 \text{ m}^2$. En consultant la fiche technique, nous posons le nombre de plaques nécessaires à 40. Cette information nous permet de déterminer un nouveau coefficient de transfert global et ainsi de déterminer une nouvelle fois le nombre de plaques nécessaires. Pas plus de deux itérations sont nécessaires. Nous obtenons finalement un coefficient de transfert global $U_{tot} = 1729.8 \text{ W/m}^2\text{K}$. La nouvelle surface d'échange nécessaire est de 0.7420 m^2 , ce qui signifie un échangeur de 24 plaques.

Échangeur tubulaire

L'échangeur tubulaire se charge de récupérer la chaleur contenue dans les fumées encore chaudes. Nous proposons ici un dimensionnement pour la section de l'échangeur repris à la figure 6.8. Le développement réalisé en annexe L.1.2 nous permet de déterminer la longueur de l'échangeur nécessaire.



(a) Vue de face.



(b) Coupe verticale de l'échangeur tubulaire.

FIGURE 6.8 – Échangeur tubulaire.

L'échangeur est constitué d'un tuyau de gros diamètre où s'écoule le liquide de refroidissement et à l'intérieur duquel 13 plus petits tuyaux, où passent les fumées, sont disposés comme sur la figure 6.8(b).

Nous obtenons une valeur de $U_{tub} = 91.14 \text{ W/m}^2\text{K}$. Il nous faut donc une surface d'échange de 0.4311 m^2 , soit une longueur pour l'échangeur tubulaire de $L = 1.05 \text{ m}$.

Circulateur

Le circulateur a pour but de faire circuler le liquide de refroidissement dans tout le circuit et de vaincre les pertes de charges associées au passage dans les différents conduits et dans les différents échangeurs. Dans cette section, nous faisons une estimation de ces pertes de charges pour ainsi pouvoir sélectionner un circulateur. Les développements sont une nouvelle fois présents en annexe L.2.

Perte de charge dans les tuyaux et les coudes

Le circuit du liquide de refroidissement se compose de tuyaux flexibles avec un habillage en acier inoxydable tressé et un corps en caoutchouc EPDM. Il se compose également de raccords solides en acier inoxydable -des coudes de 90° ou 45° . Nous déterminons la longueur équivalente de tous les raccords (Neutrium, 2012b) pour ensuite avoir la longueur équivalente de tout le circuit. Les pertes de charges dans les tuyaux et les coudes peuvent ensuite être déterminées comme une perte de charge singulière classique :

$$\Delta p = \lambda \cdot \frac{L_{eq}}{d} \cdot \frac{c^2}{2} \quad J/kg.$$

où c est la vitesse du fluide obtenue à partir du débit massique et de la section de la conduite, et λ le coefficient de perte de charge déterminé à partir du nombre de Reynolds de l'écoulement et de la rugosité de la conduite. Nous obtenons une perte de charge de 4876.3 Pa .

Perte de charge dans l'échangeur à plaques

L'estimation des pertes de charges dans l'échangeur à plaques est inspirée du développement fait dans le livre de référence de Shah et Sekulic (2003). Nous nous intéressons ici aux pertes de charges du côté de l'eau glycolée de l'échangeur.

La relation de perte de pression pour un échangeur à plaque est donnée par Shah et Sekulic (2003) où nous voyons une contribution liée à l'écoulement du fluide entre les plaques mais aussi une contribution liée à l'entrée dans ce canal par le port d'entrée.

$$\Delta p = \frac{1.5G_p^2 n_p}{2\rho} + \frac{4fLG^2}{2D_e} \cdot \frac{1}{\rho}.$$

Nous obtenons une perte de pression de $\Delta p = 2200 \text{ Pa}$ dans l'échangeur à plaques.

Perte de charge dans l'échangeur tubulaire

Les pertes de charges du liquide de refroidissement dans l'échangeur tubulaire se résument à une expansion du passage d'une conduite de 20 mm à un tube de diamètre 80 mm, de l'écoulement le long de l'échangeur et finalement une contraction pour repasser dans une conduite de 20 mm.

Nous obtenons les pertes totales dans l'échangeur tubulaire par la relation suivante :

$$dp = \lambda \frac{L}{D_h} \frac{c^2}{2} + dp_{cont} - dp_{exp} = 7.024.$$

Choix du circulateur

La somme des pertes de charges donne 7083.3Pa. Cela correspond à une hauteur manométrique de : $h = 0.6983m$. Le débit d'eau glycolée étant déjà déterminé et égal à $Q_{glyc} = 1.17m^3/h$, nous pouvons sélectionner le circulateur adéquat. Nous choisissons le circulateur UPS 25-40 N 180 de la marque Grundfos. La courbe de performance est obtenue sur le site web de Grundfos (2017) et est présentée à la figure 6.9.

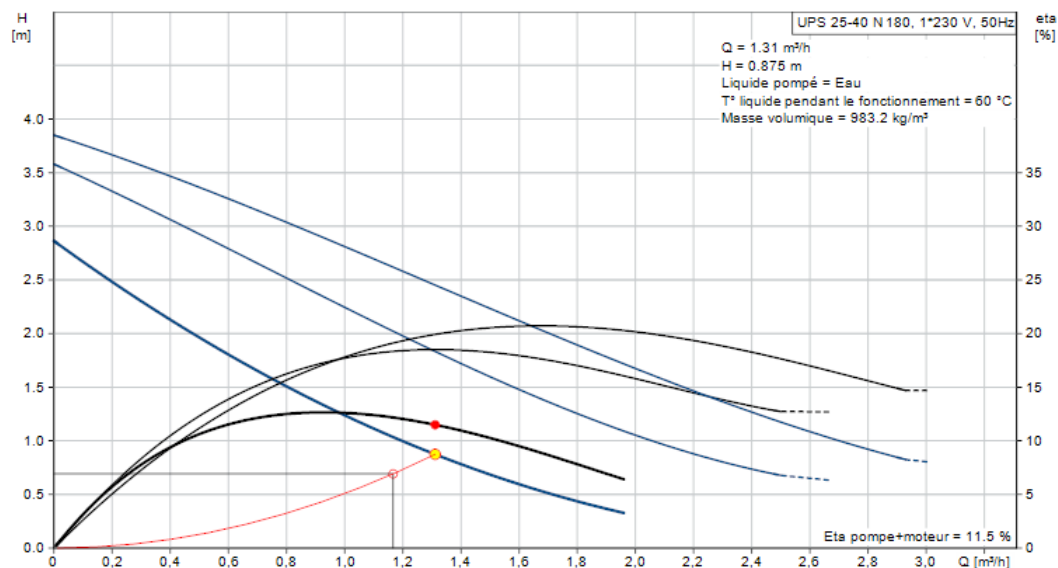


FIGURE 6.9 – Courbe de performance du circulateur UP 20-15 N 150.

Une adaptation machine circuit a lieu et est observée sur l'image. Le débit de liquide de refroidissement résultant de cette adaptation est de $Q = 1.31m^3/h$. Une légère différence qui implique une température d'entrée dans le moteur de $T = 76.42^{\circ}C$, soit une différence minime en comparaison à la valeur posée initialement.

Autres périphériques

La cogénération est placée sur un châssis en acier plié reprenant tous ses composants : moteur, génératrice, échangeur tubulaire et échangeur à plaques. Ces composants sont reliés au châssis par l'intermédiaire d'amortisseurs de vibration en caoutchouc tel que représenté sur la figure 6.10. Le tout étant placé sur un bac de rétention.



FIGURE 6.10 – Amortisseur de vibration.

Le démarrage du moteur se fait par l'intermédiaire de l'alternateur asynchrone qui est commuté en moteur. Un démarreur et une batterie ne sont donc pas nécessaires. L'accouplement entre le moteur et la génératrice est protégé d'une grille pour assurer la sécurité des utilisateurs.

L'isolation acoustique et thermique est obtenue à l'aide de feuilles en acier galvanisé percées et d'une couche de laine de roche placées sur les parois latérales et le plafond du caisson reprenant toute la structure. Ce caisson est renforcé par une tôle extérieure de 1.5 mm en acier peint et dont le couvercle et les deux grandes faces latérales sont amovibles pour permettre un entretien aisé. La cogénération sera réalisée de telle sorte qu'elle respecte les normes de sécurité en vigueur telles que celles présentées à l'annexe C.

6.3 Émission de gaz polluants

La société Ogees étant active dans le secteur des énergies vertes, il est souhaitable que l'impact environnemental de ses installations soit le plus faible possible. Afin de savoir si un moteur rejette beaucoup de gaz polluants, il est utile de se tourner vers les normes européennes concernant cette matière. Cependant, il ressort de notre rencontre avec le motoriste du CRMT « *qu'il n'y a pas grand chose comme normes* » (Marchand, CRMT, rencontre à Lyon, 7 juillet 2017). Une réponse similaire nous avait été donnée par l'Agence wallonne de l'Air et du Climat (Théate, AwAC, échange d'e-mails, 6 juin 2017). Néanmoins, la SCRL Ogees a tout de même décidé de se baser sur le Règlement 2016/1628 du Parlement européen et du

Conseil du 14 septembre 2016 relatif aux exigences concernant les limites d'émission pour les gaz polluants et les particules polluantes et la réception par type pour les moteurs à combustion interne destinés aux engins mobiles non-routiers, celui-ci étant applicable à des moteurs pouvant se rapprocher au maximum des cogénérations développées par la SCRL Ogees. La sous-catégorie de moteurs à laquelle les moteurs utilisés par la SCRL Ogees pourraient au mieux se rapprocher est la sous-catégorie «NRS-vi-1b». Les normes d'émissions correspondent à la phase de valeurs limites V. Par conséquent, le cahier des charges imposé au motoriste tendra à limiter les émissions de CO à 610 g/kWh ainsi que les émissions de $HC + NO_x$ à 8 g/kWh.

Sur base des hypothèses posées à la section 6.2 et des figures présentées à la section 5.2.4, nous concluons que notre cogénération respecte les normes mentionnées plus haut. En effet, en observant les figures 5.8 et 5.9, nous constatons qu'avec nos hypothèses, nous avons près de 6000 ppm d' HC -que nous assimilons à du méthane- et 250 ppm de NO_x . En considérant le volume de fumées proportionnel au volume de biogaz entrant, nous pouvons convertir les ppm en g/kWh. Nous obtenons une masse de 7.36 grammes de polluants de type HC et NO_x . Nous sommes donc en dessous de la limite.

Les émissions de monoxyde de carbone sont, selon nos hypothèses, quasiment nulles puisque nous travaillons toujours en excès d'air. Ceci est observable à la figure 5.7.

6.4 Fin de vie des composants

Les différents composants utilisés dans les installations d'Ogees ont une durée de vie limitée. Cependant, il faut distinguer les consommables tels que l'huile et les bougies des éléments ayant une plus longue durée de vie tels que les garages ou encore le bloc moteur. Ces premiers éléments peuvent plus facilement se retrouver dans la nature si leur prise en charge en fin de vie n'est pas assurée.

Par conséquent, la SCRL Ogees a décidé de veiller à ce que chaque constituant soit réutilisé ou recyclé. A titre d'exemples, nous pouvons penser :

- A la reprise du moteur et à son renvoi chez le motoriste pour une restauration ;
- A la collecte par Ogees des consommables lorsque le client assure lui-même les petites maintenances ;
- Au stockage de la ferraille dans un conteneur de 1 000 litres dans les locaux d'Ogees ;
- A la récupération des garages métalliques.

Ainsi, le moteur aura une seconde vie, les huiles seront recyclées et les métaux seront revendus à un marchand pour être ensuite fondus.

Concernant les bétons utilisés, il est rare qu'une dalle soit détruite mais si le cas venait à se présenter, elle serait transformée en gravats pour être réutilisée comme remblai.

Notons que ces transferts de matériaux seront réalisés au cas par cas en fonction de leur vétusté et de la volonté de notre client. En effet, un agriculteur qui souhaite garder ses garages pour en faire des abris ne pourrait être obligé de les rendre à Ogees.

6.5 Discussions et perspectives

L'objectif de ce chapitre était de proposer un premier dimensionnement des composants nécessaires à la cogénération pour pouvoir formuler une demande complète au motoriste qui assemblera notre machine. Le modèle 0D mis au point, la littérature ainsi que des développements mathématiques nous ont permis d'atteindre cet objectif. Nous avons pu sélectionner deux moteurs correspondant à nos spécifications. Nous avons déterminé les modifications à lui apporter ainsi que le matériel nécessaires à son adaptation en moteur à gaz. Nous avons ensuite déterminé les périphériques nécessaires au moteur ainsi qu'au circuit de récupération de la chaleur pour fonctionner en cogénération. Les développements mathématiques réalisés nous ont permis de dimensionner et sélectionner les périphériques tels que la pompe circulatrice, les échangeurs à plaques et tubulaire. Cette sélection de composants nous a permis d'établir une structure de prix préliminaire utile au plan financier. De par le travail fourni et les modifications proposées, la question de la protection de la technologie se pose. Est-ce que le moteur adapté par le motoriste selon nos recommandations est suffisamment unique que pour être protégé par un brevet ? Ce sujet est traité à la section 7.6. La conclusion est que notre technologie n'entre que dans trois des quatre critères obligatoires pour la pose d'un brevet. Celui-ci n'est donc pas d'application. L'i-DEPOT est une solution intermédiaire qui permet de se protéger d'un tiers qui revendiquerait la création de la technologie. C'est la solution que la SCRL Ogees privilégiera.

Les propositions faites dans ce travail ont pu être confrontées à la réalité lors d'un rendez-vous avec un préparateur de moteurs à gaz. A l'occasion de notre visite du CRMT, nous avons pu visiter leurs installations, discuter de nos objectifs et de la collaboration qui pourrait voir le jour. Cette rencontre a conforté les choix que nous avons faits : tant sur les paramètres moteurs, tels que la richesse du mélange et le taux de compression, que sur la sélection du moteur.

La réalité économique rattrape cependant la technique au sujet de la sélection du moteur. En effet cette sélection, bien que correcte, n'est pas réaliste d'un point de vue économique. Un travail de recherche et de développement reste à fournir pour la calibration d'un moteur qui n'a encore jamais été adapté au gaz. Ce travail de R&D rendrait le plan financier d'une entreprise naissante telle qu'Ogees difficilement rentable. Le principal conseil ressortissant de cette entrevue est de travailler avec un moteur diesel adapté au gaz déjà disponible, tel que le Kubota DM1803 -dont la fiche technique est reprise en annexe M.3- avec lequel le CRMT travaille. Ce moteur est utilisé par le CRMT pour fournir 17 kW pour un régime de 1500 tr/min et est donc surdimensionné pour fournir 10 kW. Son utilisation impliquerait l'adaptation du remplissage du moteur par l'intermédiaire du papillon et/ou la réduction de la vitesse de rotation du moteur. Cette réduction est facilitée par l'accouplement de type courroie sélectionné. En plus de réduire les coûts, cette solution nous permettrait d'utiliser ce moteur pour une large gamme de puissance en faisant varier l'ouverture du papillon et la vitesse de rotation du moteur.

Bien que notre travail nous permette de réaliser un dimensionnement réaliste du moteur et de ses périphériques, le modèle utilisé reste perfectible. Premièrement, des hypothèses simplificatrices ont été adoptées et pourraient être corrigées pour mieux refléter la réalité. Parmi ces simplifications nous avons : des conditions initiales constantes en pression et température, pas de fumées résiduelles en début de cycle, des ouvertures de soupapes aux points morts haut et bas et une composition de gaz avec uniquement deux composés -méthane et dioxyde de carbone. Deuxièmement, notre modèle se base sur plusieurs corrélations tirées de la littérature. Ces corrélations sont des approximations de la réalité et changent pour chaque type de moteur et chaque jeu de paramètres utilisés. L'idéal serait d'établir expérimentalement nos propres corrélations pour le moteur sélectionné mais pour ce faire, des tests sur des moteurs réels doivent être réalisés. Nous avons utilisé des corrélations pour : les pertes mécaniques, les pertes aux parois et pour la modélisation de la combustion. Finalement, les pertes par rayonnement n'ont pas été prises en comptes dans ce modèle et ont une incidence sur la chaleur récupérable du moteur.

Une des perspectives de notre travail serait donc de corriger toutes ces hypothèses simplificatrices pour obtenir des résultats plus proches de la réalité. Une autre perspective serait d'ajouter un modèle détectant le phénomène de cliquetis. Ce modèle se basant sur une corrélation, nécessiterait également des tests expérimentaux sur un vrai moteur. L'intérêt de l'amélioration du modèle est limité pour la sélection du moteur puisque, comme discuté, notre modèle nous

permet déjà d'effectuer une sélection réaliste. Ces améliorations auraient plus d'intérêt pour le dimensionnement du circuit de récupération de chaleur. Cependant l'intérêt n'est que théorique puisque, en pratique, ce genre de dimensionnement est réalisé en sur-dimensionnant chaque composant. La principale perspective future pour notre travail serait de travailler avec un moteur réel. Cela nous permettrait de valider ou corriger les corrélations utilisées et réaliser un dimensionnement du circuit de chaleur exact. Finalement, travailler sur un vrai moteur nous permettrait d'effectuer la phase de recherche et développement nécessaire à l'adaptation d'un moteur diesel en moteur à gaz. Le travail réalisé dans ce mémoire resterait néanmoins une base importante pour des expériences pratiques.

Chapitre 7

Plan opérationnel

7.1	Offre commerciale	134
7.2	Activités opérationnelles	135
7.2.1	Les activités de base	135
7.2.2	Les activités de support	137
7.3	Ressources humaines	138
7.3.1	Répartition des tâches	138
7.3.2	Politique de rémunération	138
7.3.3	Le dirigeant d'entreprise	139
7.3.4	Les salariés	145
7.4	Analyse SWOT	152
7.4.1	Forces	153
7.4.2	Faiblesses	153
7.4.3	Opportunités	154
7.4.4	Menaces	155
7.5	Marketing	157
7.5.1	Aperçu du marché et comprendre les besoins des clients	157
7.5.2	Marketing stratégique	160
7.5.3	Marketing opérationnel	172
7.5.4	Construction de la relation avec les clients	178
7.5.5	Extraire de la valeur des clients	178
7.6	Protection de la technologie	179
7.6.1	Brevet	179
7.6.2	i-DEPOT	182
7.6.3	Confidentialité et non-concurrence	182

7.7	Droit de l'entreprise	184
7.7.1	Société	184
7.7.2	Obligations comptables, fiscales et sociales	189
7.8	Perspectives futures	197

Ce chapitre relate le plan opérationnel suivi afin d'amener le produit imaginé aux chapitres précédents sur le marché. Après un récapitulatif de l'offre commerciale qui peut être établie suite aux chapitres précédents, les activités que devront réaliser les collaborateurs au sein de la société Ogees sont décrites. Ensuite, une analyse SWOT et les aspects relatifs au marketing sont abordés afin de créer de la valeur pour le segment cible. De plus, se pose la question de la protection d'un point de vue légal de la technologie développée. Les choix qui régissent la relation entre les fondateurs de l'entreprise sont alors exposés. Enfin, ce chapitre se clôture en exposant des possibilités d'évolution du *Business Model*, qui pourraient constituer la stratégie à long terme de la société Ogees.

7.1 Offre commerciale

Maintenant que nous avons compris le marché dans lequel la société évolue ainsi que la solution qu'elle propose, nous pouvons définir son offre commerciale.

L'activité principale d'Ogees peut être définie comme étant la vente et l'installation d'unités de micro-cogénération fonctionnant au biogaz. Lors de cette vente, il est aussi proposé un contrat de maintenance d'une durée de 7 ans. Nous renvoyons à la section 7.5.3 pour plus de détails.

Dès qu'un agriculteur fait appel à Ogees, une étude de pertinence doit être réalisée. Cette étude a pour objectif de déterminer le coût de l'installation et ainsi permettre à Ogees de remettre une offre. Pour un approfondissement de l'offre voir l'annexe B. Quand un contrat de maintenance est conclu, la garantie de l'installation est prolongée de 5 ans.

Lorsque le client a reçu l'offre, celui-ci peut entamer les démarches administratives. Il va pouvoir demander à bénéficier du subside « UDE » qui intervient à hauteur de 27,5% du montant total de l'investissement éligible. Les travaux ne pouvant pas être entamés avant la demande, celle-ci devra être faite avec célérité. Toutefois, une réponse de l'administration devrait arriver dans les 10 jours ouvrables dès réception de la demande (Direction générale opé-

rationnelle Economie, Emploi et Recherche (DGO 6), 2016). Durant cette période, l'agriculteur doit faire une demande de permis d'urbanisme -celle-ci devant être « *formellement motivé[e]* au regard de l'incidence de ces activités sur l'activité agricole, le paysage, la flore, la faune, le sol, le ruissellement, le débit et la qualité des cours d'eau » (art.R.II.36-11 et 12 du CoDT). Il doit aussi introduire un formulaire de déclaration auprès de la commune pour les déchets de classe 3 repris dans la rubrique 40.40.10.01 de l'Annexe I de l'Arrêté du Gouvernement wallon du 4 juillet 2002 (art.11 du Décret relatif au permis d'environnement, 1999). En outre, pour pouvoir bénéficier des CV, l'agriculteur devra faire une demande à la DGO4 -cf. section 4.2.2.

Ensuite, l'agriculteur pourra faire une demande de financement auprès de sa banque. Notons qu'une condition suspensive d'obtention du subside, d'un prêt ou d'un permis peut être insérée dans le contrat, celle-ci étant prise en compte à l'article 3.3. des conditions générales -cf. annexe B.2.

Enfin, lorsque toutes ces conditions sont remplies, Ogees installe l'unité sur le site du client. Le point de départ du contrat de maintenance est celui de la mise en service de l'installation lorsque cette dernière commence à produire du gaz.

7.2 Activités opérationnelles

Afin de créer de la valeur pour ses clients, une entreprise doit réaliser toute une série d'activités opérationnelles que l'on peut classer en cinq activités principales et trois activités secondaires (Johnson, Whittington, Scholes, Angwin, & Regnér, 2014).

7.2.1 Les activités de base

Les cinq fonctions primaires sont directement liées à l'offre de produit et sont en lien étroit avec la création de valeur.

La logistique d'approvisionnement

Cette première catégorie reprend les activités liées à l'acquisition de ressources dans le but de produire l'offre à destination du client final. De nombreux intrants doivent en effet être acheminés vers la SCRL Ogees : les conteneurs de digestion et les citernes souples de stockage doivent être achetés auprès du fournisseur ERigène, le moteur Kubota sur lequel le calculateur aura déjà été placé auprès du CRMT, le conteneur auprès d'ARDEN Manutention, sans oublier les nombreux composants annexes—qui sont présentés plus en détail dans le chapitre traitant des

aspects financiers.

Une création de valeur peut, dès cette première étape, être captée grâce à la sélection de composants de qualité qui seront à la source de la durabilité des produits Ogees.

La production

Cette deuxième fonction consiste en l'utilisation des matériaux acquis à la première étape. Dans notre cas, les différents composants seront assemblés afin de former une unité de cogénération alimentée au biogaz. Dans la pratique, cela signifie que les collaborateurs d'Ogees –par exemple l'ouvrier recruté en octobre 2017- composent notamment le conteneur de production d'électricité en y plaçant l'armoire électrique, le moteur, la génératrice, etc, achetés auprès de divers fournisseurs à l'étape précédente.

Réaliser ces travaux d'assemblage avec soin permet d'augmenter la valeur perçue par le client en fournissant un produit de qualité.

La logistique externe

Les activités de cette catégorie assurent la rencontre entre l'offre et le client. Dans notre cas, il faut donc non seulement gérer les stocks de produits assemblés à destination des clients, le transport des conteneurs assemblés mais aussi la livraison de ceux-ci sur le site agricole. Cela consiste donc concrètement à tenir une fiche de stocks afin de connaître avec précision les composants –transformés ou à transformer- disponibles dans l'entreprise. De plus, il faut s'assurer que les marchandises sortantes de l'entreprise soient préparées. Enfin, il est nécessaire de planifier les transports de la solution conteneurisée par le biais d'une société de distribution. Une bonne gestion de stock et des livraisons effectuées dans les temps permettent d'éviter les frais supplémentaires pour la société Ogees et pour ses clients.

La commercialisation

Cette quatrième fonction comprend principalement la vente et le marketing. Les activités relatives à la commercialisation du produit seront présentées au chapitre consacré au marketing. Alors que les ventes influencent la perception d'un acheteur en convainquant celui-ci des bienfaits du produit, le marketing permet non seulement d'informer le client des produits mais aussi de créer une image et une réputation de l'entreprise qui influenceront la perception du consommateur (Johnson, et al., 2014).

Les services

Cette dernière catégorie des activités de base de l'entreprise reprend différents services qui accompagnent le produit physique. En effet, Ogees effectue l'installation des unités chez le client final mais accompagne également durant la mise en route du digesteur. De plus, le service de maintenance complète l'offre physique et comprend des réparations, des remplacements de pièces défectueuses ainsi que la résolution de problèmes rencontrés durant la durée de vie de l'installation.

L'ensemble de ces services prestés augmente la satisfaction du client ainsi que la durée de vie de l'installation, qui impacte à son tour la rentabilité du projet.

7.2.2 Les activités de support

Bien que les activités renseignées ci-dessous n'interviennent pas directement dans le processus de production, celles-ci sont néanmoins indispensables au bon fonctionnement d'une entreprise.

L'infrastructure

Cette catégorie reprend d'un côté les infrastructures matérielles nécessaires au développement de l'activité. Nous pensons notamment à la location d'une camionnette, l'investissement dans du matériel de bureau et informatique mais aussi la location de bâtiments dans lesquels l'assemblage décrit plus haut peut être effectué. D'un autre côté, cette catégorie contient aussi les systèmes d'information –afin de connaître, par exemple, avec précision les niveaux des stocks, de suivre l'évolution de l'assemblage ou du transport- et de planification (Johnson, et al., 2014).

Les ressources humaines

Le capital humain influence grandement la valeur offerte au client final. Comme expliqué dans la section 7.3, un administrateur délégué à la gestion journalière ainsi qu'un ouvrier constitueront la force de travail. Concrètement, Ogees doit recruter cet ouvrier en question, le former pour qu'il puisse maîtriser la technologie employée mais également le motiver tout au long de sa carrière.

Développement technologique

Cette dernière activité regroupe les technologies directement liées à la conception et à l'assemblage des produits. Dans notre cas, il s'agit donc du savoir-faire immatériel relatif à la manière d'assembler les différents éléments afin d'en obtenir une solution finale. De plus, Ogees pourrait, lorsque l'entreprise se situera à un stade plus avancé, faire de la recherche et développement concernant les intrants introduits dans les digesteurs afin de conseiller au mieux

les agriculteurs sur les bonnes pratiques. Par ailleurs, la société pourrait également faire de la R&D concernant les procédés de biométhanisation afin de développer cette technologie en interne. Enfin, l'entreprise pourrait améliorer la durée de vie ou les performances des moteurs achetés auprès des fournisseurs.

Cet outil de la chaîne de valeur a donc permis de décrire les activités qui constitueront le quotidien de l'entreprise Ogees afin que celle-ci puisse créer de la valeur qui sera perçue par son segment cible.

7.3 Ressources humaines

Une société ne pourrait fonctionner sans ressources humaines. Dans le cadre de cette section, nous allons présenter les choix de collaboration qui ont été faits dans le but de faire fonctionner la SCRL Ogees.

7.3.1 Répartition des tâches

Les porteurs du projet Ogees ont décidé que :

- Adrien sera administrateur délégué et considéré d'un point de vue managérial comme étant le *CEO*. Il sera occupé à temps plein dès le 1^{er} octobre 2017 ;
- Simon et Angelo seront associés et siégeront au conseil d'administration sans être rémunérés. Ce choix a été posé car Angelo et Simon souhaitent rester dans la société tout en acquérant une expérience professionnelle dans une autre société privée ;
- Nicolas sera conseiller indépendant de la société Ogees. Il ne prendra pas part aux décisions stratégiques mais apportera son expertise technique sur des dossiers spécifiques.

En outre, un travailleur salarié sera recruté dès octobre 2017 afin de développer le démonstrateur fonctionnel puis d'assurer l'installation et la maintenance des unités. Par ailleurs, la collaboration avec Angelo et Simon pourra être revue afin que ceux-ci deviennent administrateurs rémunérés en fonction de la charge de travail.

7.3.2 Politique de rémunération

La politique de rémunération pratiquée chez Ogees s'inspire des principes repris dans une étude de l'Université de Princeton menée par Kahneman et Deaton (2010). Ceux-ci ont défini que le bonheur d'une personne n'augmente plus lorsqu'elle gagne plus de 75 000\$ par an, aux

Etats-Unis (Kahneman & Deaton, 2010). Par conséquent, les salaires ne devraient pas être excessifs, spécialement pour le management. C'est pourquoi la SCRL Ogees limitera les salaires des membres de la direction à maximum quatre fois le salaire le moins élevé, sans que leurs salaires ne puissent excéder 65 000€ net par an.

Durant les cinq premières années, il est prévu que le salaire mensuel brut du dirigeant soit de 2 800€, cette rémunération sera augmentée au 31 décembre 2020 à concurrence de 200€¹. Le salaire du travailleur sera de 1 910€.

7.3.3 Le dirigeant d'entreprise

Dans cette section, nous abordons les obligations sociales et fiscales qui s'imposent au dirigeant d'entreprise. Ensuite, nous verrons de manière théorique les possibilités de ventilation de la rémunération qui s'offrent au dirigeant d'entreprise.

Aspect social

D'un point de vue social, c'est l'article 3,§1^{er} de l'Arrêté Royal n°38 (1967) qui considère « *toute personne physique, qui exerce en Belgique une activité professionnelle en raison de laquelle elle n'est pas engagée dans les liens d'un contrat de louage de travail ou d'un statut* » comme travailleur indépendant, ce qui est le cas du dirigeant de la société Ogees.

De plus, une présomption existe sur base des revenus qualifiés de rémunérations de dirigeant d'entreprise, de profits ou de bénéfices, tels que repris dans le C.I.R. 92 (art.3,§1^{er},al.2 de l'Arrêté Royal n°38 organisant le statut social des travailleurs indépendants, 1967). Cette présomption ne vaut que jusqu'à preuve du contraire, celle-ci ne constituant « *qu'un adjuvant qui permet d'identifier plus aisément les travailleurs indépendants. Elle doit être abandonnée lorsque la réalité sociologique, seule déterminante, est en sens contraire* » (C.trav.Mons, 8 février 2013, inédit, *R.G.*, n°2011/AM/260).

En droit social, le dirigeant d'entreprise a donc le statut de travailleur indépendant et doit payer des cotisations sociales afin de préserver ses droits sociaux (Eymael, 2013, p. 7). Cela étant, il est toujours possible qu'une personne considérée comme indépendant exerce aussi une activité dans le cadre d'un contrat de travail, elle sera alors assujettie aux deux régimes.

Les associés ne sont pas assujettis à un régime de sécurité sociale. Partant, aucune cotisation ne sera due sur les éventuels dividendes qu'ils pourraient recevoir après la cinquième année

1. Cette augmentation de salaire a pour objectif de continuer à bénéficier du taux réduit à l'impôt des sociétés

d'activité. Ces derniers seront qualifiés d'associés non-actifs en ce qu'ils détiennent « *une part du capital, en recueillent les fruits mais ne se livrent pas à une activité* » (Verwilghen & Gilson, 2013, p. 225; C. trav Mons, 14 avril 1999, inédit, *R.G.* n°13890; C. trav. Liège, 17 avril 2001, *J.T.T.*, p.293; C.trav. Liège, 16 octobre 2007, inédit, *R.G.*, n°8375/07). Par ailleurs, Adrien sera associé actif en ce qu'il détient une part du capital, qu'il en recueille les fruits et qu'il « *exerce au sein de la société une activité non salariée dans le but de faire fructifier le capital qui lui appartient en partie* » (C.trav.Mons, 14 février 2012; *J.T.T.*, 2013, pp.123 et 124.). C'est cet associé qui sera assujetti au statut social des travailleurs indépendants.

Le dirigeant d'entreprise doit s'affilier à une caisse d'assurances sociales pour travailleurs indépendants. Cette affiliation doit être faite avant le début de l'activité, à savoir en septembre 2017 (art.10,§1^{er} de l'Arrêté Royal n°38 organisant le statut social des travailleurs indépendants, 1967). La caisse choisie est la même que celle de la société, à savoir Securex. Notons que Simon et Angelo, bien qu'exerçant des mandats non-rémunérés, devront aussi s'affilier à une caisse d'assurances sociales en mentionnant la gratuité de leur mandat afin d'échapper au paiement des cotisations sociales (Dekoker & Thibaut, 2013, p. 44).

Le calcul des cotisations sociales des travailleurs indépendants est déterminé par l'article 11 de l'Arrêté Royal n°38 du 27 juillet 1967 en ce que : « *Les cotisations des assujettis sont exprimées par un pourcentage des revenus professionnels. Par revenus professionnels [...] il y a lieu d'entendre les revenus professionnels bruts, diminués des frais professionnels, et, le cas échéant, des pertes professionnelles, fixés conformément à la législation relative à l'impôt sur les revenus dont l'assujetti a bénéficié en qualité de travailleur indépendant* ». Le calcul des cotisations sociales dues par le travailleur indépendant se fait sur base des revenus de l'année même. Cependant, ce montant n'étant pas encore connu durant l'année, des paiements provisoires devront être effectués sur base des revenus perçus durant la troisième année qui précède, ou si ceux-ci ne sont pas connus, sur la base des revenus professionnels de l'exercice d'imposition le plus récent précédant l'exercice d'imposition (art.11,§3,al.1^{er} et al.2 de l'Arrêté Royal n°38 organisant le statut social des travailleurs indépendants, 1967). Lorsque la caisse d'assurances sociales a connaissance des revenus de l'année, elle régularise les cotisations. L'indépendant peut alors payer des montants provisoires supérieurs (Art.11,§3,al.5 de l'Arrêté Royal n°38 organisant le statut social des travailleurs indépendants, 1967) ou inférieurs (art.11,§3,al.6 de l'Arrêté Royal n°38 organisant le statut social des travailleurs indépendants, 1967) à ceux établis par rapport à ceux calculés sur base de la troisième année qui précède.

Cette possibilité d'adaptation a été apportée afin de permettre à l'indépendant de mieux faire coïncider ses revenus réels avec les montants payés trimestriellement.

Lors de l'année 2017, l'année de référence n'existe pas, c'est pourquoi il est prévu un montant trimestriel de 709,03€ et de 726,32€ pour la deuxième et la troisième année, montant calculé sur une base annuelle de 13 296,25€ (art.13bis et 14 de l'Arrêté Royal n°38 organisant le statut social des travailleurs indépendants, 1967). Cependant, le salaire réel d'Adrien sera de 2 800€, soit 33 600€ annuel jusqu'au 31 décembre 2020. Partant, il payera un montant supérieur afin de ne pas devoir régulariser sa situation après la troisième année. Le montant annuel qu'il payera sera de 6 888€ par an soit 2 296€ par trimestre. Les cotisations sociales seront payées par le dirigeant afin que la société ait une bonne vision du coût total du dirigeant.

Aspect fiscal

Dans cette section, nous examinerons de façon théorique les possibilités qui s'offrent au dirigeant d'entreprise pour ventiler sa rémunération, le choix de la voie la moins imposée ayant été consacré par la Cour de cassation dans son arrêt « Au vieux Saint-Martin » (Cass. 22 mars 1990, *Pas.*, 1990, I, p.849).

En droit fiscal, les revenus des dirigeants d'entreprise « *sont toutes les rétributions allouées ou attribuées à une personne physique* :

1. *qui exerce un mandat d'administrateur, de gérant, de liquidateur ou fonctions analogues ;*
2. *qui exerce au sein de la société une fonction dirigeante ou une activité dirigeante de gestion journalière, d'ordre commercial, financier ou technique, en dehors d'un contrat de travail* » (art.32,al.1^{er} du C.I.R. 92).

Cet article vise deux catégories de personnes. La première catégorie regroupe les personnes physiques qui sont des organes statutaires de la société et dont le critère déterminant, pour l'application de l'article 32,1° C.I.R. 92, est le fait qu'une personne exerce des missions qui sont normalement dévolues aux organes d'administration, et qui excèdent la simple gestion journalière (Traversa, Malherbe, & Hermand, 2009, p. 497). L'article 32 *in fine* stipule que la définition de rémunération du dirigeant d'entreprise ne s'applique pas aux personnes qui sont à la fois salariées et qui exercent un mandat à titre gratuit.

La deuxième catégorie de personnes, visées par l'article 32 du C.I.R. 92, sont celles qui exercent une activité indépendante au sein de la société. Il faut donc que la personne « appartienne » à la société, les conseillers extérieurs ne pourront pas être considérés comme dirigeants (Traversa

et al., 2009, p. 496). Nicolas, en tant que consultant indépendant sans mandat ni fonction interne, n'entrera pas dans cette seconde catégorie de personnes.

En droit fiscal, il existe le principe d'attraction qui est un concept juridique (Cass., 7 décembre 1955, *Pas.*, 1956, I, 336) selon lequel les montants attribués aux personnes ayant un mandat d'administrateur, de gérant, de liquidateur ou une fonction analogue sont imposés au titre de revenus de dirigeant d'entreprise. Le principe d'attraction n'existant pas en droit social, il est possible de considérer certaines sommes comme revenus d'indépendant et d'autres comme revenus de salarié (Clesse & Dizier, 2010, p. 136). Si un dirigeant exerce une activité dans la société en ayant un contrat de travail qui le lie à celle-ci, ses revenus seront considérés comme étant des revenus de dirigeant d'entreprise. Le principe d'attraction permet alors d'éviter que le contribuable n'applique deux fois des frais professionnels forfaitaires (C.C., 1^{er} mars 2001, n°30/2001, B.6.3.1), une fois comme indépendant et une fois comme salarié. En outre, trois exceptions au principe d'attraction doivent être retenues à savoir : (i) lorsqu'une personne physique exerce un mandat non-rémunéré et une fonction de salarié dans la même société (art.32,al.4 du C.I.R. 92), dans ce cas, un lien de subordination devra alors exister (Zdravkov, 2016, p. 18), (ii) les loyers et avantages locatifs d'un immeuble donné en location à la société par le dirigeant lorsque ceux-ci n'excèdent pas les cinq-tiers du revenu cadastral revalorisé (art.32,al.2,3° du C.I.R. 92), (iii) les dividendes et les intérêts ayant été soumis au précompte mobilier libératoire (art.18, 261 et 269 du C.I.R. 92).

Le dirigeant est soumis à l'impôt des personnes physiques selon le principe de la progressivité. A ce stade, s'il reçoit toute sa rémunération sous la forme de rémunération de dirigeant d'entreprise, il n'aurait pas d'intérêt, d'un point de vue fiscal, à se mettre en société. L'objectif d'une ventilation de la rémunération est de diminuer la part du revenu considéré comme rémunération de dirigeant d'entreprise. La partie qui suit est donc consacrée à l'étude des différentes voies qui s'offrent au dirigeant d'entreprise pour se rémunérer.

Rémunérations directes

Rémunérations en espèces

Le dirigeant peut percevoir une rémunération en espèces dont le montant est établi par l'assemblée générale. Cette rémunération peut être fixe ou variable, il faut cependant rester attentif aux aspects fiscaux d'une rémunération variable afin de ventiler au mieux la rémunération (Dekoker & Thibaut, 2013, p. 45). Cette rémunération est soumise au précompte professionnel sur base trimestrielle.

Tantièmes

Le dirigeant peut aussi recevoir des tantièmes qui consistent en l'attribution du bénéfice d'une société à un de ses administrateurs, sous quelque forme que ce soit, à l'exception des dividendes.

Les tantièmes sont considérés d'un point de vue fiscal comme une rémunération en espèces et sont donc imposables l'année durant laquelle ils ont été attribués ou payés même si celle-ci ne coïncide pas avec l'année durant laquelle la société les a véritablement déduits (Dekoker & Thibaut, 2013, p. 46). Pour l'aspect social, les tantièmes sont aussi considérés comme une rémunération en espèces.

Les tantièmes et les salaires sont tous deux soumis au taux progressif, aux cotisations sociales et aux centimes additionnels. En outre, les tantièmes sont déductibles dans le chef de la société, l'année N-1 par rapport à celle durant laquelle ils sont imposés dans le chef du dirigeant. Enfin, un précompte professionnel devra être retenu sur les tantièmes, ce qui va diminuer leur avantage dans le chef du dirigeant.

Jetons de présences

L'octroi de jetons de présences est décidé par l'assemblée générale afin de récompenser les administrateurs pour leur assiduité aux réunions du conseil d'administration (Dekoker & Thibaut, 2013, p. 46). Ce type de rétribution est considéré sur le plan social comme sur le plan fiscal comme une rémunération en espèces.

Dividendes

Les dividendes sont les sommes versées aux associés, par prélèvement sur les bénéfices nets de la société. Ils sont considérés comme étant des revenus mobiliers et sont soumis à un précompte mobilier libératoire dont le taux est de 30% à partir du 1^{er} janvier 2017. Ce taux peut être réduit à 15% - 20% en fonction de la période d'attribution du dividende, pour les petites sociétés (art.269,§2 C.I.R. 92). Le dividende est calculé sur le bénéfice net, ce qui signifie que l'impôt des sociétés a déjà été imputé.

Loyers d'immeubles bâtis loués à sa propre société

Pour cette forme de rémunération, notons simplement que lorsqu'un dirigeant d'entreprise

met un immeuble à disposition de sa société et en retire un loyer supérieur à cinq-tiers du revenu cadastral revalorisé, la partie excédentaire sera requalifiée en rémunération de dirigeant d'entreprise.

Avantages sociaux

La société peut octroyer certains avantages sociaux au dirigeant d'entreprise. Cela peut comprendre des chèques repas, une assurance hospitalisation, etc. Ces avantages sont immunisés fiscalement et socialement dans le chef du dirigeant. Par ailleurs, la société ne pourra pas les déduire.

Rémunérations indirectes

Rémunérations immédiates

Le dirigeant peut recevoir des avantages de toute nature (ATN) qui sont des avantages que la société attribue au dirigeant et qui sont considérés comme revenus professionnels. L'avantage pour un dirigeant d'entreprise de se voir octroyer un ATN est que certains sont estimés forfaitairement dans l'article 18 de l'Arrêté Royal d'exécution du Code des impôts sur les revenus 1992 (1993), cette valeur forfaitaire est souvent moindre que la valeur réelle de l'avantage (Dekoker & Thibaut, 2013, p. 48). A titre d'exemple, on peut citer : la mise à disposition d'un véhicule automobile, la mise à disposition gratuite d'un logement, la fourniture gratuite de chauffage et d'électricité, la mise à disposition d'un GSM, d'un ordinateur ou encore d'une connexion internet.

De plus, le dirigeant pourrait consentir un prêt à la société. Dans ce cas, il aurait un compte créditeur et la société devrait lui payer un intérêt. L'avantage du paiement d'un intérêt dans le chef de la société, est que celui-ci est déductible à titre de dépenses professionnelles et soumis dans le chef du dirigeant à un précompte mobilier libératoire (Dekoker & Thibaut, 2013, p. 53).

Rémunération différée

Le dirigeant peut aussi se rémunérer de manière différée en se voyant attribuer une partie de sa rémunération lors de son départ à la retraite. Ce système permet à la société de souscrire à un système de pension extra-légale de type engagement individuel de pension, assurance groupe ou encore pension libre complémentaire pour indépendants. Ces pensions font partie du deuxième pilier.

Dépenses déductibles

Les dirigeants d'entreprises ont la possibilité de déduire leurs frais professionnels. Cela peut

se faire soit sur base réelle, soit sur base forfaitaire -3% avec un plafond de 2 440€ (art.51 du C.I.R. 92).

Discussions et perspectives

L'objectif de ce chapitre est de donner un aperçu théorique des possibilités qui s'offrent au dirigeant d'entreprise pour ventiler sa rémunération. Le choix qui a été fait, en adéquation avec le plan financier développé au chapitre 8.1, peut se résumer comme suit :

- Tout d'abord, la société n'aura absorbé ses pertes cumulées qu'en 2021. Cependant, aucun dividende ne sera distribué avant 2022. De plus, afin de bénéficier du *tax shelter* la société ne peut distribuer de dividende durant les 48 premiers mois -pour un approfondissement nous renvoyons à la section 8.3.1 ;
- Concernant les tantièmes, bien que ceux-ci soient déductibles dans le chef de la société, il n'en sera point accordé jusqu'en 2022 ;
- Ensuite, le paiement de jetons de présences à Simon et Angelo enlève le caractère gratuit de leur mandat, de plus, nous considérons qu'ils n'ont pas besoin d'un incitant financier pour participer à la prise de décision au sein du conseil d'administration, c'est pourquoi l'assemblée générale décidera de ne pas en attribuer ;
- Enfin, nous ajouterons qu'Adrien ne dispose pas d'un bien immobilier assez grand que pour être mis à la disposition de la société.

Partant, la rémunération de l'administrateur délégué sera constituée d'une rémunération en espèces, éventuellement ventilée avec des avantages de toute nature et le paiement de primes de pensions relevant du deuxième pilier. Afin de ventiler de façon optimale la rémunération du dirigeant, un comptable-fiscaliste sera consulté peu avant la création effective de la SCRL Ogees. Dans le cadre du présent mémoire, nous avons considéré que la charge salariale du dirigeant serait de 2 800€ brut jusqu'au 31 décembre 2020 pour être portée à 3 000€ brut. Cette augmentation de rémunération a pour but d'encore bénéficier du taux d'imposition progressif dans le chef de la société.

7.3.4 Les salariés

Afin d'effectuer les installations, le suivi technique ainsi que les maintenances des unités de cogénérations fonctionnant au biogaz, la SCRL Ogees est amenée à engager des salariés. Dans un premier temps, il est prévu d'embaucher, le 1^{er} octobre 2017, une personne ayant des

connaissances techniques. Cette section tend à donner une brève explication de la relation entre employeur et travailleur. Pour plus d'approfondissements, voyez Clesse et Kéfer (2014).

La relation de travail

L'existence d'un contrat de travail requiert trois conditions ; (i) un travail, (ii) une rémunération dûe en contrepartie du travail, (iii) un lien de subordination (art.2 et 3 de la Loi relative aux contrats de travail, 1978). Le travailleur est donc tenu d'exécuter les tâches que l'employeur lui donne, en échange d'une rémunération.

La formation du contrat de travail

Le contrat de travail se forme sur base de l'échange des consentements. De ce fait, personne ne peut être forcé de travailler pour un employeur s'il n'en a pas l'envie, l'inverse étant vrai aussi en vertu de la liberté d'entreprendre (Clesse & Kéfer, 2014, p. 217). L'employeur est donc libre de composer son équipe comme il le souhaite. La SCRL Ogees veillera à embaucher ses travailleurs sur base de leur expertise et de leur capacité sans préjuger de leur race, de leur sexe ou de leur âge. Le processus de recrutement est encadré par la convention collective n°38 adoptée par le Conseil national du travail le 6 décembre 1983². A titre exemplatif, nous pouvons citer l'obligation d'égalité de traitement des candidats ou encore la gratuité de la procédure de sélection. En outre, les parties signataires de la convention collective s'engagent à ce que leurs membres, les employeurs, évitent de poser des questions non pertinentes relatives à la vie privée ou encore qu'ils ne fassent faire des travaux productifs aux candidats si ceux-ci devaient durer plus longtemps que nécessaire (Convention collective n°38 concernant le recrutement et la sélection des travailleurs, 1983).

L'écrit n'est pas nécessaire dans le cadre d'un contrat de travail, dès qu'un accord sur un travail et une rémunération est trouvé, le contrat est conclu. Cependant, nous noterons que le législateur impose la constatation du contrat par écrit dans certains cas déterminés tels que le contrat à durée déterminée, le travail nettement défini (art.9 de la Loi relative aux contrats de travail, 1978) ou encore le contrat à temps partiel (art.11bis de la Loi relative aux contrats de travail, 1978). Parfois l'écrit sera requis comme condition pour l'existence d'une clause telle que la clause de non-concurrence (art.65, 86 et 104 de la Loi relative aux contrats de travail, 1978). En l'absence d'écrit, et même si la valeur du litige dépasse 375€, la preuve du contrat de travail pourra être apportée par témoin, cette exception au droit commun est admise (art.12 de la Loi

2. Les articles 1 à 6 de la convention collective n°38 ont été rendus obligatoire par l'Arrêté Royale du 31 août 1999

relative aux contrats de travail, 1978). Néanmoins, lorsque le contrat de travail est constaté par écrit, celui-ci prévaudra et les règles de l'article 1341 du Code civil sont d'application. Par conséquent, le contrat entre la SCRL Ogees et ses travailleurs est un contrat écrit.

Le contrat entre le travailleur et la société est un contrat à durée indéterminée. Ce type de contrat, privilégié par le législateur, offre une plus grande stabilité d'emploi au travailleur (Clesse & Kéfer, 2014, p. 232). Dans la mesure du possible, le contrat est un contrat à temps plein avec horaires fixes.

Notons aussi que lorsque la SCRL Ogees va embaucher un travailleur, elle devra faire une déclaration « DIMONA » telle que prévue par l'Arrêté royal instaurant une déclaration immédiate de l'emploi, en application de l'article 38 de la loi du 26 juillet 1996 portant modernisation de la sécurité sociale et assurant la viabilité des régimes légaux des pensions.

L'exécution du contrat de travail

La première obligation des parties est celle de la bonne foi (art.1134,al.2 du Code civil). Cette exigence se retrouve aussi à l'article 16 de la loi du 3 juillet 1978. Par conséquent, le travailleur ne pourrait se livrer à des opérations de concurrence³ (Clesse & Kéfer, 2014, p. 254). La seconde obligation du travailleur est d'exécuter son travail avec soin, conscience et probité, au temps, au lieu et dans les conditions convenues et d'agir conformément aux ordres donnés par l'employeur. En outre, le travailleur ne pourra pas divulguer de secrets de fabrication ou d'affaires concernant la SCRL Ogees (art.17 de la Loi relative aux contrats de travail, 1978), ceux-ci étant cruciaux pour la continuité de la société. Nous renvoyons le lecteur au chapitre 7.6, pour une explication de la protection de la technologie.

L'employeur a l'obligation de faire travailler le travailleur, le salarié ne pourra donc rester inoccupé. Pour cette raison, le moment d'engagement d'un travailleur sera choisi avec minutie afin de ne pas devoir le licencier faute de travail disponible dans la société. La SCRL Ogees a aussi l'obligation de payer la rémunération de son travailleur. De ce fait, même si la société est en perte, le travailleur aura toujours droit à son salaire. Afin de rester dans une optique de sécurité, la société offrira un salaire fixe à son travailleur⁴. De plus, l'employeur doit garantir la sécurité et la santé du travailleur (art.20 de la Loi relative aux contrats de travail, 1978)⁵.

3. Lorsque les actes de concurrence sont déloyales, ils ne peuvent avoir lieu ni pendant l'exécution du contrat ni après, même en l'absence de clause de non-concurrence vis-à-vis de son employeur

4. En l'espèce, le salaire minimum est fixé par la Commission paritaire 149.04

5. Voy. aussi la Loi du 4 août 1996 relative au bien-être des travailleurs lors de l'exécution de leur travail, M.B., 18 septembre 1996

Dans le cadre de l'exécution du contrat de travail, chacune des parties peut voir sa responsabilité engagée. Toutefois, cette responsabilité est atténuée dans le chef du travailleur (art.18 de la Loi relative aux contrats de travail, 1978), celui-ci ne répondant que de sa faute lourde, de son dol ou de sa faute légère ayant un caractère habituel. Lorsque le travailleur commet une faute, autre que celles précitées, la victime dispose d'une action fondée sur base de l'article 1384,al.3 du Code civil à l'encontre du commettant. Lorsque la faute est une des trois fautes dont le travailleur est tenu, alors la victime aura devant elle deux débiteurs tenus *in solidum*. Si la SCRL Ogees a dû indemniser la victime pour la faute d'un de ses travailleurs, elle sera subrogée dans les droits de la victime pour réclamer, au travailleur, le remboursement des décaissements effectués (art.1251,3° du Code civil; Clesse & Kéfer, 2014, p. 277). S'il s'agit d'une faute pour laquelle le travailleur est immunisé, la victime n'aura qu'un seul débiteur et il n'y aura pas de recours possible du commettant contre le travailleur.

Ogees va souscrire une assurance couvrant les accidents qui surviennent, entre autre, à un travailleur dans le cours et par le fait de l'exécution du contrat de travail, cette assurance est rendue obligatoire par la loi du 10 avril 1971 sur les accidents du travail. De plus, une assurance responsabilité civile est souscrite. Les primes étant fonction du risque encouru par le personnel, nous ne les prenons pas spécifiquement en compte dans le plan financier.

La dissolution du contrat de travail

Il peut être mis un terme au contrat : par accord des parties⁶, à l'expiration du terme (art.32,2° de la Loi relative aux contrats de travail, 1978), par le décès d'une des parties (art.32,4° de la Loi relative aux contrats de travail, 1978), par force majeure (art.32,5° et 26,al.2 de la Loi relative aux contrats de travail, 1978), par condition résolutoire, par résolution judiciaire (art.1184 du Code civil), par la volonté d'une seule partie ou pour motif grave (art.32,3° de la Loi relative aux contrats de travail, 1978). Pour un approfondissement nous conseillons Clesse et Kéfer (2014). Dans la suite de cette section, nous allons analyser la procédure de résiliation unilatérale.

En droit belge, la faculté de mettre fin au contrat par la volonté d'une seule partie est toujours possible. Moyennant certaines conditions, une indemnité sera due par l'une ou l'autre partie. Lorsqu'il s'agit d'un congé moyennant préavis qui émane du travailleur, celui-ci doit être notifié soit par lettre recommandée, soit par exploit d'huissier, soit par la remise d'un écrit à

6. Ce mode de dissolution aura une incidence sur les droits du salarié aux prestations de l'assurance chômage; Voy., art.44, 51 et suivants de l'Arrêté Royal du 25 novembre 1991 portant réglementation du chômage, *M.B.*, 1991-12-31, no 255, pp. 29888-29937

l'employeur lorsque celui-ci a signé le double de l'écrit (art.37,al.3 de la Loi relative aux contrats de travail, 1978). En cas de non respect de cette formalité, la sanction est la nullité relative du préavis. Cela signifie que l'employeur dispose de la faculté de couvrir la nullité en confirmant l'acte nul. Lorsque le congé moyennant préavis émane de l'employeur, il devra soit le notifier par lettre recommandée ou par exploit d'huissier (art.37,al.4 de la Loi relative aux contrats de travail, 1978). La nullité qui affecte le préavis est absolue en cas de non respect du formalisme. Partant, le travailleur pourra soit invoquer la rupture immédiate soit poursuivre l'exécution du contrat et retirer tout effet au congé.

Notons que, dans les deux cas, la nullité du préavis n'affecte pas la validité du congé, le contrat sera alors rompu immédiatement et l'auteur du congé sera redevable d'une indemnité compensatoire de préavis.

Les délais de préavis se calculent en semaines et débutent le lundi suivant la semaine au cours de laquelle a été opérée la notification du congé (art.31/1 de la Loi relative aux contrats de travail, 1978). Ils se calculent en fonction de l'ancienneté du travailleur « *acquise au moment où le préavis prend cours* » (art.37/4 de la Loi relative aux contrats de travail, 1978). « *En cas de licenciement, le délai de préavis est d'au moins deux semaines; la durée croît tous les trimestres durant deux ans, pour atteindre douze semaines après deux années d'ancienneté. Ensuite, la progression ralentit tout en étant régulière* » (art.37/2,§1^{er} de la Loi relative aux contrats de travail, 1978; Clesse & Kéfer, 2014, p. 413). En cas de démission, le délai est progressif et débute par une période d'une semaine et atteint un maximum de treize semaines après huit années d'ancienneté (art.37/2,§2 de la Loi relative aux contrats de travail, 1978). Le préavis pourrait être réduit lorsque le travailleur a trouvé un nouvel emploi (art.37/2,§3 de la Loi relative aux contrats de travail, 1978).

En droit belge, le congé pour motif grave est consacré à l'article 35 de la loi du 3 juillet 1978. Le motif grave y est défini comme « toute faute grave qui rend immédiatement et définitivement impossible toute collaboration professionnelle entre l'employeur et le travailleur » (art.35,al.2 de la Loi relative aux contrats de travail, 1978). La notion de motif grave n'étant pas plus approfondie par la loi, celle-ci est laissée à l'appréciation du juge (art.35,al.1^{er} de la Loi relative aux contrats de travail, 1978). Certaines conditions sont requises pour pouvoir mettre un terme au contrat sur base d'un motif grave. En effet, le congé doit intervenir tout de suite ou à très bref délai à partir de la connaissance du fait et il ne peut plus être donné pour ce motif si le fait qui l'aurait justifié est connu, par la partie qui donne le congé, depuis plus de trois jours

ouvrables (art.35,al.3 de la Loi relative aux contrats de travail, 1978). L'expression de la volonté de rompre le contrat peut être faite oralement. Cependant, la SCRL Ogees veillera toujours à notifier sa volonté par la remise d'un écrit au salarié et à en demander la signature du double, afin d'en garder la preuve. Par ailleurs, les motifs du congé doivent être notifiés par écrit, dans un deuxième délai de trois jours ouvrables commençant à courir le jour de la rupture du contrat (art.35,al.4 de la Loi relative aux contrats de travail, 1978).

En principe, il n'existe pas de contrôle *a priori* par le juge, seul un contrôle *a posteriori* peut être effectué et porte non seulement sur les délais et les formes de notifications des motifs mais aussi sur la réalité et la gravité des motifs invoqués.

Lorsqu'une partie fait usage de son pouvoir de résiliation unilatérale sans respecter les obligations légales, elle s'expose au risque de payer à son cocontractant une indemnité (Clesse & Kéfer, 2014, p. 428). Ce risque se rencontre dans le cas d'un congé sans préavis ou assorti d'un préavis insuffisant, d'un congé donné en invoquant à tort un motif grave ou en ne se pliant pas aux formalités assignées par la loi, etc. Dans ces cas, une créance qui porte sur une indemnité de congé naît dans le chef du destinataire du congé.

La SCRL Ogees sera donc vigilante dans le cas d'un congé donné à un de ses travailleurs.

Incitants à l'embauche

Dans cette dernière partie, nous reprenons quelques incitants mis en place par le législateur dans le but de favoriser l'emploi.

Tout d'abord, la réduction groupe-cible « premiers engagements » va avoir un impact conséquent sur le « coût du travail ». En effet, pour l'engagement d'un premier travailleur entre le 1^{er} janvier 2016 et le 31 décembre 2020, une réduction significative des cotisations de sécurité sociale sur les cotisations patronales restantes après l'application de la réduction structurelle est opérée. Cette réduction est valable jusqu'à la fin du contrat de travail (art.342 et suivants de la Loi-programme du 23 décembre 2002, 2002; art.15 et suivants de l'Arrêté royal pris en exécution du Chapitre 7 du Titre IV de la loi-programme du 24 décembre 2002 (I), visant à harmoniser et à simplifier les régimes de réductions de cotisations de sécurité sociale, 2003). Des dispositions semblables sont applicables pour les cinq travailleurs suivants.

Concrètement, pour un salaire mensuel de 1 910€, le total des cotisations trimestrielles est de 4 279,42€ dont 873,53€ dans le chef du travailleur et 3 405,90€ de cotisations patronales.

Grâce à la réduction structurelle de 617,07€ et à la réduction « premier engagement » de 1 387,97€, les cotisations patronales ne sont plus que de 1 401€ au lieu de 3 405,90€ par trimestre. Les taux étant variables d'un trimestre à l'autre, nous avons considéré le deuxième trimestre de l'année 2017 avec comme code de référence 015 pour le travailleur et 077 pour l'employeur. Pour un approfondissement, nous renvoyons au site web de la sécurité sociale (Sécurité sociale, 2017/2).

Outre ces avantages sociaux, il existe aussi des avantages fiscaux liés à l'occupation des travailleurs. En effet, la société peut être dispensée de verser une partie du précompte professionnel retenu sur les rémunérations imposables de ses travailleurs (Caluwaerts & Criel, 2017, p. 219). Cela signifie que *« seule une partie du précompte professionnel retenu doit être versée au Trésor et que l'autre peut être conservée par l'employeur. Pour le travailleur lui-même, la totalité du précompte professionnel retenu figure sur sa fiche fiscale et est imputée sur l'impôt dû, en ce compris la partie qui n'est pas versée au Trésor »* (Caluwaerts & Criel, 2017, p. 219). Ogees bénéficie de la dispense de versement de précompte professionnel pour les entreprises qui débutent (art.275/10 du C.I.R. 92). Cette dispense s'élève à 20% durant la période comprise entre octobre 2017 et décembre 2020⁷ ensuite jusqu'en septembre 2021⁸ elle sera de 10%, cette dispense ne peut durer que 48 mois à compter de l'enregistrement de la société à la Banque Carrefour des Entreprises.

De plus, la SCRL Ogees bénéficie d'une dispense structurelle de versement du précompte pour PME de 0,12% du montant brut des rémunérations avant retenue des cotisations personnelles de sécurité sociale (art.275/7 du C.I.R. 92).

Nous citerons aussi l'exonération pour personnel supplémentaire dans les PME (art.67ter du C.I.R. 92). La SCRL Ogees bénéficiera de cette exonération en ce que le salaire journalier brut n'excède pas 90,32€, celui-ci étant de 88,15€ pour le travailleur de la SCRL Ogees. Concrètement, le montant de l'exonération sera déduit du bénéfice net de la période imposable, ce montant ne peut pas être reporté (Caluwaerts & Criel, 2017, p. 214).

Enfin, la SCRL Ogees peut bénéficier de la subvention « SESAM » de la Région wallonne (Décret relatif aux incitants financiers visant à favoriser l'engagement de personnel auprès de certaines entreprises, 2013) lorsque le travailleur qu'elle engage est demandeur d'emploi. Cette

7. Durant cette période Ogees sera toujours considéré comme une microsociété au sens de l'article 15/1 du Code des sociétés

8. A partir du 1^{er} janvier 2021, la société ne sera plus considérée comme une microsociété en ce qu'elle aura dépassé le critère du chiffre d'affaire depuis deux exercices consécutifs -2019 et 2020.

subvention est dégressive et est reçue par l'entreprise sur base trimestrielle. Elle s'élève à 10 000€ la première année puis à 7 500€ et 5 000€ pour les deuxième et troisième années (art.5,§1^{er} du Décret relatif aux incitants financiers visant à favoriser l'engagement de personnel auprès de certaines entreprises, 2013). Pour la prise en compte de cette subvention, nous supposons que le travailleur a entre 30 et 50 ans et qu'il remplit les conditions « normales » reprises dans le Décret. Ainsi nous ne prenons en compte que les montants forfaitaires non majorés. Cette subvention étant octroyée à partir de la date d'engagement du travailleur, nous considérons que la SCRL Ogees peut en bénéficier dès octobre 2017. Cette prise en compte de la subvention « SESAM » est optimiste en ce que le Gouvernement peut adapter les montants en fonction des disponibilités budgétaires (art.5,§5 Décret relatif aux incitants financiers visant à favoriser l'engagement de personnel auprès de certaines entreprises, 2013).

Pour l'élaboration du plan financier repris dans la section 8.1, nous prenons en compte la réduction « groupe cible » ainsi que la réduction structurelle pour un montant total de 2 005,04€ par trimestre soit 8 020,16€ par an. Nous considérerons aussi la subvention « SESAM » pour un montant de 2 500€ en 2017, 9375€ en 2018, 6 875€ en 2019 et 3 750€ en 2020. Les dispenses de versement du précompte professionnel (art.257/7 et 275/10 du C.I.R. 92) ainsi que l'exonération pour personnel supplémentaire (art.67 ter du C.I.R. 92) ne sont pas pris en compte. Les montants des dispenses étant trop faibles et l'exonération étant trop tardive pour avoir une influence notable sur le plan financier.

7.4 Analyse SWOT

Une analyse SWOT permet de reprendre certains éléments de l'analyse du macroenvironnement étudié avec le modèle PESTEL -consultable à l'annexe H.1. Elle permet également de déterminer la capacité stratégique d'une organisation –c'est-à-dire de déterminer ce dont celle-ci va être capable de faire en fonction de ses forces et des ressources dont elle dispose. Enfin, elle aide à choisir le segment de clients qui percevront le plus de valeur dans le produit proposé (Janssen, 2009 ; Johnson, Whittington, Scholes, Angwin, & Regné, 2014).

La matrice SWOT analyse successivement les forces et les faiblesses internes à l'entreprise étudiée avant de présenter les opportunités et menaces que présente l'environnement dans lequel évolue celle-ci. En plus de lister celles-ci, nous tentons également de générer des options stratégiques en réponse aux faiblesses et aux menaces identifiées (Johnson, et al., 2014).

7.4.1 Forces

L'équipe fondatrice de la société Ogees constitue une première force interne. En effet, les trois fondateurs sont dotés, comme présenté à la section 2.3, de compétences et expériences complémentaires. Avec des compétences techniques, juridiques et managériales, ils seront à même de résoudre des situations complexes rencontrées lors de la création du lancement de l'entreprise. De plus, ils ont tous les trois suivi une formation entrepreneuriale à l'Université Catholique de Louvain-La-Neuve durant laquelle ils ont pris connaissance de principes et outils utiles à la bonne gestion d'une entreprise.

Le réseau établi par les fondateurs représente une deuxième force. En effet, le réseau établi grâce aux nombreuses rencontres, aux visites de sites, aux salons, aux accompagnements ou encore grâce aux concours entrepreneuriaux leur donnent accès à une large palette d'experts -académiques, entrepreneuriaux, financiers, légaux, agricoles, agronomes, ou experts en biométhanisation- qui peuvent les épauler lorsque des interrogations sont posées ou des difficultés rencontrées. En outre, ce carnet d'adresses facilite de nombreuses étapes qu'il est parfois difficile de franchir lorsque les fondateurs sont isolés.

Les valeurs d'Ogees et sa considération de son environnement constituent une troisième force. En effet, le fait d'établir une entreprise socialement éco-responsable qui propose des produits pouvant redynamiser une région facilite son intégration et son acceptation par le public.

Ensuite, l'information transparente fournie par l'entreprise ainsi que le démonstrateur servant de site témoin permettront d'instaurer un climat de confiance avec les différentes parties prenantes de l'entreprise et de rendre les produits conçus par celle-ci fiables.

7.4.2 Faiblesses

Au-delà des forces listées ci-dessus, certaines faiblesses sont cependant à identifier. Une recommandation est ensuite formulée pour chacune des faiblesses identifiées dans le but de relativiser ou de compenser celles-ci grâce à une force interne de l'entreprise.

Premièrement, l'équipe souffre, malgré les compétences multidisciplinaires bien présentes, d'un manque de connaissances agronomiques. En effet, de telles compétences sont indispensables afin de maîtriser la partie relative au procédé. Cependant, ce manquement peut être compensé par l'établissement de partenariats avec des fournisseurs de procédés prêts à collaborer sur le long terme.

Deuxièmement, cette première faiblesse nous empêchant de développer en interne la partie relative au procédé en amène une deuxième. Le pouvoir du fournisseur de cet élément est conséquent et dès lors menaçant. C'est pourquoi nous devons, comme l'explique l'analyse des 5+1 forces

de Porter à la section 7.5.2, établir une relation destinée à durer, basée sur la confiance plutôt que simplement basée sur l'échange de ressources. Ceci est par exemple réalisable grâce à l'établissement d'une alliance complémentaire –qui consiste pour une entreprise à collaborer afin de bénéficier de l'excellence de l'autre partenaire pour compenser les maillons les plus faibles de la chaîne de valeur et qui permet un apprentissage commun de connaissances (Johnson, et al., 2014).

Troisièmement, le capital nécessaire à la création de l'entreprise Ogees est relativement élevé pour une startup. Ceci est dû au fait que la première unité de cogénération alimentée au biogaz qui servira de démonstrateur doit être entièrement financée. Bien que cet investissement soit inévitable, le plan financier déterminera si l'entreprise est rentable en considérant celui-ci. En outre, le démonstrateur n'est une faiblesse que de court terme puisqu'il apportera de nombreux bénéfices.

Quatrièmement, l'absence de renommée et d'expérience dans la construction de telles installations complexifie le développement de l'activité. En effet, le monde de la biométhanisation est aujourd'hui doté d'une réputation qui est loin d'être dorée, ce qui rend l'établissement de relations de confiance plus complexe. Cependant, cette faiblesse sera compensée grâce au démonstrateur qui témoignera de nos compétences et de la qualité fournie.

Enfin, les avantages concurrentiels de la SCRL Ogees sont difficiles à défendre. En effet, la position du premier entrant n'est qu'un avantage temporaire et l'apparition de concurrents a été étudiée à la section 4.7. Bien que les valeurs de transparence et de qualité puissent toutes deux s'avérer être particulièrement puissantes dans le maintien à long terme d'une clientèle satisfaite, la réputation de la société Ogees est malheureusement dépendante de la perception du public et peut, ne fut-ce qu'à cause d'un événement particulier, être rapidement ruinée. C'est pourquoi l'accent devra être mis sur le respect des valeurs fondamentales d'Ogees afin d'éviter toute dérive de la réputation de l'entreprise.

7.4.3 Opportunités

Premièrement, la décision du Gouvernement wallon de sortir de l'ère nucléaire mais aussi le risque rencontré en 2014 de non-approvisionnement énergétique augmentent l'importance qui est accordée aux énergies alternatives –cf. section 3.1. En effet, des aides sont octroyées afin de soutenir le développement des filières de production d'électricité verte dont nos clients peuvent bénéficier. Notamment, le mécanisme des certificats verts accroît notablement la rentabilité des unités de cogénération et constitue donc en un incitant considérable du développement de celles-ci.

Une hausse du prix de l'électricité de détail est observable -cf. annexe F.2- en parallèle à cette sortie du nucléaire –et celle-ci risque de se poursuivre puisque l'Agence Internationale de l'Energie recommande dans son rapport (International Energy Agency, 2016a) au Gouvernement wallon d'augmenter la taxe sur l'électricité. Cette augmentation du prix de l'électricité ne fait qu'encourager la recherche de solutions de production d'électricité. De plus, cette évolution augmente également la rentabilité de notre système puisque l'énergie produite par nos unités est alors d'autant meilleur marché que celle disponible sur le réseau.

De plus, la baisse des prix –et par conséquent des marges- des produits agricoles, exposée au chapitre présentant la situation agricole en Wallonie, représente une réelle opportunité pour le développement de la filière de la biométhanisation.

Ensuite, la possibilité d'intégrer verticalement la chaîne de valeur représente une opportunité pour la croissance de l'entreprise Ogees. L'entreprise pourrait développer, grâce à l'expérience de ses premières installations, une expertise utile pour le développement du procédé de biométhanisation. Ceci permettrait de diminuer les risques liés au faible nombre de fournisseurs de procédés existant sur le marché.

Enfin, une opportunité majeure qu'offre l'environnement est l'absence d'unités de cogénération de petite puissance alimentées au biogaz produit par une voie sèche proposées sur le marché. En effet, l'analyse de la concurrence réalisée à la section 7.5.2 a dévoilé qu'Ogees bénéficie ainsi de l'avantage du premier entrant avec sa solution en voie sèche sous forme de conteneurs. Cependant, cette opportunité est, par essence, temporaire puisque l'apparition de concurrents limiterait celle-ci.

7.4.4 Menaces

Finalement, des menaces provenant de l'environnement peuvent également être repérées. Face à ces menaces, nous tentons à nouveau d'exploiter nos forces et les opportunités qui se présentent afin de limiter celles-ci.

Une première menace qui peut être soulignée est la dépendance de la rentabilité de nos produits au mécanisme des certificats verts. En effet, comme le montre l'offre commerciale faite aux clients potentiels, nos installations sont associées à un temps de retour sur investissement très long si l'on ne considère pas le mécanisme des certificats verts. De plus, la politique régissant cette subvention est révisée tous les deux ans (International Energy Agency, 2016b). Cela signifie dès lors que le système de taxation –comme ce fut le cas pour la filière photovoltaïque qui a connu une augmentation de la taxe de raccordement au réseau (RTBF, 2017)-, la durée d'octroi et le nombre de certificats verts octroyés par mégawattheure produit ou encore la part

de l'énergie verte dans la fourniture totale d'électricité peuvent être des variables revues tous les deux ans. Notons également qu'étant donné que nos installations bénéficient actuellement du taux d'octroi de certificats verts par mégawattheure égal à la limite supérieure (Valbiom, 2016a) d'octroi (CWaPE, 2015), la probabilité de voir ce nombre de certificats accordés est élevée. Face à une diminution des subsides accordés pour nos installations, nous ne pouvons réagir de façon drastique, si ce n'est en procédant à une diminution de nos coûts de production sur le long terme afin de pousser les montants d'investissement pour les agriculteurs autant que possible vers le bas. Cependant, nous sommes convaincus que les objectifs imposés par l'Union européenne, la dépendance énergétique de l'étranger de la Belgique ainsi que l'engouement pour les énergies renouvelables représenteront suffisamment d'arguments que pour ne pas voir cette politique être revue à la baisse.

A cela s'ajoute le fait que la biométhanisation est en phase d'introduction sur le marché wallon. En effet, les agriculteurs connaissent peu cette technologie –cf. étude de marché à la section 3.2.2. Or l'inconnu et les changements d'habitudes tendent à freiner le développement d'une nouvelle technique. C'est pourquoi il est prévu de fournir une information claire, transparente et de qualité afin de convaincre les innovateurs –cf. section 7.5.3.

Par ailleurs, le développement de la filière photovoltaïque représente une menace au développement de celle de la biométhanisation. En effet, les installations photovoltaïques sont bien plus simples d'utilisation –contrairement aux unités de biométhanisation qui requièrent une main-d'œuvre et donc un temps de travail important-, bénéficient de démarches administratives facilitées –contrairement à la lourde procédure qui doit être suivie afin d'installer une unité de cogénération-, et sont aujourd'hui clairement répandues parmi le grand public. Cependant, cette substitution possible peut être évitée en soulignant la quantité d'énergie que peut produire une unité de cogénération alimentée au biogaz en comparaison à une unité photovoltaïque. A nouveau, un travail d'information doit être réalisé afin de convaincre les premiers innovateurs des bienfaits de cette technologie.

De plus, la disparition de nombreuses fermes belges représente une menace au développement de l'activité d'Ogees. Puisque notre entreprise cible les exploitants agricoles, une diminution du nombre d'exploitations est synonyme d'une diminution de clients potentiels pour l'entreprise. Toutefois, l'estimation de la demande incluse dans le chapitre relatant les aspects financiers montrera que suffisamment d'exploitations existent encore aujourd'hui que pour ne pas limiter le développement de la société Ogees. De plus, la taille des exploitations, elle, augmente contrairement à l'évolution du nombre d'exploitations. Dès lors, les propriétaires disposent bien souvent de plus de ressources financières qui leur permettent de procéder à des investissements.

Comme nous l'indiquions dans le chapitre 3, les compétences relatives à l'énergie sont régionalisées en Belgique. Cette régionalisation représente dès lors une contrainte pour l'expansion d'Ogees puisque pénétrer le marché de la Région flamande serait presque synonyme de pénétrer un marché étranger vu les différences législatives existantes. Cependant, le nombre de fermes wallonnes est à lui seul grandement suffisant que pour ne pas limiter la croissance d'Ogees pendant les cinq premières années déjà –cf. section 8.1.

En outre, la prolongation de la durée de vie des centrales nucléaires –comme ce fut le cas en 2014- relativise l'urgence du développement des filières de production alternatives. Bien que ce type de décisions politiques rende le développement d'une entreprise proposant une solution renouvelable plus complexe, cette menace ne fait en réalité que postposer le problème de quelques années. Dès lors, cette menace n'est pas majeure.

Enfin, la réputation que connaît la filière de la cogénération à partir de biométhanisation –expliquée à la section 4.7.1 constitue une menace.

En conclusion de cette analyse SWOT, l'entreprise Ogees a intérêt à exploiter au mieux son avantage de premier entrant sur le marché de la petite puissance en voie sèche. Elle doit accorder une importance toute particulière à ses valeurs de transparence et de qualité afin de maintenir son avantage concurrentiel à long terme et doit entretenir de bonnes relations non seulement avec les clients mais surtout avec le fournisseur de procédé afin d'instaurer un climat de confiance entre toutes les parties prenantes d'un tel projet.

7.5 Marketing

En entrepreneuriat, le marketing se résume bien souvent au ciblage d'un certain public en négligeant quelque peu la publicité et la communication (Ouellet, 2016). Or le marketing est l'outil qui va réellement transformer la stratégie adoptée en ventes concrètes (Ouellet, 2016). Afin de ne négliger aucun des aspects relatifs au marketing, nous utilisons le processus de marketing défini par Kotler et Armstrong (2013). Le processus de marketing est un modèle en cinq étapes dont les quatre premières visent à créer de la valeur pour les clients et d'établir des relations avec ceux-ci. La cinquième étape est destinée à extraire de la valeur de ces clients (Kotler & Armstrong, 2013).

7.5.1 Aperçu du marché et comprendre les besoins des clients

Cette première étape du processus de marketing consiste à comprendre le marché sur lequel une entreprise souhaite placer un produit ainsi que les besoins des clients potentiels.

Appréhension du marché

La phase d'appréhension du marché correspond à la recherche d'informations que nous avons menée durant cette année et demi.

Afin d'analyser le macroenvironnement d'une entreprise, le modèle PESTEL peut être utilisé. En effet, ce modèle classe en six catégories les variables qui influencent la façon dont une entreprise réalise ses activités (Janssen, 2009). Le but n'est pas de chercher à classer une variable dans l'une plutôt que l'autre catégorie, mais est bien de n'oublier aucune influence significative du macroenvironnement de la société (Johnson, et al., 2014). Il a été choisi de présenter le modèle PESTEL sous forme de tableau plutôt que sous forme de texte : d'une part afin d'éviter la redondance avec les chapitres déjà couverts et d'autre part dans le but de créer une synthèse visuelle qui permet d'immédiatement cerner l'ensemble des facteurs d'influence. De plus, nous avons également indiqué le sens de l'évolution de certains facteurs et leur impact dans le tableau disponible en annexe H.1.

Après avoir listé les facteurs d'influence du macroenvironnement sur l'industrie de la biométhanisation agricole et sur l'entreprise Ogees, il est possible d'identifier les variables pivots de cette analyse, à savoir celles qui affectent significativement la structure de l'industrie en question (Johnson, et al., 2014). Nous pouvons sélectionner quatre facteurs clés qui peuvent avoir un effet plus marquant que les autres variables identifiées : le mécanisme de soutien aux énergies vertes, l'évolution du prix de l'électricité de détail, le niveau de main-d'œuvre dans le secteur agricole et le développement de la filière photovoltaïque.

Une fois ces variables pivots repérées, il est possible d'établir des scénarii qui nous permettent d'envisager les évolutions futures possibles de ces facteurs (Johnson, et al., 2014).

- Le mécanisme de soutien aux énergies vertes est une variable influençant grandement l'industrie de la biométhanisation. En effet, le soutien financier décidé par le Gouvernement wallon permet d'associer à de telles installations une meilleure rentabilité. Bien que l'une des craintes principales face au fait d'investir dans des sources de production d'électricité verte soit la diminution du soutien accordé à la filière de biométhanisation, nous estimons que le mécanisme sera probablement maintenu pour plusieurs raisons. Tout d'abord, l'imposition d'objectifs de durabilité par l'Union européenne et le besoin que nous avons souligné de la Wallonie en termes de dépendance énergétique forcent le Gouvernement wallon à trouver de nouvelles sources alternatives d'énergie. De plus, les quotas décidés par le Gouvernement wallon de CV à retourner à la CWaPE par rapport

à la fourniture d'électricité sont en hausse également, ce qui nécessite un développement des sources alternatives ;

- Le prix de l'électricité de détail va probablement évoluer à la hausse. En effet, celui-ci a progressé à un taux annuel positif de 3,2% entre 2008 et 2015 comme indiqué à l'annexe F.2. Bien que le coût de l'énergie diminue, ce sont surtout les taxes et autres coûts supplémentaires qui entraînent les prix vers le haut. Cette évolution passée nous laisse donc penser que les prix vont continuer de s'accroître à l'avenir ;
- Le niveau de main-d'œuvre du secteur agricole va probablement baisser. En effet, la section 3.2.1 mettait en évidence le fait que le nombre d'exploitations agricoles belges diminue. Or, les propriétaires d'exploitations sont un élément essentiel du développement de l'entreprise Ogees. Cependant, cette évolution à la baisse négative pour l'industrie de la biométhanisation est compensée par le fait que la taille moyenne des exploitations est, elle, en hausse, ce qui signifie que les agriculteurs possèdent des moyens financiers plus élevés et sont donc en mesure de procéder à des investissements en source d'énergie verte. De plus, si la filière de biométhanisation se développe suffisamment, celle-ci accroîtra au contraire le nombre d'emplois dans le secteur agricole -une main-d'œuvre étant requise pour le bon fonctionnement des installations ;
- Le développement de la filière photovoltaïque est en concurrence avec le développement de la filière de biométhanisation. En effet, les installations photovoltaïques sont simples d'utilisation, requièrent peu de démarches administratives et sont connues du grand public, contrairement aux unités de biométhanisation qui nécessitent une main-d'œuvre conséquente afin d'être alimentées, souffrent de démarches administratives contraignantes et dont la complexité les rend méconnues du grand public. La filière photovoltaïque va probablement croître grâce aux améliorations techniques, à leur intégration dans le paysage wallon et à la diminution de leurs prix. Cependant, la biométhanisation peut se positionner sur un axe quelque peu différent, à savoir celui de la production d'une plus importante puissance, ce qui distinguerait les deux filières de production. En effet, alors que la filière photovoltaïque pourrait être la solution bon marché à destination des particuliers, la biométhanisation pourrait plus largement émerger en Wallonie grâce à la plus grande énergie produite.

Identification des besoins des clients

La deuxième partie de cette étape cherche à comprendre ce dont les clients potentiels ont réellement besoin afin d'éviter de n'être centré que sur son produit (Kotler & Armstrong, 2013). Cette étape coïncide donc avec l'étude de marché qui a été réalisée auprès de 19 exploitants agricoles wallons et qui a été présentée à la section 3.2.2. En résumé, une situation économique instable marquée par des prix bas et des marges faibles –qui entraîne une recherche, parfois en vain, de solutions afin de diversifier et donc lisser son revenu-, la lourdeur des démarches administratives ainsi que le manque de main-d'œuvre sont les besoins manifestés et observés par les agriculteurs wallons.

7.5.2 Marketing stratégique

Dès lors que l'environnement et les besoins des clients sont cernés, il est possible de formuler une stratégie de marketing –soit la deuxième étape du processus de marketing (Kotler & Armstrong, 2013). La stratégie marketing permet premièrement de segmenter le marché auquel une entreprise fait face, deuxièmement de cibler un segment en particulier et troisièmement d'adopter un positionnement permettant de se distinguer de la concurrence (Janssen, 2009).

Segmentation du marché

Afin de choisir le segment sur lequel elle va vouloir se focaliser, une entreprise doit au préalable segmenter le marché en différents groupes de consommateurs ayant de mêmes besoins non satisfaits. Dans le cas de la SCRL Ogees, une segmentation géographique et démographique du marché est opérée, comme l'illustre la figure 7.1 (Schuiling, 2015). En effet, la Wallonie est distinguée de la Flandre mais aussi de la France, de l'Allemagne, etc. Les différents segments sont par ailleurs établis en fonction de leur occupation et du type de déchets disponibles –les particuliers, agriculteurs et producteurs, industries agro-alimentaires.

Ciblage d'un segment

Une analyse SWOT peut aider une entreprise à cibler les segments qui percevront le plus de valeur dans le produit proposé (Janssen, 2009). A la suite de la segmentation du marché, une entreprise doit choisir le segment de clients sur lequel elle souhaite se focaliser (Schuiling, 2015 ; Janssen, 2009). Comme l'indique la figure 7.1, la SCRL Ogees cible les exploitations agricoles wallonnes, qui ont une orientation technico-économique dans l'élevage de bovins destinés à la production de viande.

			Segmentation géographique				
			Belgique		France	Allemagne	...
			Flandre	Wallonie			
En fonction de l'occupation et des déchets disponibles	Agriculteurs dans l'élevage	Laitier					
		Viandeux					
		Mixte					
	Autres agriculteurs	Grandes cultures					
		Horticulture					
		Elevage porcins					
		Elevage moutons					
		...					
	Centre d'enfouissement technique						
	Industries agro-alimentaires						
	Particuliers						
	...						

FIGURE 7.1 – Segmentation opérée par la société Ogees sur les agriculteurs wallons dans l'élevage de bovins destinés à la viande.

Dans le cycle de vie du produit, la filière de la micro-biométhanisation est aujourd'hui encore à la phase d'introduction sur le marché. Cette phase est caractérisée par de faibles ventes, des coûts élevés et une technique encore en développement, ce qui se traduit en profits généralement bas (Levitt, 1965 ; Kotler & Armstrong, 2013). De même, lorsqu'une innovation est introduite sur un marché, le nouveau produit est adopté par différentes catégories de consommateurs à un rythme parfois fort différent. La courbe de diffusion de l'innovation auprès de la population ciblée -représentée à la figure 7.2- prend dès lors la forme d'une distribution normale répartissant successivement et proportionnellement les catégories de cette population qui adopteront plus ou moins rapidement le produit. Ces groupes sont successivement les innovateurs, les adeptes précoces, la majorité précoce, la majorité tardive et enfin les réfractaires (Robertson, 1967).

Les unités de micro-cogénération étant donc en phase d'introduction sur le marché, la société Ogees a tout intérêt, dans un premier temps, à essayer d'atteindre les innovateurs du marché. Une fois convaincus et après avoir installé une telle unité, ceux-ci deviendront une source d'influence pour la majorité précoce qui constituera alors un autre segment cible pour la SCRL Ogees (Kotler & Armstrong, 2013). Afin de toucher ces innovateurs, la segmentation précédée précédemment peut être davantage affinée.

Suite à l'étude de marché, il est possible de constater que deux extrêmes coexistent sur le marché des exploitations agricoles wallonnes. En effet, lorsqu'à la fin de l'étude de marché trois solutions leur étaient soumises, les première et dernière propositions –deux options contraires sur les aspects de l'investissement et de la propriété- ont suscité le plus d'enthousiasme -cf.

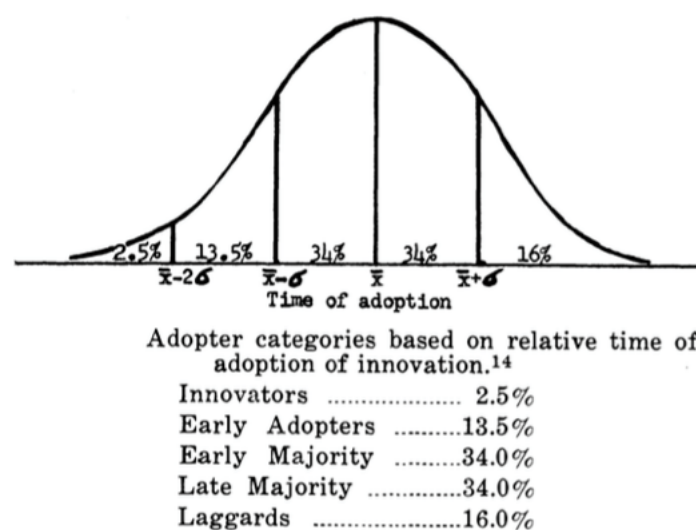


FIGURE 7.2 – Courbe représentant la diffusion de l'innovation, par Robertson (1967, p.16).

section F.4.4. Les exploitations qui semblent en relativement bonne santé financière⁹ ont tendance à favoriser la première option qui leur était présentée, à savoir la vente directe d'une unité de cogénération. Au contraire, les exploitations en difficulté financière avantageaient l'option 3 –qui leur permettait de ne déboursier que des montants relativement bas. Bien que les deux segments soient donc potentiellement intéressants pour la société Ogees, les exploitations en bonne santé financière constituent notamment les innovateurs à qui l'entreprise s'adresse.

De même, l'étude a dévoilé qu'une grande disparité était à observer dans la consommation électrique des fermiers rencontrés –cf. F.4.7. Il est dans un premier temps plus opportun de s'adresser aux consommateurs énergivores¹⁰.

La SCRL Ogees suit donc une stratégie de concentration dans le ciblage d'un segment puisque la segmentation est rendue d'autant plus précise par ces deux derniers critères d'état financier et de consommation d'énergie (Janssen, 2009).

En outre, l'étude a révélé qu'il existait bien souvent dans les sous-régions visitées une exploitation considérée, du point de vue des autres agriculteurs de cette sous-région, comme étant la ferme la plus innovante. La société Ogees peut donc viser dans un premier temps ces fermes, qui sont souvent en bonne santé financière et énergivores parce qu'innovantes. Ce ciblage précis permettra

9. L'état de bonne ou mauvaise santé financière a été jugé en fonction du discours adopté par l'exploitant, des investissements reportés des dernières années et de l'état général de la ferme

10. Le choix vers les consommateurs énergivores s'explique par les prix de l'électricité. En effet, la partie autoconsommée de l'électricité est valorisée à environ 235€/MWh –c'est à dire le prix moyen auquel ces fermiers achètent leur électricité dans leur situation actuelle- alors que l'électricité injectée sur le réseau n'est, elle, valorisée qu'à 33,57€/MWh –soit le prix de revente sur le réseau

de propager la nouvelle technologie, qui est aujourd'hui accompagnée d'un certain scepticisme auprès de la majorité des exploitants.

Positionnement et différenciation de la SCRL Ogees

Une fois le segment cible identifié, il est nécessaire qu'une entreprise se positionne, se différencie par rapport à ses concurrents potentiels. Le positionnement est donc la « manière dont [...] une entreprise veut être perçue par les clients cibles » (Lambin & De Moerloose, 2012), ce que l'entreprise veut signifier dans l'esprit des clients cibles (Schuiling, 2015).

Formuler la mission, la vision et les valeurs de la SCRL Ogees permet de comprendre le positionnement souhaité par celle-ci. La mission d'une entreprise est la raison d'être de celle-ci, ce qu'elle fait aujourd'hui (Janssen & Callens, 2014; Johnson et al., 2014). Il est dès lors possible de formuler la mission de la société Ogees comme suit :

Mission : « Ogees diversifie les revenus des agriculteurs en valorisant leurs déchets ».

De cette mission peut être déduit un avantage concurrentiel pour la société Ogees. En effet, notre société étant la première à fournir une solution en voie sèche et en petite puissance en Wallonie, Ogees bénéficie donc de l'avantage du premier entrant sur le marché.

Ensuite, la vision d'une entreprise correspond à ce qu'elle souhaite devenir demain, au futur qu'elle aspire à créer, la manière dont elle imagine le monde de demain (Janssen & Callens, 2014). La vision d'Ogees peut être énoncée comme suit :

Vision : « Rendre autonomes en énergie toutes les exploitations agricoles wallonnes tout en participant au mix énergétique belge ».

Détailler les valeurs fondamentales d'une entreprise permet également de comprendre ce qu'elle cherche à signifier pour ses segments cibles. Elle permet d'interpréter la stratégie poursuivie afin de se distinguer de ses concurrents –c'est à dire la stratégie de différenciation (Janssen, 2009). Les valeurs guideront l'ensemble des collaborateurs de l'entreprise et ne sont pas susceptibles d'évoluer au fil du temps –sinon elles ne sont pas fondamentales (Johnson, Whittington, Scholes, Angwin, Regnier, 2014). Trois grandes valeurs sont à la source de l'avantage concurrentiel de la SCRL Ogees :

- **Considération de l'environnement** : Etre attentif à l'environnement au sens large dans lequel les unités de biométhanisation sont placées est une priorité pour Ogees. Les impacts –sociaux, écologiques mais aussi économiques- positifs et négatifs sur l'ensemble des parties prenantes à un nouveau projet seront pris en considération dans toute décision de la SCRL Ogees. Cette première valeur permet à tout collaborateur d'Ogees de savoir comment se comporter face à une situation nouvelle. C'est pourquoi il est indispensable d'avoir une vue globale sur l'ensemble des parties prenantes de la société Ogees (Johnson, et al., 2014). Alors que de nombreux auteurs de la littérature soulignent l'importance des parties prenantes pour une entreprise (Johnson, et al., 2014; Janssen, 2009), très peu d'entre eux se risquent à lister de manière exhaustive ces acteurs (Brosia, 2016). Toutefois, nous tentons de référer les principales parties prenantes de la SCRL Ogees sur la figure 7.3;

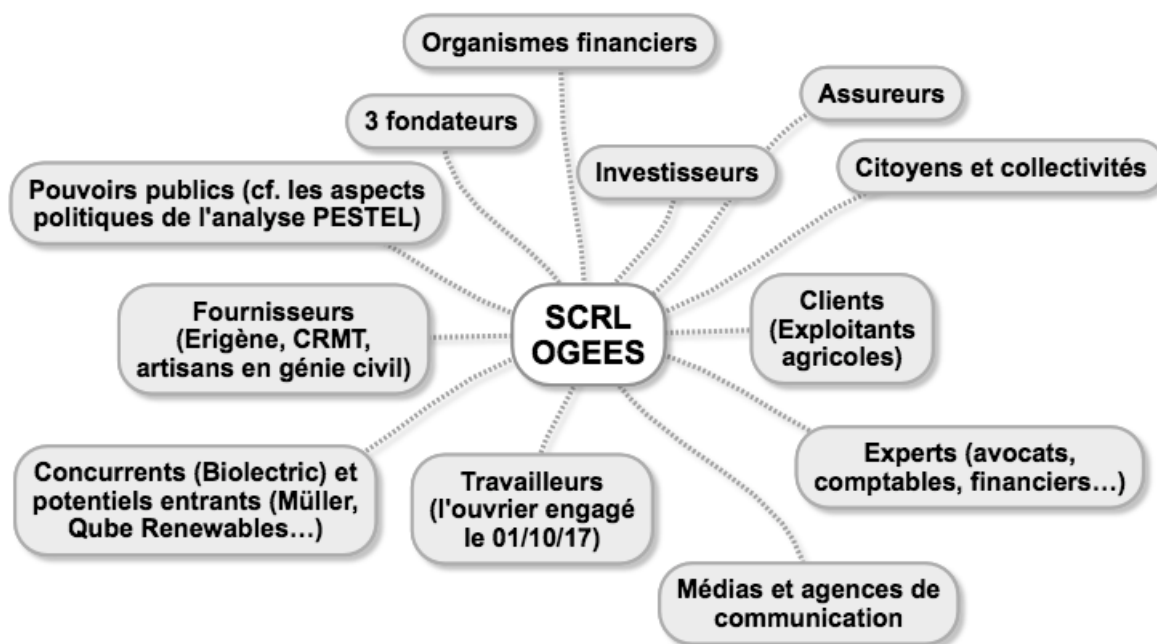


FIGURE 7.3 – Représentation de la société Ogees et de ses parties prenantes.

- **Qualité** : Ogees fournit des unités de qualité conçues dans une perspective de long terme. Cette valeur consiste d'ailleurs en un avantage concurrentiel par rapport au leader belge Bioelectric dont l'image n'est pas la plus dorée qu'il soit. Ogees tient à mettre en évidence la qualité de ses produits avant le marketing qui l'accompagne ;
- **Transparence** : Ogees procure à l'ensemble des parties prenantes l'information la plus transparente possible. Une telle information permet à celles-ci de prendre des décisions en toute connaissance de cause. Cette dernière valeur est la source de l'établissement de

confiance avec les partenaires d'Ogees et est source d'avantage concurrentiel sur le long terme.

L'avantage concurrentiel en résumé

Les paragraphes précédents ont introduit à la capacité stratégique de la société Ogees, c'est-à-dire à l'ensemble des ressources –aussi bien matérielles qu'immatérielles- et compétences qui favorisent la pérennité d'une entreprise (Johnson, et al., 2014). Cette section a pour but d'analyser si les diverses ressources et compétences identifiées dans ce chapitre peuvent devenir la source d'un avantage concurrentiel grâce à l'étude des quatre critères communément repris sous l'acronyme VRIO –cf. annexe H.2. L'étude VRIO est appliquée successivement sur cinq ressources, à savoir la considération de l'environnement, l'usage de matériaux résistants et de qualité, la fourniture d'information transparente, l'avantage du premier entrant et enfin l'équipe interdisciplinaire.

De cette analyse ressort que l'avantage du premier entrant est à exploiter autant que possible sur le court terme puisque celui-ci n'est évidemment que temporaire. Sur le long terme, fournir une information transparente et exploiter les compétences complémentaires de l'équipe fondatrice seront source d'un avantage durable et économiquement intéressant.

Veiller sur son avantage concurrentiel

La section 7.5.2 a illustré les avantages concurrentiels de la SCRL Ogees. Cependant, un avantage concurrentiel n'est pas éternellement durable (Janssen, 2009). L'analyse des cinq forces de Porter est un outil qui permet d'exploiter mais aussi de conserver son avantage concurrentiel. Il aide également à l'analyse de la structure de l'industrie dans laquelle une entreprise évolue et permet de tenir une veille concurrentielle (Janssen, 2009). Dans ce modèle, cinq forces peuvent limiter une entreprise dans la réalisation de son activité, à savoir l'intensité concurrentielle, la menace d'entrants potentiels, la menace de substituts, le pouvoir de négociation des fournisseurs et celui des acheteurs (Johnson, et al., 2014). En bref, « plus l'intensité de ces forces est élevée, moins l'industrie est attractive » pour une entreprise (Johnson, et al., 2014).

Intensité concurrentielle

Un marché intensément concurrentiel ne sera pas attractif pour une entreprise voulant le pénétrer car les profits y seront réduits. Il est donc primordial de connaître ses rivaux immédiats proposant des produits similaires aux consommateurs que nous visons (Johnson, et al., 2014). Notons ici que nous considérons les offres utilisant la technologie de digestion de l'infiniment mélangé comme étant des produits directement concurrentiels aux nôtres puisque, d'une part, les

agriculteurs possédant à la fois du lisier et du fumier peuvent opter pour l'une ou l'autre voie de biométhanisation. D'autre part, il est toujours possible d'utiliser une voie en infiniment mélangé lorsque l'agriculteur ne possède que du fumier en comptant un investissement supplémentaire pour un séparateur de phases –concrètement, un produit permettant de séparer la partie liquide des déjections de la partie solide.

Comme le conclut l'analyse de la concurrence et des fournisseurs menée à la section 4.7, le seul constructeur en biométhanisation ayant une installation de petite puissance en fonctionnement en Wallonie est Bioelectric. Celui-ci n'est, d'une part, pas immédiatement comparable à Ogees de par son choix d'intégrer une voie en infiniment mélangé dans son offre. D'autre part, ce concurrent jouit d'une piètre réputation¹¹ parmi les agriculteurs wallons de par les chiffres exagérés qui ont été communiqués et de par les problèmes techniques que rencontrent les unités de la marque (Wauthélet, rencontre, 9 mars 2017). L'intensité concurrentielle en Wallonie sur la biométhanisation de petite puissance est donc très faible.

Menace d'entrants potentiels

Outre les concurrents déjà en présence sur le marché visé, les entrants potentiels représentent une seconde menace qui pourrait empêcher une entreprise d'agir comme celle-ci le désire (Janssen, 2009). Le nombre d'entrants potentiels dépend d'abord du niveau des barrières à l'entrée du marché en question (Johnson, et al., 2014). Dans le cas de la biométhanisation, une barrière financière est observable. Elle est due aux coûts élevés que représentent les unités de biométhanisation et aux investissements relativement élevés pour l'entreprise débutant sur un tel marché. De plus, les compétences appelées par la technologie de la biométhanisation peuvent également représenter une barrière de taille puisqu'un nouvel intrant devra gérer des domaines aussi divers que le monde agricole, la chimie, la mécanique, l'électricité ou les marchés de l'électricité. Pratiquement, nous pouvons identifier trois types d'entrants potentiels sur le marché sur lequel se positionne la société Ogees :

- Les constructeurs de petite biométhanisation actifs à l'étranger qui ne sont pas encore présents sur le territoire wallon. Ceux-ci avaient été identifiés à la section 4.7 et sont au nombre de 15. Toutefois, cette menace semble être relativement faible -cf. 4.7.2- de par un intérêt visiblement faible pour le cas de la Wallonie.

11. La réputation peut s'avérer être une barrière commerciale importante lorsque les agriculteurs sont le public cible. En effet, les mauvaises expériences sont rapidement échangées entre ces derniers et une bonne réputation peut se révéler être une condition nécessaire à l'établissement d'une confiance avec ceux-ci, qui est à son tour une condition à la signature d'un contrat de vente.

- Les constructeurs d’installations de biométhanisation de grosses puissances qui n’ont pas été intégrés dans l’analyse de la concurrence de la section 4.7 et qui pourraient pénétrer le marché de la petite unité. En effet, nous avons pu rencontrer lors de l’Expobiogaz à Bordeaux différents constructeurs de grosses unités de biométhanisation –comme Bekon Gmbh, Biogaz-Services Gmbh ou encore Methavos. Ceux-ci nous ont avoué réfléchir au développement de la petite puissance mais la considèrent comme financièrement moins attractive que la grosse puissance. La menace provenant des constructeurs de puissance conséquente est donc relativement faible. Cependant, la menace provenant des constructeurs de puissance sortant du spectre de la micro-biométhanisation¹² est plus élevée puisque ceux-ci ont une connaissance du marché de la puissance moyenne et pourrait adapter leur technologie d’une telle façon que celle-ci tournerait à l’échelle d’une ferme. C’est par exemple le cas de CogeO qui a vendu une installation d’une centaine de kW en Wallonie et plusieurs installations de petites puissances en France. Ce constructeur pourrait facilement importer ses petites puissances françaises sur le marché belge. Somme toute, la menace provenant de ce type d’intrants est modérément élevée.
- Les constructeurs ne disposant pas encore d’une offre commercialement prête ni d’unités en fonctionnement mais qui sont au stade de prototypage. C’est le cas par exemple d’EnergX et de Quays sprl qui ont tous deux un prototype en test et qui sont renseignés dans l’annuaire des constructeurs actifs en Wallonie établi par Valbiom. Toutefois, ces deux noms n’ont jamais été évoqués durant nos nombreuses rencontres avec des acteurs du terrain, ce qui nous laisse penser qu’une telle menace reste faible également.

Menace de substitués

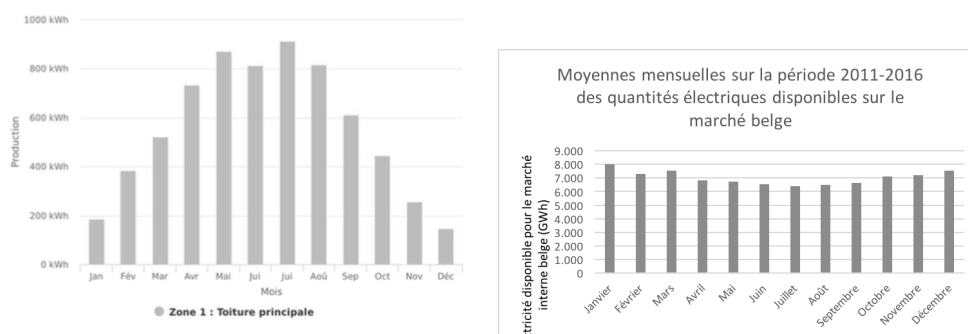
Les produits substitués sont les produits qui couvrent des besoins similaires du client selon une approche différente (Johnson, et al., 2014). Dans notre cas, les installations éoliennes et photovoltaïques représentent des substitués qui s’offrent aux fermiers et qui permettent de diversifier leurs revenus grâce à la production d’énergie.

Afin de comprendre les vertus d’une technologie verte par rapport à une autre, il est utile de distinguer d’un côté les filières de production sans combustibles –les filières solaire, éolienne et hydraulique- avec un coût de production provenant de l’investissement qui est réalisé et de l’autre les filières qui recourent à des combustibles –l’utilisation de la biomasse- et qui sont caractérisées par des frais d’exploitations et de maintenance (CWaPE, 2015). Alors que les solutions éoliennes ne sont bien souvent pas envisagées par les agriculteurs pour de la petite puissance –celles-ci ap-

12. Caractérisée par une puissance inférieure ou égale à 50kW

paraissent selon les dires des fermiers souvent comme une installation quelque peu « loufoque »-, le photovoltaïque représente une menace bien réelle pour la biométhanisation. L'avantage majeur du photovoltaïque par rapport à la biométhanisation est clairement la facilité d'utilisation expliquée par l'absence de combustibles. Une fois les panneaux installés, le propriétaire de ceux-ci ne doit pratiquement plus rien faire afin de produire de l'électricité. De plus, cette solution apparaît bien souvent comme étant rapidement rentable. Une offre de l'entreprise Energreen qui nous est parvenue pour une solution de 7,2 kWc offre un temps de retour sur investissement de 6 ans, et ce, sans comporter trop de risques. Enfin, les montants investis sont bien souvent nettement inférieurs à ceux déboursés pour des installations de biométhanisation –puisque la solution Energreen est facturée au prix de 11 307,02€. De nombreux fermiers sont donc attirés par cette solution simple, rentable dans de courts délais et qui ne demande aucune attention. Cependant, la biométhanisation pallie certaines limites que rencontre la filière photovoltaïque. Premièrement, la biométhanisation produit bien plus d'énergie pour une même puissance installée. Alors que l'installation photovoltaïque de 7,2 kWc produit, selon le fabricant, 6 700 kWh annuellement –la Belgique n'étant pas un pays particulièrement ensoleillé, la production en est dès lors limitée (International Energy Agency, 2016b)-, une unité de cogénération d'une même puissance produit, si elle fonctionne à raison de 7 500 heures par an (Mignon & Heneffe, 2014), environ 54 000 kWh. Alors que le photovoltaïque représente 38% des unités vertes installées en Belgique, il ne livre que 16% de la production d'électricité verte (CWaPE, 2015). Il est dès lors important de rappeler que notre solution couvre les besoins non seulement des agriculteurs wallons mais également ceux de la Wallonie qui se rapportent au mix énergétique et à la dépendance énergétique de l'étranger. En effet, en soutenant les installations de biométhanisation, le législateur favorise des solutions pouvant produire de grandes quantités d'énergie. Deuxièmement, certains fermiers –comme la ferme11 de notre étude de marché- nous indiquent ne pas privilégier le photovoltaïque car la production a principalement lieu en été alors que la consommation a lieu, elle, majoritairement en hiver. Cet argument est, en effet, observable lorsque l'on compare les figures 7.4(a) et 7.4(b).

A nouveau, la Wallonie a intérêt à soutenir des solutions énergétiques qui produisent de l'électricité au moment qui coïncide avec la consommation de celle-ci –l'électricité n'étant que difficilement stockable. Troisièmement, le photovoltaïque est une source d'énergie qui est, similairement à l'éolien et à l'hydraulique –mais contrairement à la biométhanisation- soumis aux aléas climatiques et présente dès lors une variabilité annuelle –qui complexifie les prévisions de production- et saisonnière –qui est à l'origine d'une production décalée dans le temps par rapport à la consommation (CWaPE, 2015).



(a) Production d'électricité par des panneaux photovoltaïques de la marque Energreen (Energreen, échange d'emails, 7 mars 2017). (b) Moyennes mensuelles sur la période 2011-2016 des quantités électriques disponibles sur le marché belge (Eurostat, 2017b).

FIGURE 7.4 – Comparaison de la production d'électricité produite par un panneau photovoltaïque et les quantités électriques disponibles sur le marché belge.

Pouvoir de négociation des fournisseurs

Les fournisseurs représentent pour une entreprise la source d'approvisionnement de produits dont elle a besoin afin d'offrir sur le marché ses propres produits (Johnson, et al., 2014). Dans le cas d'Ogees, il est possible d'identifier deux fournisseurs majeurs : le fournisseur du procédé et le fournisseur du moteur.

Pouvoir du côté des fournisseurs de procédés

Comme conclu à la section 4.8, la SCRL Ogees intègre un procédé en voie sèche sous la forme de conteneurs. Or, les fabricants de tels procédés à destination de petite puissance sont rares sur le marché. En effet, ERigène a été le seul fournisseur à nous répondre suite à notre mailing réalisé afin de cerner la réactivité des entreprises européennes –cf. section 4.7.2. D'autres constructeurs du même type existent sur le marché –comme Müller par exemple– mais ces derniers ne semblent pas vouloir entamer de discussion vers une collaboration à ce stade-ci. Comme il a été précisé à la section 4.7, ERigène établit actuellement de nouveaux partenariats, ce qui signifie que son poids de négociation est plus faible. Cependant, le fait qu'il soit le seul répondant sur le marché le place dans une position clairement menaçante par rapport à l'entreprise Ogees. En supposant qu'une collaboration avec ERigène voit réellement le jour, un risque supplémentaire est l'intégration vers l'aval qui pourrait en découler (Johnson, et al., 2014). En effet, ERigène pourrait décider de prendre le rôle d'ensemblier et s'adresser dès lors directement aux agriculteurs wallons. Le risque provenant des fournisseurs de procédés est donc bel et bien réel.

Pouvoir des fournisseurs de moteurs

Au-delà des constructeurs de procédés, les fournisseurs de moteurs représentent des partenaires importants. Il existe un bon nombre de fournisseurs –comme les motoristes ABC, Moes ou encore BTD- qui sont en mesure de réaliser le cahier des charges développés en interne chez Ogees afin d’opérer les transformations nécessaires pour obtenir un moteur alimenté au biogaz –cf. section 6.2. En cas de rupture de collaboration, ce que la SCRL Ogees ne désire évidemment pas, d’autres partenariats pourraient donc facilement être établis. Cette multitude de constructeurs diminue donc la menace que ceux-ci peuvent représenter pour Ogees. De plus, des clauses de non-concurrence et de confidentialité sont intégrées dans les contrats avec les fournisseurs dans le but de limiter le risque d’utilisation des recherches effectuées par Ogees par ceux-ci de manière unilatérale.

Pouvoir de négociation des acheteurs

Sans clients, une entreprise ne survit pas (Johnson, et al., 2014). Dans certaines industries, les acheteurs peuvent avoir un pouvoir de négociation tellement élevé qu’ils détermineront une part importante du contenu des contrats de vente. Dans le cas précis de la micro-biométhanisation en Wallonie, les agriculteurs ont un pouvoir de négociation limité. En effet, peu de fournisseurs s’offrent à eux puisqu’Ogees est la seule alternative à Bioelectric –qui propose en outre une technologie différente de la nôtre-, ce qui limite leurs possibilités. Cependant, deux comportements qu’ils pourraient adopter peuvent être considérés comme un ajout de pouvoir de négociation. Premièrement, le cas de Monsieur Warzée, agriculteur et entrepreneur en construction, que nous avons rencontré à Hamois en province de Namur, démontre qu’il existe des probabilités de voir les exploitants agricoles créer eux-mêmes leurs installations de biométhanisation (Warzée, rencontre, 6 juin 2017). Cependant, cette menace est particulièrement faible puisque les compétences, connaissances et matériel nécessaires afin de concevoir une telle unité sont de véritables freins au « *do-it-yourself* ».

Deuxièmement, les agriculteurs ont par contre la possibilité de comparer une solution de biométhanisation à une solution photovoltaïque, et cette menace-là est quant à elle bien plus importante comme expliqué dans le point ci-dessus portant sur les substituts.

Sixième force : les pouvoirs publics

Le modèle originellement imaginé par Porter ne comporte que cinq forces. Cependant, certains auteurs ajoutent à celles-ci la force que représente les pouvoirs publics sur une industrie (Johnson, et al., 2014). Bien que cette dernière soit déjà partiellement expliquée dans l’analyse PESTEL qui a été exposée, les pouvoirs publics en Wallonie peuvent influencer de deux manières l’industrie de l’énergie et la biométhanisation. Premièrement, ceux-ci ont un pouvoir de régulation. En

effet, l'établissement de quotas, la fixation de certains prix, l'imposition de taxes, la décision de privatiser le marché de l'énergie ainsi que les politiques visant à obtenir un mix énergétique belge plus varié ou celles relatives à la situation nucléaire belge impactent l'urgence de l'implémentation de sources énergétiques renouvelables (International Energy Agency, 2016b). Deuxièmement, les Régions jouent également un rôle de financier. En effet, le système de soutien au développement de l'énergie verte par le mécanisme des certificats verts comme expliqué en détail à la section 4.2.2 peut grandement influencer le développement d'une filière de production d'énergie plutôt qu'une autre. Ces subventions représentent une menace modérée puisque le législateur peut mettre un terme à ce système de soutien. Par ailleurs, les vagues engendrées par l'annonce de modifications impactant le secteur du photovoltaïque vont à l'avenir diminuer la tendance du législateur à procéder à des modifications de ce système.

Hierarchisation des forces en jeu dans l'industrie de la biométhanisation

Maintenant que les 5+1 forces ont été expliquées, il est possible de procéder à la réalisation d'un hexagone sectoriel qui place ces forces sur un radar graphique –où le poids de chacune de ces forces est disposé sur un axe gradué. Celui-ci permet, comme explicité à la figure 7.5, de repérer les forces les plus menaçantes pour l'entreprise Ogees (Johnson, et al., 2014).

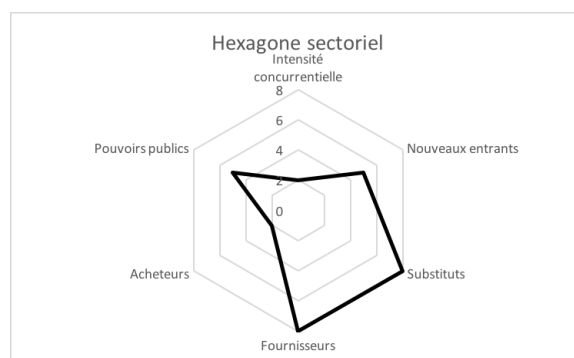


FIGURE 7.5 – Hexagone sectoriel pour l'industrie de la biométhanisation.

Cette hiérarchisation et cet hexagone permettent d'identifier les facteurs clés de succès pour la SCRL Ogees. Nous pouvons en effet constater que le pouvoir des fournisseurs et la menace des substituts sont les forces les plus influentes. Concrètement, la société Ogees doit établir des relations fortes avec son fournisseur ERigène. Ceci a pour but d'instaurer un climat de confiance et de collaboration sur le long terme visant à diminuer le pouvoir de négociation des fournisseurs de procédés. De plus, une information transparente et complète comme indiqué dans les valeurs d'Ogees –cf. section 7.5.2- ainsi que la production d'unités de qualité –qui activera sur le plus long terme une bonne réputation et un bouche-à-oreille positif- permettent d'augmenter

la confiance qu'ont les agriculteurs en la biométhanisation tout en leur accordant un certain contrôle sur l'unité dans laquelle ils investissent et la propension à adopter une solution de la filière photovoltaïque serait ainsi diminuée.

Regard critique sur le modèle des 5+1 forces de Porter

Toutefois, le modèle des cinq forces de Porter présente quelques limites qu'il est intéressant de souligner –certainement dans le cadre des valeurs de considération de l'environnement. En effet, le modèle de Porter est construit autour du pouvoir de négociation des uns par rapport aux autres et est formulé en termes de forces –qui suppose de prendre un certain contrôle- et de menaces – présumant que l'extérieur est négatif pour une entreprise. Dès lors, le modèle ne laisse que peu de place à une potentielle coopération entre l'entreprise et ses fournisseurs ou clients (Janssen, 2009). Or, entretenir de bonnes relations avec ses parties prenantes permet à une startup d'augmenter ses chances de voir le jour et d'amener le produit jusqu'au client final.

7.5.3 Marketing opérationnel

La troisième étape du processus marketing consiste en la traduction de la stratégie marketing en un plan concret d'actions afin d'amener le produit chez le client identifié (Schuiling, 2016). L'instrument clé qui permet de déployer son programme opérationnel est le recours aux 4P en abordant successivement le produit, le prix, la promotion et la distribution¹³ (Kotler & Armstrong, 2013).

Produit

La première étape du plan opérationnel consiste en la définition d'un produit qui correspond à un besoin auprès du segment de marché ciblé (Kotler & Armstrong, 2013). Le produit principal fourni par la société Ogees est une unité de micro-biométhanisation raccordée à une cogénération. Pratiquement, l'offre d'une unité vendue par Ogees inclut :

- 3 conteneurs¹⁴ Eribox qui permettent la digestion en voie sèche d'intrants solides de type fumier ;
- Une citerne souple qui permet le stockage du biogaz produit ;

13. Le quatrième P provient du terme anglais « Place »

14. Lorsque des matières fermentescibles sont insérées dans un digesteur, la production de gaz n'a pas lieu immédiatement. En effet, celle-ci prend la forme d'une courbe en U inversée. Plusieurs conteneurs sont alors requis pour lisser la production de gaz.

- Les travaux de terrassements afin de placer l'ensemble des conteneurs et la citerne souple. Il est intéressant de noter ici que la plupart des offres commerciales en biométhanisation n'intègre pas ce coût que le fermier doit alors, parfois à sa grande surprise, supporter. Intégrer les divers coûts considérés comme coûts annexes par les concurrents permet une plus grande transparence auprès de notre clientèle ;
- Un conteneur qui génère de l'électricité et de la chaleur grâce à une cogénération de 10 kW fonctionnant au biogaz. Dans ce conteneur seront donc placés une génératrice, un moteur et un kit de régulation -provenant du CRMT-, une armoire électrique, un châssis de transmission, ainsi que d'autres éléments connexes.

Au-delà du produit physique offert, la SCRL Ogees propose également divers services annexes au produit physique, à savoir :

- La gestion des différentes parties prenantes nécessaires à la réalisation du projet –comme les fournisseurs de procédé et de moteur mais également l'entreprise de terrassement ;
- La mise en route du digesteur ;
- Un service de maintenance. Un digesteur peut être assimilé à un organisme vivant (Chapelle, 2017) dans le sens où, de manière similaire à ce qu'un fermier doit faire venir régulièrement un vétérinaire pour ses bovins, celui-ci devra faire contrôler l'état de son digesteur. De plus, le contrat de maintenance a une durée de 7 ans et comprendra une prévision aux amortissements pour l'exploitant de l'unité de cogénération. En effet, le moteur ayant une durée de vie limitée, le montant du contrat de maintenance inclut une prévision pour que le moteur soit remplacé en fin de vie ;
- Une garantie de 7 ans, correspondant à la durée de vie du moteur, est également offerte sur l'unité lorsqu'un contrat de maintenance est conclu. Si aucun contrat de maintenance ne lie la SCRL Ogees et son client, la garantie sera de deux ans. Pour un approfondissement, voyez l'annexe B.

Prix

Le prix est un instrument qui remplit un double rôle puisqu'il va à la fois stimuler la demande, et à la fois définir la rentabilité à long terme de la société (Lambin & De Moerloose, 2012). Dans notre cas, le prix de l'unité devra en effet être raisonnablement bas pour que l'agriculteur ait un intérêt à investir dans celle-ci mais être suffisamment élevé pour que la société Ogees soit également rentable et puisse couvrir l'entièreté de ses coûts.

Globalement, deux prix sont à considérer dans notre cas. D'une part, le prix du produit physique, livré sur site et produisant du biogaz est de 142 000€ -voir plan financier à la section 8.1. La marge pour la SCRL Ogees étant de 20%, une remise allant jusqu'à 5% pourra être octroyée afin de réaliser un geste commercial. D'autre part, les contrats de maintenance de l'installation ont une durée de 7 ans et sont facturés annuellement 4 260€.

Promotion

Comme indiqué au début de ce chapitre, le marketing qui accompagne un projet entrepreneurial se limite bien souvent à la détermination du segment cible et à la caractérisation du produit amené vers le client. Or le marketing opérationnel consiste également à communiquer le produit au segment cible et à convaincre l'utilisateur potentiel qu'il en retirera des bénéfices (Kotler & Armstrong, 2013). Dans notre cas précis, la communication endosse un rôle particulièrement crucial. En effet, le manque de connaissance étant souvent considéré comme le frein majeur face à ce type de technologie (Rulot, 2011), une information transparente, complète et de qualité sera nécessaire afin de rassurer les clients potentiels, de les informer des possibilités qui s'offrent à eux et de les aider à franchir le pas d'acheter une unité de cogénération.

Pour savoir de quelle façon communiquer avec le segment cible, il est utile de suivre le modèle du processus de décision d'un consommateur développé par des consultants de McKinsey qui reprend les différentes étapes par lesquelles passe un consommateur avant d'acheter réellement un produit (Court, Elzinga, Mulder, & Vetvik, 2009). Chacune de ces étapes offre bien souvent à l'entreprise commercialisant le produit une opportunité de communiquer avec le client potentiel. De plus, le moyen par lequel l'information est fournie au consommateur tout au long de ce trajet de décision peut différer d'une étape à l'autre.

Connaissance du produit par le consommateur

Cette première étape du processus de décision d'un consommateur est celle à partir de laquelle le consommateur est conscient de l'existence du produit, de l'entreprise (Schuiling, 2015). Comme le montrent des études de cas présentées dans le magazine Agricondruses (2011), de nombreux agriculteurs ne connaissent souvent que très peu la biométhanisation. De même, notre étude de marché a démontré que 11 des 18 –en ne comptant pas la ferme de recherche, ferme00- agriculteurs rencontrés avaient des connaissances faibles voire nulles à propos de la biométhanisation. La communication via des revues agricoles nous semble être la plus opportune afin de communiquer l'existence de la technologie et de l'entreprise Ogees. En effet, l'étude de marché a révélé que 16 des 18 fermiers interviewés sont abonnés à une revue agricole –dont le Sillon belge, Plein

champ, le journal de la Fédération des Agriculteurs Wallons. En analysant ces chiffres plus en profondeur, il est possible de constater que 13 des 16 lecteurs de revues sont abonnés au magazine le Sillon Belge. Ceci nous amène donc à penser que réaliser une campagne publicitaire dans ce magazine augmenterait la connaissance des fermiers à propos de la biométhanisation mais aussi et surtout de notre entreprise et son nouveau produit en voie sèche. Selon les chiffres 2017 de l'éditeur, ce magazine est distribué chaque semaine et est lu par 82 660 lecteurs (Le Sillon Belge, 2017). Pratiquement, l'annonce sera publiée au quatrième trimestre de chaque année qui correspond au moment de l'année où les agriculteurs sont les plus disponibles –de nombreuses activités agricoles étant à l'arrêt à cette période de l'année- et passeront dès lors plus de temps à lire ce type de magazines.

De plus, la participation à des salons agricoles peut s'avérer être impactante. En effet, les agriculteurs se rendent en grand nombre à certains salons agricoles afin de découvrir les nouveautés qui concernent le monde agricole. La participation à deux foires est donc prévue annuellement, dont la Foire de Libramont qui est un incontournable sur le marché wallon.

Lors des discussions avec les participants à notre enquête, nous avons pu conclure que ces derniers n'utilisaient que très peu internet –les réponses à ces questions allant de « pas du tout » à « 45 minutes par jour, pour la paperasse ». Internet n'est donc pas le moyen à privilégier afin de communiquer. Cependant, lors de notre rencontre avec le gérant de la ferme de recherche associée à l'UCL –ferme00-, celui-ci nous a judicieusement indiqué que les jeunes agriculteurs –lorsque la reprise avait déjà eu lieu- se rendaient, eux, bel et bien sur internet. Dès lors, un site internet reprenant les informations de base afin de comprendre notre technologie, notre offre et les possibilités de contact est également développé.

Il est toutefois important de noter que cette conscientisation ne se fera pas uniquement par la société Ogees. Alors que celle-ci devra tout de même communiquer sur sa propre existence et celle de son unité de petite puissance en voie sèche, une collaboration avec des organismes tels que le facilitateur en biométhanisation, Valbiom¹⁵, ou encore avec divers bureaux d'études facilitera nettement ce travail.

Comparaison par le consommateur

Durant la deuxième étape du processus de décision, le consommateur compare les différentes possibilités qui s'offrent à lui, les différentes marques, les différents produits par rapport à ce dont il a besoin (Court, Elzinga, Mulder, & Vetvik, 2009). Il est indispensable de souligner à ce stade-ci que les agriculteurs ne semblent pas toujours suivre ce que la théorie des consommateurs

15. Il est d'ailleurs possible de communiquer l'existence de ses produits afin d'apparaître dans l'annuaire des constructeurs de biométhanisation qui est publié, comme ce fut expliqué à la section 4.7

prédit généralement. Comme démontré dans le choix des options de l'étude de marché et confirmé par le gérant de la ferme de recherche, ferme 00, des valeurs de contrôle, de confiance ou encore d'habitude¹⁶ influencent les choix du segment cible. Ces valeurs déforment dès lors les principes prédits par la théorie –comme par exemple le fait de diminuer drastiquement le prix en limitant la propriété n'augmentera pas nécessairement le nombre d'acheteurs puisque ceux-ci désirent avant toute chose contrôler ce qu'il se passe dans leur ferme, comme l'ont exprimé les ferme00, 05, 06, 07 et 09.

Tout d'abord, il est possible de permettre aux agriculteurs de garder le contrôle sur l'installation en pratiquant la vente directe, mais aussi en leur fournissant une information complète sur la technologie qu'ils peuvent installer. A ce stade de comparaison, des supports marketings sont utilisés afin de communiquer au mieux. Ces supports sous format de dépliants et rapports contiennent une présentation de l'entreprise et de l'équipe qui la dirige, une explication détaillée mais vulgarisée¹⁷.

Ensuite, utiliser le démonstrateur comme preuve de fonctionnement apparaît être une décision stratégique majeure. En effet, les participants à notre étude ont souvent fait référence à l'une ou l'autre exploitation agricole qu'ils considèrent comme innovante, à un ami qui a récemment installé des panneaux photovoltaïques ou encore à un voisin qui a lancé depuis peu une unité de cogénération. En bref, montrer une unité en fonctionnement se révèle être un argument majeur de vente auprès des agriculteurs. Le démonstrateur en fonctionnement en décembre 2017, des séances d'information invitant des clients potentiels à découvrir l'unité démonstratrice d'Ogees seront dès lors régulièrement organisées afin de communiquer l'information, de laisser une preuve tangible parler d'elle-même mais aussi de répondre à toutes les interrogations qui se poseront.

Achat d'un produit par le consommateur

Après avoir comparé les différents produits qui s'offrent à lui, le consommateur prendra une décision et sélectionnera un produit en particulier (Schuiling, 2015). Il est également possible d'exercer une influence sur cette décision en utilisant au mieux le point de contact qui peut être créé entre le consommateur potentiel et l'entreprise Ogees. Comme indiqué par le responsable commercial de Biogaz-Services GmbH rencontré lors de l'Expobiogaz de Bordeaux, la manière la plus efficace pour qu'un agriculteur opte pour une solution est de « prendre sa voiture, sillonner les départementales et autres routes secondaires et s'arrêter dès que vous voyez une ferme ayant du potentiel ».

16. La ferme04 indique que la préférence est accordée à l'option qui lui permet de conserver ses habitudes

17. Ces rapports seront rédigés dans un langage compréhensible par le public cible. Ils détailleront les intrants à insérer dans le digesteur, le fonctionnement technique de ce dernier, la manière de valoriser les sortants, les avantages mais aussi les contraintes majeures de la biométhanisation, les services qui accompagnent l'unité physique, ainsi que les différentes façons de rentrer en contact avec les collaborateurs d'Ogees

De plus, un marketing réactif et proactif est requis afin d'accompagner la décision d'acheter les unités développées par Ogees. En effet, un numéro de téléphone, une adresse e-mail ainsi qu'une force commerciale seront mis en place afin de pouvoir répondre à toute question, de fournir une information large, et ce de manière réactive. En effet, certains exploitants avaient été contactés au préalable afin de fixer un rendez-vous, et, alors qu'ils s'étaient engagés à retéléphoner pour confirmer le rendez-vous, cela n'a pas été le cas. De même, alors que certains d'entre eux ont proposé durant l'interview de nous faire parvenir une facture d'électricité par e-mail, peu d'entre eux l'ont finalement envoyée. Dès lors, un marketing et une communication proactifs seront nécessaires afin de concrétiser les démarches commerciales.

Expérience après-vente

Afin de simplifier la compréhension de cette fin de chapitre, il est probablement utile de rappeler que ce chapitre imbrique trois modèles différents : le processus de marketing, dont une étape –le marketing opérationnel– fait apparaître le modèle des 4P, dont un des points –la promotion– utilise le processus de décision du consommateur afin d'indiquer quel type de communication utiliser à quelle étape du processus de décision du consommateur. Dans une souci de compréhension, la préférence a toutefois été donnée à conserver le modèle du processus de décision du consommateur de manière groupée, même si cela engendra un anachronisme dans la séquence des étapes puisque cette phase d'après-vente apparaît évidemment après la distribution –section 7.5.3– et coïncide avec la phase de construction de relations avec le client –section 7.5.4.

Enfin, une fois le produit acheté, le consommateur expérimente celui-ci et se crée une opinion suite à l'expérience vécue, qui influencera son prochain processus de décision pour un produit similaire (Court, Elzinga, Mulder, & Vetvik, 2009).

Afin de soutenir cette expérience de produit et afin de cadrer le bouche-à-oreille, le service de maintenance et l'application des garanties auront de l'importance. De plus, les collaborateurs actifs au sein d'Ogees proposeront aux exploitants d'unités d'accueillir d'autres agriculteurs lors d'une visite organisée par les collaborateurs actifs d'Ogees dans le but de « montrer pour convaincre ». L'exploitant en question aura dès lors la sensation d'être un leader du marché agricole, d'être à la pointe de la technologie, d'être un exemple pour ses voisins agriculteurs.

Distribution

Le plan opérationnel de marketing se concrétise grâce aux aspects qui touchent à la distribution. En effet, le produit doit encore parvenir au client via un canal de distribution (Kotler & Armstrong, 2013). Dans notre cas, le produit aboutit au client final par un réseau de distribution

très court puisqu'il n'y a pas d'intermédiaire entre la SCRL Ogees et celui-ci. Pratiquement, un membre de la force commerciale de la société Ogees se rend en personne chez l'agriculteur afin de conclure la vente. Ensuite, celui-ci coordonne l'installation du procédé par le constructeur du procédé ERigène avec l'établissement du conteneur de cogénération. Dans notre cas, la distribution est tout d'abord déterminée par les contraintes du marché dans lequel nous sommes (Lambin & De Moerloose, 2012). En effet, en tant qu'ensemblier nous sommes le dernier maillon de la chaîne de valeur, ce qui explique que nous soyons directement en contact avec le client final.

7.5.4 Construction de la relation avec les clients

La dernière étape permettant de créer de la valeur pour le client est la construction d'une relation de qualité avec celui-ci (Kotler & Armstrong, 2013). Surtout pour une entreprise comme Ogees qui cherche à accorder à son client une place toute particulière dans l'écosystème qu'elle crée, les relations doivent être établies en profondeur et doivent être dotées de sens. En effet, un dialogue entre une entreprise et le consommateur voit de plus en plus souvent le jour. Ce dernier est parfois à même de jouer un rôle important dans la création de valeur (Kotler & Armstrong, 2013). Concrètement, proposer aux clients d'unités Ogees de présenter leur exploitation comme site témoin à de nouveaux clients potentiels permettra, comme expliqué à la section 7.5.3, de créer une relation de long terme et d'accorder un rôle à l'exploitant en question. De telles activités de démonstration permettent en effet aux consommateurs de rester en contact avec l'entreprise Ogees, voire même de se sentir intégrés dans un écosystème, dans une communauté constituée d'acteurs innovants.

7.5.5 Extraire de la valeur des clients

Le client percevant maintenant une certaine valeur dans les produits que nous offrons et l'entreprise que nous sommes, une cinquième étape du processus de marketing consiste à extraire de la valeur du client, ce qui est le but recherché *in fine* par le marketing (Kotler & Armstrong, 2013).

En réalité, des clients satisfaits ne seront pas seulement des clients loyaux qui achèteront à nouveau des produits de notre entreprise. Ceux-ci activeront également un bouche-à-oreille positif qui sera fondamental à la prospérité sur le long terme de l'entreprise Ogees (Schuiling, 2015). Alors que les rumeurs de manquement de qualité et d'exagération de données de production et de rentabilité se sont rapidement propagées pour le concurrent indirect Bioelectric, il est plausible de penser que, si le focus est mis sur des valeurs de qualité et de transparence notamment, les

clients seront satisfaits –puisqu’ils acceptent une solution dont les rendements et investissements annoncés se rapprochent de la réalité– et propageront leur opinion auprès d’autres fermiers. Les innovateurs premièrement visés par la stratégie marketing pourront alors inviter les adeptes précoces à entamer les démarches pour installer une telle unité chez eux également. Une bonne information est donc non seulement nécessaire pour convaincre à court terme d’investir dans des unités proposées par Ogees mais l’est également afin de garantir une bonne réputation de la société sur un espace temporel plus long.

7.6 Protection de la technologie

Dans toute entreprise, la protection de la technologie développée fait partie intégrante de la stratégie commerciale. En effet, certaines entreprises peuvent détenir un brevet dans le but d’avoir une exclusivité ou encore en concéder la licence d’exploitation, celle-ci pouvant être sa principale source de revenu. Par ailleurs, d’autres entreprises font le choix de ne pas protéger leur technologie par le biais d’un brevet mais garde secrètement leur savoir-faire de façon à ne pas être facilement copiées par la concurrence. C’est donc tout naturellement que la question s’est posée pour la SCRL Ogees.

Tout d’abord, nous abordons le droit des brevets de façon lapidaire. Pour un approfondissement, nous conseillons au lecteur de se tourner vers Dusollier et de Francquen (2015). Ensuite, nous voyons de l’i-DEPOT. Et enfin, nous voyons la relation entre Ogees et ses partenaires, la technologie pouvant être protégée au moyen du secret d’affaires.

7.6.1 Brevet

La protection d’une innovation par un brevet est bien connue du grand public. Cependant, le choix d’opter pour ce mode de protection n’est pas toujours opportun. En effet, le brevet est un titre de protection territorial (Dusollier & de Francquen, 2015, p. 213), ce qui limite la zone de protection. Dans le cas qui nous occupe, il serait judicieux de s’orienter vers une procédure dite « européenne » et de choisir les pays dans lesquels une protection de la technologie est requise. Suite à l’Expobiogaz de Bordeaux et au mailing effectué, il a été constaté que les principaux acteurs européens se trouvent en Allemagne, en France, aux Pays-Bas et en Autriche. Nous avons aussi constaté durant l’étude de marché que les concurrents de la SCRL Ogees sont originaires d’Allemagne, de France, d’Italie ainsi que du Royaume-Uni et qu’ils sont actifs, en Irlande, en Pologne, en Belgique, en France, au Portugal, en Italie, en Bulgarie, en Suède, aux Pays-Bas, au Royaume-Uni ainsi qu’en Turquie.

La menace de la concurrence et le segment de clientèle sont donc principalement européens. Partant, une procédure d'octroi de brevet dit européen auprès de l'Office Européen des Brevets -O.E.B.- pourrait être nécessaire. Le brevet devra alors couvrir au moins les pays susceptibles de produire des cogénérations ainsi que ceux représentant le marché cible de la SCRL Ogees. L'avantage de cette procédure est qu'elle inclut un examen de brevetabilité, en plus du rapport de recherche, ce qui a pour conséquence que le brevet aura moins de risque d'être annulé par la suite (Dusollier & de Francquen, 2015, p. 208), en cas de non respect d'une des quatre conditions énumérées ci-après. Par ailleurs, ce brevet représente un certain coût qui est estimé à 35 000€ (Dusollier & de Francquen, 2015, p. 210), voire plus en fonction des besoins de traduction.

Le brevet requiert quatre conditions de validité :

- Premièrement, il faut une invention. Cette invention ne peut être une découverte et doit avoir un caractère technique. Elle doit donc « *apporter une solution technique à un problème technique, être appliquée sur le plan industriel et pouvoir être reproduite sans effort excessif* » (Arrêt Relaxine, V-OOO8/94, ECLI :EP :BA :1995 :J000894.19951207). Dans le cas du moteur développé par la SCRL Ogees nous pourrions penser à une *invention de procédé* qui est, selon Pollaud-Dullian (2010), « *un système dans lequel une méthode ou des agents ou moyens quelconques permettent d'obtenir soit un produit, soit un résultat immatériel* » (Cit. in Dusollier & de Francquen, 2015, p. 170). L'*invention de procédé* peut conduire à un résultat déjà connu, ce qui est le cas en l'espèce ;
- Deuxièmement, cette invention doit être nouvelle. « *Une invention est considérée comme nouvelle si elle n'est pas comprise dans l'état de la technique* ». « *L'état de la technique est constitué par tout ce qui a été rendu accessible au public avant la date de dépôt de la demande de brevet [...]* » (art.54, al.1^{er} et al.2 de la Convention sur la délivrance des brevets européens, 2007). Afin d'évaluer le critère de nouveauté de l'invention, des experts du domaine vont établir un rapport dans lequel ils prendront en compte toute la documentation concernant l'invention. Au vu des recherches effectuées dans le cadre de ce mémoire, il semble qu'il n'existe pas de publication reprenant les modifications précises à effectuer pour faire fonctionner, de façon optimale, un moteur à étincelle alimenté au biogaz d'une puissance de 10 kW. Nous pouvons donc penser que la condition de nouveauté est établie ;
- Troisièmement, l'invention doit résulter d'une activité inventive. Selon l'article 56 de la

Convention sur la délivrance des brevets européens (2007), « *une invention est considérée comme impliquant une activité inventive si, pour l'homme du métier, elle ne découle pas d'une manière évidente de l'état de la technique* ». Le premier critère est celui de l'homme du métier qui peut être défini comme étant un « *praticien normalement qualifié, au courant de ce qui formait les connaissances générales communes de la technique à la date en question ; cet homme du métier est normalement supposé avoir eu accès à tous les éléments de l'état de la technique, notamment aux documents cités dans le rapport de la recherche, et avoir eu à sa disposition les moyens et les capacités dont on dispose normalement pour procéder à des travaux d'expérience courant* » (Partie G, Chapitre VII-1 Directives relatives à l'examen pratiqué à l'Office européen des brevets, 2016). Nous pouvons penser aux motoristes tels que ABC, Moes, BTM ou encore le CRMT, dont la principale activité est d'optimiser des moteurs afin de les faire fonctionner avec différents fiouls. Le second critère reprend l'état de la technique - qui est similaire à celle reprise pour juger de la nouveauté, sauf en ce qui concerne les demandes de brevets non encore publiées. Enfin, le troisième critère suppose que l'invention ne soit pas évidente. Cela serait le cas s'il suffisait à l'homme de métier de combiner des éléments de l'état de la technique pour parvenir à la même invention, en se basant sur leurs connaissances et par de simples opérations (Dusollier & de Francquen, 2015, p. 180).

Afin de déterminer la non-évidence, l'O.E.B. utilise une approche problème-solution. Cette méthode consiste à « *(i) déterminer l'état de la technique la plus proche de l'invention concernée, (ii) identifier le problème que l'invention prétend résoudre, et (iii) déterminer si l'invention concernée, en partant de l'état de la technique le plus proche et du problème posé, aurait été évidente pour l'homme de métier* » (Partie G, Chapitre VII Directives relatives à l'examen pratiqué à l'Office européen des brevets, 2016 ; Dusollier & de Francquen, 2015, p. 180).

Au regard de l'approche problème-solution, la condition de non-évidence ne semble pas être satisfaite par les innovations mises au point par la SCRL Ogees. En effet, bien que les recherches se basant sur l'état de l'art donnent des pistes qui ne sont pas suffisamment précises pour modifier un moteur de façon optimale, un motoriste pourra, tout de même, résoudre le problème relativement facilement, l'invention concernée aurait donc été évidente pour l'homme du métier ;

— Quatrièmement, l'invention doit être susceptible d'application industrielle. Conformé-

ment à l'article 57 de la Convention sur la délivrance des brevets européens (2007), « *une invention est considérée comme susceptible d'application industrielle si son objet peut être fabriqué ou utilisé dans tout genre d'industrie, y compris l'agriculture* ». Au vu de cette définition, il est évident que l'invention de la SCRL Ogees est susceptible d'application industrielle.

Nous concluons qu'il n'est pas possible de déposer un brevet pour protéger la technologie développée. Cependant, il existe d'autres façons de valoriser la technologie.

7.6.2 i-DEPOT

Un autre façon de se protéger peut passer par l'i-DEPOT qui permet d'établir l'existence d'une création à une date déterminée (*i-DEPOT*, 2017). Ainsi, il est possible pour la personne ayant fait un i-DEPOT de prouver qu'elle est l'inventeur d'une création. Cette procédure, peu coûteuse, permet de se protéger facilement du cas où un tiers viendrait à revendiquer la paternité de la technologie utilisée par Ogees. Ce scénario peut se présenter si un sous-traitant venait à déposer un brevet pour la technologie mise au point par la société Ogees¹⁸. L'i-DEPOT permettra à la société d'introduire une action en revendication afin de prouver que sa création est antérieure à la date de dépôt du brevet. De plus, l'i-DEPOT n'étant pas publié, il peut être mentionné dans une clause de confidentialité dans le but de démontrer, en cas de divulgation, que la clause a été violée.

Partant, la SCRL Ogees a décidé de faire un i-DEPOT¹⁹. Le prix de celui-ci est de 35€ pour un délai de conservation de 5 ans.

7.6.3 Confidentialité et non-concurrence

La technologie n'étant pas protégée par un brevet, Ogees devra garder ses solutions techniques secrètes. La présente section reprend donc de manière synthétique les outils utilisés par la société pour se protéger de la divulgation de ses secrets d'affaires.

18. Cette hypothèse est tout de même peu probable étant donné que nous avons conclu qu'il n'était pas possible de protéger la technologie par un brevet. Toutefois, certaines procédures étatiques ne prennent pas en compte le caractère brevetable d'une invention ainsi un brevet pourrait quand même être déposé pour la même technologie et l'i-DEPOT sera un excellent moyen de revendiquer l'antériorité de la création

19. Lors de l'évaluation finale Yncubator du 9 mai 2017 il avait été conseillé d'approfondir cette solution

Relations commerciales

Pour s'assurer que les informations concernant les modifications à apporter aux moteurs ne soient pas divulguées, les relations avec les fournisseurs sont encadrées par des accords de confidentialité. Ces accords doivent contenir, selon Cassier (2010), « *la description des informations confidentielles, la procédure d'identification de ces informations, l'obligation de confidentialité [...], la durée de l'obligation de confidentialité et la procédure de restitution ou de destruction des informations confidentielles et éventuellement une indemnité forfaitaire, une clause pénale* » (Cit. in Boulanger & Gilson, 2014, p. 122). Il est fait mention des informations confidentielles dans l'i-DEPOT -il en sera fait mention dans la clause. Les partenaires commerciaux de la société devant savoir ce à quoi ils sont tenus, les fournisseurs doivent consentir à des obligations de non-divulgaration et de non utilisation -les fournisseurs ne pouvant pas utiliser le savoir-faire de la SCRL Ogees pour leurs propres fins. En outre, des obligations d'effacement, et de restitution des données sont prévues en cas de non-conclusion du contrat principal (Vanbrabant, 2016, p. 180). Enfin, une clause pénale est prévue afin de dissuader le cocontractant de divulguer les informations confidentielles.

En plus des accords de confidentialité, une clause de non-concurrence est insérée dans chacun des contrats d'entreprise entre la SCRL Ogees et ses partenaires commerciaux. Ces clauses sont limitées à deux ans, sur le territoire du fournisseur de la SCRL Ogees et à l'objet du contrat. Pour un approfondissement, voyez Gol et Duvieusart (2016).

Relations de travail

La confidentialité des informations dont le travailleur a pris connaissance est protégée par l'article 17,3°,a), de la loi du 3 juillet 1978 qui stipule que le travailleur doit s'abstenir de divulguer des secrets de fabrication ou d'affaires dont il aurait eu connaissance dans l'exercice de son activité professionnelle. Le non-respect de cette obligation est constitutive d'un motif grave susceptible d'entraîner un licenciement immédiat, sans que la faute grave ait nécessairement causé un préjudice pour l'employeur (Boulanger & Gilson, 2014, p. 110). De plus, l'article 309 du Code pénal punit celui qui a méchamment ou frauduleusement communiqué des secrets de fabrique.

Ces dispositions étant parfois méconnues des travailleurs, il est utile de les rappeler par le biais d'une clause de confidentialité incluse dans le contrat de travail. En outre, pour être dissuasive, la clause contient une clause pénale. Durant l'exécution du contrat de travail, celle-ci doit être considérée comme licite si elle a un caractère strictement indemnitaire et qu'elle est assortie

d'une obligation licite. Selon Plasschaert (2010), « *l'article 18 de la loi du 3 juillet 1978 ne s'oppose pas a priori à l'insertion d'une clause pénale puisqu'il ne parle pas du dommage. Il ne précise que les limites dans lesquelles la responsabilité du travailleur peut être engagée.* » (*Cit. in Boulanger & Gilson, 2014, p. 125*). Cela dit, lorsque l'article 18 de la loi du 3 juillet 1978 sortira ses effets, la clause n'aura pas lieu d'être.

Lorsque le contrat de travail aura pris fin, la clause de confidentialité restera valable sur base des articles 1226 à 1231 du Code Civil.

Notons aussi que le contrat de travail contient une clause de non-concurrence qui est valable dans les limites des articles 65, 84 et 104 de la loi du 3 juillet 1978 et de la Convention collective de travail n°1 bis du 21 décembre 1978.

7.7 Droit de l'entreprise

Dans cette section, nous nous efforçons de donner au lecteur une vue globale des principaux choix posés par les fondateurs de la société pour régir leurs relations entre eux. Nous survolons ensuite, les différentes obligations comptables, fiscales et sociales de la SCRL Ogees.

7.7.1 Société

Les porteurs du projet Ogees ont décidé d'exercer l'activité projetée à travers une société. Ce choix est guidé par les avantages quant à la structure de collaboration, à la gestion ou encore au financement qu'offre ce type de contrat. Le contrat de société est donc le véhicule qui se prête le mieux au type de collaboration choisi par les fondateurs d'Ogees. En effet, ceux-ci ont le désir de mettre quelque chose en commun pour exercer une activité déterminée dans le domaine des énergies renouvelables dans le but d'en tirer un avantage patrimonial direct ou indirect (art.1^{er} du Code des sociétés).

Forme de société

Nous avons choisi que Ogees adopterait une forme de société coopérative à responsabilité limitée. Cette décision a été prise au regard de la stratégie suivie par la SCRL Ogees. En effet, il ressort des données recueillies durant l'étude de marché que les agriculteurs pourraient être tentés par un système de tiers-investisseur. Ce modèle d'affaires, sera favorisé si l'agriculteur a la possibilité de devenir coopérateur de la société Ogees. Cela lui permettra de recevoir un dividende sur les bénéfices générés par la SCRL. Il sera alors incité à prendre soin de l'unité

de cogénération installée sur son terrain. Ainsi, la société peut proposer plusieurs modèles de financement à ses clients.

La forme coopérative à responsabilité limitée permet l'augmentation de la part variable du capital sans modification des statuts, il est donc plus aisé de faire rentrer des capitaux par augmentation de capital dans ce type de société. De plus, ce choix a aussi été guidé par la liberté laissée aux associés dans la rédaction des statuts. Cependant, nous aurions pu penser à une certaine réticence des banques à prêter à une SCRL mais après entretien téléphonique avec un conseiller clientèle de chez CBC, nous avons appris que ce type de banque ne faisait pas de distinction entre les différentes formes de société (Fassin, CBC, entretien téléphonique, 20 juin 2017).

Caractéristiques de la société

Bien que le Code des sociétés impose des obligations aux sociétés, une certaine liberté dans la rédaction des statuts est laissée aux fondateurs de société. C'est donc naturellement que cette partie du travail décrit les caractéristiques de la SCRL Ogees. Les statuts et l'acte constitutif utilisé dans ce mémoire sont inspirés de ceux développés par Marcelis, Maquet, Hatert, Mertens, et Stempniewsky (2015). Nous renvoyons le lecteur à l'annexe E pour une consultation des statuts et de l'acte constitutif de la SCRL Ogees.

Objet

L'objet de la société recouvre l'activité économique qu'elle entreprend (Malherbe, De Cordt, Lambrecht, & Malherbe, 2011, p. 233). L'objet de la SCRL Ogees est repris à l'article 3 de ses statuts et lui permet de pouvoir vendre, installer et assurer la maintenance d'unités de cogénération fonctionnant au biogaz mais aussi d'agir en qualité de bureau d'étude (points 1, 2, 3 et 5). En effet, il est probable que la société acquiert une certaine expérience dans la matière et soit amenée à superviser certains projets de plus grande envergure. Les hypothèses de tiers-investisseur sont reprises aux points 7 et 9. Nous avons fait le choix d'avoir un objet relativement large afin de pouvoir lisser les revenus par des activités en lien avec l'activité principale.

Dénomination

La dénomination sociale choisie par les fondateurs pour leur société est SCRL Ogees. Celle-ci doit être « *différente de celle de toute autre société* » (art.65,al.1^{er} du Code des sociétés), cette différence est appréciée « *in abstracto* » sans vérifier si les autres sociétés sont actives dans le même secteur ni même si elles ont un rayon géographique identique ou comparable.

Si une autre société venait à utiliser la même dénomination, la SCRL Ogees pourrait la faire modifier et réclamer des dommages et intérêts (art.65,al.2 du Code des sociétés). A ce jour, la dénomination sociale choisie répond aux critères de l'article 65,al.1^{er} du Code des sociétés.

De plus, le nom commercial Ogees est utilisé comme signe distinctif verbal de l'entreprise. Ce nom a obtenu une protection dès le premier usage en public²⁰ par le truchement de l'interdiction des pratiques commerciales déloyales. En effet, au regard des articles VI.104 et VI.105 du Code de droit économique, l'appropriation d'un nom commercial déjà utilisé ou un nom qui y ressemble pour tenter de détourner la clientèle d'autrui est constitutif d'une pratique déloyale et pourra faire l'objet d'une action en cessation (Dusollier & de Francquen, 2015, p. 364). Notons que cette protection n'est valable que pour la même zone géographique et dans la sphère d'activité du titulaire du nom commercial. Ainsi, le nom Ogees est protégé en Belgique dans le secteur des énergies renouvelables. Enfin, le nom commercial est protégé par l'article 191 du Code pénal.

En plus de la dénomination sociale et de la protection du nom commercial, la question du droit des marques se pose à nous en ce que la marque a une fonction d'identification des produits et services, par rapport à leur provenance afin de « *garantir au consommateur ou à l'utilisateur final l'identité d'origine du produit marqué* » (Arrêt Hag II, C-10/89, EU :C :1990 :359). L'objet protégé par le droit des marques peut être défini comme « *tout signe susceptible d'une représentation graphique servant à distinguer les produits ou services d'une entreprise* » (art.2.1.,§1^{er} de la Convention Benelux en matière de propriété intellectuelle, 2006). La marque choisie par Ogees est qualifiée de marque complexe en ce qu'elle est composée d'éléments qui, pris isolément, pourraient constituer des marques valables (Cornu, 2007, p. 36). En effet, il s'agit d'une marque verbale « Ogees » et d'une marque figurative « flamme deux verts ». Le caractère distinctif s'apprécie par rapport au produit et par référence au consommateur moyen de la catégorie à laquelle le produit est destiné (Arrêt Linde AG, C-53/01, EU :C :2003 :206). Lors de notre entretien avec M. Meyers de l'OBPI (Meyers, OBPI, Rencontre chez Azimut Charleroi, 15 juin 2017) nous avons conclu que la marque Ogees pouvait faire l'objet d'un dépôt de marque Benelux. Dès lors, les fondateurs de la SCRL Ogees ont décidé de faire ce dépôt afin de se protéger de l'utilisation de la marque Ogees par un tiers. La marque déposée est la suivante :

Cet enregistrement, confère une protection pendant dix ans, renouvelable sur le territoire couvert par la Convention.

Lorsqu'une marque est déposée, elle donne droit à son titulaire de l'apposer, de la céder ou

20. Notez que dans le cas de la SCRL Ogees, il est utilisé depuis le concours Mind&Market du 14 avril 2016.



FIGURE 7.6 – Marque

de la donner en licence mais aussi d'interdire à tout tiers d'en faire usage dans la vie des affaires (art.2.20.,al.1^{er}, de la Convention Benelux en matière de propriété intellectuelle, 2006). En cas d'atteinte portée à la marque le titulaire peut demander : des dommages et intérêts, la publication du jugement, la cession du bénéfice réalisé à la suite de la contrefaçon, la propriété des marchandises et matériels contrefaisants ou leur destruction mais aussi une action en cessation (art.2.21. et suivants de la Convention Benelux en matière de propriété intellectuelle, 2006). Enfin, il est prévu une sanction pénale de niveau 6 en cas d'atteinte, avec intention méchante ou frauduleuse, au droit des marques (art.XV.103 et XV.70 du Code de droit économique).

Conseil d'administration

Une société étant une institution, elle ne peut agir seule, c'est pourquoi elle a besoin d'organes. L'article 61 du Code des sociétés consacre la théorie de l'organe. Cela signifie que la société agit par ses organes à l'égard des tiers. De plus, les membres des organes ne contractent, en principe, aucune responsabilité. La société est donc tenue, envers les tiers de bonne foi, par les actes accomplis par l'organe de gestion (art.407 du Code des sociétés), lorsque ces actes entrent dans sa sphère de compétences. De ce fait, des actes qui seraient en dehors de l'exercice de la fonction de l'organe n'engageraient pas la société, sous réserve de la théorie de l'apparence (Cass., 20 juin 1988, *R.C.J.B.*, 1991, p.45 ; Malherbe et al., 2011, p. 207). Par ailleurs, la responsabilité de l'organe peut être engagée à l'égard de la société soit pour faute de gestion ou dans l'exécution du mandat confié aux administrateurs, soit pour violation du Code des sociétés ou des statuts (art.408 du Code des sociétés). De plus, lorsque l'organe viole le Code ou les statuts ou qu'il cause un dommage, il peut être tenu responsable à l'égard des tiers (art.408,al.2 du Code des sociétés). Enfin, tout administrateur sera tenu, en principe, de sa faute grave et caractérisée ayant contribué à la faillite (art.409 du Code des sociétés).

Dans la cas de la SCRL Ogees, Angelo, Simon et Adrien sont administrateurs statutaires, afin de s'assurer de leur non-révocabilité, sauf motif grave. Cependant, dans le but de rester attractive pour les investisseurs, la porte est laissée ouverte à l'admission de coopérateurs au sein du conseil d'administration lorsque ceux-ci participent à un apport conséquent en

capital. Cela sera certainement le cas d'InnoEnergy. Cependant, si un coopérateur devient administrateur, il ne pourra plus bénéficier du mécanisme du *tax shelter* -cf. section 8.3.

Les administrateurs ayant des compétences complémentaires, il a été choisi que le conseil d'administration forme un collège de façon à ce que chacun puisse être entendu et que son opinion soit prise en compte lors de la prise de décisions. Afin de gagner du temps et de permettre à chaque administrateur de participer aux débats du conseil, les statuts prévoient la possibilité d'y participer à distance via un moyen de communication audiovisuel.

Administrateur délégué

Comme mentionné précédemment, le conseil d'administration forme un collège et la gestion journalière est déléguée à Adrien. La gestion journalière a été définie par la Cour de cassation comme étant « *les actes qui en raison de leur peu d'importance ou de la nécessité d'une prompt solution, ne justifient pas l'intervention du conseil d'administration* » (Cass. 17 septembre 1968, *Pas.*, 1969, I, p. 61), nous pouvons, par exemple, penser à la conclusion de contrats de vente ou encore à la mise en place de certains partenariats. Les éventuelles clauses qui limitent ou restreignent les pouvoirs de l'administrateur délégué ne sont pas opposables aux tiers, ces règles relevant de l'organisation interne de la société. Par ailleurs, la société pourra agir contre l'administrateur délégué sur base des règles de droit commun relatives au mandat.

Coopérateurs

Une spécificité notable de la forme coopérative est que la société puisse avoir plusieurs catégories de coopérateurs et de parts (art.366 et 382 du Code des sociétés).

La première catégorie de parts représente le capital fixe de la société, chacune des parts donnant droit à trois voix, ces parts sont laissées aux fondateurs. La seconde catégorie de parts est, principalement, réservée aux *Families, Friends and Fools* et aux *Business Angels*. Ces coopérateurs auront deux voix par part lors de l'assemblée générale. Enfin, dans le but de permettre aux agriculteurs, ayant choisi le financement de leur installation par tiers-investisseur, de rentrer dans la coopérative, une catégorie spéciale de parts a été créée. En outre, dans ce dernier cas, il est possible que l'agriculteur produise plus d'énergie que prévu. Il lui sera alors possible de souscrire de nouvelles parts de la coopérative afin de bénéficier d'une redistribution de dividendes au *prorata* de sa production.

La compétence d'admettre de nouveaux coopérateurs dans la société est laissée à l'organe

de gestion (art.366,2° du Code des sociétés).

Les coopérateurs ne peuvent démissionner que si le conseil d'administration y consent. De plus, si la démission affecte la situation financière de la société, le conseil d'administration pourrait s'opposer à la démission ainsi qu'au retrait des parts et à leur remboursement (art.355,2° du Code des sociétés; Malherbe et al., 2011, p. 999).

Les coopérateurs de catégorie C peuvent être exclus lorsqu'ils cessent de produire de l'énergie pour le compte de la SCRL Ogees.

Capital

Le montant du capital fixe minimum nécessaire à la constitution s'élève à 18 550€ et doit être libéré à concurrence de minimum 6 200€ ou un quart du capital souscrit. Toutefois, le plan financier développé nous montre que cette somme n'est pas suffisante. Par conséquent, le capital souscrit est de 195 000€ lors de la constitution de la société. Ce capital de départ est divisé en 3 900 parts de 50€ chacune, Adrien, Angelo et Simon souscrivent chacun à 200 parts pour un montant total de 30 000 euros. La libération du capital est de 195 000€ dès la constitution, ainsi l'entièreté du capital souscrit est libéré. Nous renvoyons à la section 8.3 pour plus d'explications.

Nous noterons que tous les comparants à l'acte constitutif d'une SCRL sont considérés comme fondateurs (art.401 du Code des sociétés). Ils sont donc susceptibles d'engager leur responsabilité sur base des articles 405 et 406 du Code des sociétés.

7.7.2 Obligations comptables, fiscales et sociales

En plus des considérations reprises dans la précédente section, le passage en société peut être motivé par des considérations fiscales.

Cette section s'efforce donc de donner un aperçu des principales obligations comptables, fiscales et sociales de la SCRL Ogees. En effet, la société est soumise à de nombreuses dispositions qui interagissent entre elles. Par exemple, base imposable de l'impôt des sociétés est déterminée par les comptes annuels de l'entreprise (Lamon & Van Bavel, 2013, p. 15), les revenus professionnels pour le calcul des cotisations sociales sont les revenus professionnels tels que communiqués par l'administration de la fiscalité des entreprises et des revenus du service public fédéral finances (art.11,§2,al.7 de l'Arrêté Royal n°38 organisant le statut social des travailleurs indépendants, 1967).

Obligations comptables

En Belgique, le principe de primauté du droit comptable sur le droit fiscal est retenu. Cela signifie que les règles du droit comptable s'appliquent en matière fiscale, sauf lorsque la législation fiscale y déroge explicitement. Ce principe était inscrit dans le Rapport au Roi précédent l'Arrêté Royal du 8 octobre 1976 qui a été incorporé dans l'Arrêté Royal du 30 janvier 2001 portant exécution du Code des sociétés. Entre temps, la Cour de Cassation avait elle aussi confirmé cette position en ce que, « *sauf dérogation expresse de la loi fiscale, les bénéfices imposables des entreprises sont déterminés conformément aux règles du droit comptable* » (Cass., 20 février 1997, *F.J.F.*, No97/244). De plus, la société est liée par les comptes annuels vis-à-vis de l'administration fiscale (Vincke & Van den Bossche, 2016, p. 19).

Le Code de droit économique prévoit que les entreprises (art.I.5 du Code de droit économique) doivent tenir une comptabilité appropriée à la nature et à l'étendue de leurs activités (art.III.82 du Code de droit économique). Sous réserve de quelques exceptions (art.III.85 du Code de droit économique), la comptabilité est tenue en partie double. Cela signifie que toute écriture passée au crédit d'un compte est portée au débit d'un autre compte. Partant, il existe toujours un équilibre entre le débit et le crédit des comptes. De plus, le plan comptable doit être conforme au plan comptable normalisé imposé par l'Arrêté Royal du 12 septembre 1983. En outre, chaque opération est inscrite dans le livre journal (art.III.84 du Code de droit économique). Ces livres doivent être conservés pendant sept ans (art.III.88 du Code de droit économique). Chaque écriture est définitive (art.III.87,§2 du Code de droit économique) et doit s'appuyer sur une pièce justificative datée qui doit être conservée durant trois à sept ans (art.III.86 du Code de droit économique). Ces pièces justificatives peuvent être externes telles que les factures ou internes tels que les tableaux d'amortissements (Vincke & Van den Bossche, 2016, p. 85). De plus, les entreprises doivent réaliser un inventaire une fois par an. Celui-ci reprend ses avoirs et droits de toute nature, ses dettes, ses obligations et engagements (art.III.89 du Code de droit économique). L'inventaire dressé est valorisé selon les règles d'évaluation fixées par l'Arrêté Royal du 30 janvier 2001. Ces différentes obligations relèvent du principe d'exhaustivité qui implique que tous les événements soient enregistrés (Vincke & Van den Bossche, 2016, p. 86).

Une fois que les comptes ont été mis en concordance avec les données de l'inventaire, ils sont synthétisés dans les comptes annuels, ceux-ci devant répondre aux prescriptions de l'Arrêté Royal du 30 janvier 2001. Les comptes annuels devront ensuite être publiés à la Banque nationale de Belgique, après leur approbation par l'assemblée générale (art.98 du Code des

sociétés).

Le principe le plus important en droit comptable est celui de l'image fidèle, les comptes annuels devant représenter une image fidèle du patrimoine (art.24 de l'Arrêté Royale du 30 janvier 2001 ; Vincke & Van den Bossche, 2016, p. 30). Or, comme le souligne Vincke et Van den Bossche (2016), les entrepreneurs belges sont plus souvent préoccupés par l'optimisation fiscale de leurs comptes annuels que par l'image fidèle de ceux-ci pour les utilisateurs externes (Vincke & Van den Bossche, 2016, p. 30). La SCRL Ogees mettra un point d'honneur à privilégier l'image fidèle de ses comptes en respectant ses valeurs et en jouant le jeu de la transparence plutôt que celui de l'optimisation fiscale.

Obligations fiscales

Impôt des sociétés

La SCRL Ogees en tant que personne morale de droit belge est assujettie à l'impôt des sociétés (art.2,§1^{er},5° et 179 du C.I.R. 92). Pour un approfondissement, voyez Deklerck (2013).

Les revenus passibles de l'impôt des sociétés sont, quant à leur nature, les mêmes que ceux passibles de l'impôt des personnes physiques (art.183 du C.I.R. 92). Afin de déterminer le montant des bénéfices imposables à l'impôt des sociétés, il faut se référer aux règles applicables aux bénéfices des exploitations visées à l'article 23,§1^{er},1° du C.I.R. 92. Les bénéfices sont définis à l'article 24 du C.I.R. 92 et précisés aux articles 25 et 26 du C.I.R. 92. Le bénéfice imposable consiste en la différence entre l'avoir social en début d'exercice social et l'avoir social en fin d'exercice social (Cass. 13 avril 1978, *J.D.F.*, 1982, p. 338). Cela correspond à l'augmentation de l'actif net au cours de l'exercice comptable (Deklerck, 2013, p. 53).

En vertu de l'article 49 du C.I.R. 92, certains frais sont considérés comme frais professionnels à condition qu'ils répondent à quatre conditions cumulatives. Il faut : qu'ils se rattachent à l'exercice de l'activité professionnelle, qu'ils aient été faits ou supportés pendant la période imposable, qu'ils aient été faits ou supportés en vue d'acquérir ou de conserver les revenus imposables et qu'ils soient justifiés par des documents probants.

L'article 52 du C.I.R. 92 reprend une liste non-exhaustive des frais professionnels déductibles. A titre d'exemple, nous pouvons citer les loyers et charges locatives, les intérêts de capitaux empruntés -pour autant que ceux-ci ne soient pas requalifiés en dividendes-, les traitements et

salaires des employés et des ouvriers mais aussi du dirigeant d'entreprise.

Toutefois, certaines dépenses ne sont pas déductibles ou ne le sont que partiellement (art.53, 55 et 198 du C.I.R. 92). Celles-ci sont ajoutées et taxées à l'impôt des sociétés. Ces dépenses non admises sont considérées comme des exceptions en ce que seuls les revenus nets sont imposables (Traversa, Van de Velden, & Wolff, 2015, p. 15).

Afin d'aboutir au revenu imposable à l'impôt des sociétés, il est nécessaire d'effectuer huit étapes successives dans un ordre déterminé (art.74 et suivants de l'Arrêté Royal d'exécution du code d'impôts sur les revenus 1992, 1993) :

- Premièrement, il s'agit de déterminer les bénéfices imposables. Trois éléments sont taxables au titre de bénéfices de la période imposable, à savoir : les réserves, les dépenses non admises et les dividendes distribués. Les réserves sont des bénéfices maintenus dans l'entreprise, elles peuvent être apparentes ou occultes et imposables ou immunisées (Deklerck, 2013, p. 311). Les dépenses non admises sont constituées de frais qui ne peuvent pas être déductibles. Les dividendes sont décidés par l'assemblée générale et font partie de la base imposable ;
- Deuxièmement, il faut ventiler le résultat obtenu en fonction de la provenance des bénéfices. Lorsque le bénéfice imposable a été déterminé, il importe de le ventiler en fonction de sa provenance. Dans le cas de la SCRL Ogees, tous les bénéfices sont censés provenir de Belgique. Si la SCRL Ogees avait des établissements à l'étranger, il conviendrait de ventiler les bénéfices selon qu'ils soient d'origine belges ou étrangère (Deklerck, 2013, p. 352) ;
- Troisièmement, il faudra procéder à la déduction des éléments exonérés ou non imposables ;
- Quatrièmement, les revenus définitivement taxés ainsi que les revenus mobiliers exonérés doivent être déduits, l'objectif étant d'éviter la double imposition des dividendes entre la société qui les distribue et celle qui les reçoit. Il n'est pas prévu que la SCRL Ogees perçoive des revenus pouvant entrer dans cette catégorie ;
- Cinquièmement, les revenus des brevets peuvent être déduits à 80%. Cette possibilité

- a été introduite par le législateur fiscal en 2008 afin de stimuler la recherche et le développement en matière de brevets et de licences (Deklerck, 2013, p. 382). Cependant, comme mentionné dans la section 7.6, la technologie développée par la SCRL Ogees n'est pas susceptible de protection ;
- Sixièmement, une réduction du capital à risque, aussi appelé intérêts notionnels, est possible. Cette mesure a été prise afin de diminuer la discrimination fiscale entre la rémunération des capitaux empruntés et celle de capitaux à risque (Deklerck, 2013, p. 387). Cette opération consiste en la déduction d'un intérêt fictif correspondant à la partie « rentabilité sans risque » du coût du capital dont la base est constituée des fonds propres de la société au dernier jour de l'exercice comptable précédent (Vanden Heede, 2017, p. 1). Le taux de déduction pour capital à risque étant de 0,737% pour les PME, nous n'en tiendrons pas compte dans ce mémoire ;
 - Septièmement, une réduction des pertes antérieures est effectuée dans la mesure où ces pertes n'ont pas pu être déduites antérieurement (art.206 du C.I.R. 92). En effet, si la société est en perte, il est envisageable de reporter certaines déductions dans le temps, pour être utilisées lorsque la société aura réalisé des bénéfices, cela correspond au principe *carry-forward*. Il sera alors permis de reporter des revenus définitivement taxés excédentaires ou des pertes fiscales sans limite dans le temps (Traversa et al., 2015, p. 16). Dans le cas de la société Ogees, les pertes reportées sont supérieures aux bénéfices positifs jusqu'à 2020. Partant, la base imposable sera nulle avant 2021 ;
 - Huitièmement, il sera procédé à une déduction pour investissement (art.201 du C.I.R. 92 ; art.79 de l'Arrêté Royal d'exécution du code d'impôts sur les revenus 1992, 1993). Cette déduction permet au contribuable de soustraire de leurs bénéfices imposables, un pourcentage du montant amortissable de la valeur d'acquisition ou de revient des investissements effectués, cette déduction peut être reportée dans le temps (Deklerck, 2013, p. 409). A titre informatif notons que la société bénéficiera d'une déduction pour les immobilisations qui « *tendent à promouvoir la recherche et le développement de produits nouveaux et de technologies avancées n'ayant pas d'effets sur l'environnement ou visant à minimiser les effets négatifs sur l'environnement* » (art.69,§1^{er},2°,b) du C.I.R. 92).

Les déductions fiscales vont avoir un impact considérable sur le taux effectif d'imposition

(Traversa et al., 2015, p. 16). Toutes ces déductions sont d'application générale, il est possible que certaines ne puissent pas s'appliquer au cas de la SCRL Ogees, soit parce qu'elle ne répond pas aux conditions soit parce qu'elle est en perte.

Le système belge retient principalement le système des déductions et exonérations fiscales, qui va tendre à réduire la base imposable avant impôt. Cependant, il existe aussi des crédits ou réductions d'impôts qui interviendront postérieurement. Nous pouvons noter, à titre informatif, qu'il existe un crédit d'impôt en matière de R&D (art.289quater à 289novies et 292bis du C.I.R. 92). Cependant, ce crédit d'impôt ne pourra être choisi que si la société choisit de ne pas utiliser la déduction de l'article 69 du C.I.R. 92. Cette mesure a été prise dans le but de poursuivre les objectifs Europe 2020 (Traversa et al., 2015, p. 387). Nous avons sciemment fait de choix de ne pas nous orienter vers une déduction ou un crédit d'impôt. En effet, ce choix sera discuté lors d'un entretien plus approfondi avec un comptable-fiscaliste.

Lorsque les revenus imposables ont été déterminés, le calcul de l'impôt peut être fait sur base des articles 215 et suivants du C.I.R. 92. Le taux de l'impôt des sociétés diffère de celui des personnes physiques en ce qu'il est fixé à 33,99% (art.215 et 463bis du C.I.R. 92). Toutefois, il est possible pour les sociétés de bénéficier d'un tarif réduit progressif lorsque le revenu imposable n'excède pas 322 500€, que les dividendes distribués n'excèdent pas 13% du capital libéré (art.215,al.3,3° du C.I.R. 92) et que la société attribue à son dirigeant une rémunération à charge du résultat de la période imposable de 36 000€ minimum. Lorsque le revenu imposable de la société est de moins de 36 000 alors elle doit attribuer une rémunération au dirigeant qui ne peut être inférieure à son revenu imposable (art.215,al.3,4° du C.I.R. 92).

La SCRL Ogees peut bénéficier de ce tarif réduit progressif durant les cinq premières années de son existence au moins. Elle sera donc imposée comme suit :

- « 24,25% pour la tranche allant de 0€ à 25 000€;
- 31% pour la tranche allant de 25 000€ à 90 000€;
- 34,50% pour la tranche allant de 90 000€ à 322 500€ » (art.215 du C.I.R. 92).

A cela s'ajoute la contribution complémentaire de crise de 3% (art.463bis du C.I.R. 92).

Notons cependant que la SCRL Ogees ne devrait pas avoir de revenus imposables avant 2021. En outre, la société sera dispensée d'effectuer des versements anticipés durant les trois premiers

exercices comptables (art.218,§2 du C.I.R. 92). Ensuite elle devra en effectuer afin de ne pas se voir infliger une majoration d'impôt (art.218 du C.I.R. 92).

Taxe sur la valeur ajoutée

En plus des impôts sur les revenus, une taxe sur la valeur ajoutée (TVA) est perçue à l'occasion de chaque transaction. Son montant est calculé sur le prix du bien ou du service, déduction faite de la TVA qui a grevé le coût des divers éléments constitutifs du prix. Ainsi, son niveau est toujours proportionnel au prix (Vastmans, de Maeijer, Vranckx, & Geboers, 2017, p. 1510).

La SCRL Ogees est considérée comme assujettie à la TVA car elle effectue des livraisons de biens et des prestations de services, dans l'exercice d'une activité économique, de manière habituelle et indépendante, à titre principal et avec esprit de lucre (art.4,§1^{er} du Code TVA). De ce fait, elle doit déposer une déclaration de commencement d'activité à l'administration fiscale (art.53,§1^{er},1° du Code TVA). Lorsque Ogees sera inscrite à la Banque Carrefour des Entreprises et qu'elle aura reçu son numéro d'entreprise, elle pourra alors activer son numéro de TVA.

Lorsque la SCRL Ogees installe une unité, elle effectue une livraison de bien au sens de l'article 10,§1^{er} du Code TVA. En effet, l'administration fiscale applique la règle des 50% pour les livraisons avec montage du bien. C'est à dire que lorsque la valeur du bien fourni est inférieure à 50% du prix total, l'opération sera considérée pour le tout comme un service. Lorsque la valeur du bien dépasse 50%, toute l'opération sera considérée comme livraison de biens (Déc.,n°E.T.95.109 du 10 mai 1999, *Rev. TVA*, n° 145, 139; Vastmans et al., 2017, p. 1557). Cependant, il est possible que la SCRL Ogees effectue des travaux intellectuels considérés comme prestation de service au sens de l'article 18,§1,al.1^{er} et al.2 du Code TVA, lorsque celle-ci se comporte comme un bureau d'étude.

Les principaux fournisseurs de la société étant situés en France -CRMT et ERigène-, lorsqu'elle achète ses moteurs et digesteurs, ces biens seront exemptés de TVA dans leur pays d'origine et soumis à la taxe en Belgique (art.25ter,al.2 du Code TVA). Le fournisseur devra alors effectuer une livraison intracommunautaire exonérée dans son pays et la SCRL Ogees devra effectuer une acquisition intracommunautaire en Belgique. Si le fournisseur de digesteurs devait s'occuper lui même du montage en Belgique, la livraison aurait lieu en Belgique et le fournisseur serait alors redevable de la TVA en Belgique (art.14,§3 du Code TVA).

Lorsque l'opération taxable a été définie, il faut déterminer la base d'imposition qui est

« tout ce qui est reçu en liaison directe avec la livraison ou la prestation et en représente la contrepartie (art.26 du Code TVA), celle-ci devant pouvoir être exprimée en argent » (Vastmans et al., 2017, p. 1595).

Les taux de TVA applicable aux opérations sont définis par l'Arrêté Royale n°20 fixant le taux de la taxe sur la valeur ajoutée et déterminant la répartition des biens et des services selon ces taux. La vente d'une cogénération constitue une livraison de bien au sens de la règle des 50%, elle sera taxée au taux normal fixé à 21% (art.1^{er}, al.1^{er} de l'Arrêté Royal n°20 fixant le taux de la taxe sur la valeur ajoutée et déterminant la répartition des biens et des services selon ce taux, 1970 ; art.37 du Code TVA).

La particularité du système de la TVA réside dans l'article 45 du Code TVA qui consacre le droit à déduction. En effet, c'est par ce jeu des déductions qu'il est possible d'atteindre la neutralité et éviter le cumul d'impôts (Vastmans et al., 2017, p. 1660). Le droit à déduction est exercé dans la déclaration périodique de l'assujetti. A l'heure où nous écrivons ces lignes, la SCRL Ogees n'est pas encore juridiquement constituée mais est en phase de l'être, il est donc intéressant de relever l'arrêt rendu par la Cour de justice qui précise qu'une société en constitution peut déduire la TVA sur les factures émises au nom des associés (Arrêt Polski Trawertyn, C-280/10, EU :C :2012 :107). Partant, la SCRL Ogees pourrait se voir rembourser la TVA sur des biens d'investissement qu'elle aurait achetés. Ce droit au remboursement reste acquis, selon la Cour, même si l'activité ne voit pas le jour (Arrêt Intercommunale voor zee-waterontzilting (INZO)/Belgische Staat, C-110/94, EU :C :1996 :67), cela étant il faut tout de même que l'entreprise devienne assujettie pour bénéficier du remboursement.

Obligations sociales

Afin de satisfaire à ses obligations sociales, la SCRL Ogees devra s'affilier à une caisse d'assurances sociales dans un délai de 3 mois à compter de la date de création, à défaut, la société sera affiliée d'office auprès de la Caisse nationale auxiliaire d'assurances sociales pour travailleurs indépendants (art.89 de la Loi portant des dispositions sociales et diverses, 1992). Par conséquent, la SCRL Ogees sera affiliée chez Securex.

La cotisation annuelle dans le chef de la société s'élève à 347,50€. Cependant, si le total du bilan de l'avant-dernier exercice comptable clôturé excède 667 529,12€, elle s'élève à 868,00€ (art.2bis et 2ter de la Loi portant des dispositions sociales et diverses, 1992). Selon les prévisions

financières de la SCRL Ogees, cette cotisation s'élèvera à 347,50€.

Discussions et perspectives

L'objectif de ce chapitre est de donner au lecteur une vue d'ensemble des obligations comptables, fiscales et sociales de la SCRL Ogees. Afin de prendre les meilleures décisions quant à la diminution de la charge fiscale tout en ayant une comptabilité transparent et exemplaire, il sera nécessaire de faire appel à un comptable-fiscaliste dont le coût annuel, repris dans le plan financier, est de 2 652€.

7.8 Perspectives futures

Les exemples d'entreprises qui n'ont pas revu leur modèle et se sont vues supplantées par leurs concurrents sont légion. Nous pouvons penser à Kodak, Blackberry ou encore AltaVista qui sont des exemples d'entreprises restées coincées dans leur modèle d'affaires. Afin de ne pas commettre la même erreur, la SCRL Ogees a déjà prévu l'évolution de son modèle d'affaires. Bien que l'intensité concurrentielle et la menace d'entrants potentiels soient relativement faibles dans notre cas, il est toujours plus prudent de conserver « un coup d'avance ».

Le choix de prendre en compte cette évolution a été guidé par l'étude de marché qui a montré que 11 agriculteurs sur les 19 interrogés plaçaient le modèle du tiers-investisseur en second lieu.

Nous avons fait le choix de proposer ce modèle de financement lors de l'étude de marché car nous souhaitions intégrer le paradigme dit de *l'économie de la fonctionnalité* dans le *Business Model* d'Ogees. Selon ce paradigme, une entreprise propose la vente d'un service plutôt que la vente d'un bien (Merlin-Brogniart, 2017).

En suivant ce modèle économique, Ogees participera à la diminution des coûts de production agricoles sans qu'aucun investissement ne soit fait par l'agriculteur, l'unité de cogénération étant financée par la SCRL Ogees. Cela permettra au client de lisser ses charges et à la société de lisser ses revenus. En outre, l'agriculteur aura l'assurance que l'installation sera bien entretenue, ce qui allonge sa durée de vie et est donc bénéfique sur le plan écologique (Merlin-Brogniart, 2017).

De plus, comme le mentionne Van Niel (2014) (*Cit. in* Merlin-Brogniart, 2017), « *si les*

offres de solutions sont basées sur la performance, le mécanisme de rémunération peut introduire le partage des économies réalisées, mais aussi des pénalités pour le prestataire lorsque les résultats obtenus sont inférieurs aux objectifs mentionnés dans le contrat ». Partant, la SCRL Ogees va fonder son offre sur l'assurance d'un revenu régulier à l'agriculteur, ce revenu étant basé sur la performance de l'installation et sur son maintien, par le client, dans un bon état de fonctionnement.

Pour aller encore plus loin dans le modèle, Ogees permet aux agriculteurs de devenir coopérateurs de la SCRL afin d'avoir la possibilité de partager ses résultats positifs avec eux mais aussi de les intégrer dans le processus décisionnel.

En outre, selon Merlin-Brogniart (2017), l'économie de la fonctionnalité est vue comme étant une opportunité de croissance et comme un avantage concurrentiel. En effet, la formule du tiers-investisseur est utilisée dans le photovoltaïque, parfois dans l'hydroélectrique mais, à notre connaissance, aucun acteur du secteur de biométhanisation n'a encore proposé ce modèle.

C'est à dessein que nous n'avons pas souhaité développer ce modèle d'affaires plus en profondeur dans ce travail. En effet, nous avons pris conscience qu'il existe autant de modèles de tiers-investisseurs que de partenaires potentiels. Nous avons appris que certaines installations hydroélectriques sont financées par le truchement d'un prêt octroyé par le tiers-investisseur au consommateur ou encore par un montage juridique basé sur un droit de superficie (D'Arripe, Consultante en Gestion de Projets de développement industriel, entretien téléphonique, 19 avril 2017). Partant, nous ne pouvons que regretter le vide juridique encadrant le système de tiers-investisseur. Effectivement, il n'est pas possible de revendre de l'énergie sur site, ce qui limite les possibilités de développement du modèle et oblige les parties à recourir à des montages juridiques complexes.

Nous ajoutons que ce modèle demande un investissement initial beaucoup plus important. C'est pour cette raison qu'Ogees mettra tout en oeuvre pour qu'à terme son *Business Model* soit celui du tiers-investisseur (De Muelenaere, coach à l'Yncubator, rencontre, 24 février 2017).

Chapitre 8

Plan financier

8.1 Plan financier de la SCRL Ogees	200
8.1.1 Caractérisation des produits et chiffre d'affaires	200
8.1.2 Coûts indirects	204
8.1.3 Immobilisations	206
8.1.4 Compte de résultat prévisionnel	207
8.1.5 Trésorerie	210
8.1.6 Bilan prévisionnel	212
8.1.7 Analyse financière	213
8.2 Aspects financiers de l'offre commerciale	215
8.2.1 Contenu de l'offre	215
8.2.2 Calcul de l'énergie produite	215
8.2.3 Economies réalisées annuellement grâce à l'unité d'Ogees	216
8.2.4 Autres facteurs à considérer dans le calcul de rentabilité de l'unité . . .	217
8.2.5 Rentabilité d'une installation	218
8.3 Financement	220
8.3.1 Tax shelter	221
8.3.2 Prêt « coup de pouce »	222
8.3.3 Choix de financement	222

Dans le développement d'une startup, les aspects financiers sont non seulement un prérequis légal à la création d'une société, mais sont *in fine* la traduction chiffrée du contenu amené par chacun des chapitres de ce mémoire (Janssen, 2009).

La plupart des projets entrepreneuriaux examinent les aspects financiers, d'une part afin d'assurer une rentabilité interne, et d'autre part, pour veiller à ce que le marché soit demandeur pour les produits développés. Dans le cas de la société Ogees, un troisième volet est également

étudié dans cette section, à savoir celui de la rentabilité des installations pour le client. En effet, portée par des valeurs d'attention à son environnement, la société Ogees cherche à ne conclure que des bonnes affaires. Or, comme nous l'a dit M. Nakombo lors de l'Africa-Belgium Business Week à laquelle nous avons participé les 18 et 19 avril 2017, « une bonne affaire est une affaire qui arrange tout le monde » (Nakombo, maire de la ville de Bangui (Centrafrique), rencontre, 19 avril 2017). Dès lors, la première partie de ce chapitre se concentre sur les aspects financiers propres à la SCRL Ogees tandis que la seconde examine la rentabilité du point de vue d'un agriculteur.

8.1 Plan financier de la SCRL Ogees

La constitution d'une société est conditionnée à la réalisation d'un plan financier. En effet, « *en cas de faillite prononcée dans les trois ans de la constitution, si la part fixe du capital social était, lors de la constitution, manifestement insuffisante pour assurer l'exercice normal de l'activité projetée pendant une période de deux ans au moins* », les fondateurs pourraient être solidairement tenus. Le plan financier repris à l'article 391 du Code des sociétés sera alors remis au tribunal (Art.405,5° du Code des sociétés). Cependant, l'utilité d'un plan financier dépasse de loin les obligations légales. Celui-ci est un excellent outil de travail qui permet de synthétiser sous forme chiffrée les données reprises dans le *Business plan*. En effet, il détermine si le projet est rentable –et dans le cas contraire, le modifier permet de tester les variables qui influencent la rentabilité. Enfin, le plan financier cerne aussi les moments stratégiques de la vie de l'entreprise et ceux où les porteurs du projet devront aller chercher du financement.

8.1.1 Caractérisation des produits et chiffre d'affaires

L'offre proposée par la société Ogees sur le marché est composée de deux produits distincts : le produit physique et le service de maintenance qui l'accompagne.

Produit 1 : l'unité de cogénération de 10 kW

Le premier produit vendu par la SCRL Ogees est l'unité de cogénération de 10 kW. Celle-ci est constituée d'une part du procédé en voie sèche et de l'autre du conteneur de cogénération.

Nombre d'unités vendues

Sur base des rapports de l'Agence Wallonne pour la Promotion d'une Agriculture de Qualité (2016a) et de l'étude de marché que nous avons réalisée auprès d'exploitants agricoles, il est possible de quantifier la demande pour les unités vendues par la société Ogees.

L'annexe I.1 détaille la démarche qui permet d'estimer la demande pour les produits de la SCRL Ogees. La figure 8.1 résume d'ailleurs cette annexe. Le nombre d'exploitants demandeurs d'unités développées par l'entreprise Ogees est estimé à 165.

La taille de marché est donc attractive pour les premières années d'activité de l'entreprise Ogees.

Estimation de la demande	
Exploitations agricoles en Belgique	37 194
Exploitations agricoles en Wallonie	12 902
Orientation technico-économique dans l'élevage bovin	2 622
Possèdent >60 bovins	2 331
Intéressés par la biométhanisation	1 295
Optent pour la solution de vente directe	791
Agriculteurs opèrent à de gros investissements	659
Vont opter pour la société OGEES (part de marché 25%)	165

FIGURE 8.1 – Estimation de la demande pour les unités de la société Ogees, avec explications en annexe I.1.

Demande supérieure à la capacité interne

En considérant cette taille de marché, le nombre d'installations qui peuvent être vendues annuellement sera d'abord limité par la capacité interne de la société Ogees à fournir ces installations. Nous estimons que les collaborateurs actifs de cette dernière seront capables de réaliser 4 ventes la première année, 6 la seconde, 9 la troisième pour arriver à dix installations la quatrième année. Comme la société Ogees a pour objectif de fournir un matériel de qualité et durable ainsi que d'établir des relations de confiance avec ses parties prenantes, un plafond de 10 installations par an est d'ailleurs fixé à partir de la quatrième année, comme indiqué sur la figure 8.2.

Année 0 2017	Année 1 2018	Année 2 2019	Année 3 2020	Année 4 2021	Année 5 2022
0	4	6	9	10	10

FIGURE 8.2 – Nombre d'unités vendues par la SCRL Ogees.

Décomposition des coûts directs du produit

Afin d'analyser les coûts unitaires d'une installation, il est nécessaire de distinguer le procédé du conteneur de production d'électricité.

Matériel lié à la digestion

La partie procédé de l'unité est composée de trois conteneurs de digestion de la marque ERigène. Suite à notre mailing exposé à la section 4.7.2, le prix unitaire des conteneurs de digestion en voie sèche de la marque est estimé par le fabricant à 25 000€¹ pour la puissance

1. Sauf mention contraire, tous les montants en euros sont exprimés hors TVA

demandée, soit un total de 75 000€ (Lespinard, ERigène, échange d' e-mails, 22 juillet 2017). Un montant de 10 000€ est également à prévoir pour une citerne souple permettant de stocker le biogaz produit. Les éléments connexes au procédé sont estimés à 5 000€. A ceci, nous ajoutons un coût de terrassement afin de pouvoir disposer l'installation sur une surface plane et résistante que nous estimons à 5 000€. Il est important de souligner que ces frais de terrassement ne sont que rarement repris dans les offres de cogénération proposées aux agriculteurs. Ceux-ci sont alors surpris en constatant que tous les coûts n'étaient pas inclus dans l'offre. C'est dans le but de fournir une information transparente que nous incluons ce montant dans l'offre commerciale du produit proposé.

Matériel lié à la production d'électricité et de chaleur

Divers éléments composent le conteneur de cogénération. Après avoir analysé les différentes possibilités qui s'offrent à nous pour la construction du moteur, nous avons opté pour le moteur D1803 transformé par le CRMT du fabricant Kubota, estimé au prix de 4 000€ (Marchand, CRMT, rencontre à Lyon, 7 juillet 2017). Le kit de régulation² proviendra du fabricant lyonnais CRMT pour un prix d'environ 2 000€ (Marchand, CRMT, rencontre à Lyon, 7 juillet 2017). L'expérience de Nicolas nous permet également d'estimer les coûts de la génératrice -935€-, de l'armoire électrique -7 260€-, du châssis de transmission -2 220€-, des accessoires -1 750€- ainsi que les coûts liés à l'aménagement du conteneur³ –environ 3 000€. Enfin, nous avons reçu une offre de la société belge ARDEN Manutention -consultable en annexe I.2- pour un conteneur maritime d'occasion pour la somme de 1 583€⁴. Dans ce dernier seront intégrés tous les éléments cités précédemment.

En additionnant les coûts relatifs au procédé et au conteneur de production d'électricité, le coût en matériel s'élève à 117 748€ par unité.

Prix unitaire du produit

La société Ogees proposant un produit destiné à une utilisation à petite échelle, le prix ne doit pas être trop important car celui-ci reste un facteur de stimulation de la demande (Lambin & De Moerloose, 2012). Comme indiqué dans la section 7.5, le prix doit rester suffisamment bas pour garantir une rentabilité pour l'agriculteur. C'est pourquoi nous avons adopté une stratégie de fixation de prix par les coûts (Dallery & Meliès, 2009). En effet, le prix de l'unité a été fixé en partant des coûts directs de l'installation –soit 117 748€- auxquels a été ajoutée une marge

2. Ce kit permet de gérer les paramètres du moteur

3. Sous ce terme sont repris l'éclairage, l'arrivée d'eau, la porte du conteneur, les détecteurs de sécurité, etc.

4. Ce prix est obtenu en additionnant le coût du conteneur avec la distance en kilomètres multipliée au coût par kilomètre du fabricant, soit $1\,450\text{€} + 70\text{km} \times 1,9\text{€/km}$

que nous jugeons raisonnable de 20%. En outre, il a été décidé à la section 7.5 qu'une remise de 5% serait parfois accordée au client en cas de négociation plus difficile ou en guise de geste commercial. Nous estimons que ce rabais sera appliqué toutes les deux ventes, ce qui revient en moyenne à une marge de 17,5%, soit un prix de vente de 138 353,9€. Ce prix s'aligne bien à celui proposé par la concurrence puisque Hjort-Gregersen (2015) indique que les unités de cogénération à petite échelle en Belgique doivent être vendues pour un montant maximal de 150 000€ pour pouvoir conserver une rentabilité rapide pour le client. Ce paiement est, comme expliqué à la section 7.1, ventilé en trois parties.

Produit 2 : service de maintenance

Comme cela a été détaillé dans les sections 2.2 et 7.5, la vente du produit physique s'accompagne d'un service de maintenance.

Nombre d'unités vendues

Il est supposé que chaque unité vendue va de pair avec un contrat de maintenance de 7 ans, facturé annuellement. Le nombre de contrats de maintenance s'additionne dans le temps puisque partant de 4 en 2018, ce nombre monte pour les années qui suivent à 10, 19, 29 et 39.

Coûts directs du produit

Selon l'entreprise Walvert (*Cit. in* Rulot, 2011), le coût annuel de la maintenance s'élève à environ 2,5% du montant d'investissement additionné à 1,5eurocents par kWh produit annuellement. Afin de proposer une solution durable sur le long terme, nous recommandons à l'agriculteur de compter au-delà de la maintenance une prévision de remplacement pour le moteur. En effet, le moteur est l'élément le plus délicat d'une unité puisque celui-ci doit être changé environ tous les 7 ans (Mignon & Heneffe, 2014; Rulot, 2011). Inclure une prévision d'un nouvel investissement dans un moteur tous les sept ans permet d'assurer une durée de vie plus longue à l'installation plutôt que de voir une installation à l'arrêt à cause d'une pièce maîtresse défectueuse. Nos installations produisant approximativement 75 MWh par an, le total de ces coûts de maintenance s'élève à 4 583,85€⁵.

Prix unitaire produit

Afin d'obtenir des revenus récurrents en plus des revenus liés aux ventes des unités, Ogees s'accorde une marge de 10% sur la maintenance prestée annuellement. Pour l'agriculteur, le fait qu'Ogees réalise un certain profit sur la maintenance se traduit par une marge moins im-

5. Soit $2,5\% \times 117\,748\text{€} + 15\text{€} \times 75\text{ MWh}$

portante sur la vente de l'unité de départ, diminuant ainsi le montant d'investissement initial. Concrètement, le prix de la maintenance s'élève donc annuellement à 5 042,23€.

Subvention « SESAM »

Comme expliqué à la section 7.3.4, la société Ogees bénéficie de la subvention « SESAM » vu le travailleur qu'elle engage.

Chiffre d'affaires

Maintenant que les quantités vendues et les prix de vente des deux produits ont été communiqués, il est possible de calculer le chiffre d'affaires total de l'entreprise comme détaillé sur la figure 8.3.

	Année 0 2017	Année 1 2018	Année 2 2019	Année 3 2020	Année 4 2021	Année 5 2022
Micro-cogénération	0,00 €	442 732,48 €	719 440,28 €	1 245 185,10 €	1 272 855,88 €	1 383 539,00 €
Service de maintenance annuelle	0,00 €	20 168,93 €	50 422,32 €	95 802,41 €	146 224,74 €	196 647,06 €
Autres produits d'exploitation	2 500,00 €	9 375,00 €	6 875,00 €	3 750,00 €	0,00 €	0,00 €
Chiffre d'affaires	2 500,00 €	472 276,41 €	776 737,60 €	1 344 737,51 €	1 419 080,62 €	1 580 186,06 €

FIGURE 8.3 – Chiffre d'affaires en euros pour les six premiers exercices.

8.1.2 Coûts indirects

Alors que nous cherchions à estimer les coûts des frais d'exploitation liés à notre activité, nous avons reçu les comptes annuels détaillés de 2010 d'une entreprise wallonne⁶. Ces comptes annuels –dont une page anonymisée à titre d'exemple est consultable en annexe I.1- nous ont permis d'obtenir des chiffres très précis et réalistes pour calculer ces frais indirects.

Coûts liés au personnel

Comme renseigné dans le chapitre des ressources humaines, deux équivalents temps plein seront actifs au sein de l'entreprise Ogees. D'une part l'administrateur délégué à la gestion journalière de la SCRL Ogees sera rémunéré mensuellement à hauteur de 2 800€ brut –montant déterminé sur base d'une fiche de paie pour un dirigeant d'entreprise qui nous a été transmise par le secrétariat social Securex. Ce salaire passe à 3 000€ à partir du premier janvier 2021. D'autre part, l'ouvrier l'accompagnant sera, lui, rémunéré de 1 910€ brut. Des cotisations patronales à hauteur de 1 401€ par trimestre ont également été comptabilisées.

6. Nous devons garder celle-ci anonyme par souci de confidentialité. Celle-ci est une entreprise similaire à la SCRL Ogees en ce qu'elle offre des produits d'engineering, engage un nombre de collaborateurs et réalise un nombre de projets annuellement comparables à celui des prévisions d'Ogees

Frais d'exploitation liés aux véhicules

La figure 8.4 reprend les dépenses annuelles liées aux véhicules.

Poste	Montant (€/an)
Location camionnette VW Caddy	3 148,2
Entretien	1 175
Carburant	3 848
Assurance	1 971
Taxe de mise en circulation	106,26
	10 248,46

FIGURE 8.4 – Montants annuels des postes relatifs aux véhicules.

Le montant du carburant peut paraître élevé mais celui-ci tient compte des nombreuses visites d'exploitations agricoles ainsi que des visites du démonstrateur d'unité avec des clients potentiels. En effet, comme détaillé dans le chapitre sur le marketing, les personnes actives de la société Ogees sillonnent le territoire wallon afin d'informer et ensuite conclure des contrats avec les clients. De plus, de longs trajets sont également à prévoir puisque certains de nos fournisseurs se situent à l'étranger –comme le CRMT.

Frais liés aux experts

D'une part, des honoraires d'un comptable-fiscaliste sont à prévoir –pour un montant annuel de 2 652€ selon les comptes annuels obtenus. D'autre part, l'administrateur délégué de la société fait régulièrement appel à l'expertise du conseiller indépendant, comme indiqué à la section 7.3.1. Il est estimé que 400 heures sont prestées annuellement par ce dernier et sont facturées à 50€ de l'heure, pour un total de 20 000€.

Frais de marketing

Comme expliqué au chapitre 7.5, une information claire et de qualité est un élément pivot du succès de l'entreprise Ogees. Ceci est d'autant plus le cas lorsque l'on sait que les connaissances limitées des agriculteurs représentent le frein majeur au développement de la filière (Rulot, 2011). C'est pourquoi un budget ⁷ est prévu pour la réalisation de brochures -600€ par an- et la participation à des foires -1 000€ par an-, comme la Foire de Libramont. De plus, des frais de représentation -600€ par an- sont à prévoir puisque la stratégie de « montrer le démonstrateur et les unités existantes pour convaincre » sera appliquée. En outre, il a été décidé qu'une publicité d'une page A4 avec un supplément pour une impression en deux couleurs sera publiée dans le magazine *Le Sillon belge* au quatrième trimestre de chaque année pour un montant de 3 150€ -cf.

7. Budget basé sur les comptes annuels obtenus

l'offre de prix obtenue par le rédacteur en annexe I.2. Enfin, comme expliqué à la section 7.5, un site web est également créé afin d'informer le public des jeunes agriculteurs qui -contrairement aux exploitants interviewés dans le cadre de l'étude de marché- consacrent un certain temps au web, pour un total de 700€ par an –selon les comptes annuels obtenus.

Frais généraux

Enfin, toute une série de frais généraux sont à prévoir pour que la société Ogees puisse mener son activité. La figure 8.5 reprend ces frais dont les données sont extraites des comptes annuels acquis.

Poste	Montant mensuel (€)	Montant annuel (€)
Loyer	1 000	12 000
Charges liées au bâtiment	125	1 500
GSM	140	1 680
Connexion internet	35	420
Assurances		1 000*
Informatique : logiciel et matériel		3 810,42
Formation du personnel		180
Cotisations sociales dans le chef de l'entreprise		347,5

* : estimation

FIGURE 8.5 – Frais généraux.

Il est à noter qu'un loyer sera payé dès la première année d'activité. En effet, étant donné qu'Ogees réalise des travaux d'assemblage –cf. section 7.2-, un espace minimal est requis, ce qui nous empêche de démarrer l'activité dans un bâtiment privé de l'un des fondateurs.

Une marge de sécurité de 5% pour les frais généraux est également comptée dans le plan financier. D'ici le dépôt des statuts en octobre 2017, les petites dépenses diverses seront couvertes par la bourse de préactivité obtenue, à hauteur de 12 500€.

8.1.3 Immobilisations

Durant les premières années d'activités, la société Ogees procède à quelques immobilisations corporelles et incorporelles que nous renseignons ci-dessous. Les frais d'établissement se retrouvent également dans cette section.

Frais d'établissement

Sous cette catégorie sont placées les dépenses liées au devenir de l'entreprise (Guerra, 2002). Celles-ci sont amortissables dans le temps. La somme de ces dépenses s'élève à 1 225,94€ et ces

dernières sont reprises sur la figure 8.6.

Poste	Montant (€)
Acte authentique notaire	750
Droits écriture	95
Droits enregistrement	25
Publication au Moniteur belge	270,44
Obtention TVA	85,5
	1 225,94

FIGURE 8.6 – Frais liés à l'établissement de la société (Agence pour l'Entreprise et l'Innovation, 2017).

Immobilisations corporelles

Trois⁸ grands investissements classés dans la catégorie des immobilisations corporelles sont à prévoir, comme l'indique la figure 8.7 – et dont les chiffres sont tirés des comptes annuels obtenus. Il est prévu de renouveler chacun de ces postes une fois la valeur comptable amortie.

Poste	Montant (€)	Temps d'amortissement (années)
Mobilier de bureau	1 971	5
Matériel de bureau et informatique	4 784	3
Logiciels informatiques	797	3

FIGURE 8.7 – Immobilisations corporelles.

Immobilisations incorporelles

Tout d'abord, comme indiqué à la section 2.4, un démonstrateur sera conçu afin de disposer d'une réalisation servant d'argument commercial et inspirant la confiance auprès du paysage agricole mais aussi de nos fournisseurs et investisseurs potentiels. Ce démonstrateur, dont les coûts correspondent aux coûts matériels de l'unité détaillés à la section 8.1.1, peut être considéré comme un investissement, comme une preuve de savoir-faire.

Ensuite, il peut être prévu que de la recherche et développement sera procédée pour un total annuel de 15 000€. Cette R&D vise à améliorer les produits existants mais également à développer de nouvelles offres qui pourraient être amenées sur le marché en fonction de l'évolution d'Ogees et du marché auquel l'entreprise s'adresse.

8.1.4 Compte de résultat prévisionnel

Le compte de résultat présente sous forme d'un tableau l'ensemble des charges et des produits d'une entreprise pour ensuite présenter le bénéfice réalisé par celle-ci (Guerra, 2002). Le

8. Les logiciels informatiques diffèrent des logiciels loués identifiés dans les frais d'exploitation

compte de résultat est développé dans le cadre de ce mémoire sur les cinq premiers exercices de la société.

Durant le premier exercice -2017, qui ne comporte qu'un trimestre-, aucune vente n'est réalisée étant donné que celui-ci a pour objectif d'obtenir un démonstrateur en état de fonctionnement et que les démarches commerciales débutent seulement. C'est pourquoi cet exercice est nommé année 0 dans cette section.

Le compte de résultat débute avec le chiffre d'affaires. L'excédent brut d'exploitation est calculé en soustrayant de ces ventes les charges d'exploitations et en tenant compte de la variation de stock. A partir de la figure 8.8, il est possible de constater que l'excédent brut d'exploitation des années 2017 et 2018 est négatif. Ceci signifie que les ventes de ces deux années sont inférieures aux achats et aux frais d'exploitation.

Après déduction des amortissements, le résultat d'exploitation est alors obtenu. Les amortissements portent sur les frais d'établissement, les immobilisations corporelles et les immobilisations incorporelles -cf. section 8.1.3.

Les produits et les charges financières sont alors calculés afin de déterminer le résultat avant impôts. Ceux-ci sont nuls dans le cas de la SCRL Ogees.

Après déduction de l'impôt, le résultat net est enfin obtenu. L'impôt se calcule sur la base imposable. Le revenu imposable est négatif les trois premières années -année 0, 1 et 2- et l'impôt sur les sociétés est donc nul. La société bénéficie en 2020 d'un revenu avant impôt positif mais les pertes reportées sont telles que l'entreprise aura une base imposable positive à partir de 2021. Autrement dit, les pertes cumulées des premières années ne seront absorbées qu'en 2021. La base imposable de 2021 s'élève à 18 575€ et le taux réduit à l'impôt des sociétés, de 24,25%, est donc appliqué. En 2022, celle-ci monte à 74 663€, le taux réduit à l'impôt de société est toujours d'application aux taux de 24,25% et de 31% pour la tranche supérieure à 25 000€. Au-delà du taux progressif, les montants repris dans le tableau 8.8 tiennent également compte de la contribution complémentaire de crise de 3%. Le résultat net est donc négatif de 2017 à 2019 avant de s'élever à 45 739€ en 2020, 67 404€ en 2021 et 52 161€ en 2022. Il est donc possible de constater que l'activité d'Ogees engendre des bénéfices positifs.

	Année 0 2017	Année 1 2018	Année 2 2019	Année 3 2020	Année 4 2021	Année 5 2022
+ Micro-cogénération	0,00 €	442.732,48 €	719.440,28 €	1.245.185,10 €	1.272.855,88 €	1.383.539,00 €
+ Service de maintenance annuelle	0,00 €	20.168,93 €	50.422,32 €	95.802,41 €	146.224,74 €	196.647,06 €
+ Autres produits d'exploitation	2.500,00 €	9.375,00 €	6.875,00 €	3.750,00 €	0,00 €	0,00 €
= Chiffre d'affaires	2.500,00 €	472.276,41 €	776.737,60 €	1.344.737,51 €	1.419.080,62 €	1.580.186,06 €
- Achats	0,00 €	-371.579,39 €	-634.578,48 €	-1.146.825,10 €	-1.192.663,58 €	-1.356.250,05 €
- Frais d'exploitation						
Ressources humaines	-15.848,50 €	-62.351,50 €	-62.351,50 €	-62.551,50 €	-64.751,50 €	-64.751,50 €
Voitures	-2.562,12 €	-10.248,46 €	-10.248,46 €	-10.248,46 €	-10.248,46 €	-10.248,46 €
Experts extérieurs	-5.664,35 €	-22.657,39 €	-22.657,39 €	-22.657,39 €	-22.657,39 €	-22.657,39 €
Frais généraux	-5.146,86 €	-20.587,42 €	-20.587,42 €	-20.587,42 €	-20.587,42 €	-20.587,42 €
Marketing	-3.875,00 €	-6.050,00 €	-6.050,00 €	-6.050,00 €	-6.050,00 €	-6.050,00 €
Marge de sécurité	-257,34 €	-1.029,37 €	-1.029,37 €	-1.029,37 €	-1.029,37 €	-1.029,37 €
Sous-total	-33.354,16 €	-122.924,14 €	-122.924,14 €	-123.124,14 €	-125.324,14 €	-125.324,14 €
= Excédent brut d'exploitation	-30.854,16 €	-22.227,12 €	19.234,99 €	74.788,27 €	101.092,90 €	98.611,86 €
- Amortissements						
Amortissements des frais de constitution	-61,30 €	-245,19 €	-245,19 €	-245,19 €	-245,19 €	-183,89 €
Amortissements des immobilisations corporelles	-563,63 €	-2.254,53 €	-2.254,53 €	-2.254,53 €	-2.254,53 €	-2.353,08 €
Amortissements des immobilisations incorporelles	-6.637,40 €	-26.549,60 €	-26.549,60 €	-26.549,60 €	-26.549,60 €	-21.412,20 €
Sous-total	-7.262,33 €	-29.049,32 €	-29.049,32 €	-29.049,32 €	-29.049,32 €	-23.949,17 €
= Résultat d'exploitation	-38.116,49 €	-51.276,44 €	-9.814,33 €	45.738,95 €	72.043,58 €	74.662,69 €
± Résultat financier	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
= Résultat avant impôt	-38.116,49 €	-51.276,44 €	-9.814,33 €	45.738,95 €	72.043,58 €	74.662,69 €
- Impôts	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	-4.639,63 €	-22.101,67 €
= Résultat net	-38.116,49 €	-51.276,44 €	-9.814,33 €	45.738,95 €	67.403,94 €	52.561,02 €

FIGURE 8.8 – Compte de résultat prévisionnel des années 0 à 5 pour la société Ogees.

8.1.5 Trésorerie

Le tableau des flux de trésorerie représente les flux des montants rentrés et sortis de l'entreprise durant l'exercice comptable (Guerra, 2002). Ce tableau est crucial puisqu'il permet d'identifier le fonds de roulement. Ce dernier indique si une entreprise dispose de suffisamment de liquidités pour remplir ses obligations financières à court terme –par exemple, payer ses fournisseurs ou rémunérer son personnel. D'ailleurs, une entreprise présentant un compte de résultat avec un résultat net positif pourrait dans les faits être déclarée en faillite à cause d'un manque de liquidités à court terme (De Rongé & Cerrada, 2012). En effet, selon l'article 2 de la loi du 8 août 1997 sur les faillites, lorsqu'un commerçant cesse ses paiements de manière persistante et trouve son crédit ébranlé, il se trouve en état de faillite.

Facteurs influençant la trésorerie

En pratique, divers aspects influencent la trésorerie d'une entreprise, nous les reprenons ci-dessous.

Premièrement, les paiements des clients et les délais de paiement octroyés influencent celle-ci. Comme indiqué dans les conditions générales placées à l'annexe B, le paiement des unités de cogénération est ventilé en trois parties afin de faciliter l'investissement pour l'agriculteur. 20% de la somme est due par l'agriculteur au moment de la commande. Un délai de 30 jours est accordé pour que celui-ci règle ce paiement. Ensuite, 50% du montant est dû à la livraison de l'installation chez le client. La société Ogees cherchant à créer de bonnes relations avec ses clients, un délai plus long, de 45 jours, est accordé pour le paiement de cette partie plus conséquente. Enfin, les 30% restants sont dus après la mise en fonctionnement de l'unité. En effet, approximativement 30 jours sont requis entre le moment où les premiers intrants sont introduits dans le digesteur et celui où le gaz commence à être exploitable (Mignon & Heneffe, 2014). C'est dans le but de fournir une unité fidèle à l'offre commerciale que la dernière partie du paiement est demandée après le démarrage de celle-ci. Nous comptons ici une durée de mise en marche de 45 jours -et non pas 30 comme l'annonce la littérature- afin de couvrir les imprévus et un retard possible. Le client a alors à nouveau 30 jours pour honorer ses créances. La figure 8.9 reprend les montants expliqués ci-dessus ainsi que les délais accordés.

Moment du paiement	Ventilation (%)	Montant (€)	Délai de paiement
Commande	20%	27 670,78	30 jours
Livraison	50%	69 176,95	45 jours
Mise en fonctionnement	30%	41 506,17	30 jours
Total :		138 353, 90	

FIGURE 8.9 – Ventilation du paiement de l'unité par l'agriculteur et délais de paiement accordés.

Deuxièmement, le délai de paiement accordé par les fournisseurs impacte également la trésorerie. Dans les faits, lorsqu'un agriculteur passe une commande à la société Ogees, cette dernière commande à son tour les éléments nécessaires auprès de ses fournisseurs. Nous estimons que la réalisation et la livraison nécessitent environ 60 jours. Une fois les produits livrés chez Ogees, les fournisseurs facturent alors les paiements dus. Nous espérons pouvoir négocier un délai de paiement de 60 jours auprès de nos fournisseurs. Ce délai couvrirait alors l'assemblage -15 jours-, la livraison et la mise en service du digesteur -45 jours.

Troisièmement, la TVA due à l'administration de la TVA crée également des variations de trésorerie.

Analyse de la trésorerie

Adrien, Angelo et Simon apportent chacun, en tant que fondateurs, la somme de 10 000€, pour un total de 30 000€. Sans apport extérieur, la trésorerie par trimestre pour les trois premiers exercices comptables est représentée sur la figure 8.10 -et le détail de celle-ci est donné en annexe I.5. Celle-ci est donc négative pour l'entièreté de la période. Le besoin en trésorerie est de -134 843€ au quatrième trimestre de l'année 2017, s'élève d'ailleurs jusqu'à -147 437€ au premier trimestre de l'année 2019 pour arriver à -5 279€ au dernier trimestre de l'année 2020.

T4-2017	T1-2018	T2-2018	T3-2018	T4-2018	T1-2019	T2-2019	T3-2019	T4-2019	T1-2020	T2-2020	T3-2020	T4-2020
-134 843	-146 373	-122 648	-128 940	-137 958	-147 437	-136 729	-109 274	-131 308	-89 815	-76 656	-43 312	-5 279

FIGURE 8.10 – Trésorerie des trois premiers exercices comptables sans apports extérieurs.

Afin de couvrir ce besoin en trésorerie, il a été décidé de souscrire, à la création de la société, à un capital de 195 000€, soit 30 000€ provenant des trois fondateurs initiaux, ainsi que 165 000 de sources extérieures⁹ -cf. section 8.3. En tenant compte de l'entièreté de ces apports, la figure 8.11 explicite la variation de trésorerie pour l'entreprise Ogees sur les trois premiers exercices comptables.

T4-2017	T1-2018	T2-2018	T3-2018	T4-2018	T1-2019	T2-2019	T3-2019	T4-2019	T1-2020	T2-2020	T3-2020	T4-2020
30 156,72	18 627,38	42 351,89	36 059,52	27 042,14	17 562,82	28 270,74	55 726,01	33 692,05	75 185,20	88 343,60	121 687,85	159 720,77

FIGURE 8.11 – Trésorerie des trois premiers exercices comptables avec apports extérieurs.

Il est possible de constater que le capital va suivre une tendance à la baisse et donc être consommé jusqu'au premier trimestre de l'année 2019. Ensuite, la trésorerie va suivre une tendance inverse pour atteindre 159 720,77€ de valeurs disponibles au dernier trimestre de l'année 2020.

9. Veuillez noter qu'une marge de sécurité d'environ 15 000€ y est ajoutée dans le but de couvrir tout imprévu et autre risque.

8.1.6 Bilan prévisionnel

Le bilan d'une entreprise est la représentation en tableau des sources de capitaux d'une entreprise ainsi que leurs utilisations, à un moment précis dans le temps (Guerra, 2002). Il est possible de retrouver à l'actif du bilan ce que l'entreprise possède et au passif, ses dettes. L'actif doit toujours égaler le passif. Ceci est bien le cas dans le cas de la société Ogees puisqu'ils équivalent tous deux à 164 420,33€ en 2017.

Le total bilantaire permet surtout une certaine comparaison entre entreprises d'une même industrie. Si l'on compare le total du bilan du deuxième exercice des sociétés Ogees et de son concurrent Bioelectric –dont les comptes annuels sont consultables sur le site de la centrale des bilans de la Banque Nationale de Belgique–, ceux-ci sont respectivement de 191 584,63€ et 209 377€ et sont donc d'un ordre de grandeur similaire.

	Année 0 2017	Année 1 2018	Année 2 2019	Année 3 2020	Année 4 2021	Année 5 2022
ACTIF						
Frais de constitution	1 164,64	919,46	674,27	429,08	183,89	0,00
Immobilisations corporelles nettes	6 988,37	4 733,83	2 479,30	5 805,77	3 551,23	3 169,15
Immobilisation incorporelles nettes	126 110,60	99 561,00	73 011,40	46 461,80	19 912,20	13 500,00
Immobilisation financière	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Créances commerciales	0,00	59 328,20	71 913,28	172 122,50	137 964,46	143 006,69
Trésorerie	30 156,72	27 042,14	33 692,05	159 720,77	211 900,07	266 397,03
Total Actif	164 420,33	191 584,63	181 770,30	384 539,91	373 511,85	426 072,87
PASSIF						
Capital et réserve	195 000,00	195 000,00	195 000,00	195 000,00	195 000,00	195 000,00
Résultat reporté	-38 116,49	-89 392,93	-99 207,27	-53 468,32	13 935,62	66 496,64
Dettes à long terme	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Dettes fournisseurs	7 536,82	85 977,57	85 977,57	243 008,23	164 576,23	164 576,23
Dettes financières	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total Passif	164 420,33	191 584,63	181 770,30	384 539,91	373 511,85	426 072,87

FIGURE 8.12 – Représentation synthétique du bilan pour les premiers exercices comptables.

Actif

L'actif du bilan comporte les immobilisations qui sont de trois sortes :

- Les immobilisations corporelles sont les éléments tangibles nécessaires à la réalisation des activités et sont détaillées à la figure 8.7 ;
- Les immobilisations incorporelles sont les éléments non-tangibles mais non-financiers également. Dans notre cas, ce poste est principalement constitué de la recherche et développement -cf. section 8.1.3 ;
- Les immobilisations financières sont constituées des placements que l'entreprise Ogees pourrait avoir dans d'autres sociétés, ce qui n'est pas le cas pour les premières années d'activité.

L'actif comporte également les actifs circulants qui comportent :

- Les créances commerciales qui sont les factures émises mais pas encore réglées par les clients - relatées à la figure 8.9 ;
- Les liquidités qui sont les montants disponibles sur le compte en banque de l'entreprise -cf. section 8.1.5.

Passif

Le passif reprend principalement :

- Les fonds propres apportés par les fondateurs et les actionnaires ;
- Les dettes à long terme –c'est à dire à plus d'un an-, comme les dettes liées à des emprunts contractés auprès d'institutions bancaires ;
- Les dettes à court terme –à moins d'un an-, comme par exemple les rémunérations, les paiements aux fournisseurs ou encore les taxes à payer.

8.1.7 Analyse financière

Nous avons vu que la société Ogees réalise un résultat net positif à partir de l'année 2020. Au-delà de cette première indication, calculer certains ratios financiers permet d'analyser plus en profondeur la situation financière de l'entreprise Ogees. Ces calculs permettent alors d'informer plus correctement les parties prenantes de l'entreprise.

Ratios de rentabilité

Deux ratios sont régulièrement calculés afin d’esquisser la rentabilité d’une entreprise, à savoir le ROE et le ROA. Le Return On Equity représente le retour sur investissement du capital. Dans le cas de la SCRL Ogees, le ROE de l’année 5 s’élève à 0,27, ce qui est considéré comme attractif par les investisseurs (Loth, 2017).

$$\text{Return On Equity} = \frac{\text{Résultat net}}{\text{Capitaux}}$$

$$\text{Pour l'année 5 : } \frac{52\,561}{195\,000} = 0,27$$

Le Return On Assets est calculé pour déterminer la capacité d’une entreprise à générer des profits à partir de ses actifs (Boyte-White, 2017). Concrètement, chaque euro investi par Ogees durant l’année 5 a généré 13 eurocents de profit.

$$\text{Return On Assets} = \frac{\text{Résultat net}}{\text{Total des actifs}}$$

$$\text{Pour l'année 5 : } \frac{52\,561}{412\,990} = 0,13$$

Ratios de liquidité

Bien que ces premiers ratios soient analysés par des investisseurs potentiels, les ratios relatifs à la liquidité indiquent si la situation financière d’une entreprise est saine.

Le Besoin en Fonds de Roulement indique les ressources financières qu’une entreprise doit mettre à disposition afin de couvrir les flux de trésorerie -cf. section 8.1.5. Lorsque ce ratio est positif, cela signifie qu’un besoin de financer le court terme avec des ressources disponibles à long terme existe. Ceci est le cas pour la société Ogees pour les années 2, 4 et 5 comme l’indique la figure 8.13. La SCRL Ogees doit donc couvrir ses besoins de liquidités à court terme avec le surplus de ressources disponibles au long terme.

Un Fonds de Roulement positif assure que les immobilisations sont couvertes par des ressources à long terme et mesure donc la solvabilité d’une entreprise à court terme. Celui-ci est positif pour toutes les années, ce qui signifie *a priori* que la société Ogees a une capacité à rembourser ses dettes à court terme.

La Trésorerie Nette reprend l’ensemble des ressources financières disponibles à court terme et évalue la situation financière d’une entreprise. Celle-ci étant positive pour les années 0 à 5, les ressources couvrent l’intégralité des besoins de l’entreprise. La situation financière de l’entreprise Ogees peut être considérée comme saine.

		Année 0	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
(1) Besoin en fonds de roulement	= Actifs circulants - Passifs circulants	-7536,82	-7024,70	18643,49	-25094,84	25720,67	30762,91
(2) Fonds de roulement	= Capitaux permanents - Actifs immobilisés	60736,39	89785,71	118835,03	142303,35	171352,68	178330,85
Trésorerie Nette	= (2) - (1)	68273,21	96810,41	100191,54	167398,20	145632,00	147567,94

FIGURE 8.13 – Calcul des ratios de liquidité pour la SCRL Ogees.

8.2 Aspects financiers de l'offre commerciale

L'analyse financière menée précédemment indique donc que l'activité prévue pour Ogees génère un résultat positif dès l'année 2020 et que la société possède les liquidités suffisantes que pour être solvable. Cependant, un facteur clé permettant ou non à la SCRL Ogees de se développer est l'achat d'une unité par les agriculteurs. Afin que ceux-ci procèdent à des investissements dans une telle machine, il est nécessaire que le produit couvre leurs besoins -notamment une diversification de leurs revenus. C'est pourquoi cette section analyse la rentabilité du point de vue de l'agriculteur optant pour une unité de cogénération mise sur le marché par la société Ogees.

En effet, il a été démontré au chapitre 4 que de nombreux avantages –économiques, sociaux, écologiques, agronomiques ou encore énergétiques- sont à tirer de la filière de biométhanisation. Bien que ces avantages attisent bien souvent la curiosité pour cette technologie, l'analyse financière du point de vue d'un fermier constitue malheureusement la fragilité d'un tel projet (Rulot, 2011).

8.2.1 Contenu de l'offre

Pour rappel des chapitres précédents, l'offre de la société Ogees s'adresse aux agriculteurs et combine un procédé de digestion en voie sèche qui prend la forme de garages et un conteneur contenant la cogénération d'une puissance de 10 kW. En parallèle à ce produit physique sont également conclus des contrats de maintenance qui visent à prolonger la durée de la vie de ladite installation.

Comme renseigné à la section 8.1.1, le prix de l'unité physique s'élève à 138 353,9€, avec un paiement ventilé en trois parties à hauteur de 20, 50 et 30%. Au-delà de cela, le service de maintenance est facturé à 5 042,23€ annuellement.

8.2.2 Calcul de l'énergie produite

Avec une puissance installée de 10 kW et un temps de fonctionnement annuel de 7 500 heures¹⁰ (Mignon & Heneffe, 2014), 75 MWh d'énergie électrique sont produits, dont 5% sont

10. Il faut compter le temps de chargement et déchargement des conteneurs de digestion avec de la matière, des périodes d'inactivité à cause de maintenance ainsi qu'une marge pour une non-utilisation imprévue

utilisés par le système –résultant en une électricité utile de 71,25 MWh. Afin d’obtenir une puissance électrique installée de 10 kW, il faut 33 kW de puissance primaire en considérant un rendement électrique de 30% (Mignon & Heneffe, 2014). Avec un rendement thermique de 50% (Mignon & Heneffe, 2014) et un taux d’utilisation de cette énergie thermique de 30%¹¹, la puissance utile thermique est de 5 kWh. En considérant à nouveau le temps de fonctionnement de l’unité, 37,5 MWh thermiques sont produits.

8.2.3 Economies réalisées annuellement grâce à l’unité d’Ogees

Afin de calculer les économies réalisées grâce à l’énergie produite par une installation, il convient de distinguer trois volets : la valorisation de l’électricité, la valorisation de la chaleur et enfin le revenu lié aux subsides obtenus.

Economies liées à la production d’électricité

Afin de déterminer les économies réalisées grâce à la production d’électricité, il est nécessaire de distinguer la part d’électricité qui est auto-consommée de celle qui sera injectée sur le réseau. Pour rappel, le coût de l’électricité payée par les agriculteurs est de 235€/MWh en moyenne (Eurostat, 2016b). La part de l’électricité produite et auto-consommée est donc valorisée à ce prix-là. Concrètement, si un agriculteur a une consommation électrique correspondant à la moyenne identifiée dans la littérature -22 MWh/an- (Rulot, 2011), ce dernier économise 5 170€. D’autre part, la part d’électricité produite qui n’est pas auto-consommée sera injectée sur le réseau. Cette quantité d’énergie est valorisée à 33,57€ sur la bourse Belpex –chiffre du 25 juillet 2017 (Epexspot Belgium, 2017). Si l’on poursuit avec l’exemple de la ferme moyenne, 49,25 MWh¹² sont valorisés au prix du marché de la bourse, soit 1 653,32€.

A la vue de cette différence de valorisation, la consommation électrique d’une exploitation impactera grandement la rentabilité d’une telle installation. Alors que l’exploitation ayant une consommation moyenne valorisera au total 6 823,32€, une ferme dotée d’une consommation de 50 MWh¹³ gagne 12 463,36€.

Economies liées à la production de chaleur

La quantité de chaleur produite et utilisable par l’agriculteur constitue également une source de revenu qui influence la rentabilité d’un projet de cogénération (Rulot, 2011). Selon le rapport

11. Ce taux est obtenu en considérant une autoconsommation de la moitié de la chaleur produite par le digesteur et une quantité de chaleur perdue

12. Pour l’exploitation consommant 22 MWh et dotée d’une installation de 10 kW produisant 71,25 MWh utiles, $71,25 - 22 = 49,25$ MWh

13. Cette consommation a été notamment rencontrée dans les ferme15 et ferme16 de l’étude de marché

de Mignon et Heneffe (2014), la chaleur peut être valorisée à 85€/MWh. Cependant, nous considérons ce chiffre comme étant surestimé puisque ce montant est basé sur le prix du mazout. Or la chaleur n'est pas aussi facilement valorisable que ce premier –puisque la chaleur arrive sous forme gazeuse et que des raccordements sont nécessaires. De par ces complications, nous abaissons le chiffre renseigné de 25% afin d'obtenir des prévisions plus réalistes. Ceci porte donc la valorisation de la chaleur à 63,75€/MWh. Les 37,5 MWh thermiques sont donc valorisés à 2 390,52€.

Le revenu total des valorisations pour le fermier

Si l'on additionne les résultats des deux sections précédentes, l'agriculteur bénéficie de revenus pour un total de 9 213,95€. Dans le calcul de rentabilité d'une installation pour le fermier apparaissant en fin de cette section, un taux d'inflation annuel de l'énergie est applicable. Ce taux est estimé à 3% par le fabricant de solutions photovoltaïques Energreen que nous avons contacté (Megha, Energreen, appel téléphonique et échange d'e-mails, 7 mars 2017).

Revenu lié au mécanisme de soutien des certificats verts

A ce revenu d'exploitation, il convient d'additionner les revenus que représentent les certificats verts accordés pour cette installation verte. Comme indiqué au chapitre 4, Valbiom (2016a) estime que 2,5 CV sont octroyés pour une installation de biométhanisation qui valorise l'électricité et la chaleur à partir de déchets organiques provenant de l'agriculture. Si l'on considère le prix de revente du CV à Elia de 65€¹⁴, les revenus liés au mécanisme de soutien s'élèvent donc à 11 578,13€¹⁵ pour une installation de 10 kW.

8.2.4 Autres facteurs à considérer dans le calcul de rentabilité de l'unité

Subside UDE

L'agriculteur qui opte pour une solution durable d'énergie peut bénéficier d'une aide à l'investissement grâce au subside « UDE¹⁶ » -cf. chapitre 7.1- qui s'élève à 27,5% de l'investissement. Dans la pratique, le fermier bénéficiera de la première moitié de ce montant durant l'année de construction et de la deuxième durant la première année de production.

14. Nous considérons donc par précaution le prix minimal garanti et non le prix qui pourrait être obtenu en revendant les CV sur le marché des CV, à savoir, de 68€/CV en moyenne (CWaPE, 2015)

15. Soit 2,5 CV/MWh * 71,25 MWh utiles * 65€

16. Utilisation Durable de l'Energie

Un intérêt à payer en cas d'emprunt financier

Il est également important de noter que la situation des agriculteurs belges analysée à la section 3.2.1 laisse penser que de nombreux exploitants n'ont pas les liquidités disponibles pour financer un tel investissement. C'est pourquoi nous considérons également un taux d'intérêt de 5% (Mignon & Heneffe, 2014) dans le cas où ce dernier doit emprunter de l'argent.

Autres coûts à prévoir

Afin de fournir au fermier intéressé une offre la plus transparente possible, il est utile de considérer le coût de l'assurance qui devra être contractée pour assurer le fonctionnement de l'installation. Ce coût annuel s'élève à 0,6% de l'investissement (Mignon, 2010).

De plus, une prévision pour le remplacement du moteur après 7 ans est incluse dans l'offre commerciale faite par la société Ogees. Ceci a pour but de conserver les installations en état de fonctionnement. Le moteur coûtant environ 4 000€, une prévision annuelle de 571,43€ est insérée dans les calculs de rentabilité de l'installation.

Par ailleurs, les offres de cogénération et les calculs de rentabilité de tels projets disponibles aujourd'hui sur le marché wallon n'incluent pas la main-d'œuvre nécessaire au chargement et déchargement des digesteurs. Cette omission permet en effet de proposer un temps de retour sur investissement plus court. Or la main-d'œuvre s'est avérée être une difficulté importante énoncée par les agriculteurs interviewés dans le cadre de l'étude de marché. Dans un souci de transparence à nouveau, nous incluons ce coût opérationnel de la main-d'œuvre dans les calculs de rentabilité pour le fermier. En pratique, l'agriculteur adoptant une solution de la société Ogees doit consacrer en moyenne quotidiennement une demi-heure de son temps à celle-ci (Valbiom, 2016a). Si l'on considère une rémunération pour un ouvrier de 25€ par heure (Mignon & Heneffe, 2014), le coût total annuel de la main-d'œuvre est donc de 4 562,5€.

8.2.5 Rentabilité d'une installation

Compte tenu des paragraphes précédents, il est maintenant possible de calculer la rentabilité d'un projet de 10 kW pour un agriculteur.

Variables d'influence

La rentabilité d'un tel projet dépend de toute une série de facteurs comme l'évolution du mécanisme de soutien des CV, le prix de l'électricité sur le marché, la valorisation de la chaleur, le nombre d'heures de fonctionnement annuel, l'auto-consommation d'énergie par le digesteur ainsi que les montants des assurances, de la main-d'œuvre ou de l'investissement initial. De

plus, la consommation de l'exploitation influence grandement la rentabilité d'un projet. Enfin, les caractéristiques de l'offre commerciale influencent également celle-ci.

Dans ce qui suit, nous calculons la rentabilité en fonction des variables suivantes que nous testons :

- La consommation électrique de l'exploitation. Nous considérons dans les calculs de rentabilité deux cas distincts, à savoir une exploitation consommant la moyenne indiquée dans la littérature, soit 22 MWh, ainsi qu'une exploitation énergivore, soit 50 MWh.
- La considération de la main-d'oeuvre. Comme relevé précédemment, une offre commerciale typique concernant des offres utilisant la biométhanisation ne tient pas compte de la main-d'oeuvre nécessaire. Nous faisons donc varier cette variable pour tenir compte ou non de celle-ci¹⁷.
- Le taux d'intérêt en cas d'emprunt. Nous analysons également la rentabilité d'un exploitant faisant appel à un emprunt financier.

Il est maintenant possible de calculer la rentabilité des installations pour un agriculteur, en faisant varier les paramètres identifiés ci-dessus.

Calcul de rentabilité

Il est possible de combiner ces variables pour former neuf cas différents qui représentent les situations-types d'un éleveur de bovins wallon, comme le montre la figure 8.14. La société Ogees ne privilégie toutefois pas les cas 1 et 4 puisque ceux-ci déforment la réalité économique du projet en ne prenant pas en compte la main-d'œuvre.

En comptabilisant les coûts et sources de revenus étudiés *supra*, l'annexe I.4 présente l'évolution dans le temps de la trésorerie d'un tel projet pour le cas 6, à titre d'exemple. Les projets de production d'électricité verte sont des projets longs termes. C'est pour cette raison que nous étudions la rentabilité du projet sur une période de quinze ans. La figure 8.14 reprend tout d'abord le temps de retour sur investissement associé à chaque cas. Le temps de retour correspond au moment où l'investissement initial est récupéré. Force est de constater qu'en faisant varier les paramètres, le temps de retour varie de 5 à 13 ans. Lors de nos rencontres

17. Il est à noter qu'Ogees tient à fournir une information la plus transparente possible à ses clients mais que la juxtaposition à l'offre typique permet une comparaison entre offres pour un client potentiel.

		Investissement initial (€)	Temps de retour (ans)	Flux de trésorerie à 15 ans (€)	Taux de rentabilité (2)/(1)	
Cas		(1)		(2)	(2) / 15 (€)	
22 MWh	Cas 1 : 22 MWh - Version traditionnelle	138 353,9	7	147 220,81	9 814,72	1,064088598
	Cas 2 : 22 MWh - Version traditionnelle + Main-d'oeuvre	138 353,9	10	78 783,31	5 252,22	0,569433225
	Cas 3 : 22 MWh - Version traditionnelle + Main-d'oeuvre + emprunt	138 353,9	13	35 591,90	2 372,79	0,257252563
50 MWh	Cas 4 : 50 MWh - Version traditionnelle	138 353,9	5	252 119,43	16 807,96	1,822279139
	Cas 5 : 50 MWh - Version traditionnelle + Main-d'oeuvre	138 353,9	7	183 681,93	12 245,46	1,327623766
	Cas 6 : 50 MWh - Version traditionnelle + Main-d'oeuvre + emprunt	138 353,9	8	157 025,07	10 468,34	1,134952245

FIGURE 8.14 – Rentabilité pour l’agriculteur selon neuf cas.

avec les agriculteurs, certains d’entre eux –dont la ferme¹⁸, par exemple- ont partagé l’idée qu’un retour de maximum dix ans était tout à fait envisageable pour le milieu agricole. Le cas 3 semble *a priori* ne pas correspondre aux attentes du segment cible.

Maintenant que le temps de retour est connu, le revenu ou la perte généré après quinze ans en investissant dans les unités de cogénération proposées par Ogees peut également être calculé. Comme le montre la figure I.4, un agriculteur similaire au cas 6 qui décide d’investir 138 359,9€, réalisera un bénéfice sur quinze ans de 157 025,07€. Autrement dit, l’agriculteur gagnera annuellement 10 468,34€ en moyenne. En observant les taux de rentabilité, nous pouvons constater que les cas 2 et 3 ne sont pas à encourager d’un point de vue économique sur la durée considérée.

En conclusion à cette analyse financière, le cas 1 est l’unique cas où un agriculteur ayant une faible consommation aurait intérêt à investir dans une unité de cogénération. Par conséquent, la société Ogees doit impérativement s’adresser aux gérants d’exploitations énergivores pour pouvoir garantir des taux de rentabilité attractifs.

8.3 Financement

Le capital de départ étant estimé à 195 000€, il n’est pas réaliste d’imaginer qu’à eux seuls, Adrien, Angelo et Simon puissent réunir cette somme. Partant, ils feront appel à InnoEnergy, en effet, suite à notre rencontre avec Nicolas Menou, nous pensons qu’un partenariat entre InnoEnergy¹⁸ et la SCRL Ogees est envisageable. En effet, InnoEnergy est, entre autre, une structure de soutien et de financement de projets innovant liés à l’énergie. La participation en capital peut aller jusqu’à 125 000€ (Menou, InnoEnergy, rencontre à l’Yncubator, 20 mars 2017). Ils feront appel aux *Families, Friends and Fools* ainsi qu’à des *Business Angels* pour réunir le

18. InnoEnergy est une société européenne qui accompagne les projets innovant à tous les stades de leur développement. Cette société offre des doctorats, des espaces de networking et investi dans les projets entrepreneuriaux. Leur objectif n’est pas de remplacer les incubateurs mais de travailler en partenariat avec ceux-ci. En effet, InnoEnergy dispose d’un grand réseau comprenant des entreprises telles que BTG Biomass Technology Group, EDF ou encore la KUL et l’université de Groeningen.

reste du capital nécessaire.

8.3.1 Tax shelter

Les investisseurs pourront bénéficier d'une réduction d'impôt mise en place par le gouvernement dans le but d'inciter les contribuables à investir dans les jeunes entreprises qui démarrent, il s'agit du *tax shelter* (art.145/26 du C.I.R. 92). Cet incitant fiscal, permet à la société de faire appel à des investisseurs, pouvant en bénéficier, jusqu'à un montant total de 250 000€. La SCRL Ogees entre dans le champ d'application de cette nouvelle règle en ce qu'elle répond aux onze conditions de l'article 145/26,§3 du C.I.R. 92¹⁹. Notons que la société ne peut pas distribuer de dividende durant les 48 premiers mois suivant la libération des parts. Toutefois, selon la doctrine, la société pourrait tout de même accorder un dividende si elle dégagerait un bénéfice opérationnel durant ce délai, « *pour autant que les sommes récoltées dans le cadre du tax shelter ne soient pas utilisées à cet effet* » (Doc. parl., n°54-1125/011, p.3; Herve, 2016, p. 81). Cependant, il n'est pas prévu qu'Ogees distribue un dividende durant cette période.

Afin de bénéficier de ce *tax shelter*, les « contribuables-investisseurs » ne peuvent investir plus de 100 000€ par période imposable et par contribuable. De plus, chacun ne peut acquérir plus de 30% des parts de la société et ces parts devront être détenues durant les quatre périodes imposables suivant l'année de leur acquisition (art.145/26,§5,al.1^{er}, du C.I.R. 92). Dans le cas de la SCRL Ogees, les bénéficiaires du *tax shelter* pourront profiter d'une réduction d'impôt de 45% du montant investi pour les quatre premières années suivant la constitution de la société. Notons qu'InnoEnergy ne peut pas bénéficier de ce *tax shelter*.

Les dirigeants d'entreprise ne peuvent bénéficier de cette réduction d'impôt (art.145/26,§3,al.3,2° du C.I.R. 92). Selon Masset (2016), cette exclusion est contraire à tout bon sens en ce qu'il faut aider le « *dirigeant de la start-up, non seulement parce qu'il en est l'initiateur et qu'il y a investi ses économies ou s'est endetté pour lancer son projet, mais aussi parce que le pousser à récolter des fonds extérieurs aura pour effet de diluer sa part de capital et réduire les fruits de son idée en cas de succès de celle-ci* » (Cit. in Herve, 2016, p. 89). Adrien, Angelo et Simon ne pourront donc pas bénéficier de cet incitant. En outre, le recours à un homme de paille pourrait, selon la doctrine, être sanctionné sur base de la simulation ou de la disposition générale anti-abus prévue à l'article 344,§1^{er} du C.I.R. 92 (Herve, 2016, p. 88).

19. Au vu du plan financier, il n'apparaît pas que la société dépasse les plafonds prévus par l'article 15 du Code des sociétés

8.3.2 Prêt « coup de pouce »

Le prêt « coup de pouce » est un financement sous forme d'emprunt permettant aux prêteurs particuliers de pouvoir bénéficier d'un crédit d'impôt. Cependant, les conditions sont différentes de celles du *tax shelter*. Tout d'abord, l'entreprise doit être une PME au sens de la recommandation 2003/361/CE (art.2,5° du Décret prêt « coup de pouce », 2016). Au vu du plan financier, la SCRL Ogees répond aux conditions de cette recommandation. De plus, la PME doit répondre à neuf autres conditions (art.3 du Décret prêt « coup de pouce », 2016), auxquelles la SCRL Ogees semble répondre au regard de son plan financier.

De leur côté, les investisseurs doivent être des personnes physiques, ayant établi leur domicile fiscal sur le territoire de la Région wallonne et agissant en dehors d'une activité professionnelle. En outre, l'investisseur ne peut être un employé de l'emprunteur, ni un associé ou administrateur leurs conjoints étant aussi exclus. Enfin, le prêt concerné doit être un prêt subordonné, à intérêt²⁰, dont la durée est de quatre, six ou huit ans avec remboursement du capital à l'échéance et d'un montant maximum de 50 000€ par prêt et de 100 000€ par prêteur (art.4 du Décret prêt « coup de pouce », 2016). Ce crédit d'impôt est de 4% du montant des sommes prêtées durant les quatre premières années à partir de celle de la conclusion du prêt et de 2,5% pour les années suivantes (art.8,§4 du Décret prêt « coup de pouce », 2016). Partant, le montant maximum du crédit d'impôt s'élève à 2 000€ pendant les quatre premières années et à 1 250€ pour les années suivantes.

8.3.3 Choix de financement

La SCRL Ogees a choisi de faire appel à InnoEnergy afin de pouvoir bénéficier de l'expérience et du réseau qu'offre cette structure. Ainsi, InnoEnergy investi 125 000€ en capital et recevra 2 500 parts. Angelo, Simon et Adrien apportent chacun 10 000€ et reçoivent chacun 200 parts. Pour le surplus, à savoir 15 000€, il est fait appel à des investisseurs privés pouvant bénéficier du *tax shelter*. Ces derniers sont choisis sur base de leurs connaissances techniques et financières ou de leur expérience en entrepreneuriat.

Si des besoins financiers non prévus devaient être couverts, la SCRL Ogees privilégiera le prêt sur base du système « prêt coup de pouce ».

20. Le taux légal pour l'année 2017 est de 2% conformément à l'article 2,§1^{er} de la loi du 5 mai 1865 relative au prêt à intérêt. Le taux du prêt ne pourra ni être supérieur, ni inférieur à la moitié de ce taux

Au vu de ce choix de financement, il est évident que les parts des trois porteurs de projet sont diluées dans le capital. Cependant, ils devraient avoir la majorité des sièges dans le conseil d'administration, ce qui leur permet de garder la main mise sur la prise de décision. En effet, il est vraisemblable que InnoEnergy demande à avoir un siège au sein du conseil d'administration afin d'accompagner les début de la société. Notons toutefois qu'un pacte d'associés n'est pas à négliger afin de prévoir le cas d'une sortie du capital, nous n'approfondirons pas ce dernier sujet dans le cadre du présent mémoire.

Conclusion

C'est animés d'une passion entrepreneuriale que nous concluons cette aventure humaine qui nous a amenés à la rédaction de ce mémoire.

La passion qui nous a d'abord réunis est celle de pouvoir créer un monde meilleur pour les générations futures. Les grands défis environnementaux du XXI^{ème} siècle nous préoccupent et nous sommes convaincus que c'est par nos actions individuelles que nous pouvons contribuer à les résoudre.

Le projet au centre de cette aventure entrepreneuriale a évolué au fil de ces deux dernières années. C'est d'abord le désir de rendre service à des populations rurales du Sud qui a animé nos discussions avant de nous diriger vers la Wallonie. C'est au fur et à mesure de nos rencontres que nous nous sommes rendus compte que nous pouvions aussi avoir un impact social et environnemental fort près de chez nous.

C'est en Région wallonne que nous avons donc choisi de débiter nos activités afin d'aider les agriculteurs wallon à redevenir les artisans de la terre qu'ils étaient jadis. Nous avons dès lors concilié les défis énergétiques wallons avec les objectifs de viabilité d'une exploitation agricole. C'est ainsi que nous avons opté pour un offre de cogénérations fonctionnant au biogaz obtenu à partir des déchets organiques d'origine agricole. Cette offre a retenu l'attention des agriculteurs et nombreux sont ceux qui se sont dit intéressés par le concept.

Convaincus de l'attractivité de notre produit, nous avons débuté une étude de marché afin de mieux cerner l'environnement dans lequel nous allions être amenés à évoluer. Cette étude du marché nous a montré que l'état de la biométhanisation en Europe était pour le moins hétéroclite. En effet, nous avons compris que, d'une part, des pays comme l'Allemagne disposaient d'un grand nombre d'installations de biométhanisation de puissance importante et que, d'autre part, des pays comme la Belgique n'en avaient qu'un petit nombre avec différentes

gammes de puissance. De plus, nous avons remarqué que les cogénérations de petite puissance ne suscitaient que peu d'intérêt auprès des constructeurs.

Nous avons sélectionné un procédé de digestion dit en « voie sèche » afin de nous démarquer de la concurrence et suite à l'analyse technique des matières organiques disponibles. En réponse au constat du faible développement du marché de la petite puissance, nous avons mis au point notre propre modèle de cogénération et avons rencontré des motoristes. Suite à ces démarches, deux partenariats peuvent être conclus avec les société ERigène pour le procédé de digestion et le CRMT pour le moteur.

Ces différentes étapes nous ont amenés à établir une offre commerciale profitable aussi bien pour le client que pour la société. En effet, nous proposons des cogénérations de 10 kW fonctionnant au biogaz au prix de 138 353,90€ à des agriculteurs wallons. La rentabilité de cet investissement varie de 5 à 8 ans pour un agriculteur consommant 50 MWh par an. En parallèle, un résultat net positif pour la société Ogees de 45 739€ est attendu dès 2020.

Notre soucis d'amélioration continue et de différenciation nous a mené à penser l'évolution de notre stratégie commerciale. C'est ainsi qu'à terme, nous souhaitons nous diriger vers une offre de tiers-investisseur afin de nous plonger pleinement dans le concept de l'économie de la fonctionnalité.

En conclusion à ce mémoire, nous pouvons souligner la mise en place d'une entreprise rentable et pérenne, soucieuse de son environnement et des intérêts de l'ensemble de ses parties prenantes, visant à proposer, de manière transparente, des installations de qualité inscrites dans un objectif de durabilité.

Références

- Abader, R. (2014). *A study on biogas-fueled si engines : Effects of fuel composition on emissions and catalyst performance* (Thèse de doctorat non publiée).
- ADEME. (2016). *Chaleur issue de la méthanisation. De réelles opportunités*. ADEME Éditions.
- Agence pour l'Entreprise et l'Innovation. (2017). *Coûts de création d'une entreprise*. Consulté le 09-08-2017, sur <https://infos-entreprises.be/new-home/creer/conseils-pour-creer-votre-activite/couts-de-creation-dune-entreprise/>
- Agence Wallonne pour la Promotion d'une Agriculture de Qualité. (2016b). *L'agriculture wallonne en chiffres*. Direction generale operationnelle de l'Agriculture, des Ressources naturelles et de l'Environnement, Departement de l'Etude du Milieu naturel et agricole. Jambes : Brieuc Quévy.
- Agricondruses. (2011, Avril). *Quel avenir pour le biogaz en Région Wallonne ?* Agricondruses, 2-8.
- Alla, G. A. (2002). Computer simulation of a four stroke spark ignition engine. *Energy conversion and Management*, 43(8), 1043–1061. doi : 10.1016/S0196-8904(01)00092-9.
- AMIBA. (s. d.). *American business alliance*. Consulté le 29-07-17, sur <https://amiba.net/resourcesmutiplier-effect/>
- Ashworth, W. (1987). *A short history of the international economy since 1850*. London ; New York : Longman.
- Bacq, S. (2016). *Social Entrepreneurship course at the Louvain School of Management*. Louvain-La-Neuve, Belgique : Université Catholique de Louvain.
- Bakx, T., Boéchat, S., Leon, J., & Membrez, Y. (2014). *Mini Biogaz : Développement de petites unités de biogaz en agriculture* (Rapport technique). Aclens : Office Fédéral de l'Energie.
- Benjamin, P. (2013). *Lampe stroboscopique, son utilité et son fonctionnement*. Consulté le 11.07.2017, sur <http://newsdanciennes.com/2013/10/02/lampe-stroboscopique-son-utilite-et-son-fonctionnement/>
- Benyus, J. (2009, Juillet). *Biomimicry in action*. Consulté le 24-03-2017, sur https://www.ted.com/talks/janine_benyus_biomimicry_in_action?language=en
- Birkmose, T., Mortensen, B., Skaaning, K., & Hansen, M. N. (2004). Miljøeffekter af bioforgasning og separering af gylle. *Grøn Viden-Markbrug*(296).
- Bockourt, J., de Cocquéau, B., Delvaux, A., & Devos, S. R., B. (2012). Des changements et suppléments dans les marchés à forfait. In *Le contrat d'entreprise : chronique de jurisprudence 2001-2011*. (p. 233-244). Bruxelles : Larcier.
- Boulanger, C., & Gilson, S. (2014). L'obligation de secret du travailleur : une «vie privée» de l'employeur ? In *L'entreprise et le secret : colloque interdisciplinaire* (p. 85-132). Bruxelles : Larcier.
- Boyer, M., & Dumas, E. (2016). *Le jour du dépassement de la terre en infographie*. Consulté le 17-03-2017, sur http://www.lemonde.fr/planete/portfolio/2016/08/07/le-jour-du-depassement-de-la-terre-en-infographies_4979467_3244.html

- Boyte-White, C. (2017). *What is the formula for calculating return on assets (roa)?* Consulté le 7-08-17, sur <http://www.investopedia.com/ask/answers/031215/what-formula-calculating-return-assets-roa.asp>
- Brosia, S. (2016). *Management stratégique de start-up innovantes et création de valeur*. Consulté le 24-07-17, sur <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01523731/document>
- Caluwaerts, I., & Criel, P. (2017). *Guide de la fiscalité salariale pour les entreprises : réglementation en matière de précompte professionnel*. Waterloo : Kluwer.
- Carrera, J. L., Riesco, J., Martinez, S. M., Sanchez, F. A., & Gallegos, A. M. (2013). Numerical study on the combustion process of a biogas spark ignition engine. *Thermal Science*, 17(1), 241–254. doi : 10.2298/TSCI111115152C.
- Carré, N. (2015). *D'une idée à un business model innovant*. Consulté le 28-07-17, sur http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:nBpyHJx0yXoJ:www.cci.fr/c/document_library/get_file%3Fuuid%3D93ab612c-93b5-473a-a27c-bbbe8116e90e%26groupId%3D10928+&cd=1&hl=fr&ct=clnk&gl=be&client=safari
- Chapelle, G. (2017, Mars 22). *Regenerative economy module. nature guidance for the regenerative economy*. Louvain-La-Neuve, Belgique : Louvain School of Management.
- Clause de médiation. (2017). Consulté le 22-07-2017, sur <http://www.bmediation.eu/index.php/fr/clause-de-mediation>
- Clesse, J., & Dizier, J. (2010). *Dirigeant d'entreprise, un métier sous haute surveillance*. Waterloo : Kluwer.
- Clesse, J., & Kéfer, F. (2014). *Manuel de droit du travail*. Bruxelles : Larcier.
- Commission de Régulation de l'Energie. (s. d.). *Marché de l'électricité*. Consulté le 22-06-2017, sur <http://www.cre.fr/marches/marche-de-gros/marche-de-l-electricite>
- Commission européenne. (2009). *Les objectifs d'Europe 2020*. Consulté le 20-03-2017, sur http://ec.europa.eu/europe2020/europe-2020-in-a-nutshell/targets/index_fr.htm
- Commission européenne. (2016). *Rapport de la commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social européen et au Comité des régions : Prix et coûts de l'énergie en Europe*. Bruxelles.
- Cornu, E. (2007). Les marques : Marque Benelux, marque internationale, marque communautaire. livre 99. In M. Coipel (Ed.), *Guide juridique de l'entreprise. Traité théorique et pratique*, 2ème éd. (p. 1-67). Waterloo : Kluwer.
- Court, D., Elzinga, D., Mulder, S., & Vetvik, O. (2009). The consumer decision journey. *McKinsey Quarterly*.
- Couturier, C. (2009, 02). *Techniques de production d'électricité à partir de biogaz et de gaz de synthèse* (Rapport technique). Réseau Coopératif de Recherche sur les Déchets et l'Environnement.
- CREG, CWaPE, Brugel, & Vreg. (2015, Juin 19). *Communiqué de presse : Evolution des marchés de l'électricité et du gaz naturel en Belgique - Année 2014*.
- Cruquenaire, A., Delforge, C., Durant, I., & Wéry, P. (2015). *Précis des contrats spéciaux : vente, bail, mandat, entreprise, dépôt*. Waterloo : Kluwer.
- CWaPE. (s. d.). *Quota de CV en Région wallonne*. Consulté le 26-03-2017, sur <http://www.cwape.be/?dir=3.4.02>
- CWaPE. (2015). *L'évolution du marché des certificats verts*.
- CWaPE. (2017, Juin 8). *Séance d'information aux producteurs*. Namur, Belgique.
- Dallery, E. F., T., & Meliès, J. (2009). La fixation des prix en situation d'incertitude et de

- concurrence : Keynes et white à la même table. *Revue française de Socio-Economie*, 4 (2), 177-198.
- De Brabandere, L. (2012). *Les mots et les choses de l'entreprise*. Louvain-La-Neuve : Editions Mols.
- De Moerloose, C. (2017). *Séminaire d'accompagnement du mémoire de la Louvain School of Management*. Louvain-La-Neuve, Belgique : Université Catholique de Louvain.
- De Rongé, Y., & Cerrada, K. (2012). *Contrôle de gestion*. Pearson France.
- De Bondt, W. (1993). Precontractuele aansprakelijkheid. In M. Storme (Ed.), *Recht halen uit aansprakelijkheid* (p. 93-147). Gent : Mys Breesch.
- De Coninck, B., & Delforge, C. (2004). La rupture des négociations et le retrait intempestif de l'offre – régime général et sanctions. In Vanwijck-Alexandre (Ed.), *Le processus de formation du contrat, CUP, vol. 72* (p. 79-132). Bruxelles : Larcier.
- Dehasse, D. (2011). Le contrat EPC : l'incontournable "clé en main" des (petits et) grands projets industriels. *DA/OR*(98), 164-177.
- Deklerck, L. (2013). *Manuel pratique d'impôt des sociétés* (10e éd.). Bruxelles : Larcier.
- Dekoker, T., & Thibaut, C. (2013). Les rémunérations directs et indirectes du dirigeant d'entreprise. In *La rémunération du dirigeant d'entreprise*. (p. 39-82). Limal : Anthemis.
- Delforge, C. (2002). La formation des contrats sous un angle dynamique - réflexions comparatives. In *Le processus de formation du contrat : contributions comparatives et interdisciplinaires à l'harmonisation du droit européen* (p. 137-478). Bruxelles : Buylant.
- Direction générale opérationnelle Economie, Emploi et Recherche (DGO 6). (2016). *Brochure explicative - Aide à l'investissement - Environnement et Utilisation durable de l'énergie*. Namur.
- Direction Générale Statistique. (2014). *Chiffres clés de l'agriculture : l'agriculture en Belgique en chiffres*. SPF Economie. Bruxelles : Nico Waeyaert.
- Direction Générale Statistique. (2016, Décembre 14). *Communiqué de presse : Une année globalement très difficile pour les agriculteurs*. Bruxelles, Belgique : SPF Economie.
- Dubuisson, B., Callewaert, V., De Coninck, B., & Gathem, G. (2009). *La responsabilité civile : chronique de jurisprudence 1996-2007 - le fait générateur et le lien causal* (Vol. 1). Bruxelles : Larcier.
- Dufour, C. (n.d.). *Recherches et méthodes scientifiques : recherche exploratoire, descriptive, explicative*. Consulté le 02-06-17, sur http://reseauconceptuel.umontreal.ca/rid=1HZKGLHZ9-TYY7C4-82V/blt6060_c1_rexploratoire_rdescriptive_rexplicative.cmap
- Dusollier, S., & de Francquen, A. (2015). *Manuel de droits intellectuels*. Limal : Anthemis.
- Ellen Mac Arthur Foundation. (2013). *Towards the circular economy*. Consulté le 18-03-2017, sur <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications>
- Energie Facteur 4. (s. d.). *Fonctionnement du mécanisme des certificats verts*. Consulté le 21-03-2017, sur <http://www.ef4.be/fr/marche-energie/certificats-verts>
- Energiguide. (2017). *L'électricité "verte" l'est-elle vraiment ?*. Consulté le 18-03-2017, sur <https://www.energiguide.be/fr/questions-reponses/lelectricite-verte-est-elle-vraiment/30/>
- Engie Electrabel. (s. d.). *En Belgique, le marché de l'énergie compte différents acteurs. Un mot d'explication*. Consulté le 21-03-2017, sur <http://corporate.engie-electrabel.be/fr/100-ans-expertise/marche-energetique/>
- Epexspot Belgium. (2017). *Dashboard : day ahead market*. Consulté le 25-07-17, sur <https://www.belpex.be/market-results/the-market-today/dashboard>

- Esnault, F. (2009). *Construction mécanique - tome 3 - 3e édition : Transmission de puissance*. Dunod. Consulté sur <https://books.google.be/books?id=jlwRTp5YHLwC>
- EurObserv'ER. (2014). *Biogas Barometer 2014*. Consulté le 22-03-2017, sur <https://www.eurobserv-er.org/biogas-barometer-2014/>
- European Commission. (2003). *Type of farm : general TF*. Consulté le 07-05-17, sur http://ec.europa.eu/agriculture/rica/detailtf_fr.cfm
- Eurostat. (2016, Aout 11). *Agricultural prices and price indices*. Consulté le 22-05-2017, sur <http://ec.europa.eu/eurostat/web/agriculture/data/main-tables>
- Eurostat. (2016). *Energy, transport and environment indicators-2016 edition*. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Eurostat. (2017, Juin 8). *Electricity prices for domestic consumers - bi-annual data*. Consulté le 04-08-2017, sur http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=nrg_pc_204&lang=en
- Eurostat. (2017b). *Supply of electricity, monthly data*. Consulté le 21-07-2017, sur http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=nrg_105m&lang=en
- Eymael, G. (2013). Le statut social du dirigeant. In *La rémunération du dirigeant d'entreprise*. (p. 7-38). Limal : Anthemis.
- Falaise, D., & Lusson, J.-M. (2009, Décembre). *Développer les énergies renouvelables à la ferme*. Cesson-Sévigné, France.
- Favre, D., Joly, J., Reynaud, C., & Salvador, L. L. (2005). Empathie, contagion émotionnelle et coupure par rapport aux émotions. *Enfance*, 57(4), 363–382.
- Ferguson, C. R., & Kirkpatrick, A. T. (2015). *Internal combustion engines : applied thermo-sciences*. John Wiley & Sons.
- Flat4ever. (2017). *Les bougies : comprendre, régler et choisir*. Consulté le 11.07.2017, sur <http://www.flat4ever.com/bougies-comprendre-regler/>
- Foley, J. (2010). Boundaries for a healthy planet. *Scientific American*, 302(4), 54–57.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2015, Septembre 25). *Sustainable Development Goals*. Consulté le 18-03-2017, sur <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/en/>
- Foriers, P., De Brouwer, L., & Jafferli, R. (2013). *Les conditions générales de vente*. Bruxelles : Bruylant.
- Fulton, A. (1991). The effect of hydrogen sulphide on chp engines at countless wear sewage-treatment works, exeter. *Water and Environment Journal*, 5(2), 172–177. doi :10.1111/j.1747-6593.1991.tb00604.x.
- Ganesan, V. (2012). *Internal combustion engines*. McGraw Hill Education (India) Pvt Ltd.
- GIEC. (2007). *Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*. Genève : GIEC.
- Global Footprint Network. (2017). *Earth overshoot day 2017 lands on august 2*. Consulté le 02-08-2017, sur <http://www.overshootday.org/about-earth-overshoot-day/>
- Gol, B., & Duvieusart, C. (2016). Les clauses de non-concurrence en droit commun. In *Les contrats commerciaux en pratique*. (p. 230-261). Bruxelles : Larcier.
- Goldemberg, J. (2000). *World energy assessment : Energy and the challenge of sustainability*. United Nations Pubns.
- Gómez, M. J. P., Amell, A. A. A., & Zapata, L. J. F. (2015). Spark ignition engine performance and emissions in a high compression engine using biogas and methane mixtures without knock occurrence. *Thermal Science*, 19(6), 1919–1930. doi :10.2298/TSCI140829119G.

- Grundfos. (2017). *Quick sizing*. Consulté le 01.08.2017, sur <https://product-selection.grundfos.com/>
- Guerra, F. (2002). *Comptabilité managériale : le système d'information comptable*. Editions De Boeck Université.
- Guillouard, M., & Moreau, R. (2009). *Consommation d'énergie dans les exploitations agricoles de l'Indre*. Chambre d'Agriculture de l'Indre.
- Hacala, D. J.-B., S., & Le Gall, A. (1999). Lisier ou fumier : quelle chaîne choisir de l'étable au champ. *Journée*.
- Haenecour, O., Loth, T., & Procès, M. (2015). *Guide pratique des règles de l'art : contraintes et signes de qualité dans la construction* (1^{re} éd.). Bruxelles : Larcier.
- Hall, T. J. (2011). The triple bottom line : what is it and how does it work ? *Indiana business review*, 86(1), 4.
- Heneffe, C. (2016). *Annuaire des constructeurs d'unités de micro-biométhanisation en Wallonie*. Valbiom.
- Herve, L. (2016). De quelques incitants fiscaux récents favorables aux PME qui débutent (tax shelter, dispense de versement de précompte professionnel, exonération pour les intérêts de prêts) : réalité ou miroir aux alouettes ? In *Incitants fiscaux pour les pme : actualité et aspects comptables*. (p. 71-120). Limal : Anthemis.
- Heywood, J. (1988). *Internal combustion engines fundamentals*. Singapore : McGraw-Hill.
- Hjort-Gregersen, K. (2015). *Market overview micro scale digesters*. Agrotech. Denmark : BioEnergy Farm II publication.
- Hohenberg, G. F. (1979). *Advanced approaches for heat transfer calculations* (Rapport technique). SAE Technical Paper.
- Horemans, P. (2012). Cour d'appel de Mons. 10 ans de droit des marchés publics (2001-2011) - Analyse et commentaire de 52 arrêts inédits. *Le pli juridique*(19), 40.
- Hu, E., Huang, Z., Liu, B., Zheng, J., & Gu, X. (2009). Experimental study on combustion characteristics of a spark-ignition engine fueled with natural gas-hydrogen blends combining with egr. *International journal of hydrogen energy*, 34(2), 1035–1044. doi :10.1016/j.ijhydene.2008.11.030.
- Huang, J., & Crookes, R. (1998). Assessment of simulated biogas as a fuel for the spark ignition engine. *Fuel*, 77(15), 1793–1801. doi : 10.1016/S0016-2361(98)00114-8.
- Huang, J., Crookes, R., et al. (1998). Spark-ignition engine performance with simulated biogas-a comparison with gasoline and natural gas. *Journal of the Institute of Energy*, 71(489), 197–203.
- Hussain, J., Palaniradja, K., Alagumurthi, N., & Manimaran, R. (2012). Effect of exhaust gas recirculation (egr) on performance and emission characteristics of a three cylinder direct injection compression ignition engine. *Alexandria Engineering Journal*, 51(4), 241–247. doi :10.1016/j.aej.2012.09.004.
- i-depot. (2017). Consulté le 20-06-2017, sur <https://www.boip.int/wps/portal/site/ideas/>
- Ineris. (2009, 11). *Étude de la composition du biogaz de méthanisation agricole et des émissions en sortie de moteur de valorisation* (Rapport technique). INERIS.
- Innovalor. (2017). *Techniques de purification des biogaz*. Consulté le 15-03-2017, sur http://www.innovalor.com/techniques_purification_biogaz.htm
- International Atomic Energy Agency. (2009, Décembre 31). *Reactors in operations*. Consulté le 14-05-2017, sur http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/CNPP2010_CD/pages/AnnexII/tables/table2.htm

- International Energy Agency. (2016a). *Belgium : indicators for 2014*. Consulté le 16-06-2017, sur <http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?year=2014&country=BELGIUM&product=Indicators>
- Jafari, A., & Hannani, S. K. (2006). Effect of fuel and engine operational characteristics on the heat loss from combustion chamber surfaces of si engines. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 33(1), 122–134. doi : 10.1016/j.icheatmasstransfer.2005.08.008.
- Jalinière, H. (2014, Aout 19). "jour du dépassement" : l'humanité vit à crédit depuis lundi 18 août. Consulté le 17-03-2017, sur https://www.sciencesetavenir.fr/nature-environnement/jour-du-depassement-l-humanite-vit-a-credit-depuis-hier_14507
- Janssen, F. (2009). *Entreprendre : une introduction à l'entrepreneuriat*. De Boeck Supérieur s.a.
- Janssen, F., & Callens, I. (2014). *Cours de management et stratégie à l'Université Saint-Louis Bruxelles*. Bruxelles, Belgique : Université Saint-Louis Bruxelles.
- Johnson, G., Whittington, R., Scholes, K., Angwin, D., & Regnér, P. (2014). *Stratégique*. Pearson France.
- Jung, C., Park, J., & Song, S. (2015). Performance and no x emissions of a biogas-fueled turbocharged internal combustion engine. *Energy*, 86, 186–195. doi :10.1016/j.energy.2015.03.122.
- Kahneman, D., & Deaton, A. (2010). High income improves evaluation of life but not emotional well-being. *Proceedings of the national academy of sciences*, 107(38), 16489-16493.
- Kohl, B. (2016). *Contrat d'entreprise*. Bruxelles : Bruylant.
- Kotler, P., & Armstrong, G. (2013). *Principes van marketing*. Pearson Benelux BV.
- Krich, K., Augenstein, D., Batmale, J., Benemann, J., Rutledge, B., & Salour, D. (2005). Biomethane from dairy waste : a sourcebook for the production and use of renewable natural gas in california. *Western United Dairymen*, repéré sur www.suscon.org/cowpower/biomethaneSourcebook/Full_Report.pdf.
- Lambin, J.-J., & De Moerloose, C. (2012). *Marketing stratégique et opérationnel*. Dunod.
- Lamon, H., & Van Bavel, A. (2013). *Aspects fiscaux de la comptabilité et technique de déclaration fiscale* (4e éd.). Bruxelles : Larcier.
- Le Billon, V. (2014, Novembre 16). *Belgique : la peur du noir*. Consulté le 14-05-2017, sur https://www.lesechos.fr/16/11/2014/lesechos.fr/0203941183819_belgique--la-peur-du-noir.htm
- Le Cong, T., Dagaut, P., & Dayma, G. (2008). Oxidation of natural gas, natural gas/syngas mixtures, and effect of burnt gas recirculation : Experimental and detailed kinetic modeling. *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*, 130(4), 041502. doi : 10.1115/1.2901181.
- Le Soir. (2015, Avril 12). *Pourquoi la Belgique a évité le black-out*. Consulté le 22-04-2017, sur <http://www.lesoir.be/archive/recup%3A%252F849012%252Farticle%252Factualite%252Fbelgique%252F2015-04-12%252Fpourquoi-belgique-evite-black-out>
- Loth, R. (2017). *Profitability indicator ratios : Return on equity*. Consulté le 7-08-17, sur <http://www.investopedia.com/university/ratios/profitability-indicator/ratio4.asp>
- Lounici, M. S., Loubar, K., Balistrout, M., & Tazerout, M. (2011). Investigation on heat transfer evaluation for a more efficient two-zone combustion model in the case of natural gas si engines. *Applied Thermal Engineering*, 31(2), 319–328.
- Lukehurst, C., Frost, P., & Al Saedi, T. (2010). *Utilisation of digestate from biogas plants as*

- biofertiliser*. IEA Bioenergy.
- Maersk Line. (2017). *Dry cargo - solutions*. Consulté le 11.07.2017, sur <https://www.maerskline.com/shipping/dry-cargo>
- Malherbe, J., De Cordt, Y., Lambrecht, P., & Malherbe, P. (2011). *Droit des sociétés : précis* (4e éd.). Bruxelles : Bruylant.
- Marcelis, L., Maquet, S., Hatert, C., Mertens, L., & Stempniewsky, Y. (2015). *Modèles et contrats des sociétés*. Waterloo : Kluwer.
- McAllister, S., Chen, J.-Y., & Fernandez-Pello, A. C. (2011). *Fundamentals of combustion processes*. Springer.
- Merlin-Brogniart, C. (2017). Nature et dynamique de l'innovation des nouveaux modèles de croissance : le cas de l'écologie industrielle et de l'économie de la fonctionnalité. *Innovations*, I-XXXI.
- Midkiff, K., Bell, S. R., Rathnam, S., & Bhargava, S. (2001). Fuel composition effects on emissions from a spark-ignited engine operated on simulated biogases : Internal combustion engines. *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*, 123(1), 132–138. doi : 10.1115/1.1338951.
- Mignon, C. (2010). *Biométhanisation : Facteurs limitants et incitants le développement de la biométhanisation en région wallonne*. Valbiom.
- Mignon, C. (2012). *Synthese des resultats des diagnostics energetiques realises dans les exploitations agricoles wallonnes*. Consulté le 07-05-2017, sur http://www.valbiom.be/thematiques/l-energie-a-la-ferme.htm#.WVze_WVe9E4
- Moletta, R. (2008). *La méthanisation*. Tec et Doc.
- Montoya, J. P. G., Amell, A. A., & Olsen, D. B. (2016). Prediction and measurement of the critical compression ratio and methane number for blends of biogas with methane, propane and hydrogen. *Fuel*, 186, 168–175. doi : 10.1016/j.fuel.2016.08.064.
- Moray, L. (2017, Mars 3). *Les nouveaux modèles économiques*. Louvain-La-Neuve, Belgique.
- Mustafi, N. N., Raine, R. R., & Bansal, P. K. (2006). The use of biogas in internal combustion engines : a review. In *Asme 2006 internal combustion engine division spring technical conference* (pp. 225–234. doi :10.1115/ICES2006-1306.).
- NASA. (1994). *The nasa polynomials*. Consulté le 11.06.2017, sur http://combustion.berkeley.edu/gri_mech/data/nasa_plnm.html
- Neutrium . (2012a). *Absolute roughness of pipe material*. Consulté le 11.07.2017, sur https://neutrium.net/fluid_flow/absolute-roughness/
- Neutrium . (2012b). *Pressure loss from fittings – equivalent length method*. Consulté le 11.07.2017, sur https://neutrium.net/fluid_flow/pressure-loss-from-fittings-equivalent-length-method/
- Nijaguna, B. (2006). *Biogas technology*. New Age International.
- Oenema, O., & Tamminga, S. (2005). Nitrogen in global animal production and management options for improving nitrogen use efficiency. *Science in China Series C : Life Sciences*, 48(2), 871–887.
- Ooms, F. (2016, Mai 03). *Workshop CPME : Business Model Canvas*. Louvain-La-Neuve, Belgique.
- ORES. (2009). *Qui sommes-nous ?* Consulté le 21-03-2017, sur <http://archive.wikiwix.com/>

- cache/?url=http%3A%2F%2Fwww.ores.net%2Fabout%2Fwho_are_we_presentation.aspx
- Ouellet, J.-F. (2016). Marketing et entrepreneuriat : pour que tout coule de source. *Gestion*, 41(2), 106-109.
- Park, C., Park, S., Lee, Y., Kim, C., Lee, S., & Moriyoshi, Y. (2011). Performance and emission characteristics of a si engine fueled by low calorific biogas blended with hydrogen. *International Journal of hydrogen energy*, 36(16), 10080–10088. doi :10.1016/j.ijhydene.2011.05.018.
- Park, O., Veloo, P. S., Liu, N., & Egolfopoulos, F. N. (2011). Combustion characteristics of alternative gaseous fuels. *Proceedings of the Combustion Institute*, 33(1), 887–894. doi : 10.1016/j.proci.2010.06.116.
- Pauli, G. A. (2010). *The blue economy : 10 years, 100 innovations, 100 million jobs*. Paradigm Publications.
- Pellerin, R., Walker, L., Heisler, M., & Farmer, G. (1988). Operation and performance of biogas-fueled cogeneration systems. *Energy in agriculture*, 6(4), 295–310. doi :10.1016/0167-5826(88)90003-4.
- Pizzuti, L., Martins, C., & Lacava, P. (2016). Laminar burning velocity and flammability limits in biogas : A literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62, 856–865. doi : 10.1016/j.rser.2016.05.011.
- PopulationData. (2017, Mars 21). *Belgique*. Consulté le 13-04-2017, sur <https://www.populationdata.net/pays/belgique/>
- Porpatham, E., Ramesh, A., & Nagalingam, B. (2007). Effect of hydrogen addition on the performance of a biogas fuelled spark ignition engine. *International Journal of Hydrogen Energy*, 32(12), 2057–2065. doi : 10.1016/j.ijhydene.2006.09.001.
- Porpatham, E., Ramesh, A., & Nagalingam, B. (2008). Investigation on the effect of concentration of methane in biogas when used as a fuel for a spark ignition engine. *Fuel*, 87(8), 1651–1659. doi : 10.1016/j.fuel.2007.08.014.
- Porpatham, E., Ramesh, A., & Nagalingam, B. (2012). Effect of compression ratio on the performance and combustion of a biogas fuelled spark ignition engine. *Fuel*, 95, 247–256. doi : 10.1016/j.fuel.2011.10.059.
- Power4You. (s. d.). *La Libéralisation, qu'est-ce que c'est ?* Consulté le 16-06-2017, sur <http://www.power4you.be/?m1=3>
- Pramuditya S. (2011). *Water thermodynamic properties*. Consulté le 11.07.2017, sur <https://syeilendrapramuditya.wordpress.com/2011/08/20/water-thermodynamic-properties/>
- Qin, W., Egolfopoulos, F., & Tsotsis, T. (2001). Fundamental and environmental aspects of landfill gas utilization for power generation. *Chemical Engineering Journal*, 82(1), 157–172. doi :10.1016/S1385-8947(00)00366-1.
- Rabier, F. (2011). *Analyse de resultats de bilans energetiques dans des exploitations agricoles wallonnes*. Gembloux : Centre Wallon de Recherches Agronomiques.
- RMT Biomasse Energie Environnement et Territoire. (2012, Décembre). *Biomasse énergie : le point sur 15 idées reçues*. Consulté le 18-03-2017, sur <http://www.biomasse-territoire.info/index.php?id=1689>
- Robertson, T. (1967). The process of innovation and the diffusion of innovation. *Journal of marketing*, 31(1), 14-19.
- RTBF. (2017, Avril 04). *Photovoltaïque en Wallonie : pourquoi la facture des propriétaires de panneaux va-t-elle augmenter ?*. Consulté le 04-04-2017, sur <https://www.rtbef.be/>

- info/societe/detail_photovoltaique-en-wallonie-pourquoi-la-facture-des-proprietaires-de-panneaux-va-t-elle-augmenter?id=9572139
- RTLInfo. (2017, Janvier 23). *Manifestation du non-marchand et des producteurs de lait à Bruxelles*. Consulté le 22-05-2017, sur <http://www.rtl.be/info/regions/bruxelles/manifestation-du-non-marchand-et-des-producteurs-de-lait-a-bruxelles-885311.aspx>
- Rulot, O. (2011). *Contribution à l'étude du potentiel agricole de biométhanisation à l'échelle du territoire du pays des Condruses*. Gembloux, Belgique : Université de Liège.
- Réseau Wallon de Développement Rural. (2014). *Le carnet de la biométhanisation agricole : carnet du réseau n°4*. Limont : Daniel Burnotte.
- Scharff, C. (2017, Mai 18). *La spin-off wallonne Greenwatt est en faillite*. Consulté le 10-07-17, sur <http://www.lecho.be/dossier/choixredac/La-spin-off-wallonne-Greenwatt-est-en-faillite/9895520?ckc=1&ts=1500280421>
- Schuilling, I. (2016). *Advanced marketing course at the Louvain School of Management*. Louvain-La-Neuve, Belgique : Université Catholique de Louvain.
- Sciences Humaines. (2017). *Les pouvoirs de l'empathie*. Sciences humaines, 6, 1.
- Shah, R. K., & Sekulic, D. P. (2003). *Fundamentals of heat exchanger design*. John Wiley & Sons.
- Shrestha, S. B., & Narayanan, G. (2008). Landfill gas with hydrogen addition—a fuel for si engines. *Fuel*, 87(17), 3616–3626. doi :10.1016/j.fuel.2008.06.019.
- Soylu, S. (2001). Autoignition modeling of natural gas for engine modeling programs : an experimental and modeling study.
- Surendra, K., Takara, D., Hashimoto, A. G., & Khanal, S. K. (2014). Biogas as a sustainable energy source for developing countries : Opportunities and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31, 846–859. doi :10.1016/j.rser.2013.12.015.
- Sécurité sociale. (2017/2). *Déclaration mutlifonctionnelle, fichier des taux*. Consulté le 03-08-2017, sur https://www.socialsecurity.be/site_fr/employer/applics/dmfa/index.htm
- The Economist. (2009, Novembre 17). *Triple bottom line : It consists of three Ps : profit, people and planet*. Consulté le 18-03-2017, sur <http://www.economist.com/node/14301663>
- The Engineering Toolbox. (2017a). *Ethylene glycol heat-transfer fluid*. Consulté le 11.07.2017, sur http://www.engineeringtoolbox.com/ethylene-glycol-d_146.html
- The Engineering Toolbox. (2017b). *Fouling and reduced heat transfer in heat exchangers*. Consulté le 11.07.2017, sur http://www.engineeringtoolbox.com/fouling-heat-transfer-d_1661.html
- Traversa, E., Malherbe, P., & Hermand, O. (2009). Le statut fiscal du dirigeant d'entreprise. In *Actes du colloque du CRIDES Jean Renauld : Le statut du dirigeant d'entreprise* (p. 495-527). Bruxelles : Larcier.
- Traversa, E., Van de Velden, V., & Wolff, S. (2015). Quel régime d'imposition pour les petites et moyennes entreprises en Belgique? Elements d'analyse et réflexion transversale sur la justification des incitants fiscaux aux PME. In T. Edoardo (Ed.), *Fiscalité des entreprises* (p. 9-65). Bruxelles : Larcier.
- Trijselaar, A. (2012). Knock prediction in gas-fired reciprocating engines. *Development of a zerodimensional two zone model indicating detailed chemical kinetics*, 20.
- United States Environment Protection Agency. (2015). *Greenhouse gas emissions : Overview of greenhouse gases*. Consulté le 19-03-2017, sur <https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases>

- Valbiom. (2016a). *Guide pratique : mener un projet de micro-biométhanisation à la ferme*. Gembloux : Bertrand Auquièrre.
- Valbiom. (2016b). *Panorama de la filière biométhanisation en Wallonie*. Gembloux : Bertrand Auquièrre.
- Vanbrabant, B. (2016). Les contrats relatifs au savoir-faire et autres secrets d'affaires. In *Les contrats commerciaux en pratique*. (p. 173-228). Bruxelles : Larcier.
- Vanden Heede, F. (2017). *Déduction pour investissement ou intérêts notionnels : comment choisir au mieux ?* Consulté le 21-06-2017, sur <http://www.indicator.be>
- Van Ommeslaghe, P. (2010). *Droit des obligations* (Vol. 3). Bruxelles : Bruylant.
- Van Ommeslaghe, P. (2013). *Traité de droit civil belge : Tome ii : Les obligations. volumes 1 à 3*.
- Vastmans, S., de Maeijer, S., Vranckx, G., & Geboers, L. (2017). Taxe sur la valeur ajoutée (TVA). In *Manuel de droit fiscal* (p. 1505-1792). Waterloo : Kluwer.
- Verwilghen, M., & Gilson, S. (2013). Le statut social des associés et mandataires de sociétés commerciales. In *Le statut social des travailleurs indépendants*. (p. 223-270). Limal : Anthemis.
- Vincke, J., & Van den Bossche, J. (2016). *Comprendre la comptabilité : les bases pour les non-spécialistes* (3e éd.). Limal : Anthemis.
- Von Mitzlaff, K. (1988). Engines for biogas. *German Appropriate Technology Exchange (GATE)*, *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ)*.
- Wathelet, D. (2015). *Evolution du mécanisme des CV : Biométhanisations agricoles*. Libramont : CWaPE.
- Wong, J. K. (1977). *Study of mixtures of methane and carbon dioxide as fuels in a single cylinder engine (clr)* (Rapport technique). SAE Technical Paper.
- Yin, R. K. (2015). *Qualitative research from start to finish*. Guilford Publications.
- Yousufuddin, S., Venkateswarlu, K., Sastry, G. K., & Pradesh-india, G. A. (2012). Effect of compression ratio and equivalence ratio on the emission characteristics of a hydrogen-ethanol fuelled spark ignition engine.
- Zdravkov, B. (2016). Comment/quand pouvez-vous faire supporter des dépenses privées par votre société ? *Indicator*, n°39, 58.

Références juridiques

Législation

Interne

- Code civil.
- Code pénal.
- Code judiciaire.
- Code de la taxe sur la valeur ajoutée.
- Code des impôts sur les revenus 1992.
- Code des sociétés.
- Code de la taxe sur la valeur ajoutée.
- Code de droit économique.
- Code du développement territorial.
- Loi spéciale du 8 août 1980 de réformes institutionnelles, *M.B.*, 15 août 1980, p.9434.
- Loi du 5 mai 1865 relative au prêt à intérêt, *M.B.*, 7 mai 1965, p.2281.
- Loi du 10 avril 1971 sur les accidents du travail, *M.B.*, 24 avril 1971, p.5201.
- Loi du 3 juillet 1978 relative aux contrats de travail, *M.B.*, 22 août 1978, p.9277.
- Loi du 25 février 1991 relative à la responsabilité du fait des produits défectueux, *M.B.*, 22 mars 1991, p.5884.
- Loi du 30 décembre 1992 portant des dispositions sociales et diverses, *M.B.*, 09 janvier 1993, p.212.
- Loi du 26 juillet 1996 portant modernisation de la sécurité sociale et assurant la viabilité des régimes légaux des pensions, *M.B.*, 01 août 1996, p.20555.
- Loi du 8 août 1997 sur les faillites, *M.B.*, 28 octobre 1997, p.28562.
- Décret du 11 mars 1999 relatif au permis d'environnement, *M.B.*, du 08 juin 1999, p. 21114.
- Décret du 12 avril 2001 relatif à l'organisation du marché régional de l'électricité, *M.B.*, 1^{er} mai 2001, p.14118.
- Loi-programme du 24 décembre 2002, *M.B.*, 31 décembre 2002, p.58686.
- Loi du 2 août 2002 concernant la lutte contre le retard de paiement dans les transactions commerciales, *M.B.*, 7 août 2002, p.34281.
- Loi du 31 janvier 2003 sur la sortie progressive de l'énergie nucléaire à des fins de production industrielle d'électricité, *M.B.*, 28 février 2003, p.9879.
- Décret du 2 mai 2013 relatif aux incitants financiers visant à favoriser l'engagement de personnel auprès de certaines entreprises, *M.B.*, 22 mai 2013, p.28963.
- Décret du 28 avril 2016 relatif au Prêt « Coup de Pouce », *M.B.*, 10 mai 2016, p.30864.
- Arrêté Royal n°22 du 24 octobre 1934 relatif à l'interdiction judiciaire faite à certains condamnés et aux faillis d'exercer certaines fonctions, professions ou activités, *M.B.*, 27 octobre 1934, p.5768.
- Arrêté Royal n°38 du 27 juillet 1967 organisant le statut social des travailleurs indépendants, *M.B.*, 29 juillet 1967, p.8071.

- Arrêté Royal n°20, du 20 juillet 1970, fixant les taux de la taxe sur la valeur ajoutée et déterminant la répartition des biens et des services selon ces taux.
- Arrêté Royal du 10 mars 1981 rendant obligatoire le Règlement général sur les installations électriques pour les installations domestiques et certaines lignes de transport et de distribution d'énergie électrique, *M.B.*, 29 avril 1981.
- Arrêté Royal du 10 mars 1981 rendant obligatoire le Règlement général sur les installations électriques pour les installations domestiques et certaines lignes de transport et de distribution d'énergie électrique, *M.B.*, 20 avril 1981, p. 5450.
- Arrêté Royal du 12 septembre 1983 déterminant la teneur et la présentation d'un plan comptable minimum normalisé, *M.B.*, 29 septembre 1983, p.11950.
- Arrêté Royal du 25 novembre 1991 portant réglementation du chômage, *M.B.*, 31 décembre 1991, p.29888.
- Arrêté Royal du 3 juillet 1992 concernant la mise sur le marché des appareils à gaz, *M.B.*, 11 août 1992, p.17771.
- Arrêté Royal du 27 août 1993 d'exécution du code d'impôts sur les revenus 1992, *M.B.*, 13 septembre 1993, p.20105.
- Arrêté Royal du 31 août 1999 rendant obligatoire la convention collective de travail du 28 janvier 1998, conclue au sein de la Commission paritaire de l'industrie du gaz et de l'électricité, relative à la confirmation de la convention collective de travail du 12 mai 1997 relative à la fixation de la programmation sociale pour la période du 1^{er} janvier 1997 au 31 décembre 1998 dans l'industrie du gaz et de l'électricité - accord sur l'emploi, *M.B.*, 3 décembre 1999.
- Arrêté Royal du 30 janvier 2001 portant exécution du code des sociétés, *M.B.*, 6 juin 2001, p.3008.
- Arrêté du Gouvernement wallon du 4 juillet 2002 relatif à la promotion de l'électricité verte, *M.B.*, 17 août 2002, p.35354.
- Arrêté du Gouvernement wallon du 4 juillet 2002 relatif à la procédure et à diverses mesures d'exécution du décret du 11 mars 1999 relatif au permis d'environnement, *M.B.*, 21 septembre 2002, p. 42080.
- Arrêté Royal du 5 novembre 2002 instaurant une déclaration immédiate de l'emploi, en application de l'article 38 de la loi du 26 juillet 1996 portant modernisation de la sécurité sociale et assurant la viabilité des régimes légaux des pension, *M.B.*, 20 décembre 2002, p.51778.
- Arrêté Royal du 16 mai 2003 pris en exécution du Chapitre 7 du Titre IV de la loi-programme du 24 décembre 2002 (I), visant à harmoniser et à simplifier les régimes de réductions de cotisations de sécurité sociale, *M.B.*, 06 juin 2003, p.31066.
- Arrêté du Gouvernement wallon du 30 novembre 2006 relatif à la promotion de l'électricité produite au moyen de sources d'énergie renouvelables ou de cogénération, *M.B.*, 29 décembre 2006, p.76126.
- Arrêté ministériel du 12 mars 2007 déterminant les procédures et le Code de comptage de l'électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelables et/ou de cogénération *M.B.*, 20 avril 2007, p. 21601.
- Arrêté Royal du 12 août 2008 concernant la mise sur le marché des machines *M.B.*, 1^{er} octobre 2008, p.52377.
- Arrêté Royal du 21 avril 2016 concernant la mise sur le marché des appareils et des systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphères explosibles, *M.B.*, 29 avril 2016, p.29014.
- Arrêté Royal du 21 avril 2016 relatif à la mise à disposition sur le marché du matériel électrique, *M.B.*, 29 avril 2016, p.28997.
- Convention collective de travail n°1 bis du 21 décembre 1978 adaptant à la loi relative aux contrats de travail la convention collective de travail n° 1 du 12 février 1970, concernant

- la clause dérogatoire de non-concurrence, modifiée par la convention collective de travail n° 1 ter du 28 février 1980, *M.B.*, 7 avril 1979, p.4184.
- Convention collective de travail n°38 du 6 décembre 1983, concernant le recrutement et la sélection de travailleurs, rendue en partie obligatoire par l'Arrêté Royal du 31 août 1999, *M.B.*, 21 septembre 1999, p.35007.
 - Avis relatif au taux d'intérêt applicable en cas de retard de paiement dans les transactions commerciales, *M.B.*, 13 juillet 2017, p.72678.
 - Projet de loi-programme, amendements, *Doc. parl.*, n°54-1125/011, p.3.
 - Déc., n°E.T.95.109 du 10 mai 1999, *Rev. TVA.*, n° 145, 139.
 - Formule-clé pour le calcul du précompte professionnel du sur les rémunérations et sur les pensions ou allocations de chômage avec complément d'entreprise visées à l'article 146, du code des impôts sur les revenus 1992 payées à partir du 1^{er} janvier 2017, SPF Finance, Expertise et Support stratégiques, Service Réglementation, 2016.

Internationale

- Règlement 2016/1628 du Parlement européen et du Conseil du 14 septembre 2016 relatif aux exigences concernant les limites d'émission pour les gaz polluants et les particules polluantes et la réception par type pour les moteurs à combustion interne destinés aux engins mobiles non routiers, *J.O.U.E.*, L252, 16 juin 2016, p.53.
- Directive 85/374/CEE du Conseil du 25 juillet 1985 relative au rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives des États membres en matière de responsabilité du fait des produits défectueux, *J.O.U.E.*, L210, 7 août 1985, p.29.
- Directive 96/92/CE du parlement européen et du conseil du 19 décembre 1996 concernant des règles communes pour le marché intérieur de l'électricité, *J.O.U.E.*, L027, 30 janvier 1997, p.20.
- Directive 2001/95/CE du Parlement européen et du Conseil du 3 décembre 2001 relative à la sécurité générale des produits, *J.O.U.E.*, L011, 15 janvier 2002, p.4.
- Directive 2009/28/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 avril 2009 relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables et modifiant puis abrogeant les directives 2001/77/CE et 2003/30/CE, *J.O.U.E.*, L140, 5 juin 2009, p.16.
- Convention Benelux en matière de propriété intellectuelle adoptée le 25 février 2005 à La Haye.
- Convention (EPO) sur la délivrance des brevets européens telle qu'en vigueur le 13 décembre 2007.
- Directives (EPO) relatives à l'examen pratiqué à l'Office européen des brevets, Partie G, chapitre VII, section I, novembre 2016.

Jurisprudence

Interne

- C.C., 1^{er} mars 2001, n°30/2001, B.6.3.1.
- Cass., 7 décembre 1955, *Pas.*, 1956, I, 336.
- Cass., 6 octobre 1961, *Pas.*, I, p.152.
- Cass., 5 mai 1967, *J.T.*, 1967, p.591.
- Cass. 17 septembre 1968, *Pas.*, 1969, I, p. 61.
- Cass. 13 avril 1978, *J.D.F.*, 1982, p. 338.
- Cass., 25 octobre 1985, *J.T.*, 1986, p.438.
- Cass., 20 juin 1988, *R.C.J.B.*, 1991, p.45.

- Cass., 9 mai 1980, *Pas.*, 1980 I, p.1127.
- Cass. 22 mars 1990, *Pas.*, 1990, I, p.849.
- Cass., 15 septembre 1994, *R.W.*, 1994-1995, p.454.
- Cass., 15 décembre 1995, *J.L.M.B.*, 1996, p.782.
- Cass., 20 février 1997, *F.J.F.*, No97/244.
- Cass., 19 septembre 1997, *Pas.*, 1997, I, p.883.
- Cass., 6 septembre 2002, *Pas.*, 2002, n°421.
- Cass., 5 décembre 2002, *J.T.*, 2003, p.228.
- Cass., 2 février 2006, *NjW*, 2006, p.218.
- Cass., 18 mai 2006, *Pas.*, 2006, p.1154.
- Cass., 5 septembre 2014, *J.T.*, 2015, p.381.
- Bruxelles, 3 novembre 1994, *J.T.*, 1955, p.263.
- Liège, 25 juin 1996, *Entr. Et. Dr.*, 1997, p.222.
- Mons, 29 janvier 1997, *J.L.M.B.*, 1997, p.1284.
- C. trav Mons, 14 avril 1999, inédit, *R.G.* n°13890.
- C. trav. Liège, 17 avril 2001, *J.T.T.*, p.293.
- Gand, 10 décembre 2002, *NjW*, 2003, p.1227.
- Bruxelles, 25 février 2003, *R.D.C.*, 2004, p.563.
- Liège, 7 septembre 2004, *Entr. Et. dr.*, 2007, p.251.
- C.trav. Liège, 16 octobre 2007, inédit, *R.G.*, n°8375/07.
- Liège 3e ch, 24 octobre 2007, *J.L.M.B.*, 2007, p.1747.
- Bruxelles, 8 décembre 2008, *D.C.C.R.*, 2009, p.83.
- Liège, 26 octobre 2009, *J.L.M.B.*, 2011, p.904.
- Bruxelles, 27 avril 2010, *Res et jur. Imm.*, 2011, p.295.
- C.trav.Mons, 14 février 2012; *J.T.T.*, 2013, pp.123 et 124.
- Comm. Bruxelles, 8 septembre 1984, *Entr. Et dr.*, 1985, p.35.
- Civ. Bruxelles, 27 mai 1988, *J.L.M.B.*, 1989, p.908.
- Comm. Bruxelles, 3 juin 1996, *Entr. Et dr.*, 1998, p.162.
- Comm. Mons, 28 novembre 2000, *R.D.C.*, 2002, p.142.
- Civ. Bruxelles, 10 février 2005, *J.L.M.B.*, 2006, p.1193.
- Comm. Mons, 6 novembre 2008, *D.A.O.R.*, 2009, p.49.

Internationale

- C.J.C.E, arrêt *Hag II*, 17 octobre 1990, C-10/89, EU :C :1990 :359.
- O.E.B., arrêt *Relaxine*, 7 décembre 1995, V-OOO8/94, EP :BA :1995 :J000894.19951207.
- C.J.C.E., arrêt *Intercommunale voor zeewaterontzilting (INZO)/Belgische Staat*, 29 février 1996, C-110/94, EU :C :1996 :67.
- C.J.C.E., arrêt *Linde AG*, 8 avril 2003, C-53/01, EU :C :2003 :206.
- C.J., arrêt *Polski Trawertyn*, 1^{er} mars 2012, C-280/10, EU :C :2012 :107.
- C.J., arrêt *James Elliott Construction Limited/Irish Asphalt Limited*, 27 octobre 2016, C-613/14, EU :C :2016 :821.

Principales rencontres - Liste non exhaustive

- Jean-Marc Spiltoir, CFO, 3J Consult, rencontre à Wavre, 7 mars 2016.
- Pr. Vincent Wertz, Vice-président CA, Louvain-coopération, rencontre, 24 mars 2016.
- David Oren et Jean-Grégoire Orban, Fondateurs, Solarly, rencontre à Louvain-La-Neuve, 28 mars 2016.
- Felix Vanderstricht, Directeur générale, Louvain Coopération, rencontre, 13 mai 2016.

-
- Johan Elsen, Directeur, Oikocredit Belgique, rencontre à Bruxelles, 19 mai 2016.
 - Ernst Breuer, Gérant, BTD, rencontre à Malmedy, 24 mai 2016.
 - Olivier Rousseau, Innovation banker, ING, rencontre à Louvain-La-Neuve, 20 juin 2016.
 - Jérôme Roux, Conseiller économique et commercial, Ambassade de Belgique à Kinshasa, rencontre à Bruxelles, 23 juin 2016.
 - Pr. Haddy Mbuyi, Professeur, UNIKIN, rencontre à Kinshasa, août 2016.
 - Pr. Sumuna, Professeur, UNIKIN, rencontre à Kinshasa, août 2016.
 - Pierre-Jacques Van Braeckel, Directeur général, SOGENAC, rencontre à Kinshasa, août 2016.
 - Emmanuel Bieyi, Directeur général, RATPK, rencontre à Kinshasa, août 2016.
 - Judith Masumu, Chargée de mission, Action alternative, rencontre à Maluku, août 2016.
 - Pierre De Muelenaere, Coach, Yncubator, rencontre à Louvain-La-Neuve, 3 février 2017.
 - Claude Lombart, Administrateur délégué, SAFS Altech, rencontre à Waremme, 17 février 2017.
 - Marc Wauthelet, Responsable chargé de missions, GAL du pays des Condruses, rencontre à Strée, 9 mars 2017.
 - Philippe De Crem, Administrateur délégué, Groupe Forrest international, rencontre à Namur, 10 mars 2017.
 - Nicolas Menou, Business creation manager, InnoEnergy, rencontre à Louvain-La-Neuve, 21 mars 2017.
 - Isabelle Kibassa-Maliba, Députée provinciale, Brabant-Wallon, rencontre à Genval, 19 avril 2017.
 - Maud Wauthez, Conseillère financière, Comptarama, rencontre à Louvain-La-Neuve, 27 avril 2017.
 - Divers acteurs de la biométhanisation en Europe, EXPOBIOGAZ, rencontre à Bordeaux, 31 mai 2017.
 - Olivier Marchand, Directeur technique, CRMT, rencontre à Lyon, 7 juillet 2017.

Annexes

Annexe A

Business Model Canvas

Key Partners	Key Activities	Value Propositions	Customer Relationships	Customer Segments
Who are our Key Partners? Which Key Resources are we acquiring from partners? Which Key Activities do partners perform? - Fournisseurs - Erigène - CRMT - ARDEN Manutention - Autres fournisseurs d'éléments connexes - Autres partenaires - Génie civil - Valbiom - CWaPE, CREG, Ella - InnoEnergy et BA - Collectivités et citoyens - Experts - Organismes assureurs	What Key Activities do our Value Propositions require? Which Key Resources are required? Which Key Activities do our Customer Relationships require? Which Key Activities do our Revenue Streams require? - Prospection clients; participation foires et salons; organisation de visites de sites; réalisation brochures et annonces publicitaires; - Assemblage; commandes; livraisons; maintenance; - Répondre aux questions clients; recrutement; amélioration technique	What value do we deliver to the customer? Which one of our customer's problems are we helping to solve? What bundles of products and services are we offering to each Customer Segment? Which customer needs are we satisfying? <u>Besoins</u> - Obligations légales imposées par l'UE - Dépendance énergétique de la Wallonie - Diversification des revenus des agricultures <u>Solution</u> Unités de cogénération alimentées au biogaz produit par biométhanisation en voie sèche sous forme de conteneurs <u>Valeur ajoutée</u> Développement d'unités décentralisées de production d'électricité verte Diminution des charges d'exploitation grâce à la production d'électricité, de chaleur et d'amendement <u>Mission</u> Offrir la possibilité aux agriculteurs wallons d'être autonomes en énergie et de participer au mix énergétique belge <u>Vision</u> Rendre autonomes en énergie toutes les exploitations agricoles wallonnes	What type of relationship does each of our Customer Segments expect us to establish and maintain with them? What are the different types of relationships? How are they integrated with the rest of our business model? How costly are they? - Relation de confiance grâce à la réputation et au suivi offert (maintenance) - Rencontre directe avec les agriculteurs	For whom are we creating value? Who are our most important customers? - Exploitants agricoles - Situés en Wallonie - Min. 60 têtes bovines - Orientation technico-économique bovine - Ayant une consommation de min. 55 MWh/an
Key Resources	Revenue Streams	Channels	Revenue Streams	Revenue Streams
What Key Resources do our Value Propositions require? Which Key Resources are most expensive? Which Key Activities do our Customer Relationships require? Which Key Activities do our Revenue Streams require? - Locaux, matériel de bureaux et informatique, outillage, camionnette - Fonds financiers - 1 employé - Equipe interdisciplinaire fondatrice et valeurs d'OGEEES	For what value are our customers really willing to pay? How are they currently paying? How would they prefer to pay? How much does each Revenue Stream contribute to overall revenues? - Vente d'unité de cogénération: paiement étalé - Réalisation de maintenance: paiement annuel	Through which Channels do our Customer Segments want to be reached? How are we reaching them now? How are our Channels integrated? Which ones work best? Which ones are most cost-efficient? How are we integrating them with customer routines? - Force commerciale chez l'agriculteur - Développement site web - Foires agricoles - Publication dans le Sillon Belge	For what value are our customers really willing to pay? How are they currently paying? How would they prefer to pay? How much does each Revenue Stream contribute to overall revenues? - Vente d'unité de cogénération: paiement étalé - Réalisation de maintenance: paiement annuel	For what value are our customers really willing to pay? How are they currently paying? How would they prefer to pay? How much does each Revenue Stream contribute to overall revenues? - Vente d'unité de cogénération: paiement étalé - Réalisation de maintenance: paiement annuel
Cost Structure	Revenue Streams	Channels	Revenue Streams	Revenue Streams
What are the most important costs inherent in our business model? Which Key Resources are most expensive? Which Key Activities are most expensive? - Coûts matériels: digesteurs, moteur, cogénérateur, armoire électrique... - Réalisation de la maintenance - Coûts de la démarche commerciale et du marketing - Rémunérations - Consultations d'experts - Coûts liés à la trésorerie - Frais généraux	For what value are our customers really willing to pay? How are they currently paying? How would they prefer to pay? How much does each Revenue Stream contribute to overall revenues? - Vente d'unité de cogénération: paiement étalé - Réalisation de maintenance: paiement annuel	Through which Channels do our Customer Segments want to be reached? How are we reaching them now? How are our Channels integrated? Which ones work best? Which ones are most cost-efficient? How are we integrating them with customer routines? - Force commerciale chez l'agriculteur - Développement site web - Foires agricoles - Publication dans le Sillon Belge	For what value are our customers really willing to pay? How are they currently paying? How would they prefer to pay? How much does each Revenue Stream contribute to overall revenues? - Vente d'unité de cogénération: paiement étalé - Réalisation de maintenance: paiement annuel	For what value are our customers really willing to pay? How are they currently paying? How would they prefer to pay? How much does each Revenue Stream contribute to overall revenues? - Vente d'unité de cogénération: paiement étalé - Réalisation de maintenance: paiement annuel

FIGURE A.1 – Business Model canvas final

Annexe B

Conditions générales

Afin d’asseoir les conditions d’un partenariat entre la société Ogees et ses clients, professionnels, nous nous devons de fixer les droits et obligations de chacune des parties. Les conditions générales sont le meilleur moyen de parvenir à cet objectif, celles-ci étant « *un ensemble de clauses pré-rédigées unilatéralement par le vendeur et qui fixent le contenu du régime que celui-ci prétend appliquer à la vente – et même toutes les ventes qu’il conclura dans le futur, quelle que soit l’identité de son cocontractant et la nature de la chose vendue* » (Cruquenaire, Delforge, Durant, & Wéry, 2015, p. 208).

B.1 Aspects civils

Pour régir les relations entre la SCRL Ogees et ses clients, les conditions générales devront leur être opposables. Afin de satisfaire à cette condition, il faudra s’assurer que « *le destinataire des conditions générales a eu connaissance de celles-ci (ou, à tout le moins, qu’il ne pouvait les ignorer) et qu’il les a acceptées (expressément ou tacitement, mais certainement) et ce au plus tard au moment de la conclusion du contrat* » (Cruquenaire et al., 2015, p. 208). L’envoi des conditions générales avec l’offre satisfait à cette condition, en ce que le co-contractant a eu l’occasion d’en prendre connaissance avant de conclure le contrat. La SCRL Ogees doit donc prendre soin de joindre ses conditions générales à l’offre.

Cependant, il n’est pas toujours nécessaire qu’elles soient communiquées à l’occasion de chaque opération entre la SCRL Ogees et ses partenaires lorsque ceux-ci ont « *une relation d’affaires suivie et que l’une et l’autre des parties ne peut raisonnablement ignorer que ces opérations se réaliseront conformément à des conditions générales dont elle a eu connaissance et sur lesquelles elle a marqué son accord* » (Van Ommeslaghe, 2010, p. 506). Nous pourrions

penser au cas d'un agriculteur ayant déjà fait appel aux services de la société Ogees et qui déciderait d'investir dans une nouvelle unité de micro-cogénération ou qui déciderait de modifier celle qu'il possède.

Lorsque le co-contractant de la société dispose aussi de conditions générales, il est possible que celles-ci s'excluent mutuellement. Dans ce cas, plusieurs théories s'offrent à nous, à savoir : La théorie du « *first shot rule* » qui prend en compte les conditions de l'offrant, celle du « *last shot rule* » qui font valoir les conditions figurant sur le dernier document ou encore la théorie du « *knock out rule* » qui annule les conditions contradictoires - et non pas l'ensemble des conditions générales - au profit du droit commun (Van Ommeslaghe, 2013, p. 527). Cette dernière considération semble recevoir les faveurs de la jurisprudence (Comm. Mons, 6 novembre 2008, *D.A.O.R.*, 2009, 49 ; Bruxelles, 25 février 2003, *R.D.C.*, 2004, 563 ; Bruxelles, 3 novembre 1994, *J.T.*, 1955, 263) et évite aux co-contractants de se lancer dans de longues négociations pouvant se montrer parfois stériles et contre productives. Partant, lorsque le client d'Ogees a ses propres conditions générales et que celles-ci sont contradictoires, nous nous référons au droit commun pour les clauses concernées.

Les conditions générales doivent être valides, ce critère s'apprécie selon le droit commun des contrats ainsi qu'au regard des règles légales propres à certaines clauses contractuelles (Cruquenaire et al., 2015, p. 208). Afin de mieux appréhender l'interprétation des conditions générales, il est utile de prendre en compte leur qualification. « *En matière contractuelle, le processus de qualification impose à celui qui y procède – en particulier le juge – d'examiner si la convention conclue par les parties renferme les éléments essentiels d'un contrat nommé particulier, afin de lui appliquer les normes de droit supplétif, impératif ou d'ordre public qui constituent son régime juridique* » (Kohl, 2016, p. 65). Le contrat qui lie la société Ogees à ses clients pourrait être à la fois qualifié de vente et d'entreprise. La vente étant définie selon l'article 1582 du Code civil comme « *une convention par laquelle l'un s'oblige à livrer une chose, et l'autre à la payer* ». Le contrat d'entreprise n'est pas appréhendé en tant que tel par le Code civil mais l'article 1710 du Code civil qualifie le « *louage d'ouvrage* » comme étant « *le contrat par lequel l'une des parties s'engage à faire quelque chose pour l'autre, moyennant un prix convenu entre elles* ».

La distinction entre les deux contrats sera aisée lorsqu'il y a exécution d'une prestation purement intellectuelle ou au contraire fourniture d'une chose sans aucune prestation (Kohl,

2016, p. 69). Cependant, la différence entre le contrat de vente et d'entreprise sera rendue plus difficile lorsque l'entrepreneur fournira sa matière et son travail, ce qui est le cas de la société Ogees. De ce fait, nous considérons que le contrat entre Ogees et son client se situe dans la même catégorie que le contrat *EPC* (*Engineering, Procurement and Construction*) ou clé en main, qui est à mi-chemin entre le contrat de vente et le contrat d'entreprise et qui peut se définir comme « *un contrat complexe, en vertu duquel un contractant s'oblige envers son client, à concevoir, ériger, mettre en service et livrer une installation industrielle déterminée, conforme, complète et opérationnelle, moyennant des garanties de délais, de performances, de fiabilité, et ce, en contrepartie d'un prix fixe* » (Dehasse, 2011, p. 164). En effet, suite à une étude de pertinence effectuée par la société Ogees, un avant-projet détaillé est réalisé afin d'établir un métré précis permettant de prendre en compte les spécificités de chaque exploitation agricole dans le but d'adapter et d'installer les micro-cogénérations. Une fois ce métré établi, la construction peut commencer.

La théorie des contrats mixtes considère que le travail presté est régi par les normes relatives au contrat de louage d'ouvrage alors que les matériaux sont soumis aux règles régissant la vente (Kohl, 2016, p. 73). Cette théorie est retenue par Dehasse (2011) en ce que le contrat *EPC* ou clé en main « *est un contrat sui generis, qui combine, pour certains de ses aspects, des caractéristiques propres au contrat de vente, et pour d'autres, celles d'un contrat d'entreprise. Dans le silence du contrat, le juge appliquera tantôt les règles du contrat d'entreprise, tantôt celles du contrat de vente, en cherchant toujours l'intention des parties* » (Dehasse, 2011, p. 169). C'est à cette conception du contrat *EPC* ou clé en main que nous nous joignons car celle-ci permet de prendre en compte le risque d'une qualification du contrat par le juge. En effet, le contrat restant silencieux quant à sa qualification, les auteurs du contrat ont voulu se prémunir de toute qualification, parfois hasardeuse, par le juge.

B.1.1 Période précontractuelle

Avant même de s'engager dans la conclusion d'un contrat, la période précontractuelle est celle durant laquelle les parties débattent des modalités, conditions et éléments du contrat. Parfois cette période peut durer un certain temps. En effet, dans le cas qui nous occupe, une étude de pertinence préalable à la négociation du contrat est nécessaire, cette étude est soit menée par la société Ogees qui se comportera comme un bureau d'études soit, par un tiers tel que Valbiom. L'étude de pertinence va permettre à Ogees d'avoir une idée relativement précise quant au dimensionnement de la cogénération, de sa rentabilité et de son prix de vente. Les

coûts engendrés par l'étude de pertinence sont considérés comme participation au risque de l'entreprise usuel du prestataire de service (Kohl, 2016, p. 148) et ne sont pas réclamés au client en cas de non conclusion du contrat. En rendant gratuite l'étude de pertinence, la SCRL Ogees incite son futur client à lui déléguer cette tâche plutôt que de passer par un bureau d'étude tiers qui pourrait le diriger vers un concurrent.

Durant la période de l'étude de pertinence, les parties vont discuter les conditions du contrat à savoir :

- La puissance de la cogénération ;
- La façon de valoriser la chaleur ;
- Le prix ;
- La prise en charge des travaux (demande de permis, gros œuvre, terrassement, raccordement, ...).

Les accords sur les conditions du contrat pris durant cette période de négociation sont considérés comme étant des accords de principe, tels que définis « *comme étant ceux par lesquels les parties s'engagent à initier ou à poursuivre les négociations dans le but de conclure un contrat définitif mais au contenu encore incertain* » (De Coninck & Delforge, 2004, p. 98). En effet, durant cette phase de négociations, les parties se mettent d'accord sur les modalités du contrat pour que la SCRL Ogees puisse remettre une offre à son client.

Les accords de principe n'obligent pas les parties à conclure un contrat définitif mais impliquent qu'elles poursuivent leurs négociations de bonne foi. Selon ce principe, il découle une obligation de moyen que les parties doivent mettre en oeuvre afin d'aboutir à la conclusion d'un contrat.

Ces modalités négociées n'ayant pas fait l'objet d'un accord ayant une force contractuelle, le principe est celui de la liberté des parties, chacune étant libre de mettre fin aux négociations, sans indemnité (De Coninck & Delforge, 2004, p. 80). Cela étant, malgré la liberté contractuelle laissée aux parties, celles-ci ne pourraient tout de même pas rompre les négociations au risque de voir leur comportement sanctionné d'une *culpa in contrahendo* lorsque quatre éléments sont réunis : « *des négociations entamées de longue date et souvent fort avancées, l'engagement de frais souvent importants par une des parties, la croyance légitime suscitée par les partenaires qu'un contrat sera conclu soudainement réduite à néant et l'absence de motifs, du moins légitimes, appuyant la décision de rompre* » (De Bondt, 1993, p. 102). Nous pourrions penser au fait que différents

accords aient été établis, laissant croire que le contrat final sera signé mais que le client refuse brutalement de continuer les négociations. Notons qu'il est prévu à l'article 12.1. des conditions générales que le client peut mettre fin au contrat - cela suppose par contre que le client soit déjà entré en relation contractuelle avec Ogees.

B.1.2 Offre

Lors de la période pré-contractuelle, les parties négocient le contenu du contrat puis une partie va remettre une offre qui va ou non être acceptée par l'autre partie, c'est le principe du consensualisme. La formation du contrat est donc appréhendée comme étant la rencontre des volontés à la suite d'une offre et de son acceptation (Delforge, 2002, p. 150). La condition d'acceptation tire sa source en droit belge dans l'article 1108 du Code civil qui veut que le contrat ne soit valide que pour autant qu'il y ait eu consentement réciproque des parties, car seule l'intention réelle de conclure est prise en considération.

Henri De Page (1964) (*Cit. in* Delforge, 2002, p. 153) définit l'offre en la distinguant des pourparlers et en considérant que dans ces derniers « *la volonté des parties en présence n'est pas définitivement fixée (...) dans l'offre au contraire, se manifeste la première proposition ferme, le pas décisif vers la formation du contrat. La partie qui en prend l'initiative précise définitivement sa volonté, sa position, son point de vue, en telle sorte que l'autre n'a plus qu'à s'y joindre (par l'acceptation) pour que le contrat soit formé* ».

Afin de présenter la qualité d'offre, celle-ci doit d'abord être ferme, une demande de devis n'en présente pas la qualité. Concernant le prix repris dans un catalogue ou offre au prix courant, les auteurs belges y voient une véritable offre sous réserve des stocks disponibles (Delforge, 2002, p. 154).

La question de la force obligatoire de l'offre se fonde, « *depuis un arrêt de la Cour de cassation du 9 mai 1980 (Cass., 9 mai 1980, Pas., 1980 I, p.1127), sur la théorie de l'engagement unilatéral de volonté* » (Cruquenaire et al., 2015, p. 136). Le seul fait qu'elle atteigne son destinataire la rend irrévocable. La clause reprise à l'article 3.1. des conditions générales prend en compte cette question et dans le cas qui nous occupe, la force obligatoire sera maintenue pendant 30 jours afin de laisser le temps au client de la considérer et de ne pas lier la société pour une durée indéterminée.

Champ d'application

Les conditions générales s'appliquent à toutes relations entre la SCRL Ogees et ses clients -dans le cadre d'une installation et d'une mise en service d'une unité de cogénération. Des conditions générales concernant les contrats de maintenance des installations doivent aussi être rédigés mais ne font pas l'objet d'une étude approfondie dans le cadre de ce mémoire. Ces deux contrats sont intrinsèquement liés afin de pouvoir satisfaire à l'offre commerciale proposée par la SCRL Ogees -cf. section 7.1.

Prix

Nous sommes dans le cas d'une offre dite à forfait absolu ou à prix ferme, ce qui signifie que la SCRL Ogees a décidé de remettre cette offre pour effectuer un travail défini pour un prix global et invariable, fixé dès l'acceptation de celle-ci (Kohl, 2016, p. 193). « *Ce forfait comprend le prix d'exécution des prestations et fournitures conformément aux prescriptions de la commande, en ce compris la charge résultant des aléas normaux raisonnablement prévisibles, compte tenu de l'objet des prestations, de la nature et de la localisation des travaux ainsi que de tous autres éléments qu'il appartient à un bon professionnel de prendre en considération lorsqu'il s'engage à réaliser de telles prestations* » (Bockourt, de Cocquéau, Delvaux, & Devos, 2012, p. 238).

Le prix étant fixe, une diminution du coût des matériaux sera profitable à la société Ogees, l'inverse étant vrai aussi (Kohl, 2016, p. 194). Cependant, l'article 1793 du Code civil ne rend pas inconciliable une clause d'adaptation du prix avec le marché à forfait, pour autant que l'accord du propriétaire du fond (le client) soit écrit. Toutefois, afin que la société ait une offre commerciale attirante, nous avons décidé de ne pas inclure la possibilité d'augmentation du prix en cas d'augmentation du prix de la main-d'œuvre ou des matériaux. Par ailleurs, la SCRL Ogees se réserve le droit de modifier le prix en cas de demande supplémentaire du client, et de prouver celle-ci par toute voie de droit.

La SCRL Ogees étant une jeune société, il a été choisi d'exiger un étalement du paiement avant la réception de l'ouvrage. Cela devrait permettre à la société d'avoir un fond de trésorerie durant les travaux d'installations des micro-cogénérations, cette liberté est prévue par l'article 4,§3 de la loi du 2 août 2002 concernant la lutte contre le retard de paiement dans les transactions commerciales. Ainsi, nous avons prévu que 20% du prix doit être payer à la commande, 50% lors de l'arrivée de l'installation sur le site et 30% lorsque du gaz est produit -cf. section 8.1.5. En cas de non paiement d'une partie du prix lorsqu'une échéance est passée, une clause pénale

(article 13.2.) prévoit un intérêt moratoire de 8,0% du montant dû. Cet intérêt court à partir de la mise en demeure.

Transfert de propriété et des risques

La réception par le maître d'ouvrage est un « *acte juridique unilatéral par lequel le maître constate l'achèvement de la prestation ainsi que sa conformité à ce qui avait été commandé, reconnaît, après vérification, que l'exécution du travail a été apparemment correcte, et décharge, en principe, l'entrepreneur de sa responsabilité pour défauts, vices ou malfaçons* » (Kohl, 2016, p. 405).

Selon le droit commun, les risques sont liés à la propriété (art.1138,al.2 du Code civil). Par ailleurs, pour les contrats d'entreprise, l'adage « *res perit debitori* », est d'application (art.1788 et suivants du Code civil ; Kohl, 2016, p. 361). Ainsi, dans le cas où l'entrepreneur fournit son travail et le matériel, il « *supportera les risques portant sur la matière mise en œuvre si la chose périt par cas fortuit avant que le maître ait effectué la « réception » ou ait été mis en demeure de le faire* » (Kohl, 2016, p. 363). Cependant, dans la cas d'Ogees, nous pouvons penser à une vente de chose future. Partant, le transfert des risques s'opère à la naissance de la chose tandis que pour le contrat d'entreprise, la chose demeure aux risques du prestataire jusqu'à la réception de l'ouvrage. Les articles 1138,al.2 ainsi que 1788 et suivants du Code civil n'étant pas d'ordre public, il est possible d'y déroger contractuellement, cela permet de prévenir le risque d'une controverse quant au moment exact du transfert des risques (Kohl, 2016, p. 373). Ainsi, la SCRL Ogees ayant fait le choix d'opérer le transfert des risques au fur et à mesure des constructions, la qualification du contrat n'aura pas d'importance.

Cela est concevable en ce que, la possibilité d'attacher à la réception provisoire l'effet d'agrément de l'ouvrage est accepté par la jurisprudence (Bruxelles, 27 avril 2010, *Res et jur. Imm.*,2011, p.295 ; Liège, 7 septembre 2004, *Entr. Et . dr.*, 2007, p.251). Notons que la concordance entre la réception provisoire et l'effet d'agrément a pour conséquence de faire démarrer le délai de la responsabilité décennale.

En outre, l'article 5.5. est une clause de réserve de propriété permettant à la SCRL Ogees de se prémunir de l'insolvabilité de son débiteur. Ainsi, si ce dernier ne paie pas le prix, la SCRL Ogees garde la propriété de ses installations et peut donc les reprendre.

Responsabilité décennale de l'entrepreneur

La responsabilité décennale de l'entrepreneur consacrée par les articles 1792 et 2270 du Code civil, est une responsabilité d'ordre public basée sur une faute (Cass., 6 octobre 1961, *Pas.*, I, p.152 ; Liège, 26 octobre 2009 *J.L.M.B.*, 2011, p.904.). De ce fait, il n'est pas adéquat de parler de garantie telle que pour la garantie des vices cachés pour le contrat de vente.

Nous considérons que la responsabilité décennale de l'entrepreneur s'applique aux relations entre la SCRL Ogees et ses clients, car :

- Il existe un contrat d'entreprise dans le cas d'une installation par les soins de la société et que les travaux ont été effectués en exécution de ce contrat. Par ailleurs, si le contrat reçoit la qualification de contrat de vente, le client ne sera pas en mesure d'invoquer la responsabilité du vendeur sur cette base ;
- Selon Kohl (2016), la doctrine et la jurisprudence belge voient les articles 1792 et 2270 du Code civil comme ayant des champs d'application identiques et considèrent que la responsabilité décennale est applicable à tout contrat d'entreprise, « *quelle que soit la technique utilisée dans la fixation du prix* » (Kohl, 2016, p. 1041) ;
- Les deux articles utilisant des termes différents pour viser la nature des ouvrages, la jurisprudence a tracé des lignes directrices relativement larges et retient les constructions pouvant être assimilées à un bâtiment. Peuvent être considérés comme entrant dans le champ d'application : Les courts de tennis (Civ. Bruxelles, 27 mai 1988, *J.L.M.B.*, 1989, p. 908), construction d'une terrasse (Liège, 25 juin 1996, *Entr. Et. Dr.*, 1997, p.222), d'une véranda (Comm. Bruxelles, 8 septembre 1984, *Entr. Et dr.*, 1985, p.35) ou encore l'installation d'une ligne de fabrication de chocolat (Cass., 15 décembre 1995, *J.L.M.B.*, 1996, p.782). Au vu de cette jurisprudence, nous considérons que les micro-cogénérations telles que vendues et installées par la SCRL Ogees entrent dans le champ d'application des deux articles précités ;
- Il est requis un « vice grave » c'est-à-dire, que le bâtiment ou une de ses parties maîtresses n'ai pas été érigés de manière suffisamment solide, cela n'impliquant pas que la stabilité de l'ouvrage soit entièrement atteinte. Il se pourrait donc que les mouvements d'un conteneur mal ancré dans le sol ou encore qu'un affaissement du terrain altère considérablement la solidité ou la stabilité du bâtiment.

Cependant, un vice qui ne mettrait pas en danger la solidité ou la stabilité du bâtiment ne serait pas pris en compte pour la responsabilité décennale. Tel serait le cas d'un tuyau de digestat qui fuit suite à une soudure mal faite. Dans ce cas, on parlera de vices véniels. De plus, il importe peu que le vice affectant le bâtiment soit caché ou apparent (Cass., 2 février 2006, *NjW*, 2006, p.218).

Afin de voir son action en responsabilité aboutir, le client (maître d'ouvrage) doit établir qu'il a conclu un contrat d'entreprise ayant pour objet de gros ouvrages et que des vices du sol ou de la construction portent atteinte ou sont susceptibles de porter atteinte à la stabilité du bâtiment (Kohl, 2016, p. 1044). En outre, lorsqu'il s'agit d'une obligation de moyen dans le chef de l'entrepreneur, il faut que le maître d'ouvrage prouve un manquement de la part de l'entrepreneur. En revanche, lorsqu'il s'agit d'une obligation de résultat, la simple preuve du vice suffit. La jurisprudence a qualifié le vice du sol (Mons, 29 janvier 1997, *J.L.M.B.*, 1997, p.1284) ou encore le vice du matériau (Gand, 10 décembre 2002, *NjW*, 2003, p.1227) comme relevant d'un manquement à une obligation de résultat. L'obligation d'un entrepreneur spécialisé a aussi été retenue comme obligation de résultat, tel fut le cas pour un entrepreneur qui s'était engagé à réaliser une station d'épuration de type « clé sur porte » (Comm. Bruxelles, 3 juin 1996, *Entr. Et dr.*, 1998, p.162). A titre d'exemple, nous pouvons donc penser que la responsabilité de la SCRL Ogees pourrait être engagée lorsque la dalle n'est pas assez solide pour accueillir la cogénération ou le digesteur ou encore lorsque l'installation électrique mettrait le feu à la micro-cogénération.

L'action du client (maître d'ouvrage) tendra, normalement, à la réparation en nature du dommage causé par la faute contractuelle de la société Ogees, éventuellement assortie d'astreinte. Cependant, « *si l'obligation de réparer le dommage suite au manquement de l'entrepreneur doit être exécutée en nature, le choix pour ce mode de réparation pourrait toutefois être refusé au maître de l'ouvrage en cas d'impossibilité d'exécution en nature* » (Kohl, 2016, p. 1064), cela peut être le cas si la demande présente un caractère abusif ou si les frais de réparation sont disproportionnés par rapport au préjudice subi. Une réparation par équivalent sera alors possible, celle-ci assortie de dommages et intérêts.

Il est utile de rappeler que l'architecte, l'entrepreneur ainsi que les autres intervenant à la construction sont responsables *in solidum* lorsqu'un dommage trouve son origine dans leur faute concurrente (Kohl, 2016, p. 1073). Les clauses exonératoires de la responsabilité *in solidum*

ne sont pas acceptées par la jurisprudence (Cass., 5 septembre 2014, *J.T.*, 2015, p.381). Cette situation peut se rencontrer dans le cas d'un contrat conclu avec le vendeur de digesteur. En effet, il est possible que celui-ci donne des indications ou prenne en charge la construction du radier, de ce fait il existe une relation contractuelle entre la SCRL Ogees et ce sous-traitant, Ogees devient alors le maître d'ouvrage tandis que le sous-traitant devient l'entrepreneur. Dans cette hypothèse, le sous-traitant est considéré comme entrepreneur spécialisé et ses obligations sont qualifiées de résultat. Partant, la SCRL Ogees dispose de tous moyens d'actions tels que la responsabilité contractuelle en cas de défaut mais aussi la responsabilité décennale de l'entrepreneur sur base de l'article 1792 du Code civil, cela est accepté par la jurisprudence belge depuis 1967 (Cass., 5 mai 1967, *J.T.*, 1967, p.591 ; Kohl, 2016, p. 1055). En outre, il convient tout de même d'ajouter aux contrats entre la SCRL Ogees et son fournisseur de digesteur une clause stipulant que celui-ci prend en charge la responsabilité de la construction du radier et qu'il en est responsable.

Garantie

Le Cour de cassation (Cass., 25 octobre 1985, *J.T.*, 1986, p.438) a consacré l'existence d'une responsabilité de l'entrepreneur en raison des vices cachés véniels en considérant que comme la réception équivaut agréation, le maître d'ouvrage n'aurait pu avoir agréé ce qu'il était dans l'impossibilité de connaître à ce moment là. Il peut donc agir contre l'entrepreneur sur base de sa responsabilité contractuelle. Partant, la SCRL Ogees est responsable des vices cachés qui perturbent l'utilisation normale de l'immeuble, sans le mettre en péril, et qui ne pouvaient être découverts lors de l'agréation des travaux. Cependant, pour que la responsabilité de l'entrepreneur soit engagée il faut :

- Que le vice ne soit pas décelable lors de la réception et qu'il soit suffisamment important pour que, s'il avait été apparent, le maître d'ouvrage n'ait pas accepté la réception des travaux ;
- Que le vice soit dû à une faute de l'entrepreneur. Ce n'est pas le cas pour la garantie des vices cachés dans le cas d'un contrat de vente. Une qualification du contrat, en contrat de vente, par le juge pourrait donc entraîner la responsabilité de la SCRL Ogees sans que le client n'ait à prouver l'existence d'une faute dans le chef de la société ni de lien causal entre cette faute et le dommage. La garantie des vices cachés de l'article 1641 et suivants du Code civil est une garantie sans faute, le vendeur professionnel étant présumé avoir connaissance du vice (Bruxelles, 8 décembre 2008, *D.C.C.R.*, 2009, p.83 ;

Cass., 19 septembre 1997, *Pas.*, 1997, I, p.883). Une qualification en contrat de vente pourrait être préjudiciable pour la SCRL Ogees en ce qu'elle pourrait plus facilement être tenue responsable des vices cachés ;

- Que l'action en responsabilité soit introduite en temps utile, à partir du moment de la découverte du vice (Cass., 15 septembre 1994, *R.W.*, 1994-1995, p.454) ou dans un bref délai (art.1648 du Code civil). Ce délai a été fixé, dans les conditions générales, à 30 jours afin de laisser le temps au maître d'ouvrage de contacter la SCRL Ogees et d'éviter toute ambiguïté. Le délai de prescription de 10 ans fixé par l'article 2262bis du Code civil est d'application. Cependant, dans le cas d'un contrat d'entreprise, l'entrepreneur n'est pas présumé avoir connaissance du vice caché affectant l'ouvrage, sa responsabilité peut donc être limitée (Cass., 5 décembre 2002, *J.T.*, 2003, p.228 ; Kohl, 2016, p. 1096). Nous avons fait le choix de la limiter à 2 ans et à 7 ans lorsqu'un contrat de maintenance existe entre la société et son client.

Afin de se prémunir du risque d'être tenue pour responsable d'un vice affectant l'ouvrage la SCRL Ogees insère une stipulation pour autrui au profit du maître d'ouvrage dans tous ses contrats de sous-traitance, ainsi le client pourra agir directement contre le sous-traitant. En effet, les articles 1641 et suivants du Code civil n'étant pas applicable aux de contrats d'entreprise, une action du maître d'ouvrage contre le sous-traitant n'est pas possible. Par ailleurs, lorsque le contrat entre Ogees et ses fournisseur est qualifié de contrat de vente et que le vice affectant l'ouvrage provient d'un vice dans les matériaux, le client peut agir directement contre le fournisseur sur base de la garantie des vices cachés des articles 1641 et suivants du Code civil, ce principe ayant été reconnu par la Cour de cassation (Cass., 18 mai 2006, *Pas.*, 2006, p. 1154).

Modification du contrat

L'article 11. se base sur la survenance d'un cas de force majeure rendant impossible la continuation du contrat (art.1148 du Code civil). Afin d'éviter toute discussion à propos de la qualification d'un événement pouvant constituer un cas de force majeure, le choix a été fait d'en énumérer une série -cette liste n'est pas exhaustive.

La clause reprise à l'article 11.2. s'inspire de la théorie des sujétions imprévues qui traite « *des difficultés techniques résultant d'éléments préexistants mais légitimement ignorés par les parties* » (Van Ommeslaghe, 2013, p. 830). Tel pourrait, par exemple, être le cas si l'entrepre-

neur découvre des vestiges archéologiques qui ne pouvaient pas être décelés avant les travaux ou encore la rencontre d'un souterrain imprévisible (Horemans, 2012, p. 31). Dans ce cas, ces difficultés techniques sont considérées comme un cas de force majeure.

A titre de comparaison, la théorie des sujétions imprévues s'écarte de la théorie de l'imprévision en ce que cette dernière permet de s'écarter de la force obligatoire lorsque surviennent des circonstances nouvelles et imprévisibles qui bouleversent l'économie du contrat et qui sont postérieures à la conclusion de la convention.

Fin de la mission

L'article 1794 du Code civil reconnaît le droit du maître d'ouvrage de toujours pouvoir mettre fin au contrat en dédommageant l'entrepreneur de ses dépenses. Cet article étant supplétif, nous aurions pu nous en écarter. Cependant, nous prenons en compte les difficultés du secteur agricole en permettant aux agriculteurs de se départir du contrat. Partant, le montant forfaitaire de 25% (article 12.1.) n'est pas considéré comme une clause pénale sanctionnant un manquement contractuel et visant à réparer un dommage mais plutôt comme le prix à payer, par le client, pour exercer sa faculté contractuelle de résiliation unilatérale (Cass., 6 septembre 2002, *Pas.*, 2002, n°421 ; Foriers, De Brouwer, & Jafferali, 2013, p. 68).

En cas de faillite, il sera mis fin au contrat, le maître d'ouvrage disposera alors d'une créance envers la masse des créanciers, afin de couvrir son préjudice. Ce préjudice consiste dans le surcoût généré par la nécessité de faire appel à un autre entrepreneur, le maître d'ouvrage pouvant aussi prétendre une indemnisation des malfaçons ou encore du préjudice résultant d'un retard d'exécution (Kohl, 2016, p. 766). Afin de ne pas laisser ses clients dans une situation inconfortable, la SCRL Ogees sélectionnera un de ses concurrents ou partenaire pour terminer les chantiers commencés.

Clauses pénales

La clause pénale vise à inciter le client à terminer les éventuels travaux préalables à l'installation de la micro-cogénération. C'est pourquoi, la clause pénale fixe un pourcentage volontairement haut. Cependant, selon l'article 1231,§1^{er} du Code civil, si le juge considère qu'il s'agit là d'un abus de droit, il peut la réduire et non l'annuler. La mise en oeuvre concrète d'une telle clause pénale est fort peu probable, l'intérêt commercial de la SCRL Ogees étant de construire une relation durable avec ses clients.

La clause suivante concerne le retard de paiement. Des intérêts moratoires au taux légal (Avis relatif au taux d'intérêt applicable en cas de retard de paiement dans les transactions commerciales, 2017) seront dus, par dérogation à l'article 1153 du Code civil, à dater de la mise en demeure, sur les montants exigibles.

Solidarité

L'article 1200 du Code civil instaure le principe de solidarité entre les débiteurs. Cependant, selon l'article 1202 du Code civil, la solidarité doit être expressément prévue. L'article 14 permet donc à la SCRL Ogees de pouvoir réclamer la totalité du prix à toutes les personnes qui se sont engagées à le payer. Cette clause pourrait être actionnée dans l'hypothèse où plusieurs personnes physiques et/ou plusieurs sociétés s'engagent dans le paiement du prix. Cette clause ne vise pas les organes de la société, lesquelles, selon l'article 61, §1^{er} du Code des sociétés, agissent au nom et pour le compte de celle-ci sans engager leur propre responsabilité.

Règlement des conflits et compétence

Dans le but d'éviter des frais de justice et de régler les éventuels conflits avec célérité, une procédure de règlement des conflits à l'amiable suivie d'une procédure de médiation a été prévue. Cette procédure se base sur les articles 1725 et suivants du Code judiciaire. Ainsi, en cas d'accord, une des parties peut faire homologuer l'accord de médiation par le juge, cela lui donnera l'effet d'un jugement (art.1733, al.3 du Code judiciaire). La clause de médiation ainsi que les règles supervisant celle-ci sont tirées du site www.bmediation.eu. En optant pour une procédure de médiation, la SCRL Ogees peut éviter des frais de justice pouvant aller jusqu'à 16 000€, la médiation ayant un coût moyen de 7 000€ (*Clause de médiation*, 2017). Soulignons qu'Ogees souscrit une assurance protection juridique afin de ne pas devoir faire face à ces montants.

B.2 Conditions générales de la SCRL Ogees

Article 1 – Présentation

1.1. La société coopérative à responsabilité limitée de droit belge Ogees (ci-après : SCRL Ogees) ayant son siège social situé Voie Minckeleers n°1 à 1348 Louvain-La-Neuve et inscrite auprès de la Banque Carrefour des Entreprises sous le numéro ... T.V.A. ... peut être contactée par courrier postal à l'adresse de son siège social, par téléphone au .../..... ou par e-mail à l'adresse info@Ogees.org.

Article 2 – Champ d'application

2.1. Les présentes conditions générales s'appliquent à toutes les relations (offres, livraisons, installations, facturations ...) entre la SCRL Ogees et ses clients. Les présentes conditions générales ne s'appliquent pas aux contrats de maintenance entre le SCRL Ogees et ses clients. Le terme « client » fait référence à toutes les personnes qui entrent en relations (pré-)contractuelles avec la SCRL Ogees.

Chaque fois qu'un client fait appel à la SCRL Ogees, il est réputé connaître et accepter sans réserve les présentes conditions générales. Si un client soumet, à la SCRL Ogees, des conditions générales contradictoires avec les présentes conditions générales, les clauses contradictoirement s'annulent et le droit commun s'applique.

Sauf publication ou communication par la SCRL Ogees, sous quelque forme que ce soit, d'une version plus récente, les présentes conditions générales s'appliquent également à toutes les relations futures entre les parties.

Article 3 – Formation du contrat

3.1. Sauf stipulation contraire reprise dans l'offre, celle-ci lie la SCRL Ogees durant une période de 30 jours à dater de son envoi au client.

3.2. Le contrat est conclu avec la SCRL Ogees lorsqu'une offre est acceptée de manière expresse par le destinataire, dans le délai repris à l'article 3.1.

3.2. Une réponse de la part du client contenant une quelconque modification de l'offre initiale ne vaut pas acquiescement mais est un rejet de l'offre initiale et constitue une contre-offre.

3.3. Lorsqu'un contrat est conclu à la condition suspensive de l'obtention d'un subside, d'un financement ou d'un permis quelconque, le client doit, dans un délai de 45 jours à compter de la commande, apporter la preuve, par quelque moyen que ce soit, du refus de financement par au moins deux banques ou du refus de permis par l'organisme compétent, pour être libéré de ses obligations envers la SCRL Ogees. A défaut de cela, la condition sera supposée être remplie et le client sera définitivement lié par les dispositions de l'offre.

Article 4 – Le Prix

4.1. Le prix est convenu par les parties sur base de l'étude de pertinence établie ou validée

par la SCRL Ogees.

4.2. Le prix repris dans l'offre est ferme.

4.3. Sauf convention contraire, les prix sont exposés en euro.

4.4. Le client a l'obligation de payer le prix de la marchandise selon les modalités suivantes :

- 20% au maximum 30 jours après la commande ;
- 50% au maximum 45 jours après la mise à disposition des équipements sur le site du client. Dans le cas repris à l'article 5.1., il est dû 80% au maximum 45 jours après la mise à disposition des équipements dans l'établissement de la SCRL Ogees ;
- 30% au maximum 30 jours après la mise en service. Il y a lieu d'entendre par mise en service, la production de gaz par le digesteur.

4.5. Même en cas de forfait absolu, la SCRL Ogees peut prouver par toutes voies de droit toute modification ou tout travail supplémentaire commandé par le client et la détermination du prix y afférent.

Article 5 – Transfert de propriété et du risque

5.1. Lorsque le montage, l'installation et/ou la mise en service n'incombe pas à la SCRL Ogees, la marchandise est livrée par mise à disposition du client dans l'établissement de la SCRL Ogees.

5.2. Lorsque les parties conviennent que la SCRL Ogees se charge du montage, de l'installation et/ou de la mise en service de la marchandise, le client en prend réception provisoire au fur et à mesure de son installation. La réception provisoire a pour effet l'agrément de l'ouvrage par le client et exclu tout recours de sa part pour des vices apparents.

5.3. Les risques sont transférés au client à partir du moment où la marchandise est livrée ou installée, selon les modalités du point 5.1 et/ou 5.2.

5.4. Clause de réserve de propriété : Le matériel demeure la propriété exclusive de la SCRL Ogees jusqu'au paiement intégral du prix par le client, taxes et intérêts éventuels compris. Le non-respect d'un quelconque délai de paiement confère de plein droit à la SCRL Ogees le droit de réclamer la restitution du matériel sans autre formalité. La charge du démontage incombe au client.

5.5. Le client accepte expressément que jusqu'au paiement intégral du prix :

- il ne peut céder la propriété du matériel,
- il doit conserver le matériel en bon état d'entretien.

Article 6 – Livraison

6.1. Les délais de livraison et/ou d'exécution communiqués sont purement indicatifs et dépendent notamment de la disponibilité du matériel chez le constructeur.

Article 7 – Conformité de la marchandise

7.1. La marchandise est réputée conforme lorsque celle-ci satisfait aux exigences quantitatives et qualitatives convenues contractuellement.

Article 8 – Responsabilité décennale

8.1. Dans le cas repris à l'article 5.2., la date de la réception provisoire constitue le point de départ de la responsabilité décennale visée par les articles 1792 et 2270 du Code civil, dans le cas où ceux-ci sont d'application.

Article 9 – Garantie

9.1. Pendant une période de deux ans ou sept ans, lorsqu'un contrat de maintenance existe entre le SCRL Ogees et son client, à dater de la réception provisoire, la SCRL Ogees assume la responsabilité des vices cachés véniels non couverts par les articles 1792 et 2270 du Code civil.

Toute action de ce chef n'est toutefois recevable que si elle est intentée, par lettre recommandée, dans un délai de trente jours à partir de la date à laquelle le client avait ou devait avoir connaissance du vice.

9.2. En matière de matériel neuf, la SCRL Ogees accorde une garantie contre tout vice caché en totale conformité avec l'article 1641 et suivants du Code civil. Le client dispose d'un

délai de trente jours à compter de la découverte du vice caché pour en signaler l'existence à la SCRL Ogees.

La garantie couvre tous les défauts de matériel ou de fabrication, ainsi que chaque intervention, uniquement durant une période de deux ans à dater de la livraison et de sept ans à dater de la livraison lorsqu'un contrat de maintenance existe entre la SCRL Ogees et le client.

9.3. La garantie est exclue en cas de modification d'une ou plusieurs parties de la marchandise par du personnel non dûment autorisé par la SCRL Ogees.

Article 10 - Sécurité des produits

10.1. La SCRL Ogees garantit sa marchandise conforme aux prescriptions générales et spécifiques de sécurité auxquelles les produits doivent répondre dans l'Union européenne. En cas de vente hors de l'Union européenne, la SCRL Ogees décline toute responsabilité quant à la présence ou à l'absence de dispositifs de sécurité conforme aux normes en vigueur dans le pays de réception.

Article 11 – Imprévisions et sujétions imprévues

11.1. En cas de force majeure, la SCRL Ogees se réserve le droit de demander la révision ou la résiliation du contrat sans être tenu à quelconque dommages et intérêts.

Sont considérés comme cas de force majeure : guerre, grève, lock-out, actes de terrorisme, réquisitions, bris de machine, incendie, inondation, accidents industriels, retard ou interruptions du transport, difficulté d'approvisionnement de matières premières, matériaux et énergie, restrictions ou prescriptions imposées par les autorités, les retards de livraison de fournisseurs, chômage partiel pour la SCRL Ogees ou ses fournisseurs. Cette liste est non exhaustive. La SCRL Ogees n'aura pas à établir l'imprévisibilité ni l'irrésistabilité de l'événement perturbateur.

11.2. Toutes circonstances raisonnablement imprévisibles lors du dépôt de l'offre et inévitables, qui rendraient l'exécution du contrat plus difficile ou plus onéreuse sur un plan financier ou autre au-delà des prévisions normales, sont considérées comme des cas de force majeure.

11.3. Si ces circonstances sont de nature à entraîner une interruption des travaux, le délai d'exécution est suspendu de plein droit pour la durée d'interruption, augmentée du laps de

temps nécessaire à la remise en route du chantier.

Article - 12 Fin de la mission

12.1. Lorsque le client et la SCRL Ogees ont convenu que le montage, l'installation et/ou la mise en service incombait à la SCRL Ogees, le client peut à tout moment et sans motif mettre fin aux relations avec la SCRL Ogees, par écrit. Dans cette hypothèse, le client renonce à invoquer tout manquement de la SCRL Ogees dans l'exécution de ses obligations. Il est en outre tenu de rémunérer les services prestés préalablement à la notification de la fin de la relation, de supporter les dépenses et frais engagés par la SCRL Ogees pour l'exécution du contrat avant cette notification, ainsi que de dédommager la SCRL Ogees pour la perte des bénéfices du contrat à concurrence d'un montant forfaitaire égal à 25% du prix des travaux qui ne sont pas exécutés.

12.2. La faillite de la SCRL Ogees met fin au contrat.

Article 13 – Clause pénale

13.1. Une somme équivalente à 30% du prix total sera due par le client débiteur d'une obligation dans le cas d'un manquement de sa part empêchant ou retardant la poursuite de la réception des travaux ou de la marchandise.

13.2. A défaut de paiement de tout ou d'une partie d'une facture, le montant restant dû sera majoré d'un intérêt de 8,0% l'an, à dater de la date d'exigibilité du paiement, toute semaine commencée étant due.

13.3. Les sommes reprises aux articles 13.1. et 13.2. sont dues à partir de la mise en demeure de s'exécuter du client débiteur de l'obligation.

Article 14 – Caution solidaire

14.1. Lorsque plusieurs personnes s'engagent au paiement du prix ou participent à l'offre, celles-ci sont tenues de manière solidaire et indivisible.

Cette clause ne vise pas les organes agissant pour le compte d'une société.

Article 15 - Clause de confidentialité

15.1. Toute offre ou communication concernant un prix de la part de la SCRL Ogees est

confidentiel. Une indemnité égale à 30% du prix, avec un montant minimum de 5 000€, est due à la SCRL Ogees en cas de divulgation ou communication sous quelque forme que ce soit de la part du client.

15.2. Toute communication concernant la technologie utilisée par la SCRL Ogees est confidentielle. Une indemnité de 30% du prix de vente avec un montant minimum de 5 000€ est due à la SCRL Ogees en cas de divulgation ou communication sous quelque forme que ce soit de la part du client.

Article 16 – Validité du contrat

16.1. Au cas où une ou plusieurs dispositions, ou partie de disposition, des présentes conditions générales serai(en)t nulle(s) ou ne pourrai(en)t être appliquée(s), cela n'affecterait pas la validité et l'applicabilité des autres dispositions des présentes conditions générales. Dans cette hypothèse, la disposition, ou partie de disposition, non valable ou inapplicable sera réputée être automatiquement remplacée par une disposition valable et applicable produisant, dans toute la mesure possible, un effet économique équivalent.

Article 17 - Droit applicable, règlement des conflits et compétence

17.1. Les présentes conditions générales, l'offre ainsi que le contrat conclu entre la SCRL Ogees et ses clients sont régis par le droit belge.

17.2. Préalablement à tout recours au juge étatique, les parties s'obligent à négocier, dans un esprit de loyauté et de bonne foi, un accord amiable en cas de survenance de tout conflit relatif au présent contrat, y compris celui portant sur sa validité.

La partie souhaitant mettre en œuvre le processus de négociation devra en informer l'autre partie par lettre recommandée avec accusé de réception en indiquant les éléments dudit conflit.

Si au terme d'un délai d'un mois, les parties ne parvenaient pas à s'entendre, les parties s'engagent à tenter de résoudre leur différend par la médiation, conformément aux articles 1725 et suivants du Code judiciaire et au règlement de médiation de bMediation (www.bmediation.eu, 500 avenue Louise, 1050 Bruxelles). La médiation débutera au plus tard quinze jours après la demande de médiation notifiée par une partie à l'autre partie et la durée de médiation ne peut excéder quinze jours, sauf accord exprès des parties.

Durant tout le processus de négociation ou de médiation et jusqu'à leur issue, les parties s'interdisent d'exercer toute action en justice l'une contre l'autre, pour le conflit objet de la négociation ou de la médiation. Par exception, en cas d'urgence, les parties sont autorisées à saisir la juridiction des référés ou à solliciter le prononcé d'une ordonnance sur requête. Une éventuelle action devant la juridiction des référés ou la mise en œuvre d'une procédure sur requête n'entraîne de la part des parties aucune renonciation à la clause d'arrangement amiable et de médiation, sauf volonté contraire expresse.

En cas d'échec de la négociation et de la médiation, seuls les tribunaux de l'arrondissement dans lequel la SCRL Ogees a son siège social sont compétents.

Annexe C

Sécurité des produits

Cette section tend à expliquer le fonctionnement des différentes règles régissant la mise en conformité des produits proposés par Ogees. En mettant des micro-cogénérations sur le marché, la SCRL Ogees doit respecter un certain nombre de critères de sécurité.

C.1 Mise en conformité des produits

Pour pouvoir être proposé sur le marché, un produit doit répondre à un niveau de sécurité minimum. Afin de répondre à ce besoin, il existe des règles relatives à la sécurité des produits ainsi des normes harmonisées qui ont pour rôle « *de conférer au produit concerné, la faculté de circuler* » (Arrêt James Elliott Construction Limited/Irish Asphalt Limited, C-613/14, EU :C :2016 :821, point 38). Lorsqu'un produit répond aux règles de sécurité il y est apposé un marquage CE.

Pour répondre aux règles minimales de sécurité, il faut d'abord se tourner vers le Livre IX du code de droit économique qui transpose la Directive 2001/95/CE du 3 décembre 2001 du Parlement européen et du Conseil relative à la sécurité générale des produits. Ce Livre ne vise pas uniquement à protéger les consommateurs mais utilise le terme plus large d'utilisateurs. Par conséquent, les producteurs, fournisseurs ou toute autre personne visée par les règles pertinentes en la matière devront être attentives lorsqu'elles mettent leurs produits sur le marché, peu importe, en principe, la qualité de l'utilisateur final. L'objectif de cette Directive est d'assurer « *que les produits mis sur le marché sont sûrs* » (art.1,§1^{er} de la Directive relative à la sécurité générale des produits, 2001).

Pour être conforme aux règles relatives à la sécurité des produits, le fabricant doit, donc

d'abord, se tourner vers le Livre IX du Code de droit économique qui définit des prescriptions générales auxquelles le produit doit répondre. Ensuite, l'article 4 donne compétence au Roi de réglementer certaines catégories de produits ou de services (art.IX.4,§1^{er},1° du Code de droit économique). Les cogénérations fonctionnant au biogaz sont visées par l'Arrêté Royal « machines » du 12 août 2008, par l'Arrêté Royal du 21 avril 2016 concernant la mise sur le marché des appareils et des systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphères explosibles¹, par l'Arrêté Royal du 21 avril 2016 concernant la mise sur le marché du matériel électrique ainsi que par l'Arrêté Royal du 3 juillet 1992 concernant la mise sur le marché des appareils à gaz. Ces différents Arrêtés Royaux sont les transpositions de Directives européennes spécifiques.

Ces Arrêtés Royaux édictent une procédure à suivre afin que les produits mis sur le marchés répondent à des standards minimaux de sécurité. Par conséquent, la première étape de la mise en conformité des produits consiste en la vérification des réglementations spécifiques qui s'appliquent au produit. Afin de satisfaire à ces standards, une réflexion relevant principalement du bon sens est menée afin de sécuriser les micro-cogénérations.

Lorsque le produit est conforme à ces règles, le fabricant ou un organisme de contrôle appose le marquage CE lorsqu'il considère que le produit est conforme aux exigences applicables.

En plus de ces règles légales, il existe des normes harmonisées qui sont à considérer comme des « guides de bonnes pratiques » qu'il n'est pas obligatoire de suivre, mais le fait de les respecter, permet de ne pas « réinventer » ce qui existe déjà et donne une présomption de conformité (art.IX.3 du Code de droit économique) qui peut être demandée dans certaines directives (Biron, Vinçotte, échange d'e-mails, 10 mai 2017). Partant, Ogees fait en sorte de respecter ces normes spécifiques plutôt que les procédures prévues dans les Arrêtés Royaux. La principale norme contenant des notions fondamentales de protection pour une large gamme de machines est la norme EN ISO 12100, celle-ci est une norme de type A donnant des indications générales de sécurité. Il est donc important de suivre les indications contenues dans cette norme pour faire une appréciation du risque la plus efficace possible. De plus, nous pouvons citer, de manière non exhaustive, d'autres normes utilisées par la SCRL Ogees qui sont des normes de type C applicables à du matériel particulier. Ces normes de type C concernent le disjoncteur industriel (EN 60947-2), le tableau électrique (EN 61439), le matériel ATEX (EN 60079-0), la prévention de la mise en marche intempestive (EN 1037), les principes de conception et de choix des dispositifs de verrouillage associés à des protecteurs (EN ISO 14119), les équipements

1. Cet Arrêté Royal est aussi abrégé Arrêté Royal ATEX

électriques des machines (EN 60204), les régulateurs de pression de gaz et dispositifs de sécurité associés (CEN/TC 235) ou encore les compteurs à gaz (CEN/TC 237). Enfin, une norme ISO/TC 255 spécifique au biogaz est en cours d'élaboration mais son contenu est encore incertain, le bon sens prévaudra donc afin d'anticiper l'évolution des normes. Lorsqu'il n'existe ni norme ISO ni norme EN, les normes DIN allemandes seront utilisées, celles-ci étant souvent les premières à s'appliquer à une technologie.

En pratique, la SCRL Ogees va faire appel à différents fournisseurs pour les éléments composant les cogénérations, pour les digesteurs ainsi que pour les différents composants accessoires. Par conséquent, ces fournisseurs seront considérés comme fabricants (art.2,al.1^{er},3° et 12° de l'Arrêté Royal ATEX, 2016 ; art.2,§2,9° de l'Arrêté Royal concernant la mise sur le marché des machines, 2008) ou producteurs (art.I.10,8° du Code de droit économique) en ce qu'ils vont fabriquer le produit sous leur propre nom ou leur propre marque. De ce fait, c'est à eux que reviendra l'obligation d'apposer le marquage CE sur les produits vendus à la SCRL Ogees. Afin de satisfaire aux exigences maximales de sécurité attendues pour les cogénérations, la société imposera à ses fournisseurs de respecter les normes ISO, EN ou à défaut, les normes DIN en ce qu'elles ont une portée internationale et qu'en général, le bureau de normalisation belge ne fait que de les transposer (Haenecour, Loth, & Procès, 2015, p. 25). De ce fait, un manquement ou une non-conformité à une des normes reprise dans le contrat de fournitures constituera un manquement contractuel. Cela étant, la SCRL Ogees doit aussi se conformer à certaines exigences et notamment au contrôle de l'installation par un organisme de contrôle qui va vérifier l'installation électrique, le bon fonctionnement des sécurités mises en place ainsi que les détecteurs de gaz (Règlement général sur les installations électriques rendu obligatoire par l'Arrêté Royal du 10 mars 1981 ; Arrêté Royal ATEX, 2016 ; Steurtewagen, Apragaz, échange d'e-mails, 26 juin 2017).

C.2 Non-conformité

En cas de non-conformité pouvant mettre en danger la sécurité et de la santé de l'utilisateur, le Roi peut interdire ou réglementer la fabrication, la vente, l'importation ... pour une catégorie de produits. Pour se faire, la représentation du secteur des produits concernés et, sauf pour les mesures qui transposent une mesure prise au niveau européen, le producteur sont consultés (art.IX.4 du Code de droit économique). En cas de risque grave et, sauf en cas d'urgence, après consultation du producteur, le ministre ou son délégué peut interdire la fabrication d'un produit. Cette mesure est provisoire mais peut être transformée en mesure définitive (art.IX.5

du Code de droit économique). Des mises en garde peuvent aussi être adressées au producteur afin qu'il mette son produit en conformité avec les arrêtés d'exécution et le code de droit économique (art.IX.7 du Code de droit économique). Si un produit ne répond pas à l'obligation générale de sécurité reprise dans le code de droit économique, les frais afférents à l'interdiction ou au retrait du marché peuvent être mis à charge du producteur concerné (art.IX.6 du Code de droit économique).

Pour se couvrir du risque de non-conformité, les contrats conclus entre la SCRL Ogees et ses fournisseurs feront toujours mention des normes de sécurité à respecter. De ce fait, un fournisseur qui ne respecterait pas une norme harmonisée ayant fait l'objet du contrat verra sa responsabilité contractuelle engagée. En outre, si un accident devait survenir et entraîner un dommage, la responsabilité aquilienne de la SCRL Ogees ou de son fournisseur pourrait être engagée dès lors qu'un des deux ne respecterait pas le devoir général de prudence qui lui incombe (Dubuisson, Callewaert, De Coninck, & Gathem, 2009, p. 487). Ce devoir se traduit par l'obligation de commercialiser des produits sûrs (Comm. Mons, 28 novembre 2000, *R.D.C.*, 2002, p.142 ; Dubuisson et al., 2009, p. 264). Partant, la SCRL Ogees souscrit à une assurance responsabilité civile et à une assurance responsabilité après livraison. Ainsi, la société sera protégée des dommages causés par elle mais aussi par ses produits après livraison.

Annexe D

Responsabilité du fait des produits défectueux

Dans l'annexe précédente, nous avons abordé la sécurité des produits et nous avons vu qu'il était possible que la SCRL Ogees soit responsable du dommage causé par une unité installée. Dans cette section, nous voyons comment la SCRL Ogees pourrait être tenue responsable de certains dommages causés par les micro-cogénérations sur base de la responsabilité du fait des produits défectueux.

C'est dans la loi du 25 février 1991, transposant la Directive 85/374/CEE du Conseil du 25 juillet 1985 relative au rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives des États membres en matière de responsabilité du fait des produits défectueux, que l'on retrouve les règles applicables au cas de dommage causé par un produit défectueux. Cette loi instaure un régime de responsabilité objective et a pour but de protéger l'utilisateur final, du produit, d'un défaut de fabrication. En effet, rien ne lie, en principe, l'acheteur d'un produit et le fabricant - sauf le cas où le fabricant est aussi le vendeur.

Les règles régissant la responsabilité du fait des produits défectueux peuvent être qualifiées d'optionnelles (art.13 de la Loi relative à la responsabilité du fait des produits défectueux, 1991). Ainsi, comme nous l'avons vu dans la section précédente, la personne lésée pourrait se prévaloir d'une faute du producteur sur base des articles 1382 et 1383 du Code Civil. La victime peut donc invoquer cette loi à titre principal et le droit commun à titre subsidiaire.

Au terme de cette loi, la SCRL Ogees sera considérée comme producteur en ce qu'elle est fabricant d'un produit fini (art.3 de la Loi relative à la responsabilité du fait des produits

défectueux, 1991). Par ailleurs, ses fournisseurs seront eux aussi considérés comme producteurs en ce qu'ils sont fabricants d'une partie composante d'un produit fini et qu'ils apposent leur nom, leur marque ou un autre signe distinctif sur une partie du produit. *In casus*, nous pouvons penser aux fournisseurs de moteurs et de digesteurs (art.3 de la Loi relative à la responsabilité du fait des produits défectueux, 1991). Toutes ces personnes sont solidaires lorsqu'elles sont responsables du même dommage (art.9 et 3 de la Loi relative à la responsabilité du fait des produits défectueux, 1991).

Lorsqu'une personne est lésée par un produit qui n'offre pas la sécurité à laquelle l'utilisateur peut légitimement s'attendre compte tenu de toutes les circonstances (art.5 de la Loi relative à la responsabilité du fait des produits défectueux, 1991), celle-ci pourra demander réparation de son dommage. Le dommage réparable est celui causé aux personnes y compris les dommages moraux ainsi que ceux causés aux biens destinés à l'usage privé de la victime avec une franchise de 500€. Le dommage causé au produit défectueux lui-même ne donne pas lieu à indemnisation (art.11 de la Loi relative à la responsabilité du fait des produits défectueux, 1991).

Cette loi instaure un régime de responsabilité sans faute. Partant, la victime devra uniquement démontrer que le dommage subi trouve sa source dans le défaut de conformité du produit (art.1^{er} et 7 de la Loi relative à la responsabilité du fait des produits défectueux, 1991) et non dans la faute du producteur. Selon la jurisprudence dominante (Civ. Bruxelles, 10 février 2005, *J.L.M.B.*, 2006, p. 1193), la théorie de l'équivalence des conditions sera retenue pour prouver le lien de causalité. C'est à dire que le défaut est causal s'il est la condition *sine qua non* du dommage. Il faut donc que sans défaut, le dommage ne se soit pas produit comme il s'est produit *in concreto*. A l'inverse, si sans ce défaut, le dommage se serait tout de même produit de la même manière, alors le défaut n'est pas en lien causal avec le dommage. La certitude quand au lien causal est une certitude judiciaire et non pas scientifique, ce qui veut dire que la certitude du juge est raisonnable lorsqu'elle est fondée sur un haut degré de vraisemblance (Liège 3e ch, 24 octobre 2007, *J.L.M.B.*, 2007, p.1747; Dubuisson et al., 2009, p. 365). La victime dispose d'un délai de forclusion de 10 ans, à dater de la mise en circulation du produit, pour obtenir la réparation de son dommage. De plus, elle doit intenter son action dans un délai de 3 ans à compter du jour où elle aurait dû avoir connaissance du dommage (art.12 de la Loi relative à la responsabilité du fait des produits défectueux, 1991).

La loi étant impérative, il ne sera pas possible pour la société de s'exonérer contractuellement

de sa responsabilité. Cependant, le producteur pourra s'exonérer de sa responsabilité sur base de la loi du 25 février 1991 s'il prouve (art.8 de la Loi relative à la responsabilité du fait des produits défectueux, 1991) :

- Qu'il n'a pas mis le produit en circulation ;
- Que, compte tenu des circonstances, le défaut n'existait pas au moment où le produit a été mis sur le marché ;
- Que le produit n'a pas été fabriqué pour être mis sur le marché et n'a pas été fabriqué ou distribué dans le cadre de son activité professionnelle. Nous pouvons penser ici au cas d'un prototype ou d'un démonstrateur non destiné à la vente. Dans ce cas, le producteur devra apporter une double preuve ;
- Que le défaut est dû à la conformité du produit avec des règles impératives ;
- Que l'état des connaissances scientifiques au moment de la mise en circulation du produit ne permettait pas de déceler les défauts. Nous pourrions penser à l'utilisation de matières qui, à l'heure actuelle, ne sont pas reconnues comme dangereuses mais qui pourraient l'être dans le futur ;
- Que le défaut est imputable à la conception du produit dans lequel la matière première ou une partie composante du produit est incorporée ou qu'il est imputable aux instructions données par le producteur du produit. Par conséquent, la SCRL Ogees devra être vigilante lorsqu'elle donne des instructions à ses fournisseurs, afin que ceux-ci ne puissent se prévaloir de cette disposition.

De plus, la responsabilité du producteur pourrait être écartée ou limitée en cas de faute concomitante de la victime ou d'une personne dont elle est responsable (art.10,§2,al.1^{er} de la Loi relative à la responsabilité du fait des produits défectueux, 1991). Dans ce cas, le producteur devra prouver que la victime a commis une faute et le juge pourra partager ou écarter la responsabilité entre le producteur et la victime. En outre, en cas de faute concurrente d'un tiers, le producteur pourra agir contre ce tiers co-responsable sans pour autant pouvoir limiter sa responsabilité envers la victime (art.10,§2,al.2 de la Loi relative à la responsabilité du fait des produits défectueux, 1991).

Afin de se prémunir du risque de voir sa responsabilité invoquée, la SCRL Ogees introduit dans les contrats passés avec ses fournisseurs une clause de responsabilité en cas de dommage causé, par un de leur produit, à un utilisateur final, sans qu'une faute ne leur soit imputable. En

outre, comme nous l'avons mentionné dans la section précédente, une assurance responsabilité et responsabilité après livraison sont contractées.

Annexe E

Projet d'acte constitutif

Le présent projet d'acte constitutif ainsi que les statuts trouvent leurs origines dans l'ouvrage rédigé par Marcelis et al. (2015, p. 165-210) et sont rédigés comme suit :

SCRL Ogees, société coopérative à responsabilité limitée dont le siège social est établi à 1348 Louvain-La-Neuve, Voie Minckelers, n°1.

Constitution - Nomination

L'an 2017,

Le 01 octobre,

Par devant Nous, Maître ..., Notaire de résidence à ...

Ont comparu :

1. Dewalque Adrien, né le vingt septembre mille-neuf-cent-nonante domicilié à 1348 Louvain-La-Neuve, Rue Pierre Joseph Redouté, n°1 ;
2. De Roo Simon, né le onze mai mille-neuf-cent-nonante-quatre, domicilié à 1348 Louvain-La-Neuve, Rue du Buret, n°2 ;
3. Rodriguez Garcia Angelo, né le vingt-huit juin mille-neuf-cent-nonante-trois, domicilié à 1348 Louvain-La-Neuve, Ruelle Saint-Éloi, n°1 ;
4. *Families, Friends and Fools* et *Business Angels*, la SE InnoEnergy, ici représentée par son *administrateur délégué* étant Monsieur

Lesquels Nous ont requis de constater authentiquement ce qui suit :

Les comparant(e)s après que le notaire soussigné ait spécialement attiré leur attention sur la responsabilité des fondateurs d'une société coopérative à responsabilité limitée, telle que déterminée à l'article 405,5° du Code des sociétés et notamment dans l'éventualité d'une faillite dans les trois ans de la constitution si la part fixe du capital est manifestement insuffisante pour assurer l'exercice normal de l'activité projetée durant deux ans au moins, l'ont requis de constater authentiquement les statuts d'une société coopérative à responsabilité limitée qu'ils constituent ainsi qu'il suit :

STATUTS

TITRE I^{er}

Dénomination - Siège - Objet - Durée

Article 1^{er}

Forme - Dénomination

La société adopte la forme de société coopérative à responsabilité limitée, sous la dénomination de Ogees.

Dans tous les actes, factures et documents, cette dénomination est précédée ou suivie immédiatement des mots « *société coopérative* » ou des initiales « SCRL ».

Article 2

Siège

Le siège social est établi à 1348 Louvain-La-Neuve, Voie Minckelers, n° 1.

Il peut, sans modification des statuts, être transféré en Belgique, dans la région linguistique francophone et la région bilingue de Bruxelles-capitale par simple décision de l'organe de gestion à publier aux Annexes du *Moniteur belge*.

La société peut établir par simple décision de l'organe de gestion, des sièges administratifs ou d'exploitation, des succursales, dépôts et agences, en Belgique et à l'étranger.

Article 3

Objet

La société a pour objet :

1. Le conseil, l'audit, l'analyse, l'étude, l'engineering, la recherche et le développement, la formation et l'information, relatifs à la conception, la fabrication, la construction,

l'intégration, l'utilisation, l'exploitation et l'entretien ou la maintenance de modules de cogénération d'énergie thermique et électrique ;

2. Le conseil, l'audit, l'analyse, l'étude, l'engineering, la recherche et le développement, la formation et l'information, relatifs à la conception, la fabrication, la construction, l'intégration, l'utilisation, l'exploitation et l'entretien ou la maintenance d'équipements de production et de consommation d'énergie thermique et électrique ;
3. Le conseil, l'audit, l'analyse, l'étude, l'engineering, la recherche et le développement, la formation et l'information, relatifs à la conception, la fabrication, la construction, l'intégration, l'utilisation, l'exploitation et l'entretien ou la maintenance d'unités de production d'énergie renouvelable ;
4. Les autres formes d'enseignement et particulièrement au sujet des matières dont l'expertise est relatée ci-avant ;
5. Toute opération d'achat, de vente, de location, de création, de développement, de mise en service, d'entretien ou de maintenance d'installation, de matériel ou d'équipements thermiques ou mécaniques (cogénération, moteur, chaudière, boiler, turbine, ...) et accessoires thermiques, hydrauliques, informatiques, ... ;
6. L'achat, la vente ou l'échange d'énergie, de quota de CO_2 ou d'autres gaz à effet de serre ou faisant l'objet d'une réglementation, de taxes ou de subsides, ainsi que la gestion des certificats verts et de tout autre forme de subside ou de taxe pour son compte ou pour le compte de tiers ;
7. L'exercice de mandats d'administrateur avec ou sans participation ;
8. Le financement, pour son compte ou pour le compte de tiers, d'unité de production d'énergie renouvelable.

Elle peut en outre, sous réserve de restrictions légales, faire toutes les opérations commerciales, industrielles, mobilières, immobilières ou financières se rattachant directement ou

indirectement à son objet social.

Elle peut notamment s'intéresser par voie d'apport, de fusion, de souscription, d'intervention financière ou par tout autre mode, dans toutes sociétés ou entreprises, en Belgique ou à l'étranger, ayant en tout ou en partie, un objet similaire ou connexe au sien ou susceptible d'en favoriser l'extension et le développement.

Elle peut prêter à toutes sociétés et se porter caution pour elles, même hypothécairement.

Article 4

Durée

La société est constituée pour une durée illimitée.

Sauf décision judiciaire, elle ne peut être dissoute que par décision de l'assemblée générale prise dans les formes et conditions prévues pour les modifications des statuts.

TITRE II

Parts sociales - Coopérateurs - Responsabilité

Article 5

Capital

Le capital social est illimité.

Il s'élève initialement à cent nonante-cinq mille euros (195 000€).

La part fixe du capital est fixée à cent nonante-cinq mille euros (195 000€). Une partie du capital équivalent à 100% de celui-ci sera libéré dès la constitution.

Le capital est variable, sans modification des statuts, pour ce qui dépasse le montant fixe.

Le capital est représenté par un nombre fixe de parts de catégorie A et un nombre variable de part de catégorie B et C.

Article 6

Parts sociales - Libération - Obligation

Le capital social est représenté par :

1. 3 900 parts de catégorie A représentant la part fixe du capital et réservée aux fondateurs. Ces parts ont une valeur nominale de 50 euros chacune. Chaque part de catégorie A doit être entièrement libérée à concurrence de 100% lors de la souscription. Les détenteurs de parts de catégorie A sont appelés coopérateurs de catégorie A,

2. Un nombre variable de parts de catégorie B représentant la part variable du capital réservée aux personnes physiques ou morales, y compris les fondateurs, souhaitant aider la société.

Ces parts sont sans désignation de valeur nominale. La valeur de ces parts sera déterminée à tout moment, par l'organe de gestion. Le moment de leur libération sera défini par l'organe de gestion. Les détenteurs de parts de catégorie B sont appelés coopérateurs de catégorie B,

3. Un nombre variable de parts de catégorie C représentant la part variable du capital réservée aux personnes physiques ou morales ayant fait appel aux services de la société.

Ces parts sont sans désignation de valeur nominale.

Le nombre minimum de parts de catégorie C détenues par chaque coopérateur de catégorie C sera fixé en fonction d'un pourcentage de la production prévisionnelle en énergie que ledit coopérateur produira. Ce pourcentage ainsi que les modalités d'application seront déterminés par l'organe de gestion. Les de parts de catégorie C seront libérées en même temps que leur souscription.

Si lors des exercices suivants, la production d'énergie, du coopérateur détenant des parts de catégorie C, augmente de plus de X% par rapport à la précédente production prévisionnelle établie, il sera proposé au coopérateur de souscrire de nouvelles parts de catégorie C. Les détenteurs de parts de catégorie C sont appelés coopérateurs de catégorie C.

En dehors de ces parts, il ne peut être créé aucune espèce de titres, sous quelque dénomination que ce soit, représentatifs de droits sociaux donnant droit à une part des bénéfices.

Article 7

Responsabilité

Les coopérateurs ne sont tenus que jusqu'à concurrence de leur souscription. Il n'existe entre eux ni solidarité, ni indivisibilité.

Article 8

Nature des parts

Les parts sont nominatives et portent un numéro d'ordre. Elles sont indivisibles vis-à-vis de la société qui a le droit, en cas d'indivision, de suspendre les

droits y afférents jusqu'à ce qu'un seul des indivisaires ait été reconnu comme propriétaire à son égard.

Article 9

Cession des parts

Les parts de catégorie A, B et C sont cessibles entre vifs ou pour cause de mort, à des co-coopérateurs de catégorie A ou B, moyennant agrément préalable de l'organe de gestion. Elles ne peuvent, par contre, être cédées ou transmises par décès à des tiers y compris les héritiers et ayants cause du coopérateur défunt.

TITRE III

Coopérateurs

Article 10

Titulaires de la qualité de coopérateur

Sont coopérateurs :

1. Les signataires du présent acte ;
2. Toute personne agréée en l'une des catégories de coopérateurs A, B ou C par l'organe de gestion.

L'organe de gestion n'est pas tenu, en cas de refus d'agrément, de justifier sa décision. Pour être agréé comme coopérateur, il appartient au requérant de souscrire, aux conditions fixées par l'organe de gestion, en application de l'article 6, un nombre de parts sociales défini par l'organe de gestion et de les libérer d'au moins un quart. L'admission implique l'adhésion aux statuts et, le cas échéant, aux règlements d'ordre interne.

L'admission d'un coopérateur est constatée par l'inscription au registre des coopérateurs conformément aux articles 357 et 358 du Code des sociétés.

Article 11

Perte de la qualité de coopérateur

Les coopérateurs cessent de faire partie de la société par leur démission, leur exclusion, leur décès, leur interdiction, leur faillite et déconfiture.

Article 12

Registre des coopérateurs

Il est tenu au siège social de la société un registre des parts que chaque coopérateur peut consulter. L'organe de gestion détermine la forme du registre qui pourra prendre la forme digitale. Le registre est divisé en catégories et contient pour chaque catégorie :

1. Les nom, prénoms (ou dénomination commerciale) et résidence (ou siège social) de chaque coopérateur ;
2. La catégorie et le nombre de parts dont chaque coopérateur est propriétaire ainsi que les souscriptions de parts nouvelles et les remboursements de parts, avec leur date ;
3. Les transferts de parts, avec leur date ;
4. La date d'admission, de démission ou d'exclusion de chaque coopérateur ;
5. Le montant des versements effectués ;
6. Le type d'apport (en espèces ou en nature) ;
7. Les montants des sommes retirées en cas de démission, d'exclusion, de retrait partiel de parts et de retrait de versement.

La propriété des parts s'établit par une inscription sur le registre. Des certificats constatant ces inscriptions pourront être délivrés, sur demande à l'organe de gestion, aux titulaires des parts.

Les cessions ou transmissions n'ont d'effet vis-à-vis de la société et des tiers qu'à dater de leur inscription dans le registre.

Ces inscriptions sont effectuées par l'organe de gestion sur base de documents probants.

Article 13

Démission - Retrait de parts

Un coopérateur ne peut démissionner de la société ou demander le retrait partiel de ses parts que durant les six premiers mois de l'exercice social. Un coopérateur ne peut démissionner ou faire des retraits de parts ou de versements que du consentement de l'organe de gestion, et après avoir exécuté intégralement les versements exigibles quant à sa souscription. L'organe de gestion peut s'opposer au retrait de parts et de versements ainsi qu'à la démission au cas où la situation financière de la société devrait en souffrir, ce dont il juge souverainement.

Article 14

Exclusion

Un coopérateur peut être exclu pour de justes motifs, notamment s'il ne remplit plus les conditions de l'agrément, par décision de l'organe de gestion statuant à la majorité de 75% des voix présentes ou représentées déduction éventuellement faite des voix du coopérateur dont l'exclusion est projetée si celui-ci est administrateur de la société ou représentant permanent d'une personne morale administrateur de la société.

Le coopérateur dont l'exclusion est demandée doit être invité à faire connaître ses observations par écrit devant l'organe de gestion, dans le mois de l'envoi d'un pli recommandé contenant la proposition motivée d'exclusion. S'il en fait la demande dans l'écrit contenant ses observations, le coopérateur doit être entendu.

La décision de l'organe de gestion est motivée et constatée dans un procès-verbal dressé et signé par l'organe de gestion. Ce procès-verbal mentionne les faits sur lesquels l'exclusion est fondée. Il est fait mention de l'exclusion sur le registre des membres de la société. Une copie conforme de la décision est adressée par lettre recommandée dans les quinze jours au coopérateur exclu.

Si l'exclusion a lieu au cours du deuxième semestre de l'exercice social, ses effets seront reportés au premier janvier de l'année suivante.

Lorsqu'un coopérateur de catégorie C cesse d'utiliser une unité de production d'énergie, laquelle lui a donné droit à devenir coopérateur de catégorie C, celui-ci peut être exclu pour juste motif.

Article 15

Remboursement des parts

Le coopérateur démissionnaire, retrayant ou exclu, a droit à la valeur de ses parts, telle qu'elle résulte des chiffres du bilan dûment approuvé par l'assemblée générale des coopérateurs de l'année sociale en cours, y compris - sauf en cas d'exclusion - une part proportionnelle des réserves disponibles, sous déduction le cas échéant des impôts auxquels le remboursement pourrait donner lieu. Le bilan, régulièrement approuvé, lie le coopérateur démissionnaire ou exclu, sauf cas de fraude ou de dol. Le coopérateur démissionnaire, retrayant ou exclu, ne peut faire valoir aucun autre droit vis-à-vis de la société. Le paiement aura lieu, le cas échéant, *prorata liberationis*, dans la quinzaine de l'approbation du bilan.

Le paragraphe précédent n'est pas d'application lorsque l'organe de gestion juge que la

situation financière de la société devrait souffrir du remboursement des parts.

Article 16

En cas de décès, de faillite, de déconfiture ou d'interdiction d'un coopérateur, ses héritiers, créanciers ou représentants recouvrent la valeur de ses parts, telle qu'elle est déterminée à l'article 15 ci-dessus. Le paiement a lieu suivant les modalités prévues par ce même article.

Article 17

Les coopérateurs, comme leurs ayants droit ou ayants cause, ne peuvent provoquer la liquidation de la société, ni faire apposer les scellés sur les avoirs sociaux, ni en requérir l'inventaire. Ils doivent, pour l'exercice de leurs droits, s'en rapporter aux livres et écritures sociaux et aux décisions des assemblées générales.

TITRE IV

Administration

Article 18

Généralités

La société est administrée par un ou plusieurs administrateurs nommés dans les présents statuts ou par l'assemblée générale des coopérateurs. Un nombre non limité d'administrateurs indépendants peut, en outre, être désigné par l'assemblée générale suivant la proposition de l'organe de gestion.

L'assemblée générale fixe librement la durée du mandat des administrateurs qu'elle nomme et qu'elle peut révoquer en tout sans motif ni préavis.

Sont nommés administrateurs statutairement, et donc irrévocablement sauf motif grave, pour une durée indéterminée :

- M. Adrien Dewalque, né le vingt septembre mille neuf cent nonante, domicilié à 1348 Louvain-La-Neuve, Rue Pierre Joseph Redouté, n°1,

- M. Simon De Roo, né le onze mai mille neuf cent nonante-quatre, domicilié à 1348 Louvain-La-Neuve, Rue du Buret, n°2,
- M. Angelo Rodriguez Garcia, né le vingt-huit juin mille-neuf-cent-nonante-trois, domicilié à, 1348 Louvain-La-Neuve, Ruelle Saint-Éloi, n°1

Les administrateurs sortants sont rééligibles.

L'assemblée peut rémunérer le mandat des administrateurs et leur allouer des émoluments fixes et/ou variables ainsi que des jetons de présence. Les mandats de Simon De Roo et de Angelo Rodriguez Garcia sont exercés à titre gratuit.

Dans les huit jours de leur nomination, les administrateurs doivent déposer au greffe du tribunal de commerce un extrait de l'acte constatant leur pouvoir et portant leur signature.

Article 19

Conseil d'administration

Le conseil d'administration forme un collège.

Le conseil élit parmi ses membres un président.

En cas d'absence du président, la séance est présidée par le membre le plus âgé.

Le conseil se réunit sur convocation du président aussi souvent que l'intérêt social l'exige. Il doit aussi être convoqué lorsque deux de ses membres le demandent.

Le conseil se réunit au siège social ou à tout autre endroit mentionné dans les avis de convocation. Si un administrateur ne peut se présenter physiquement à l'endroit indiqué, il lui est possible de prendre part à la réunion à distance au moyen de communication électronique audiovisuel de type « Skype ». Les administrateurs qui participent de cette manière au conseil d'administration sont, pour le respect des conditions de majorité réputés présents à l'endroit où se tient le conseil.

Les convocations sont faites par simple lettre ou e-mail envoyé, sauf urgence à motiver au procès-verbal de la réunion, au moins cinq jours francs avant le réunion et contiennent l'ordre du jour.

Le conseil ne délibère valablement que si la moitié au moins de ses membres est présente ou représentée. Toutefois si lors d'une première réunion le conseil n'est pas en nombre, une nouvelle réunion pourra être convoquée avec le même ordre du jour, qui délibérera valablement quel que soit le nombre des administrateurs présents ou représentés.

Les décisions sont prises à la simple majorité des voix. En cas de parité de voix, celle du président ou du membre qui préside la réunion est prépondérante.

Les délibérations et votes du conseil sont constatés par des procès-verbaux signés par la majorité des administrateurs physiquement présents à la réunion. Les copies ou extraits de ces procès-verbaux sont signés par le président.

Les administrateurs ne contractent aucune responsabilité personnelle relativement aux engagements de la société, mais ils sont responsables de l'exécution de leur mandat et des fautes commises dans leur gestion, conformément au droit commun et au Code des sociétés.

Article 20

Vacance d'une place d'administrateur

En cas de vacance d'une place d'administrateur, les administrateurs restants, lorsqu'il existe un conseil d'administration, peuvent y pourvoir provisoirement.

La nomination est soumise à la ratification de la plus prochaine assemblée générale.

Article 21

Pouvoirs

L'organe de gestion est investi des pouvoirs les plus étendus entrant dans le cadre de l'objet social pour accomplir tous les actes nécessaires ou utiles à la réalisation de l'objet de la société, à l'exception des actes réservés par le Code des sociétés (ou par les présents statuts) à l'assemblée générale.

Il peut notamment prendre et donner en location, acquérir et aliéner tous biens, tant mobiliers qu'immobiliers; contracter tous emprunts, sauf par émission d'obligations; affecter en gage ou en hypothèque tous biens sociaux; donner mainlevée avec renonciation à tous droits d'hypothèque, de privilège et action résolutoire, même sans justification de paiement, de toutes inscriptions hypothécaires et autres, transcriptions, saisies et autres empêchements quelconques; représenter la société en justice en demandant et en défendant; transiger et compromettre en tout état de cause sur tous intérêts sociaux.

Il établit les projets de règlements d'ordre interne.

Article 22

Délégation

L'organe de gestion peut conférer la gestion journalière de la société, ainsi que la représentation de la société en ce qui concerne cette gestion, à un de ses membres, et lui donner le titre d'administrateur délégué. Le pouvoir de représentation ainsi délégué inclut la représentation dans les actions en justice, dans les limites de la gestion journalière. L'organe de gestion détermine la rémunération attachée aux délégations qu'il confère. L'organe de gestion et l'administrateur délégué peuvent, dans le cadre de cette gestion, déléguer des pouvoirs spéciaux à tout mandataire.

*Article 23**Représentation*

Sans préjudice de ce qui est prévu en matière de gestion journalière, la société est représentée vis-à-vis des tiers, y compris en justice et dans les actes requérant l'intervention d'un officier ministériel, par le Président de l'organe de gestion.

La société est en outre valablement engagée par des mandataires spéciaux dans les limites de leur mandat.

*Article 24**Contrôle*

Le contrôle de la situation financière, des comptes annuels et de la régularité au regard de la loi et des statuts des opérations à constater dans les comptes annuels est régi par les dispositions des articles 166, 167 et 385 du Code des sociétés.

Aussi longtemps que la société répond aux critères visés aux articles 130 à 171 du Code des sociétés et qu'aucun commissaire n'est nommé, chaque coopérateur a individuellement le droit de contrôle et d'investigation.

TITRE V**Assemblée générale***Article 25**Composition et compétence, Règlement d'ordre intérieur*

L'assemblée régulièrement constituée représente l'universalité des coopérateurs ; ses décisions sont obligatoires pour tous, même les absents ou dissidents.

Elle possède les pouvoirs lui attribués par la loi et les présents statuts.

Elle peut compléter les statuts en ce qui concerne leur application aux relations entre la société et ses coopérateurs, notamment quant aux causes d'exclusion et conditions d'agrément, par des règlements d'ordre intérieur auxquels sont soumis les coopérateurs par le seul fait de leur adhésion à la société.

Ces règlements sont établis, modifiés ou abrogés par l'assemblée par décision prise à la majorité des 75% des voix valablement émises.

Article 26

Tenue

L'assemblée est convoquée par l'organe de gestion, par lettre recommandée, contenant l'ordre du jour, adressé aux coopérateurs au moins quinze jours francs avant la date de la réunion.

L'assemblée générale ordinaire doit se tenir chaque année au siège de la société ou en tout autre endroit mentionné dans la convocations, le ... de chaque année à ou, si ce jour est férié, le premier jour ouvrable suivant.

Cette assemblée entend le rapport de gestion dressé par les administrateurs, ainsi que, le cas échéant, celui des coopérateurs chargés du contrôle, et ceux-ci répondent aux questions qui leur sont proposées au sujet de leur rapport ou des points portés à l'ordre du jour ; l'assemblée statue ensuite sur l'adoption des comptes annuels.

Après l'adoption de ceux-ci, l'assemblée se prononce par un vote spécial sur la décharge à donner aux administrateurs et, le cas échéant, aux commissaires. Cette décharge n'est valable que si les comptes annuels ne contiennent ni omission, ni indication fausse dissimulée dans la situation réelle de la société et, quant aux actes faits en dehors des statuts, que si ils ont été spécialement indiqués dans la convocation.

Les comptes annuels sont ensuite, à la diligence de l'organe de gestion, publiés conformément aux règles légales et réglementaires applicables à la société.

L'assemblée peut aussi être convoquée extraordinairement. Elle doit l'être si des coopérateurs possédant au moins un cinquième de l'ensemble des parts sociales en font la demande ; elle doit être convoquée dans le mois de la réquisition.

Les assemblées générales se tiennent au siège social ou en tout autre endroit indiqué dans les convocations.

Toute assemblée générale est présidée par le président de l'organe de gestion ou, à son défaut, par l'administrateur le plus âgé ou, à défaut d'administrateur présent, par le coopérateur représentant la plus grande participation ou son représentant.

Les procès-verbaux sont signés par les membres du bureau et par les coopérateurs qui le demandent.

Ces procès-verbaux sont consignés dans des registres spéciaux. Les délégations, ainsi que les avis et votes donnés, par écrit y sont annexés.

Article 27

Formalités d'admission aux assemblées - Représentation

Pour assister aux assemblées, les coopérateurs peuvent être requis par l'organe de gestion, de notifier à la société leur intention d'assister à l'assemblée.

Chaque coopérateur peut se faire représenter à l'assemblée par un mandataire, pourvu que celui-ci soit lui même coopérateur de la même catégorie.

Les coopérateurs sont autorisés à participer à distance à l'assemblée générale grâce à un moyen de télécommunication électronique audiovisuel de type « Skype » mis à disposition par la société. Les coopérateurs qui participent à l'assemblée générale de cette manière peuvent participer aux délibérations et poser des questions. Les coopérateurs qui participent de cette manière à l'assemblée générale sont, pour le respect des conditions de majorité réputés présents à l'endroit où se tient l'assemblée.

Une liste de présence indiquant l'identité des coopérateurs et le nombre de titres qu'ils possèdent doit être signée par chacun d'eux ou par leur mandataire, avant d'entrer dans l'assemblée.

A la liste de présence demeureront annexés les procurations et formulaires des coopérateurs ayant voté par correspondance.

Article 28

Droit de vote - Vote

- Chaque part de catégorie A donne droit à trois voix ;
- Chaque part de catégorie B donne droit à deux voix ;
- Chaque part de catégorie C donne droit à une voix.

Les votes se font à main levée, à moins que l'assemblée n'en décide autrement.

Les votes relatifs à des nominations d'administrateurs se font au scrutin secret.

Lorsque l'assemblée est appelée à se prononcer sur une modification aux statuts sociaux, elle ne peut valablement délibérer que si les convocations spécifient les objets des délibérations et si

ceux qui assistent à l'assemblée représentent au moins la moitié des parts sociales disposant du droit de vote. Toute modification des statuts doit réunir les trois quarts des voix valablement émises.

Si elle ne remplit pas cette dernière condition, une nouvelle assemblée sera convoquée avec le même ordre du jour, qui délibérera valablement quel que soit le nombre de parts représentées. Le tout sous réserve de l'application des dispositions spéciales prévues aux articles 435, 436, 778 et 779 du Code des sociétés concernant le changement de forme de coopérative et les transformations de sociétés, et aux articles 671 et suivants du Code des sociétés concernant la fusion et la scission des sociétés, et aux articles 678 et suivants du Code des sociétés concernant les apports d'universalité ou de branche d'activités.

Sauf cas d'urgence dûment justifié, l'assemblée générale ne délibérera valablement que sur des points figurant à son ordre du jour.

Article 29

Ajournement

Quels que soient les points à l'ordre du jour, l'organe de gestion a le droit, après l'ouverture des débats, d'ajourner à trois semaines toute assemblée tant ordinaire d'extraordinaire.

Cet ajournement, notifié par le président avant la clôture de la séance et mentionné au procès verbal de celle-ci, annule toute décision prise.

Les coopérateurs doivent être convoqués à nouveau pour la date que fixera l'organe de gestion, avec le même ordre du jour.

Les formalités remplies pour assister à la première séance, en ce compris le dépôt des titres et procurations, resteront valables pour la seconde ; de nouveaux dépôts seront admis dans les délais statutaires.

L'ajournement ne peut avoir lieu qu'une seule fois ; la seconde assemblée statue définitivement sur les points à l'ordre du jour, qui doit être identique.

TITRE VI

Bilan - Répartition bénéficiaire

Article 30

Exercice social

L'exercice social commence le ... et se clôture le .. de chaque année.

A cette date, les écritures sociales sont arrêtées et l'organe de gestion dresse un inventaire et

établit des comptes annuels conformément à la loi.

Article 31

Répartition bénéficiaire

Après les prélèvements obligatoires, le montant disponible du bénéfice net, sur proposition du conseil d'administration, est mis à disposition de l'assemblée générale des coopérateurs qui en détermine l'affectation.

Les dividendes sont payables aux endroits et aux époques fixés par l'organe de gestion.

TITRE VII

Dissolution - Liquidation

Article 32

Liquidation

En cas de liquidation, après apurement de toutes les dettes et charges et des frais de liquidation, ou consignation des sommes nécessaires à cette fin, l'actif net sera réparti entre toutes les parts sociales, en fonction de leur valeur d'émission, après qu'elles auront été mises sur pied d'égalité quant à leur libération, soit par appel complémentaire, soit par remboursement partiel.

TITRE VIII

Dispositions diverses

Article 33

Élection de domicile

Tout coopérateur ou administrateur domicilié à l'étranger, qui n'a pas élu domicile en Belgique, est supposé, pour l'application des présents statuts, avoir élu domicile au siège social où toutes notifications, communications et sommations lui sont valablement faites.

En cas de litige entre un coopérateur, administrateur ou liquidateur et la société, seuls les tribunaux de l'arrondissement dans lequel la société a son siège social seront compétents.

Article 34

Pour tout ce qui n'est pas prévu aux présents statuts, les comparants déclarent se référer aux dispositions légales applicables à la présente société.

En conséquence, les dispositions de ces lois, auxquelles il ne serait pas licitement dérogé, sont réputées inscrites dans les présents actes et les clauses contraires aux dispositions impératives de ces lois sont réputées non écrites.

Souscription -Libération

Les 3 900 parts sociales représentant le capital initial visé à l'article 5 des présents statuts sont souscrites par les comparants au pair de leur valeur nominale comme suit :

- Dewalque Adrien, né le vingt septembre mille-neuf-cent-nonante, domicilié à 1348 Louvain-La-Neuve, Rue Pierre Joseph Redouté, n°1,
à concurrence de 200 parts sociales ;
 - De Roo Simon, né le onze mai mille-neuf-cent-nonante-quatre, domicilié à 1348 Louvain-La-Neuve, Rue du Buret, n°2, à concurrence de 200 parts sociales ;
 - Rodriguez Garcia Angelo, né le vingt-huit juin mille-neuf-cent-nonante-trois, domicilié à 1348 Louvain-La-Neuve, Ruelle Saint-Éloi, n°1,
à concurrence de 200 parts sociales ;
 - *Families, Friends and Fools* et *Business Angels*, InnoEnergy (Ici représentée par son *administrateur* étant Monsieur ...),
à concurrence de 3 300 parts sociales.
- Total : 3 900 parts sociales.

Les comparant(e)s déclarent et reconnaissent que les parts ainsi souscrites sont toutes libérées à concurrence de minimum 1/4 par part sociale avec un minimum absolu de six mille deux cent euros (6 200€) par versement en numéraire et que la société a, de ce chef, dès à présent à sa disposition, une somme de cent nonante-cinq mille euros (195 000€).

Ces fonds ont été déposés préalablement à la constitution de la société, par versement ou virement à un compte spécial ouvert au nom de la société en formation auprès de La Poste ou d'un établissement de crédit établi en Belgique, autre qu'une caisse d'épargne communale, régi par la loi du vingt-cinq avril deux mil quatorze relative au statut et au contrôle des établissements de crédit. Une attestation justifiant ce dépôt est remise au notaire soussigné, conformément à l'article 399 du Code des sociétés. Cette attestation demeurera ci-annexée. Le plan financier prévu par l'article 391 du Code des sociétés a été remis au notaire soussigné,

antérieurement aux présentes.

Frais

Les comparants déclarent que le montant des frais, dépenses, rémunérations ou charges sous quelque forme que ce soit, qui incombent à la société ou qui seront mis à sa charge en raison de sa constitution s'élève environ à la somme de mille deux cents euros (1 200€).

Droit d'écriture

Le droit d'écriture s'élève à nonante-cinq euros (95€).

Interdictions

Les comparants reconnaissent que le notaire instrumentant a attiré leur attention sur les dispositions de l'article 1^{er} de l'Arrêté Royal n°22 du 24 octobre 1934, modifié par la loi du 14 mars 1962 et celle du 4 août 1978 sur les interdictions.

Dispositions finales

Exceptionnellement, le premier exercice commencera le ... : au jour du dépôt d'une expédition de l'extrait au greffe du tribunal compétent pour se clôturer le

Les opérations de la société commencent dès son inscription au registre des personnes morales.

Quoique la présente société ne sera dotée de la personnalité juridique qu'au jour du dépôt au greffe du tribunal de commerce de Nivelles d'une expédition du présent acte et d'un extrait des statuts en vue de publication aux Annexes du *Moniteur belge*, les fondateurs stipulent que les dispositions suivantes seront d'application à ladite date :

1. Le nombre initial des administrateurs est fixé à trois ;

Seront administrateurs de la société :

- Dewalque Adrien, né le vingt septembre mille-neuf-cent-nonante, domicilié à 1348 Louvain-La-Neuve, Rue Pierre Joseph Redouté, n°1 ;
- De Roo Simon, né le onze mai mille-neuf-cent-nonante-quatre, domicilié à 1348 Louvain-La-Neuve, Rue du Buret, n°2 ;

— Rodriguez Garcia Angelo né le vingt-huit juin mille-neuf-cent-nonante-trois, domicilié à 1348 Louvain-La-Neuve, Ruelle Saint-Éloi, n°1.

Ici présent et acceptant.

2. Commissaire : Eu égard aux dispositions de l'article 15,§2 du Code des sociétés, les comparants estiment de bonne foi que la présente société est une petite société au sens de l'article 15,§1^{er} dudit code et ils décident par conséquent de ne pas la doter d'un commissaire ;
3. M. Dewalque Adrien, né le vingt septembre mille neuf cent nonante, domicilié à 1348 Louvain-La-Neuve, Rue Pierre Joseph Redouté, n°1 sera président du conseil d'administration ;
4. M. Dewalque Adrien, né le vingt septembre mille neuf cent nonante, domicilié à 1348 Louvain-La-Neuve, Rue Pierre Joseph Redouté, n°1 sera administrateur-délégué de la société avec tous les pouvoirs de représentation de la société dans le cadre de la gestion journalière.

Dont acte.

Fait et passé à ..., en l'Etude.

Date que dessus.

Lecture faite , les comparants, représentés comme dit est, ont signé, avec Nous, Notaire.

Annexe F

Analyse de l'environnement

F.1 Fonctionnement du marché de l'électricité

Dans cette annexe qui se rapporte à la section 3.1.3, nous analysons le rôle des différents acteurs qui composent le marché de l'énergie afin de comprendre le fonctionnement de celui-ci.

F.1.1 Producteurs

Tout d'abord, les producteurs génèrent en Belgique ou à l'étranger de l'électricité à partir de technologies différentes. Globalement, il est possible de distinguer la production d'électricité verte de l'électricité grise. Alors que cette dernière correspond à l'électricité produite à partir de combustibles fossiles ou nucléaires, l'électricité verte fait référence à l'électricité obtenue à partir de source d'énergie renouvelable ou de cogénération de qualité de telle sorte qu'une économie de minimum 10% de dioxyde de carbone est réalisée par rapport à une production classique dans une centrale TGV¹, définie par le législateur comme l'installation de référence (Art.2 et 38 du Décret relatif à l'organisation du marché régional de l'électricité, 2001). L'énergie renouvelable doit être distinguée de l'énergie dite verte puisque cette première est définie comme une « source d'énergie [...] dont la consommation ne limite pas son utilisation future [...] » (Art.2 et 38 du Décret relatif à l'organisation du marché régional de l'électricité, 2001).

Les clients de l'entreprise Ogees sont donc considérés comme des producteurs d'électricité verte et renouvelable.

F.1.2 Belpex et réseau unique d'électricité

Ensuite, tous les producteurs vont auto-consommer l'électricité produite et / ou l'insérer sur un seul et unique réseau. Les prix de l'électricité seront déterminés sur la bourse nommée

1. Turbine-Gaz-Vapeur.

Belpex sur laquelle les producteurs proposeront l'électricité produite. Les producteurs ont alors la possibilité de soit échanger leur production le jour même, soit d'annoncer la veille leur intention d'alimenter le marché avec une certaine quantité d'électricité –les prix du marché du jour précédant étant naturellement plus élevés (International Energy Agency, 2016b). Il est, à ce stade, important de noter qu'une fois qu'un électron est inséré sur le réseau électrique, celui-ci se perd parmi tous les autres. Concrètement, il est impossible de connaître l'origine de chaque kWh consommé puisque techniquement il n'y a plus aucune différence entre un électron issu de source verte par rapport à celui issu de source grise (Energie Facteur 4, s. d.).

F.1.3 Les fournisseurs

Les fournisseurs achètent l'électricité sur le marché de l'énergie aux producteurs ou produisent leur propre électricité. Celle-ci sera alors facturée aux clients finaux. Les fournisseurs paient également un droit d'utilisation du réseau au Gestionnaire du Réseau de Transport et au Gestionnaires du Réseau de Distribution –voir points suivants (Engie Electrabel, s. d.). Les fournisseurs sont donc le point de contact de cette chaîne énergétique avec les clients finaux et assurent le service et la facturation aux clients.

Comme l'indique un rapport récent de l'International Energy Agency (2016b), il y a chaque année un nombre croissant de fournisseurs sur le marché belge de l'électricité. Ceci illustre la politique de libéralisation du marché de l'énergie en Belgique. Pour la Wallonie, le nombre de fournisseurs est passé de 24 pour l'année 2013 à 28 pour l'année suivante (CREG et al., 2015). Cette augmentation du nombre de fournisseurs ainsi que la transparence plus accrue apportée par les différents régulateurs, le tout additionné au nombre de sites internet de comparaison de prix ont eu pour conséquences un nombre particulièrement élevé –un des taux les plus hauts mondialement- de changements de fournisseurs enregistrés en 2014 (CREG et al., 2015). En effet, les particuliers et PME consommant annuellement moins de 50 MWh ont la possibilité de changer de fournisseurs sans le moindre coût pour autant qu'une notification d'un mois soit respectée (International Energy Agency, 2016b).

F.1.4 Le Gestionnaire de Réseau de Transport - GRT

Il n'y a qu'un seul Gestionnaire de Réseau de Transport –ou GRT- en Belgique, à savoir Elia. Elia assure le transport de l'électricité depuis les producteurs vers les utilisateurs industriels et les réseaux de distribution –cf. point suivant- via le réseau de haute tension (Engie Electrabel, s. d.). Elia est également responsable de l'équilibrage entre l'offre et la demande d'électricité en Belgique. Afin d'assurer ce dernier rôle, Elia a la possibilité d'échanger de l'électricité avec des

GRT internationaux (International Energy Agency, 2016b).

F.1.5 Les Gestionnaires de Réseau de Distribution - GRD

Les GRD sont non seulement responsables de l'acheminement de l'électricité jusqu'aux consommateurs finaux via les réseaux de moyenne et basse tension mais sont également responsables de l'entretien du réseau, des raccordements qui doivent être opérés ainsi que des relevés de compteurs (Engie Electrabel, s. d.). En Wallonie, c'est principalement la société ORES qui endosse ce rôle puisque celle-ci est responsable de la distribution d'électricité -et de gaz- pour environ 200 communes en Région Wallonne (ORES, 2009).

F.1.6 Les consommateurs finaux

Les derniers maillons de cette chaîne énergétique sont les consommateurs finaux. Les besoins de ceux-ci sont variables -au niveau des quantités, mais aussi au niveau du choix du type de source privilégiée. . . . Les clients peuvent depuis la libéralisation des marchés -cf. supra- librement choisir leur fournisseur d'électricité (Engie Electrabel, s. d.). Bien que, techniquement, l'électricité fournie aux clients finaux soit la même pour tout le monde comme indiqué précédemment, les clients sont toutefois libres d'opter pour un fournisseur s'engageant à soutenir les sources d'énergie verte. Le fournisseur investira alors lui-même dans des installations vertes ou achètera des contrats de garantie d'origines -cf. section 4.2.2- à d'autres producteurs verts en Europe (Engie Electrabel, s. d.).

F.1.7 Le Gouvernement wallon

Comme nous l'avons déjà souligné précédemment, le Gouvernement wallon joue un rôle crucial sur la situation énergétique en Wallonie. En effet, c'est celui-ci qui privilégie une source d'énergie plutôt qu'une autre et qui propose des aides et subsides afin d'atteindre les objectifs qu'il s'est fixé. Les mécanismes de soutien du Gouvernement sont détaillés à la section 4.2.2.

F.1.8 Les autorités de contrôle

Pour la Wallonie, deux organismes jouent un rôle de régulateur, à savoir le CREG et la CWaPE. Le CREG, soit la Commission de Régulation de l'Electricité et du Gaz, est un organisme fédéral qui a pour rôle de contrôler l'application des normes légales portant sur les sujets de l'électricité et du gaz. La Commission Wallonne Pour l'Energie, CWaPE, est l'organisme de régulation du marché wallon de l'électricité. Comme nous avons pu l'entendre lors d'une séance d'information donnée le 8 juin dernier, la CWaPE conseille également les autorités, prend en

charge les mécanismes de certificats verts et les contrats de garantie d'origines, et tient à jour une base de données (CWaPE, 2017).

F.2 Evolution et décomposition du prix de l'électricité

F.2.1 Facteurs influençant le prix de l'électricité

Le prix qu'un producteur obtient pour l'électricité produite dépend de l'acheteur -du fournisseur- mais dépend aussi du moment auquel celui-ci produit son électricité -en heure pleine ou creuse-, du profil stable ou variable de sa production ou encore de la quantité d'électricité qu'il est à même de pouvoir mettre sur le marché -quelques kWh, MWh ou GWh- (Energie Facteur 4, s. d.).

L'ensemble des offres des différents producteurs nationaux -appelé le bouquet ou le mix énergétique- mais aussi internationaux, ainsi que le nombre de ces fournisseurs et les conditions météorologiques influencent l'offre totale d'électricité amenée sur le marché. La demande totale est, elle, influencée par la demande des particuliers et des entreprises, mais aussi par la qualité de la gestion de la demande, par l'efficacité énergétique de la région fournie ainsi que par les conditions météorologiques (Commission européenne, 2016).

F.2.2 Prix de gros et prix de détail

Le prix de gros -qui est le prix auquel les fournisseurs achètent l'électricité aux producteurs- est à distinguer du prix de détail - le prix auquel l'électricité est revendue par les fournisseurs aux consommateurs finaux (Commission de Régulation de l'Energie, s. d.).

Après un pic en 2008, les prix de gros n'ont fait que baisser² depuis lors -à l'exception de l'année 2011 où une légère hausse était observable (Commission européenne, 2016). Le prix de gros moyen sur le marché européen en 2014 tournait aux environs de 40€/MWh (CREG et al., 2015).

Sur des marchés parfaitement en concurrence, une modification sur le prix de gros devrait entièrement se répercuter sur le prix de détail. Cependant, le prix de détail moyen proposé aux ménages européens a, contrairement au prix de gros, évolué à un taux annuel positif de 3,2% sur la période 2008-2015 (Commission européenne, 2016) pour dépasser les 200€/MWh en 2014 comme l'indique la figure F.1 (CREG et al., 2015).

2. Cette chute de 70% des prix de gros entre 2008 et 2016 est explicable par une part de moins en moins élevée des énergies fossiles dans le mix énergétique, par le couplage européen stabilisant les fluctuations de prix, l'augmentation des interconnexions de la Belgique pour l'électricité mais aussi par une proportion d'électricité produite à partir de sources renouvelables ne cessant de croître -et dont les sources solaires et éoliennes présentent un coût marginal faibles (Commission européenne, 2016)

Ces évolutions en sens opposés sont explicables par le fait qu'une part importante du prix de détail de l'électricité résulte de taxes, prélèvements et des tarifs de réseau (Commission européenne, 2016). La partie du prix moyen européen relative au coût de l'énergie a diminué de 15% entre 2008 et 2015 –ce qui représente une diminution moins importante que celle du prix de gros. Cependant, les composants réseaux et taxes et autres prélèvements ont augmenté d'une telle façon que la diminution de prix de l'énergie a été absorbée par ceux-ci (Commission Européenne, 2016). Au sein du composant taxes et autres prélèvements, la TVA –qui est principalement destinée au financement des sources d'énergie renouvelable- est le sous-composant le plus conséquent (Commission européenne, 2016). Si nous creusons un peu plus loin, cette augmentation des taxes et autres prélèvements semble être la conséquence d'investissements réalisés dans les interconnexions –qui assurent une plus grande sécurité d'approvisionnement- et dans les réseaux intelligents –qui augmentent l'efficacité énergétique (Commission européenne, 2016).

Alors que les coûts en énergie représentent 5,8% des dépenses d'un ménage en 2014, cette part énergétique ne se situe qu'à moins de 2% des coûts de production des entreprises européennes (Commission européenne, 2016). Bien qu'une analyse un peu plus générale au niveau de l'Europe permette de relativiser les prix de l'électricité en Belgique, il est important de noter que des différences notoires sont à observer entre les pays européens le moins cher et le plus cher en termes d'électricité –on peut en effet constater une variation de prix allant du simple au triple (Commission européenne, 2016). Pour l'année 2015, le MWh était vendu aux ménages belges à 235€ et aux industriels à 108€ -par rapport à une moyenne de l'Union Européenne de respectivement 211€/MWh et 119€/MWh comme le montre la figure F.1 (Eurostat, 2016).

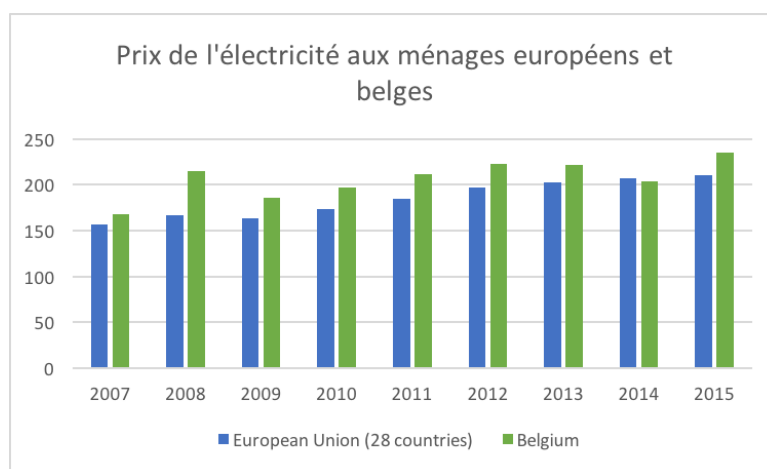


FIGURE F.1 – Prix de l'électricité fournies aux ménages européens et belges (Commission européenne, 2016 ; Eurostat, 2017).

F.3 Nucléaire en Belgique

Le nucléaire génère aujourd'hui près de la moitié de l'électricité en Belgique (International Energy Agency, 2016b).

La Belgique compte aujourd'hui sept réacteurs en fonctionnement -4 réacteurs sur le site de Doel et 3 sur celui de Tihange (International Atomic Energy Agency, 2009). Après avoir adopté en 2003 une loi visant à interdire la construction de nouvelles centrales nucléaires et à procéder à la fermeture des centrales existantes après quarante ans (Loi sur la sortie progressive de l'énergie nucléaire à des fins de production industrielle d'électricité, 2003), les réacteurs Tihange 1 ainsi que Doel 1 et 2 ont été mis à l'arrêt. Cependant, le Gouvernement a décidé de prolonger la durée de vie de dix ans pour les réacteurs de Doel 1 et 2 en décembre 2014 –c'est à dire exactement au moment où le risque de déstabilisation était à son pic. Cette prolongation a été votée malgré le fait que ces deux réacteurs devaient en principe être arrêtés selon la loi de 2003 respectivement en février et décembre 2015 –Tihange 1 ayant à l'époque déjà été prolongé de dix ans également (Le Billon, 2014).

F.4 Etude de marché

Cette annexe détaille l'étude de marché qui a été réalisée et introduite à la section 3.2.2.

F.4.1 Choix des clients potentiels interviewés

Suite à l'analyse technique des exploitations agricoles présentée à la section 3.2.1, nous voulions comprendre au mieux les desideratas des propriétaires d'exploitations agricoles wallonnes possédant un élevage bovin.

Le but étant de comprendre les besoins de ces derniers, nous voulions identifier l'orientation des idées de ces fermiers et distinguer les tendances qui semblaient majeures à leurs yeux. C'est pourquoi nous avons décidé de ne pas nous limiter à l'étude de cas d'une ou deux fermes seulement mais voulions constituer un échantillon significatif duquel des conclusions pouvaient être tirées sans être grandement influencées par une exploitation sortant de l'ordinaire. C'est dans cette lignée que nous avons rencontré au total 19 agriculteurs wallons. Comme indiqué dans le tableau F.4.7, chaque ferme rencontrée est identifiée sous le format *fermeNUM*, NUM étant composé de deux chiffres allant de 00 à 18 ».

A l'occasion de notre rencontre avec M. Wauthélet, celui-ci nous a indiqué que les mentalités des agriculteurs dépendaient nettement d'une région à l'autre en Belgique (Wauthélet, GAL pays des Condruses, rencontre, 9 mars 2017). Nous tenions donc à visiter des exploitations agricoles

géographiquement réparties sur les cinq provinces francophones du pays. Dans les faits, nous avons rencontré 6 fermiers du Brabant Wallon, 5 de la province du Hainaut, 4 de la province de Namur, 2 de la province de Liège et 2 également pour la province du Luxembourg.

Au-delà de ce critère géographique, nous avons de manière plus subjective essayé de nous diriger vers des exploitations agricoles bovines de toute taille et de tout niveau de modernité (Bakx et al., 2014). Pour mémoire, le nombre d'exploitations agricoles belges est en déclin mais la superficie moyenne d'une ferme est en hausse. C'est pourquoi nous tenions à intégrer dans notre échantillon la récolte d'avis de fermes qui avaient des activités bovines mais qui les ont arrêtées –ferme03 et ferme08-, ainsi que des agriculteurs qui s'auto-qualifient de « fermier en voie de disparition » –ferme01. En opposition à ces premières, nous avons rapidement remarqué qu'il existait, dans chaque sous-région, une exploitation souvent considérée par les autres agriculteurs comme étant la ferme la plus innovante, la ferme de réussite de la région qui inspire d'ailleurs ces premiers agriculteurs³. Nous avons également recueilli l'avis des gérants de certaines de ces fermes exemples –ferme04 et ferme09.

Afin de rencontrer des fermes de tout niveau sur l'axe conservateur – innovant, nous avons repéré certaines exploitations qui étaient référencées sur le web –et qui possédaient parfois même un site web- et d'autres qui n'apparaissaient aucunement sur la toile. Toujours dans l'optique de récolter des opinions potentiellement divergentes, nous avons rencontré le gérant d'une ferme de recherche, à savoir le centre Alfonse de Mannaix qui est associé à l'UCL⁴. Par ailleurs, des fermes réalisant des activités complémentaires au métier d'agriculteur comme la vente directe à la ferme –ferme02, ferme04, ferme09, ferme12, ferme16, ferme18 -, des élevages biologiques –ferme04, ferme10- ou Fairtrade –ferme09-, ou proposant des activités pédagogiques –ferme18- ont été contactées afin d'entendre les opinions qui *a priori* auraient pu être contrastés.

F.4.2 Choix de la méthode d'étude : des interviews directifs

Afin de comprendre les besoins de ce public, nous avons choisi de recueillir l'information en menant une étude qualitative. Celle-ci, en opposition à l'analyse quantitative, permet de comprendre une problématique en profondeur et d'en appréhender son contexte (De Moerlose, 2017) -dans ce cas-ci les besoins des clients potentiels et le marché agricole belge. L'analyse menée est une recherche exploratoire –en contraste avec les recherches descriptives, prédictives

3. Ce fût par exemple le cas de la ferme09 pour la sous-région autour de Soignies en province du Hainaut, la ferme04 pour la sous-région autour de Louvain-La-Neuve en province du Brabant Wallon ou encore la ferme de M. Grandjean située à Gouvy en province du Luxembourg qui possède déjà une installation de biométhanisation et que nous avons visitée anticipativement à l'étude de marché

4. Cette rencontre sera référencée sous l'allias ferme00 car celle-ci ne sera pas comptabilisée dans certaines questions de l'enquête qui ne lui sont pas applicables comme par exemple les questions d'énergie, de propriété ou encore de reprise de la ferme

et explicatives. Cette recherche a pour but une familiarisation avec le monde agricole, une compréhension des problèmes de base rencontrés par les fermiers, et, éventuellement, une génération de nouvelles idées qui pourraient améliorer le projet entrepreneurial jusqu'ici pensé (Dufour, n.d).

Nous avons décidé de réaliser cette analyse par le biais d'interviews. Comme Lejeune (2013) le résume bien, l'interview est la forme de recueil d'informations qui est, par rapport à l'étude de documents, le questionnaire et l'observation, la plus directe. En effet, elle se déroule de personne à personne, sans passer par une plateforme ou un document. De plus, cette forme de recueil d'informations est également la plus interactive puisque la communication et l'échange d'informations sont permis dans les deux sens. C'est donc pour créer un maximum d'interactions mais aussi pour approfondir les sujets abordés par les personnes interrogées que nous avons sélectionné une méthode directe d'analyse. Nous avons par ailleurs privilégié les interviews aux appels téléphonique. Ce choix se justifie par l'envie de pouvoir observer les comportements et réactions des fermiers ainsi que les infrastructures de la ferme afin de pointer des besoins dont eux-mêmes ne seraient pas peut-être pas conscients. En effet, si Henry Ford avait simplement interrogé ses clients potentiels sans observer leurs comportements en parallèle, ceux-ci lui auraient de toute évidence simplement demandé un cheval plus rapide (Ooms, 2016 ; De Brabandere, 2012) . De plus, nous sommes d'avis que le temps consacré à une enquête par téléphone est souvent réduit et la qualité et l'ampleur des réponses sont moindres par rapport à une interaction physique.

Si toutes les interviews impliquent une interaction entre l'interviewer et le participant, nous avons opté de mener celles-ci via des entretiens directifs – en opposition à non- ou semi-directifs (Lejeune, 2013). Premièrement, les interactions durant un entretien directif sont minutieusement préparées puisque chaque question à poser est listée et l'ensemble de ces questions sont réparties en thèmes et sous-thèmes (Yin, 2011 ; Lejeune, 2013). Deuxièmement, l'interviewer adopte un comportement similaire lorsqu'il interroge chaque participant (Yin, 2011). Etant plusieurs interviewers, nous tenons à ce que les réponses fournies par les fermiers soient le moins possible influencées par la personne les interrogeant grâce à une série de questions soigneusement préparées et à une démarche standardisée.

Conception des questions et organisation de celles-ci en thèmes

Conception des questions

Les questions posées aux fermiers ont été rédigées après une collecte d'informations de grande

ampleur de notre part concernant la biométhanisation, la situation agricole en Belgique ou après de nombreuses rencontres avec des organismes, coachs et autres parties prenantes au projet. Parce que nous sommes persuadés qu’une question mal formulée n’engendrera qu’à coup sûr une réponse évasive, nous avons essayé autant que possible de poser des questions pertinentes. Nous nous sommes pour cela inspirés de différents workshops et autres références. Lorsque cela était possible, nous avons posé des questions ouvertes afin d’en apprendre plus sur l’interlocuteur –les questions fermées ne permettant seulement de quantifier sans toujours en comprendre les raisons. De plus, nous avons utilisé la « méthode du pourquoi » avancée par Ooms (2016) –qui consiste à poser à plusieurs reprises la question du « pourquoi » pour remonter à des explications plus enfouies n’apparaissant pas dans la première réponse donnée. Dans la dernière partie de l’enquête portant sur la biométhanisation, nous avons particulièrement fait attention à poser les questions de manière objective sans influencer commercialement les réponses données. De plus, nous nous sommes introduits auprès des fermiers en tant qu’étudiants réalisant un mémoire plutôt qu’en tant qu’entrepreneurs pensant à lancer une nouvelle activité– cf. section F.4.2. Cette position avait pour but de renforcer l’objectivité et d’obtenir des réponses franches de la part des agriculteurs.

Organisation des questions en sous-thèmes

Comme il est possible de le constater plus en détail dans le questionnaire final utilisé dans le déroulement des entretiens -joint en annexe F.4.5- nous avons réparti l’ensemble des questions en six sous-thèmes. Premièrement, nous cherchons à identifier l’agriculteur interrogé. Les questions du deuxième sous-thème sont des questions plutôt chiffrées relatives à l’exploitation –superficie, nombre de têtes bovines ou encore quantité d’effluents disponibles. Le troisième thème pose des questions plus ouvertes cherchant à comprendre le ressenti des fermiers⁵ ainsi que leur situation⁶. Une quatrième section cherche à comprendre l’ouverture du fermier interrogé par rapport à son environnement extérieur. Elle a pour but de se faire une idée quant à sa position sur un axe « conservateur – innovant » –consultation de revues agricoles, lancement d’activités nouvelles... Une cinquième partie se focalise sur les besoins en énergies de la ferme, sujet indispensable dans le cadre de cette étude. Et enfin, une sixième partie cherche d’une part à évaluer les connaissances du thème de biométhanisation du participant ainsi que d’en déterminer son intérêt. Celle-ci présente au fermier trois propositions de schémas commerciaux d’unités de biométhanisation parmi lesquelles celui-ci est invité à se positionner.

5. Ce thème questionne notamment les facteurs rendant la vie de fermier compliquée ou encore les facteurs transformant une ferme en une ferme pérenne et rentable

6. Sous le terme situation, l’étude cherche à connaître la propension de l’agriculteur à investir, son âge ou encore si la reprise de la ferme est déjà envisagée ou non

Préparation du comportement et du discours adoptés par l'interviewer

Au-delà de la préparation des questions, nous avons également mis par écrit le discours et la marche à suivre durant les rencontres afin de diminuer au maximum l'influence de l'interviewer sur le participant.

Dans la réalisation de ces entretiens, nous avons suivi les trois étapes d'entretien définies par Lejeune (2013), à savoir celles de briser la glace, de poser la première question et les suivantes et enfin de clôturer l'entretien.

Afin de briser la glace, Lejeune (2013) conseille de se présenter, de fournir l'objectif de l'entretien et de garantir la confidentialité des réponses données. Afin de standardiser le discours présentant ces différents aspects, nous avons mis par écrit -consultable en annexe F.4.6- la manière dont les participants seraient approchés.

Comme conseillé par Lejeune (2013), nous avons, une fois la glace brisée, posé la première question qui cherche à connaître l'interlocuteur en lui demandant de se présenter rapidement. Cette première question posée, nous avons utilisé la technique de l'entonnoir en abordant d'abord les sujets plus larges, plus faciles d'accès pour l'agriculteur, à savoir les données et la situation de sa propre exploitation ainsi que son opinion et son point de vue sur le métier d'agriculteur. Une fois la conversation bien entamée, les questions plus précises portant sur la consommation énergétique ont été posées avant de terminer avec les interrogations très précises concernant la biométhanisation.

En fin d'entretien, nous avons laissé la possibilité au participant de s'exprimer sur le sujet qu'il désirait afin d'en apprendre plus sur le thème qui lui tenait à cœur. Il s'est avéré que cette dernière partie couvrait souvent un thème déjà abordé. Par exemple, le sujet des difficultés rencontrées par les agriculteurs a été récurrent dans cette phase de post-interview. Des questions plus précises par rapport à la biométhanisation furent également posées. Une fois son opinion exprimée, nous avons remercié l'interlocuteur pour le temps consacré et les réponses fournies.

F.4.3 Hypothèses formulées a priori de l'étude de marché

Avant de partir sur le terrain à la rencontre de notre segment potentiel afin d'en comprendre les besoins, nous avons formulé 6 hypothèses que nous chercherons à confirmer ou infirmer avec l'étude qualitative menée. Les quatre premières hypothèses portent réellement sur la compréhension de la situation des fermiers et sur le besoin que ceux-ci pourraient manifester tandis que les deux dernières explorent le sujet de la biométhanisation à proprement parler.

H1 : La plupart des fermes de l'échantillon possèdent un troupeau d'au moins 60 têtes

bovines.

Cette première hypothèse est basée sur le chiffre minimal de vaches renseigné par le facilitateur en biométhanisation, Valbiom, afin de pouvoir établir une unité de cogénération (Valbiom, 2016a).

H2 : Les fermes bovines à orientation viandeuse produiront principalement du fumier tandis que les fermes laitières produiront du lisier⁷.

Cette seconde hypothèse résume celles que Rulot (2011, p.37) a formulées lors de son étude de terrain qui suppose que tous les bovins sont sur fumier sauf les vaches laitières qui sont sur caillebotis et qui produisent du lisier.

H3 : Les bas prix des produits agricoles sont perçus comme étant une source majeure de difficultés rencontrées par les agriculteurs.

La troisième hypothèse est basée d'une part sur le rapport de la Direction Générale Statistique (2014) présentant des prix relativement bas pour les agriculteurs et d'autre part sur base de ce qui est aisément observable dans la presse –c'est à dire des agriculteurs manifestant contre les prix des productions agricoles (RTLinfo, 2017 ; Direction Générale Statistique, 2016).

H4 : Les agriculteurs sont à la recherche de diversification de revenus.

Cette hypothèse est déduite de l'hypothèse précédente et de rencontres préalables à l'étude de marché avec des agriculteurs –comme avec M. Grandjean le 03 juin 2016.

H5 : Les connaissances des fermiers à propos de la biométhanisation sont faibles.

Le travail de terrain réalisé par Rulot (2011) est à l'origine de cette hypothèse. En effet, « la méconnaissance de la biométhanisation est le frein majeur au développement de la filière » et selon son étude, seulement 37% des fermiers rencontrés connaissaient le procédé de biométhanisation (Rulot, 2011). Le même rapport stipule d'ailleurs un manque de corrélation entre la connaissance et l'opposition à ce type de procédé, ce qui signifie *a priori* que les fermiers opposés au procédé ne sont pas suffisamment informés sur ce sujet. La littérature annonce donc que la biométhanisation est une solution peu connue dans le monde des fermiers.

H6 : Les fermiers seront intéressés par une solution de biométhanisation associée à une cogé-

7. Les déjections liquides et solides forment le lisier. Le lisier mélangé à une litière -de la paille, par exemple- forme le fumier (Hacala & Le Gall, 1999)

nération et favoriseront l'option 2⁸ qui leur sera présentée. Celle-ci consiste en l'achat de l'unité avec cession des certificats verts.

Développant un projet entrepreneurial à destination des exploitants agricoles wallons, nous espérons évidemment que ceux-ci se diront être intéressés par la solution proposée. De plus, lorsque nous proposerons trois options différentes parmi lesquelles nous leur demanderons de choisir, nous nous attendons à ce que ceux-ci choisissent l'option qui leur laissera la propriété de l'unité tout en diminuant au maximum le montant de l'investissement –en opposition à l'option 1 où le montant investi est 40% plus élevé et à l'option 3 où l'unité reste la propriété d'Ogees.

F.4.4 Résultats de l'étude des entretiens directifs de l'étude qualitative exploratoire

Dans cette sous-section⁹, nous présentons quelques-uns des résultats de l'étude qualitative réalisée au moyen du document listant les questions à poser au public cible. Nous ne présentons toutefois ici que les résultats portant sur la compréhension des besoins des exploitants agricoles, en laissant d'autres résultats à d'autres chapitres de ce mémoire lorsque ceux-ci seront plus utiles. Ces résultats de l'étude permettent de confirmer ou infirmer les six hypothèses qui avaient au préalable été formulées.

H1 : La plupart des fermes de l'échantillon possèdent un troupeau d'au moins 60 têtes bovines.

La ferme moyenne parmi les exploitations visitées dans le cadre de l'étude possède une superficie moyenne de 97ha pour un nombre moyen de têtes bovines de 174. Le graphe F.2 montre la répartition des fermes visitées en fonction du nombre de têtes bovines. Il est possible de constater que notre échantillon de 19 exploitations est représentatif de la réalité puisque les fermes possédant un nombre de bovins soit très faible soit très élevé sont des minorités et que les fermes élevant entre 60 et 150 bêtes ont été le plus rencontrées. Ce constat établit un corollaire avec à la moyenne wallonne indiquée par l'Agence Wallonne pour la Promotion d'une Agriculture de Qualité (2016a) qui s'élève à 131 têtes par détenteur pour l'année 2014. Etant donné que seulement deux fermes –ferme00 et ferme08- possèdent un élevage de moins de soixante vaches, l'hypothèse 1 est confirmée.

H2 : Les fermes bovines à orientation viandeuse produiront principalement du fumier tandis que les fermes laitières produiront du lisier.

8. L'option 2 proposant une vente à prix réduit avec cession des certificats verts en contrepartie

9. Cette section d'annexe coïncide avec la section ??.

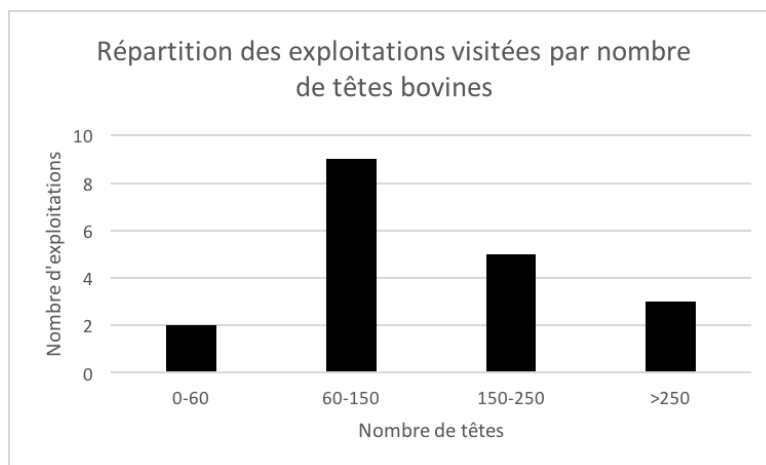


FIGURE F.2 – Répartition des exploitations agricoles wallonnes en fonction du nombre de têtes bovines.

Parmi les 18 exploitations de notre étude qui possèdent encore un élevage bovin –en excluant la ferme03-, nous pouvons constater avec la figure F.3 qu’une possession de vaches laitières est associée à une détention de lisier tandis qu’une exploitation bovine viandeuse produit du fumier. La seconde hypothèse est confirmée. Ceci aura une importance plus loin dans le choix de la technique utilisée étant donné que des matières liquides ou sèches ne biométhanisent pas de la même manière 4.8.

	Lait	Lait + viande	Viande
Lisier	2		
Lisier + fumier	1	6	
Fumier		3	6

FIGURE F.3 – Type de déchets en fonction du type d’élevage.

H3 : Les bas prix des produits agricoles sont perçus comme étant une source majeure de difficultés rencontrées par les agriculteurs.

Le troisième thème abordé dans l’enquête posait la question de savoir quelles étaient les grandes difficultés rencontrées en tant qu’agriculteur. Nous avons réparti les difficultés évoquées en six catégories : les difficultés administratives, relatives à l’image, financières, relatives à la main d’œuvre, relatives à la météo et encore une catégorie divers reprenant des éléments de reprise de ferme ou encore de solitude face aux problèmes. Il est possible d’observer sur la figure F.4 que les aspects financiers –sommairement des prix trop bas, une marge trop faible, des investissements requérant des montants particulièrement élevés sans garantie de revenus, ou encore la concurrence mondiale- représentent la première source de difficultés rencontrées. L’hypothèse 3 est ainsi confirmée également. Il faut toutefois noter que la moitié

des participants interrogés ont souligné la lourdeur des contraintes administratives et nouvelles réglementations – la « paperasse », les contrôles AFSCA ou encore le respect des normes environnementales¹⁰ -rendant leur métier de fermier bien plus compliqué que ce qu'il ne l'était il y a quelques années. De manière moins significative, le manque de personnel –associé au coût supplémentaire d'engager un équivalent temps plein supplémentaire- et le travail 7 jours sur 7 ont été mentionnés, devant la dépendance aux aléas météorologiques et enfin l'image loin d'être dorée qu'est celle de l'agriculteur dans la société. Ce dernier point, bien que non significativement abordé par les fermiers, a été particulièrement souligné par le gérant de la ferme de recherche de l'UCL comme étant un des points à améliorer dans les fermes de demain, à savoir rapprocher la ferme du public. Les exploitants des ferme01 et ferme09 ont rapidement abordé le fait que « tout le monde critique les agriculteurs » tout en ayant un sentiment certain d'être en dehors de la société ainsi que d'être perçus comme dérangeants à cause du bruit occasionné, la présence de mouches et poussière, ainsi que par les nuisances engendrées par l'entreposage du matériel et le manque d'esthétique que connaissent certaines fermes.

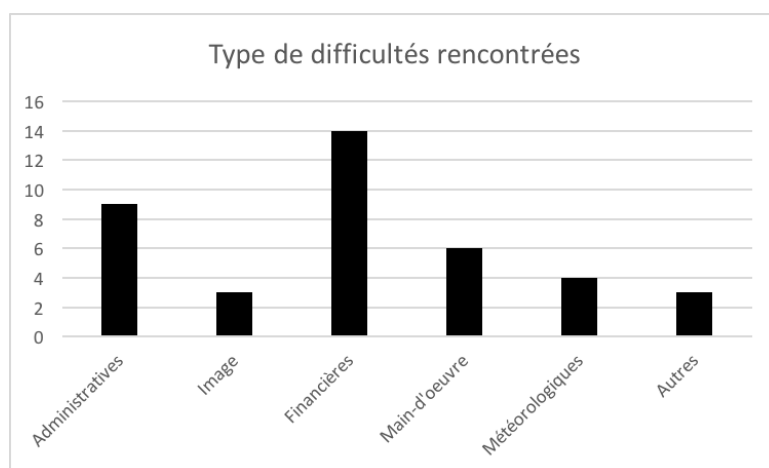


FIGURE F.4 – Type de difficultés rencontrées par les agriculteurs.

H4 : Les agriculteurs sont à la recherche de diversification de revenus.

En analysant les réponses fournies aux questions des facteurs qui feront une ferme de demain une ferme pérenne, de la vente à la ferme, de la production de produits labellisés mais également des éléments mentionnés ici et là durant les entretiens, il est possible de conclure que 16 des 18 exploitants rencontrés ont à un moment où l'autre abordé le sujet de la diversification dans le but d'obtenir de meilleurs revenus, ce qui vient confirmer l'hypothèse 4. En effet, nous pouvons facilement constater que de nombreux exploitants vendent ou ont tenté de vendre leurs produits

10. Un exemple de norme environnementale contraignante pour les agriculteurs est la norme concernant les quantités d'azote, des quantités contrôlées par l'organisme Nitrawal

directement à la ferme –parfois après transformation comme pour la vente de produits laitiers ou encore l'établissement d'une boucherie à la ferme. Cependant, il est possible de souligner que cinq fermiers -ferme06, 13, 14, 15, 17- avaient lancé une nouvelle activité de vente à la ferme mais que ces derniers y ont mis fin, ce qui montre une certaine recherche de solutions de diversification sans pour autant toujours en trouver des solutions et que cinq autres -ferme01, 03, 05, 07, 11- se disent être contre la vente directe à la ferme. Il est possible, après analyse, de constater que ce rejet est lié pour quatre d'entre eux à la problématique de la main d'œuvre. En dehors de la vente directe, neuf exploitants se sont lancés dans des productions labellisées –dans des productions biologiques, Fairtrade, avec appellation locale ou encore d'autres labels de qualité pour la viande notamment. Ici encore, huit des fermiers rencontrés manifestent une certaine résistance face à ces labélisations et soutiennent que celles-ci ne rapportent généralement pas assez et sont surtout dépendantes des primes. La prestation de services -ferme04- ou encore la location de terres -ferme09- à d'autres agriculteurs représentent également deux types de diversification des revenus. Par contre, l'exploitant de la ferme11 n'a pas manifesté être à la recherche de diversification tandis que celui de la ferme06 a à l'inverse partager sa vision de spécialisation comme étant la solution pour rendre les fermes de demain économiquement viables.

H5 : Les connaissances des fermiers à propos de la biométhanisation sont faibles.

Nous avons, grâce à la question portant sur les connaissances de la biométhanisation, réparti sur la figure F.5 les fermiers en quatre catégories, à savoir :

- La catégorie néant : ceux n'ayant jamais entendu parler de biométhanisation ;
- La catégorie connaissances faibles : ceux qui n'en connaissent que les principes de base –transformation de déchets- ou ceux qui connaissent une personne de leur entourage en possédant une ;
- La catégorie connaissances modérées : le fermier connaît alors les différentes valorisations de la biométhanisation -cf. 4- ou parle de détails portant sur le procédé ;
- Et enfin, la catégorie connaissances élevées : le fermier a une idée de prix d'une installation ou sait approximativement si une telle installation serait envisageable sur son site.

Comme l'indique le graphique ci-dessous, près de la moitié des participants interrogés ont été classés dans la catégorie des connaissances faibles, ce qui signifie qu'ils ont à peine entendu parler de cette technologie avant notre visite et qu'ils ne sont capables d'en esquisser que les

plus grandes lignes. Si l'on cumule les catégories de connaissances faibles et modérées, il est possible de constater que plus de deux tiers des exploitants ont des connaissances limitées quant au sujet de biométhanisation, ce qui vient confirmer l'hypothèse 5.

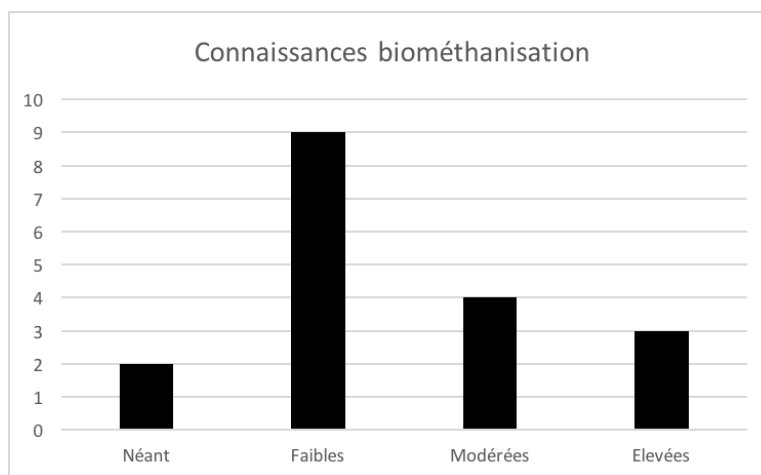


FIGURE F.5 – Evaluation des connaissances à propos de la biométhanisation des agriculteurs.

H6 : Les fermiers seront intéressés par une solution de biométhanisation associée à une cogénération et favoriseront l'option 2 qui leur sera présentée. Celle-ci consiste en l'achat de l'unité avec cession des certificats verts.

Pour cette dernière hypothèse, nous séparons l'intérêt manifesté de l'option choisie parmi les trois options présentées.

A la question de savoir si les fermiers portaient un intérêt pour la biométhanisation, nous avons classé les réponses en trois catégories sur la figure F.6, à savoir les réponses tranchées –oui / non- et les réponses moins franches, hésitantes. Il est possible de constater en lisant le graphe ci-dessous que la première partie de cette dernière hypothèse est confirmée puisque plus de la moitié des personnes interviewées disent porter un intérêt pour cette technologie.

La dernière question de l'étude consistait à présenter aux agriculteurs trois options –cf. le dernier thème de l'annexe F.4.5- différentes parmi lesquelles il leur était demandé de choisir et/ou de rejeter une option plutôt qu'une autre tout en justifiant leur choix. La première option présentée était celle d'un schéma classique de vente et de propriété consistant à acheter à prix plein l'unité de cogénération tout en devenant propriétaire de celle-ci. La deuxième option conservait l'idée de propriété par le fermier tout en permettant un investissement environ 40% moins élevé –et donc un retour sur investissement plus court- grâce à un contrat de cession des CV de la part des fermiers à l'entreprise leur vendant l'unité. Enfin la troisième option, un peu différente des deux premières, proposait aux fermiers que l'entreprise vendant l'unité

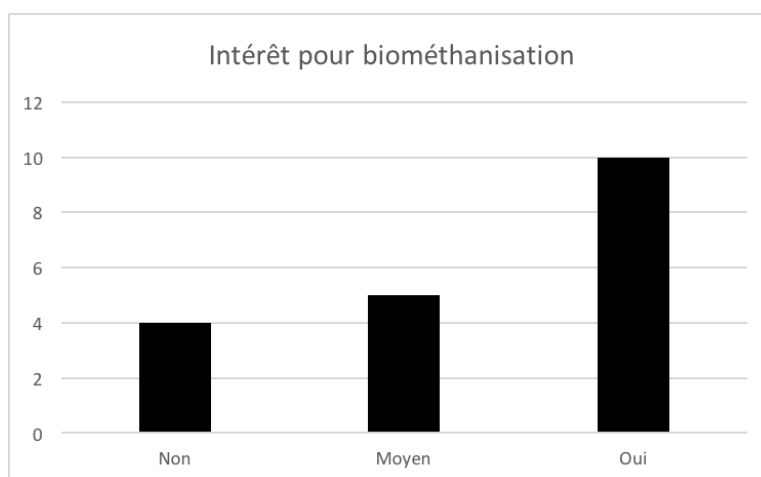


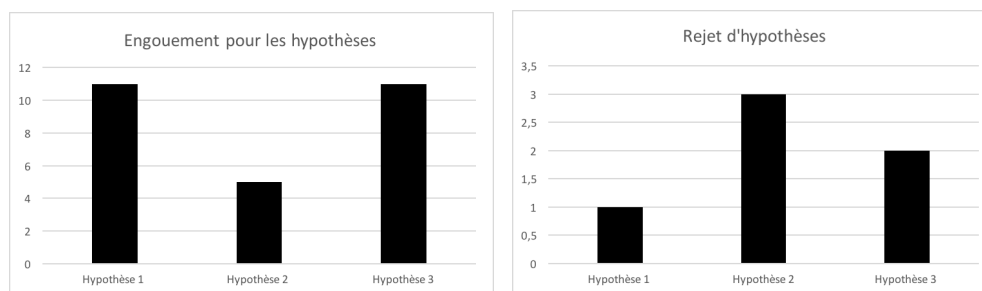
FIGURE F.6 – Intérêt des agriculteurs pour une solution de biométhanisation.

de cogénération vienne installer une telle unité sur le site du fermier, sans que ce dernier ne doive déboursier le montant de l'unité, tout en restant propriétaire de cette installation ¹¹ –cf. le tableau qui résume ces trois options et qui se trouve dans le dernier thème de l'annexe F.4.5.

Selon l'hypothèse formulée, la deuxième option devait générer le plus d'engouement puisqu'elle permettait de rester propriétaire –nous avons supposé que les fermiers tenaient à garder le contrôle des activités qui avaient lieu sur leurs terres, ce qui a été justement confirmé par l'enquête- tout en diminuant le montant de base de l'investissement. Cette hypothèse s'alignait en effet à leur situation économique difficile du moment (Direction Générale Statistique, 2016). Cependant, les deux figures F.7 montrent que l'option 2 a généré le moins d'engouement tout en activant le plus de rejet, ce qui vient infirmer la deuxième partie de cette dernière hypothèse. Par contre les options 1 et 3 ont généré un même niveau d'enthousiasme même si un rejet de l'option3 a été marqué de façon légèrement plus accentuée. Alors que nous pensions que le compromis entre le contrôle et le montant d'investissement l'emporterait, l'enquête révèle deux résultats en contraste. D'une part, nous retrouvons les fermiers qui, comme nous le pensions, accordent une importance majeure au fait de contrôler ce qu'il se passe dans leur ferme –c'est le cas notamment des exploitants des ferme00, 05, 06, 07, 09 et 18- et qui sont plutôt intéressés par une solution où ils deviennent propriétaires quitte à investir l'entièreté du montant demandé. Et d'autre part, il y a les exploitants de fermes –ferme03, 06, 08, 12, 15, 17 et 19- qui sont visiblement à la recherche de solutions pour lisser leurs revenus mais qui n'en trouvent pas et qui sont attirés par l'investissement provenant de l'extérieur –souvent ces fermes ne semblent pas disposer des montants demandés-, tout en bénéficiant d'une solution supportant également les risques liés à de telles installations –quelques-uns d'entre eux énoncent notamment la taxe

11. Soit le principe de tiers investisseur

récente adressée aux particuliers possédant des installations photovoltaïques.



(a) Engouement pour les différentes options.

(b) Rejet des différentes options.

FIGURE F.7 – Engouement et rejet des options soumises.

F.4.5 Questionnaire de l'étude de marché

Questionnaire étude de marché

1. Identification de l'agriculteur

Adresse de la ferme :

.....

Numéro de téléphone/ adresse e-mail :

.....

2. Exploitation

Quelle est la **superficie** totale de l'exploitation ?

Quelle est la superficie des pâtures et cultures ?

Quelle est la superficie des pâtures ? des cultures ?

Quelle est la superficie des bâtiments (hangars, étables...) ?

Quelle est la **superficie non-occupée** actuellement ?

.....

Quel est le nombre de **têtes animales** ?

Combien de bovines laitières ?

.....

Combien de bovines viandeuses ?

.....

Combien de têtes d'autres espèces ? Lesquelles ?

.....

Les bêtes sont **stabulation** ? Si oui, Combien de temps les bovins sont-ils en stabulation et en pâture chaque année ?

.....

Quel **type de déchets** sont présents sur l'exploitation (lisier, mais aussi légumes, déchets de cultures...) ?

.....

.....

Quelle est la **quantité annuelle de déchets** produits par les bovins (en tonnes ou en m³) ?

.....

Quel est le **mode de récolte** des effluents (ramassage fumier) ?

.....

Comment les **effluents sont-ils utilisés** à la ferme ? Comment sont-ils stockés ?

.....

3. Etre agriculteur
Quel est selon vous la plus grosse **difficulté** rencontrée lorsque l'on est agriculteur ?

.....

A quoi ressemble, selon vous, une **ferme de demain** afin d'être rentable et pérenne ?

.....

Quel sont les plus **gros investissements** que vous ayez effectués sur ces 10 dernières années (Tracteur, machines agricoles, robot/salle de traite, boucherie ...) ? Essayer d'obtenir le montant annuel/ sur dix ans d'investissement réalisés.

.....

Quel **âge** avez-vous ?

.....

Avez-vous des **enfants** ? Combien ?

.....

Avez-vous déjà identifié un **repreneur** lorsque vous prendrez votre pension ?

.....
.....

4. Divers

Etes vous **abonné à des revues** agricoles (Sillon belge, Plein champs, Inter-Environnement Wallonie ...) Via internet ?

.....
.....

Que pensez-vous des **boucheries et autres ventes directe** à la ferme ? Le faites-vous déjà vous-même ?

.....
.....

Y avez-vous déjà pensé ?

.....
.....

Vendez-vous des **produits labellisés** (Biologique, fairtrade, local...) ? Par quel chanel ?

.....
.....

- Si non, pourquoi ?

.....
.....

- Y avez-vous déjà pensé ?

.....

5. Besoin en énergie

Quelle est la **consommation annuelle en énergie** de la ferme? Electricité + mazout (hors roulage)

.....
.....

Possédez-vous déjà une **source propre d'énergie** ? (PV, biomasse...) Si oui, laquelle ? Quel investissement avait été réalisé ? Etes-vous satisfait de cet investissement (et pourquoi) ?

.....
.....

Pourrais-je vous demander d'obtenir une **copie d'une facture d'électricité** récente ? Celle-ci reste confidentielle et ne sera jamais diffusée.

.....

6. Intérêt de la biométhanisation?

Avez-vous déjà entendu parler de **biométhanisation** ? Oui — non

Si oui, que pouvez-vous dire à ce propos ?

.....
.....

Après explication de la biométhanisation (transformation des déchets en 3 outputs),

- Avez-vous un **intérêt** pour ce type de technologie?

- Si non, pourquoi ?

.....
.....

- Si oui, pourquoi ?

.....
.....

Pour résumer les 3 hypothèse ;

La 1^{er} coute 100 000 € et est amortie en 5 ans

La 2^{ème} coute 50 000€ et est amortie en 4 ans avec cession des CV.

La troisième ne coute rien et vous permet de faire une économie sur votre facture

Laquelle choisiriez vous, et surtout pourquoi ?

	Hyp 1	Hyp 2	Hyp 3
Puissance	11 kW (donc environ 60 à 70.000kWh)		
Prix achat	100.000	60.000	0
Propriété	Oui	Oui	Non
Détention CV	Oui	Non les dix premières années	Non
Temps de retour sur investissement	5 ans	4 ans	(non applicable)

F.4.6 Démarche à suivre lors de la réalisation des interviews

Démarche à suivre lors des rencontres avec les agriculteurs

1. Se présenter en disant que l'on est étudiant à l'UCL et que l'on fait un mémoire sur le potentiel de création d'une entreprise installant des micro-cogénération. Si le fermier ne pose pas de questions de par lui-même, expliquer en 3 mots que c'est pour nos études en gestion/ingénieur civil/droit à Louvain et insister sur le fait que l'on n'ait rien à vendre -éviter le mot vendre autant que possible.
2. Dire que l'on va poser une série de question. Préciser que la durée de la rencontre prend un peu moins de 30 minutes.
3. Préciser que les informations données ne seront utilisées que dans le cadre de l'étude de marché et en garantir la confidentialité.
4. Si l'agriculteur n'a pas le temps, proposer de repasser et fixer un rendez-vous en précisant le jour et le moment de la journée.
5. Accepter d'aller dans la cuisine ou le bureau de l'agriculteur afin que le focus soit mis sur les questions posées.
6. Etre succinct et rapide.
7. Poser les questions dans l'ordre du questionnaire.
8. Utiliser la méthode du « pourquoi » dans le but d'éclaircir les réponses vagues.
9. A la fin de l'interview, demander au participant s'il a quelque chose à rajouter.
10. A la fin de l'interview, remercier l'agriculteur pour le temps consacré.

F.4.7 Compilation des données issues de l'étude de marché

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2	Num identification	Province	Commentaire	Superficie totale (ha)	# têtes bovines	Bovin Lait	Bovin viande	Autres déchets	Difficultés d'agriculteur	
3								Administratives		Image
4	Ferme00	Brabant Wallon	Ferme de recherche: autre point de vue de la ferme	100	55	3	52 FUMIER; LISIER; Excréments porcs; paille hachée mise sur sol	Administratif et nouvelles réglementations (qui devraient être plus adaptées); il faut une formation ajd, plus être le fils du père;		Fermes doivent se rapprocher du public
5	Ferme01	Brabant Wallon	"ferme en voie de disparition"; Ne croit plus en l'existence de fermes demain	7	150	2	148 FUMIER; non	Papiers à remplir; AFSCA; prélèvements taureaux		Tout le monde critique agriculteurs (sentiment d'être à part et critiqué par société)
6	Ferme02	Brabant Wallon		100	250	83.3333	166.6667 FUMIER; feuilles betterave	Paperasse; contraintes AFSCA pour vente directe		
7	Ferme03	Brabant Wallon	Ferme possédait des animaux mais n'en possède plus	100	0		0 Feuilles betterave; paille			
8	Ferme04	Brabant Wallon	Ferme dont les propriétaires est l'UCL; ferme liée à une autre nouvelle ferme à Corroy (celle-ci est ferme de stockage; mais de sacré investissements dans l'autre ferme)	100	250		250 FUMIER; paille (le reste sort exploitation)			
9	Ferme05	Hainaut		68.5	143	140	3 LISIER; FUMIER; feuilles betterave; mais pour bêtes	Respect des normes (environnementale, santé animales,		
10	Ferme06	Hainaut	Fermes de veaux d'engraissement	31	530		10 LISIER; FUMIER; feuilles betterave; paille ;	les réglementations (de l'APAQW, Nitrawal): ça nous coûte de + en + et on gagne de - en - ; AFSCA: contrainte qui diminue la rentabilité;		
11	Ferme07	Hainaut		65	360	120	240 FUMIER, LISIER; Feuilles betterave	Côté administratif: mise à niveau		
12	Ferme08	Hainaut	120 BBB jusqu'il y a trois ans; terres louées ajd à 0 agriculteurs	45	41		41 FUMIER; Froment= paille (le grain chez le marchand); feuilles de betteraves	Pour une petite ferme, il faut d'énormes travaux d'adaptation		
13	Ferme09	Hainaut	Ferme réputée dans toute la région comme étant la ferme innovante	90	140	135	5 LISIER; feuilles betteraves;	Il faut être assidus avec la paperasse; exigences de plus en plus pointues (=coût et temps supplémentaire); APAQ reste fort peu flexible		Dérangements pour riverains: bruits, mouches, poussière, travail tous les jours, pas joli, matériel entreposé= on est vu comme étant embetant
14	Ferme10	Liège	Prochainement un besoin en énergie car investissement dans des frigos.	220	70		70 FUMIER; et fumier de cheval qui vient de fermes avoisinantes;			
15	Ferme11	Namur		170	178	82	96 FUMIER; LISIER;			
16	Ferme12	Luxembourg		180	220	60	160 FUMIER			
17	Ferme13	Namur		140	60		60 FUMIER; jus de fumier;			
18	Ferme14	Namur		160	210		120 FUMIER; effluents porcs	Les réglementations, les contrôles		
19	Ferme15	Luxembourg		57	62	62	0 LISIER.			
20	Ferme16	Namur		120	350	110	240 FUMIER; LISIER;			
21	Ferme17	Liège		75	140	140	0 LISIER; un peu de FUMIER			
22	Ferme18	Brabant Wallon	Ferme pédagogique	32	100	15	85 FUMIER			
23	CALCULS			100	174.15789		174.1579			

	K	L	M	N	O	P
1						
2	Financier				Ferme de demain?	Investissements réalisés
3		MDO	Climat	Autres		
4						
5	Prix payés sont très bas et marges bénéficiaires réduites (prime d'agriculture devient marge [pas sustainable]; productions agricoles fluctuent (année précédente: -50% de rendements) mais pris ne Δ pas. ; certains agri sont déjà tellement endettés; achats d'engrais sont importants	Agriculteur est pressé; il y a des périodes où ils travaillent jours et nuits			Fermes doivent se rapprocher du public et avoir bonnes relations; vente produits à la ferme; arrêter de polluer	Mise au normes batiments (citernes stockages); matériel; surface; lumière;
6	Prix des machines				"Je me le demande; de quoi va vivre un fermier?"; bovins sont mal vus; "il y a les insectes qui deviennent à la mode"	"on n'achète plus rien"; machines sont chères
7	Mauvais prix de vente; prix des terres; prix du matériel	On n'a déjà pas assez de personnel			Location de matériel plutôt qu'achat	mise au normes batiments; renouvellement matériel (tracteur 100k€)
8	Les prix; Concurrence avec pays de l'Est (qui fait chuter prix); trop de production: on nous a poussé à produire mais au final on s'est enterré soi-même				S'agrandir: avoir plus de bovins	achats de terre
9	Nécessité de gros investissements			La reprise: on ne sait pas encore comment cela va se passer	Se diversifier; vendre à la ferme (vendre soi-même ses produits et pas via un supermarché)	toit; 1M5 d'investissements dans une nouvelle ferme
10	Prix qui n'augmente pas selon le coût de la vie				Bien réfléchir aux achats et investissement; pas décider en fonction de la mode mais bien en fonction des rentrées financières: on ne doit pas dépenser plus que ce que cela va rapporter; il faudrait quitter la vision de l'Europe de prix uniques	étable vaches laitières 250.000; tracteur et télescopiques 150.000
11	Bcp trop d'invest p% aux revenus; prix pour moins que rien; la marge est bouffée par les revendeurs : on arrive à peine à mettre les deux bouts ensemble; les investissements agricoles sont des invests sur 25 ans mais la politique agricole commune change tous les cinq ans"	il faut toujours être là pour le bétail;	Météo;		Tendance vers grosses exploitations de + en + spécialisée [inverse de diversification]: ajd l'inverse de "mettre tous les oeufs dans le même panier", il faut être performant et spécialisé.	batiment veaux 530.000
12	Financiers achètent terres et les cultivent eux-mêmes: difficile de concurrencer; fluctuation des marchés (on investit avec prêt sur quinze ans sans être sûr des prix) = il faudrait des prix garantis	Un agriculteur ne compte pas les heures de travail			Ne pas spécialiser: diversifier= diversifier le revenu (quand prix lait bas, le prix de la viande rattrape); intégration d'une activité pour une autre (ex utiliser lait des vaches pour nourrir veaux)	bâtiment: ±125.000
13		Tout est fait à la main			Transformation du lait; vente à la ferme	en arrêt d'exploitation
14	Investissements et pas sûr des revenus (=stress pour savoir si on peut investir); flexibilité des prix (=dur de faire plan sur vingt ans);			Un agriculteur est souvent seul face à ses problèmes	"etre innovant"; régularité et endurance; être bien informé	hanger, étable, robot, pulvérisateur; tracteur, PV, chemins en béton
15			Météo		Diversification; nouvelles technologies (GPS)	Arracheuse de pdt, moissonneuse
16	Le prix des terres très cher; les quotas posent problème: pas assez de régulation; l'agriculture sans prime n'existerait pas	Les heures de travail	Le climat		E dans plusieurs secteurs (viande, lait, culture); se diversifier mais tout en pouvant encore gérer; l'agriculteur doit devenir un métier complet	Achat de terres; agrandissement étables
17	Rentabilité: Mondialisation: 1€ en Belgique ne vaut pas la même chose qu'1€ en Hongrie (coûts trop différents); Prix marché trop bas p% prix de production				Ne sait pas si c'est mieux marché de niche ou à l'inverse de volume; il faut revaloriser les produits de BBB; se diversifier c'est bien mais ça a un coût aussi.	Boucherie 50k; Tracteur 75k; terres 15k/ha
18	prix de production		Tributaire du climat		Etre en auto-suffisance; avoir des prix intéressants	terrain (1ha= 40.000), bâtiment, matériel = ±1M€
19					Etre autonome en énergie (alimentation bétail)	2 tracteurs= 160.000; foncier= 300.000
20	Prix de vente ne couvrent pas prix de production				soit industrialisation; soit ferme sur son territoire qui répond à des besoins locaux (tourisme, transormation)= diversification	Robot traite; aménagement étable; Silo; terrains = 400.000 hors subsides
21				On dépend de tout en étant fermier	Maîtriser ses coûts; aller directement au consommateur	Foncier; Batiments= 400.000
22		Travail 7j/7: doit parfois appeler service de remplacement			Moins d'investissements car le prix du lait est trop variable et pas assez rémunéré	Etable 200.000; tracteur + rachat ferme 150.000 = crédit sur 20 ans
23	Importance des investissements (dont achat terrains); être rentable à long terme				Etre une ferme autonome; diversification	acaht batiments: 600.000

	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
1									
2	Abonnement revue?				Ventes directes?	Produits labélisés		Conversion	Conso Mazout
3	Sillon belge	Plein champ	Journal FWA						
4	Recommande le contact direct avec agriculteur; si envoi par mail/internet, le fermier va pouvoir comparer les prix				J'y crois: Les prix ne sont alors plus influencés par la finance; moyen de conserver la marge; difficile de vendre si grosses quantités				
5	oui	oui			Non: problème avec viande (plus personne ne tue une grosse bête)	non: sinon il faut aller à la main			n.a.
6	Oui		Oui		Oui: beurre, crème, lait	Non: Si tout le monde fait bio, ça ne va pas aller; il faut être propriétaire des terres; trop peu de MDO		20000	15000
7	Oui			La défense agricole	Non: il faut quelqu'un derrière le comptoir et on a trop grosse quantité pour cela (ça ne s'y prête pas).	Non: Sans prime, ils ne cultiveraient pas bio			n.a.
8	Oui			La France agricole; Technique, culture simplifiée	Oui + vente à la boucherie Farm de LLN	Oui: ils passent en bio la semaine qui suit			2500
9	Oui	Oui			Non: il faut investir et il faut du personnel de disponible; c'est un autre métier; il faut accès à profession	non: implique de grands changements et investissement		23 078	15000
10	Oui			La lettre paysanne (FJA)	Auparavant: trop de contraintes/obligations pour peu de revenus; "on est que deux"	GiQF: label de qualité (veaux nés et repartent en BEL)		36521.73913	25.000L
11	Oui				Non: problème de MDO: une seule unité de travail à la ferme	Bio, c'est pas mon truc; MDO = pas possible mnt		20000	15.000L/an
12	Oui	Oui			Elle vend paille aux locataires de terrains	Le bio, ça ne rapporte pas			5000L
13	Oui			FUGEA	Oui: j'ai toujours fait vente directe; ça montre que l'on peut changer les choses; produits laitiers & pdt; c'est une relation avec le produit, avec les gens; quand lait ne va pas bien, ça fait plaisir MAIS énormément de travail	Oui: Fairbel; ça a un impact, ça change les mentalités; Pourquoi je payerais pour dire que c'est local? Les gens savent bien que c'est local		31304.34783	16.000L
14	Oui			Journal des UPA	Oui: il vend qqes produits mais pas de magasin car trop contraignant	Oui: Bio + Global cap (pour la vente à la grande distribution)		17500	6000-7000L
15	Oui			Chiper, Elevage	Non: Ca prend trop de temps: il faut une personne à 100% dans magasin; gens ne veulent pas faire dix magasins pour faire leurs courses: le mieux serait un magasin réunissant les produits de tous les fermiers	Non: produits pas revendus assez chers; pas assez de rentabilité (il faut les primes)		36521.73913	n.a.
16		Oui		France agricole (pr avoir autre avis)	Oui: boucherie à la ferme. Ca prend bcp de tps et il faut qqh qui s'en occupe (commercial/marketing);	Oui: bio; Mais coûts production trop élevés ; mais utilise techniques bio pour améliorer ses techniques conventionnelles		36521.73913	4000L/an
17	Oui	Oui			Auparavant: mais pas assez rentable ; AFSCA rend les choses très compliquées + accès à la profession difficile pour boucherie	Auparavant: trop de travail, il faut infrastructures; = culture raisonnée		26086.95652	7000L
18	annulé	oui			non: "mais c'est très bien" ; auparavant: vente légumes mais prenait trop de temps ; il y a déjà une boucherie à la ferme pas loin donc il créerait concurrence	Porc qualité Ardenne sur paille (qualité alimentation)		26086.95652	n.a.
19				Accès à plein de revues via la Maison de l'agriculture	Auparavant: vente colis de viande; problème de passage et il faut bcp de démarchare commercial; ajd: vente directe de lait	Label lié au tourisme: Bienvenue vélo; Wallonie destination qualité; il compte faire séchoir pour avoir label STG (spécialité traditionnelle garantie) pour vendre son lait plus cher.		50000	chaleur d'un système de chaudière commune
20	Oui	Oui		Terre ferme	Oui: vente de produits laitiers; c'est indispensable: toute initiative est bonne à prendre en fonction des capacités	Label local pour la vente en grande surface		60000	n.a.
21				Hostein International	A déjà essayé avec fromage mais pas réussi. Ca prend du temps; il faut se faire connaître	Non: les bio ne vivent que sur leurs primes; il faudrait faire bcp de changements à la ferme; pas assez d'ha pour faire du bio; il n' y a pas beaucoup Local; Mais bio est une abération à l'échelle mondiale (bio ≠ écologique)		32579	2000L
22	Oui	Oui			Oui: produits laitiers, glaces, fromage ... bonne façon de diversifier revenus			40000	n.a.
23	32585.74845								

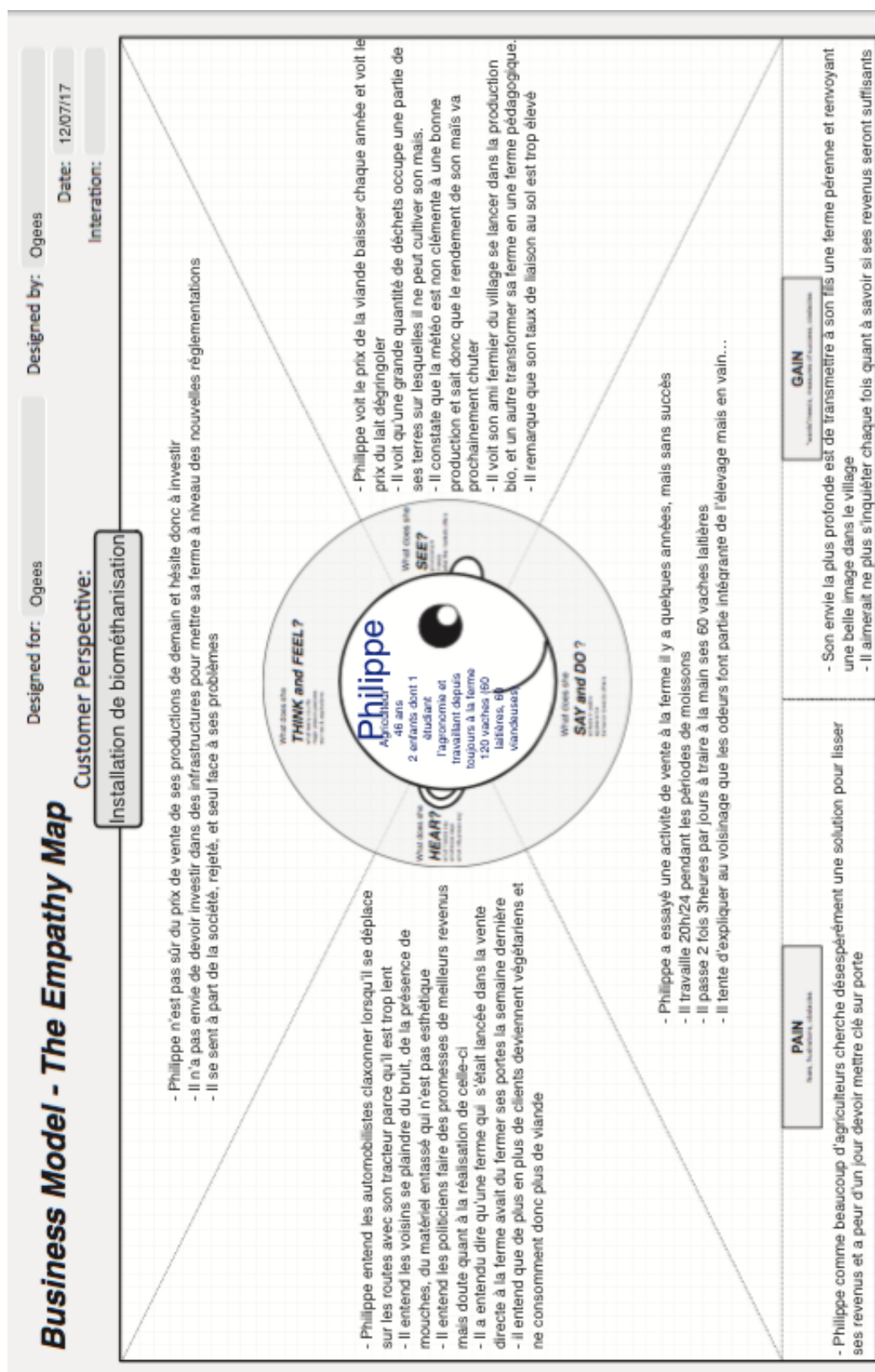
	Z	AA	AB	AC	AD	AE
1						
2	Propre source énergie			Connaissance bioM		Intérêt bioM?
3		Néant	Faible	Moyen	Elevé	
4						Moyen
5	non	[Rien de chez rien]				Non
6			x			Non
7	non			Les fils ont récemment participé à une foire à Jodoigne		Non
8					Déjà sur un projet de bioM	Oui
9						
10	Pas encore réfléchi à la question			[a l'air bien renseignée]		Moyen
11	Non: trop tard pour investir; ça coûte bonbon; je ne sais pas où je serai quand le retour sur investissement sera enfin là		On connaît un peu; je connais qqn qui s'est renseigné; on nous a dit que trop liquide pour les veaux; mais je ne saurais pas vous dire ce que ça coûte			Moyen
12	PV: 18.000€ invest amorti en 3 ans; très bonne idée + rentable; 10.000 kWh		Je sais ce que c'est sans trop connaître le détail; j'ai lu articles dans sillon belge; je ne vais pas m'attarder là dessus			Moyen
13	non: il y a déjà bcp de travaux à réaliser partout dans la ferme	Rien				Oui
14	Oui: ils ont introduit demande de PV; 10.000kWh prévu		J'ai ami qui a fait ça; pas facile d'avoir permis; je sais que ça fonctionne pour lisier, pour le restant je ne sais pas.			Oui
15	oui: 2X40 panneaux pour 10.000kWh		Il y en a une pas loin			Oui
16	Non: a déjà pensé à l'éolien; il n'est pas trop enthousiaste pour PV car ça ne produit que l'été.		Le voisin en a une mais trop grosse et il doit apporter mais en plus			Oui
17	Non: se pose des questions quant à la rentabilité; est-ce que ça vaut la peine.			Il connaît bien (M. Grandjean, un agri qui en avait un)		Oui
18	oui: panneaux solaires thermiques il y a 20 ans qui sont rentabilisés aid			Ami qui en a une; réunion fermiers pour proposition grosse installation en commun = mais ne savait pas ce qu'il allait récupérer, donc non		Moyen
19	Oui: PV pour 12,5kW investis pour 25.000; rentabilisé, il ne faut rien faire; il aurait voulu avoir plus de			Il a vu des reportages		Oui
20	puissance mais pas possible PV pour 10.000kWh par an				Aimerait bien en mettre une; problème est que plus efficace pour éléments non agricoles	Oui
21	2 installations PV de 10kW (qui produisent 20.000kWh); satisfait car prix énergie ne fait que monter; on ne voit pas les panneaux		Connait des gens qui l'ont fait			Oui
22	Envisage mettre PV sur étable		Il connaît M. Grandjean et ses soucis			Non
23	Pv: 2*10kW qui produisent 22.000kWh pour un invest de 33.000€; satisfait car ROI 3 ans (avant disparition CV)		Une connaissance a un projet			Oui
24						

	AF	AG	AH	AI	AJ
1					
2	-> Détail	Engouement face aux hypothèses			Rej
3		1	2	3	1
4	Il y avait unité à la ferme qd prix mazout élevé, puis prix a descendu et subsides ont été stoppés; pas top au niveau rendement; difficile de revendre les outputs; pas rentable si pas subsidié; il faut bcp de bêtes; ou alors les fermiers doivent se grouper; bcp de fermiers arrêtent les animaux;				
5	Pour obtenir plus de revenus; mais ne savent pas investir				
6	On fait déjà beaucoup de choses (vente directe...); beaucoup de choses dans la tête déjà; on ne sait pas tout avoir	C'est déjà bcp plus négociable			Vous repartez avec votre machine: On a déjà assez d'investissements (montant invest freine)
7	la machine coûte horriblement cher: pas moyen de rentabiliser; trop compliqué; que faire avec la machine pendant quelques semaines par an et le restant du temps elle ne sert à rien	Il ne faut rien mettre sur la table; pour éviter les imprévus (PV ont subi taxe récemment)			
8	Des subsides existent donc il faut en profiter et il y a une nécessité de se diversifier	"On a l'habitude de travailler comme cela"; il y a de l'avenir dans le biogaz			
9	Ce sont des très gros investissements; on n'est pas assez informé; gros travaux nécessaires	Tant qu'à investir, autant investir complètement; un peu kiff-kiff et bouricot entre hyp1 et 2			
10	J'ai entendu dire qu'ils ont fait installations en Allemagne qui ne reçoivent plus de subsides: donc si pas rentable sans subside, ça ne vaut pas la peine; i"l faut que ça soit rentable en plus du fait que ce soit de l'énergie verte et tout le bazar"	Si vraiment rentable, pq pas cette solution en étant proprio			Incertitude; on a moins de risques; si ça ne va pas, il repart avec machine; qu'on essaye comme cela <u>et si cela fonctionne je l'achète</u> .
11	Pas encore d'information là dessus et il faudrait voir avec des chiffres (que ce soit rentable en 3-4 ans)	Question de propriété: on aime ne pas être lié quand on est chez soi; si c'est rentable, 100.000 c'est envisageable			
12	Prendre des déchets et en faire quelque chose de bien, c'est positif; pq ne pas investir dans une machine et que les fermiers des environs viennent déposer leurs déchets dedans.	Je n'ai pas les sous à mettre sur la table; pourquoi ne pas installer ça avec les autres fermiers qui viennent déposer leurs déchets			
13	Il faut savoir utiliser l'électricité; On pourrait avoir une fortune dans nos fermes: il y a de l'or non utilisé	Si j'ai une aide, je ne joue pas à tout le reste et je prends cette option			
14	Car il va installer des frigos + utiliser l'amendement comme engrais bio	Intéressé			Peut-être
15	Pourrait être intéressé car grosse ferme; si fiable et pas trop cher (ROI 6-7 ans); système doit être pas trop cher et fiable	Souhaite avoir la propriété et investir pour lui			Souhaite avoir la propriété et investir pour lui
16	Boucherie consomme bcp avec chambres froides; possibilité de sécher grains; demande <u>accompagnement</u> pour éviter le bricolage réalisé en bioM par les etsy existantes	Important est d'avoir électricité gratuite; pas spécialement intéressé par les CV			Important est d'avoir électricité gratuite
17	Il faut voir investissement mais plus vraiment intéressant à un certain âge qd reprise ferme n'est pas assurée	Parce qu'il a peur de l'investissement			
18	Dans le but de rester autonome	Oui			Oui
19	A déjà eu visite de Bioelectric mais qui n'a pas une bonne réputation (il connaît M. Grandjean); n'aime pas voie liquide car trop dangereux s'il y a du solide qui passe dedans.	à voir en fonction de la rentabilité			son intérêt= avoir élec gratuite et propriété après 15 ans
20	A voir la proposition plus en détail	Ne sait pas choisir: dépend de l'offre dans son entièreté, donc il faut le détail			Ne sait pas choisir: dépend de l'offre dans son entièreté, donc il faut le détail
21	Il pense ne pas avoir assez de bêtes	Pas d'investissement			
22	On ne lui a jamais proposé de projet concret mais il pourrait y réfléchir; un investissement rentable sur 10 ans, c'est envisageable pour un agriculteur, au delà ça devient compliqué	Les fermiers aiment bien tout gérer eux-mêmes			Avantage au niveau du risque
23		11	5	11	1

	AK	AL	AM	AN
1				
2	et des hypothèses		Commentaire additionnel	Est-ce que fermier a parlé de diversification activité?
3	2	3		
4	Si comme panneaux photovoltaïques, après trois ans on sera taxé		Réglementations doivent être mieux adaptées à la pratique; voir si fermier sait rémunérer son T; hyp3 bonne option (nouveau revenu au fermier) mais perte de controle; il faut voir le contrat: qui assure quoi; fermier a mentalité de posséder la machine et de <u>savoir ce que l'on fait chez lui</u> !!	Oui, bioM représente nouveau revenu pour fermier
5			Je ne sais pas choisir, je ne connais pas beaucoup cela	Oui: insectes
6			On ne sait pas changer grand chose pour la ferme de demain, c'est au niveau de l'Europe que les prix se décident	Oui: vente directe
7				Oui: les fils recherchent des solutions en allant à des foires
8				Ils réalisent ajd de la prestation de services chez d'autres fermiers; ils essayent de nouvelles choses: passage en bio la semaine d'après
9		Fait que d'autres soient propriétaires; on perd indépendance	Les normes ne sont pas adaptées à la réalité de terrain: on nous impose des dates mais tout cela dépend avant tout du climat; temps sur internet= 15 min/ jour; J'aurais voulu une installation de biométhanisation tout près de chez moi où je pourrais aller déposer mon fumier	
10			Il faut beaucoup d'eau chaude pour remettre le lait (nourriture veaux) en poudre (le dilluer): 8000L de lait par jour. ; Il existe des subsides, mais ils jouent avec ça: quand vous ne convenez plus ou ne suivez plus le régime, les subsides ne sont plus accordés. ; il y a toujours moyen de trouver une demi-heure de travail	A essayé dans le passé, MAIS parle de spécialisation pour le futur ; se sont tout de même lancés dans la production de veaux parce que viande est revendue plus chère.
11			Temps passé sur internet: 0 min; MDO coince: quand on est tout seul les heures sont comptées (1h là dedans devrait rapporter plus qu'une heure dans autre chose)	oui: se diversifier dans les activités
12				oui: location de terrains à d'ô fermiers; transformation du lait; vente à la ferme
13		Si c'est rentable, j'aime autant que ce soit pour moi; on a aides en agricultures, donc pas besoin de demander à tierce personne.	Temps sur internet: 45 min/jour (paperasse; mails...); problème de MDO: il faut engager donc il faut payer et il faut trouver une même mentalité; s'associer avec ô fermier est plus facile que de recruter; pratiquent ajd une CUMA: utilisation de matériel en commun (sert à +ieurs personnes et renouvellement rapide); pq ne pas mettre en commun avec la CUMA (on connaît déjà les gens; il vaut mieux une grosse machine qu'une petite qui techniquement ne tient pas)	Oui: vente directe; travail réalisé dans d'autres fermes
14	A une mauvaise expérience avec ce type de proposition		Avait débuté PV avec tiers investisseur, puis finalement proprio car faillite du tiers.	Oui: bio; vente directe; investissement dans PV...
15				
16			Internet: 1/4 heure/jour (news, ...)	Oui: bio; attaquer un marché de niche; améliore technique conventionnelle avec technique bio
17			Internet: juste pour la messagerie, pas bcp de temps dessus	Oui: auparavant vente à la ferme ; autosuffisance
18	Le partage n'est pas top selon lui		Internet: utilise beaucoup	oui: être autonome en énergie à la ferme
19			Internet: agora (marché matière première) et ô informations précises (pas FB)	Oui: a essayé boucherie à la ferme; fait vente directe lait; compte investir pour vendre son lait plus cher
20			Internet: c'est surtout l'épouse qui s'en occupe	oui: aller directement au consommateur; vente directe à la ferme; label local
21			Internet: 1/2h/jour (news, presse agricole...)	oui: a essayé vente ferme; enivisage PV
22			Internet: un peu	
23		3	2	

F.4.8 Empathy map

La figure F.8 est une empathy map réalisée pour un agriculteur-type. L'idée de cet outil est d'imaginer un utilisateur-type de la solution développée par une entreprise -dans notre cas : Philippe, agriculteur de 46 ans, père de deux enfants, possédant 120 vaches. Le but est ensuite d'empathir pour cette personne fictive afin de pouvoir se représenter ce que celle-ci entend, pense, voit et fait au quotidien (Bacq, 2016).

FIGURE F.8 – Réalisation d'une *empathy map* pour un agriculteur-type, Philippe.

Annexe G

Annexes relatives à l'analyse des fournisseurs

G.1 Copie du mail utilisé pour le mailing

La figure G.1 présente une copie du mail qui a été envoyé aux fournisseurs européens dans le cadre du mailing présenté à la section 4.7.2.

Dear Sir or Madam,

I write you this email because of my interest in the anaerobic digestion process you propose.

In fact, I contact you on behalf of a research center located in Belgium called "[Centre des Technologies Agronomiques](#)" which would like to implement a digestion process (if you propose the dry process it would be more suitable) to produce biogas.

In this prospect, I would like to receive an offer with your price and conditions but also information about what would have to be done to have such an installation working.

Practically, I can tell you the manure (a dry mix of straw and animal dejection) destined to the biogas process comes from a livestock (total =124) composed in this farm as follows:

- 69 female cows above 2 years old among which 66 are dairy (milk) cows while 3 are meat cows.
- 55 bovines under the age of 2

The idea is to produce as much biogas as possible from that organic waste (to generate electricity but also to recover heat if possible).

I would be happy to provide you with any further needed information to construct this discussion and project.

Best regards,

Simon De Roo for the CTA



CENTRE DES TECHNOLOGIES AGRONOMIQUES

FIGURE G.1 – Mail envoyé dans le cadre du mailing effectué dans le cadre de l'analyse de la concurrence.

Annexe H

Annexes relatives au plan opérationnel

H.1 Analyse PESTEL détaillée

Influences politiques	Influences économiques	Influences socio-culturelles
- L'Union européenne impose aux Etats membres des objectifs de durabilité. - Système de soutien aux énergies vertes : augmentation annuelle des quotas de CV, du nombre de CV octroyés par installation verte, des taxes –comme l'illustre l'annonce récente de modification de taxe pour le secteur photovoltaïque-, révision tous les deux ans du système (section 123). - L'Agence internationale de l'Energie recommande au gouvernement wallon d'adapter son système de taxation –qui va augmenter le prix de l'électricité (p13). - Le gouvernement actuel souhaite relancer l'économie en soutenant le développement des PME. - La disparité observable entre les partis politiques crée un risque de volte-face de la politique énergétique d'une élection à l'autre. - Une réforme de l'impôt des sociétés est en discussion actuellement. - Des aides à l'investissement existent comme le subside UDE.	- Un nombre élevé de changements de fournisseurs d'électricité témoigne de la recherche de nouvelles solutions en matière d'énergie. - Le nombre d'exploitation agricole wallonne chute mais leur taille augmente. - Le prix de l'électricité de détail ne cesse de grimper - o ...mais reste trop bas que pour attirer les investissements - Le prix des énergies fossiles est en recrudescence. - o Ceci diminue l'urgence de développer des sources d'énergie verte et du soutien. - o Mais cela augmente le revenu de la population, dont les agriculteurs, qui peut dès lors procéder à de nouveaux investissements. - Les prix et marge bénéficiaire des produits issus de l'agriculture sont faibles. - Une évolution des taux d'intérêts des organismes prêteurs découragerait les agriculteurs d'investir. - L'évolution du PIB par habitant –qui influence les montants d'investissements- ainsi que de l'inflation peuvent influencer les décisions du segment cible. - La raréfaction du pétrole de plus en plus accrue rend les acteurs plus ouverts aux solutions énergétiques alternatives.	- Les plaintes du voisinage des exploitations agricoles à propos des nuisances apportées par l'activité agricole sont la source d'une envie de redessiner le paysage agricole (étude de marché). - Une pénurie de main-d'œuvre dans le secteur agricole est observable (étude de marché). - L'apparition du mouvement de respect et de préservation de l'environnement favorise le développement des sources vertes d'énergie. - La médiatisation des risques de non-approvisionnement sensibilise la population au besoin de la Wallonie de propulser la production locale d'énergie. - L'introduction de cultures énergétiques en compensation d'un manque de déchets organiques sur site alimente un débat. - Un phénomène de Not in My Back Yard –« pas dans mon jardin »- est à observer pour l'implantation d'énergies renouvelables. Les leaders opinions peuvent dès lors influencer la masse.
Influences technologiques	Influences environnementales	Influences légales
- Les filières de production d'électricité vertes sont plus coûteuses que les filières traditionnelles. - La filière photovoltaïque ne requiert pas de temps, peu de démarches administratives et est déjà connue du segment visé. - La durée de vie d'un moteur est aujourd'hui limitée à 7 ans. - Les premières installations de biométhanisation ont une réputation maussade et sont à l'arrêt aujourd'hui. - Plusieurs entreprises européennes réalisent des tests sur des prototypes qui représentent un possible d'apport de nouvelles technologies sur le marché.	- Les facteurs météorologiques influencent grandement la production et donc le revenu d'un agriculteur mais aussi le prix de l'électricité sur la bourse Belpex. - La saisonnalité de l'activité agricole rend les exploitants disponibles en hiver mais en suractivité en été. - La COP21 représente un des événements changeant les mentalités des dirigeants d'entreprises et les politiques en matière de réchauffement climatique et de diminution des émissions. - Un durcissement de la protection de l'environnement est à observer et est la source de nouvelles obligations légales. Peu de ressources naturelles sont originaires de Belgique, ce qui implique une importation de celles-ci.	- Les installations de biométhanisation sous soumises à des normes de construction et à des octrois de permis. - Les mises à jour de normes s'adressant aux fermiers –comme l'obligation de traiter les déchets organiques produits sur site- les obligent à investir pour aligner leur situation aux prérequis légaux. - Le digestat est considéré comme un déchet –et n'est donc pas économiquement valorisable. - Un renforcement des contraintes liées à la sécurité des produits et à l'émission de polluants est observable. - L'impôt progressif dont peuvent bénéficier les petites sociétés représente une aide légalement définie.

H.2 Analyse VRIO sur les sources d'avantages concurrentiels de la société Ogees

Le premier critère cherche à comprendre si la ressource génère de la valeur pour le client. Le second pose la question de savoir si la capacité est détenue par un petit nombre de concurrents. Le troisième critère analyse la difficulté rencontrée par les concurrents pour atteindre la même capacité. Enfin, le quatrième et dernier critère cherche à savoir si l'organisation est telle qu'elle peut exploiter cette capacité. Pour chaque critère, il est ensuite indiqué si celui-ci est source d'un avantage temporaire ou durable dans le temps et s'il a un impact économique faible, moyen ou élevé.

H.2.1 Première source d'avantage concurrentiel

Ressource 1 : Considération de l'environnement					
Valeur	Rareté	Inimitabilité	Organisation	Implication concurrentielle	Implication économique
Oui	Oui	Non	Oui	Temporaire	Faible

FIGURE H.1 – Analyse VRIO de la première ressource.

Bien que les préoccupations sociétales soient de plus en plus considérées dans les entreprises, nous pensons qu'il est tout de même rare de trouver la considération de l'environnement dans l'une des valeurs fondamentales d'une entreprise. Cet état d'esprit donne à la société Ogees un avantage concurrentiel temporaire, le temps que les concurrents et fabricants de produits substitués intègrent davantage cette notion d'environnement. Économiquement, c'est surtout lorsque l'on considère la Customer Lifetime Value, sur le long terme, que cette ressource apporte de la valeur, puisqu'elle sera source de confiance, de bouche-à-oreille et de renouvellement d'achats auprès de la société Ogees.

H.2.2 Deuxième source d'avantage concurrentiel

Ressource 2 : Usage de matériaux résistants et de qualité					
Valeur	Rareté	Inimitabilité	Organisation	Implication concurrentielle	Implication économique
Oui	Oui	Non	Oui	Temporaire	Moyenne

FIGURE H.2 – Analyse VRIO de la deuxième ressource.

Suite aux recherches effectuées par l'équipe Ogees au sein du CTA, il a été possible de déterminer les critères –comme le rendement du moteur ou encore sa durée de vie–, qui seraient

analysés lors du choix des matériaux. De plus, les compétences techniques de deux des membres d'Ogees seront mises à profit pour ces choix.

H.2.3 Troisième source d'avantage concurrentiel

Ressource 3 : Information transparente					
Valeur	Rareté	Inimitabilité	Organisation	Implication concurrentielle	Implication économique
Oui	Oui	Non	Oui	Durable	Elevée

FIGURE H.3 – Analyse VRIO de la troisième ressource.

Une information transparente peut représenter un impact économique élevé et peut faire toute la différence pour convaincre le public cible, comme il l'a été indiqué dans l'analyse de l'étude de marché et dans la littérature (Rulot, 2011). En outre, ceci peut s'avérer être une source de distinction majeure sur le long terme par rapport à d'éventuels concurrents.

H.2.4 Quatrième source d'avantage concurrentiel

Ressource 4 : Avantage du premier entrant					
Valeur	Rareté	Inimitabilité	Organisation	Implication concurrentielle	Implication économique
Oui	Oui	Oui	Oui	Temporaire	Elevée

FIGURE H.4 – Analyse VRIO de la quatrième ressource.

La société Ogees propose une technologie qui n'est pas encore proposée aux agriculteurs wallons. Elle bénéficie dès lors d'un avantage du premier entrant sur le marché qu'il est possible d'exploiter.

H.2.5 Cinquième source d'avantage concurrentiel

Ressource 5 : Equipe interdisciplinaire					
Valeur	Rareté	Inimitabilité	Organisation	Implication concurrentielle	Implication économique
Oui	Oui	Non	Oui	Durable	Elevée

FIGURE H.5 – Analyse VRIO de la cinquième ressource.

L'équipe initiatrice du projet représente un avantage durable et à impact économique élevé. C'est pourquoi cette dernière ressource est à exploiter au mieux. En effet, il sera important d'utiliser les compétences des uns pour combler les lacunes des autres. De même, les apports de connaissances techniques, juridiques et managériales seront à combiner afin de proposer à nos clients des solutions réfléchies, transparentes et de qualité.

Annexe I

Annexes relatives aux aspects financiers

I.1 Estimation de la demande pour les unités de la sociétés Ogees

Parmi les 12 902 exploitations agricoles wallonnes, 2 622 ont une orientation technico-économique dans le bovin viandeux –ce qui signifie que l’estimation qui suit ne tient pas compte du potentiel de marché se trouvant dans les exploitations ayant un élevage mixte, soit composé de bovins viandeux et laitiers. Cependant, de nombreux critères supplémentaires doivent être remplis avant de considérer qu’un exploitant ne soit intéressé par telle installation. En effet, il faut tout d’abord que ces exploitations détiennent suffisamment de têtes bovines –environ 60 selon les chiffres de Valbiom (2016a). Si l’on se réfère aux résultats obtenus en annexe F.4.7, 16 des 18 exploitations visitées¹ possèdent suffisamment de têtes bovines d’un point de vue technique pour une telle unité. Au-delà de cela, tous les agriculteurs ne seront pas non plus intéressés par la technologie offerte. A nouveau, l’enquête a révélé que 10 des 18 exploitants se disaient être attirés par celle-ci. Encore faudrait-il que toutes ces fermes soient intéressées par une solution de vente directe –en opposition à une solution de tiers investisseurs. L’étude de marché a indiqué que 11 des 18 agriculteurs appréciaient la vente directe afin de conserver un contrôle sur les activités ayant lieu au sein de leur exploitation. Une ferme qui dispose techniquement des matières organiques requises pour l’installation –le fumier-, dont l’exploitant a un intérêt pour la technologie et apprécie la solution de vente directe doit toutefois encore disposer des montants d’investissements que ces unités requièrent. Selon l’enquête, 15 des 18 exploitants ont procédé sur les dernières années à des investissements majeurs –nous fixons un minimum de 150 000€

1. Nous ne comptons pas la ferme00, qui est une ferme de recherche

investis les dernières années par le participant pour déterminer le seuil de gros investissements. Enfin, un exploitant réunissant toutes ces conditions doit encore opter pour l'entreprise Ogees en particulier. Nous estimons que la SCRL Ogees peut couvrir 25% des parts de ce marché qui est fort peu concurrentiel en Wallonie, comme expliqué précédemment à la section 7.5.2, ce ne sont pas moins de 165 exploitants qui choisiraient les unités d'Ogees.

I.2 Offre de vente pour un conteneur de la marque ARDEN



Dossier CT17/03/024

Date 16/03/2017

OFFRE DE VENTE - Valable 5 jours

Mr Adrien Dewalque

adrien.dewalque@ogees.org

0499/08 90 28

Vente et location de container

Livraison

4577 Strée - Modave

<u>Quantité</u>	<u>Equipement</u>	<u>Montant</u>	<u>TOTAL</u>
1	Container maritime 20 p occasion <i>Longueur 6 m x largeur 2 m 50 x hauteur 2 m 60</i>	1450	€ 1.450,00
1	Container maritime 20 p neuf - 1er voyage <i>Longueur 6 m x largeur 2 m 50 x hauteur 2 m 60</i>	2600	€ 2.600,00
1	Container maritime 10 p occasion <i>Longueur 3 m x largeur 2 m 50 x hauteur 2 m 60</i>	1850	€ 1.850,00
1	Container maritime 10 p neuf - 1er voyage <i>Longueur 3 m x largeur 2 m 50 x hauteur 2 m 60</i>	2700	€ 2.700,00
Transport - Livraison par camion grue			1,90 €/km/20p
			2,15 €/km/40p
Aller - Retour notre dépôt		155 km/20p	€ 294,50
		155 km/40p	€ 333,25
Manutention			Compris 30 minutes
Placement du container			92,50 € de l'heure supplémentaire
		Total HTVA	
		TVA (21%)	€ -
		TOTAL TVAC	€ -

Conditions particulières

- 1/ La mise à niveau du terrain doit être faite par vos soins
- 2/ Le chantier doit être accessible par camion grue, pas de passage dans un pré, champs ou autre. Le passage ne doit pas être encombré par des branches à une hauteur minimum de 4m

Dans le cas où le chantier ne serait pas accessible, nous nous verrons contraints de vous facturer les frais de transport, à raison de 1,90 € ou 2,15€/km parcouru. Le container pourra être déposé à côté du camion

- 3/ Livraison du container après réception du paiement

Attention : nos prix s'entendent HTVA

I.3 Extrait de comptes annuels

Page : 1

Bilan interne
Exercice 2010
01/01/2010 - 31/12/2010

ACTIFS IMMOBILISES		20/28	6.002,34
Immobilisations corporelles (ann. I; B)		22/27	5.952,34
B. Installations; machines et outillage		23	3.213,25
232000 MATERIEL D'EXPLOITATION			7.055,24
232009 AMORT S/MAT.D'EXPLOITATION			(3.841,99)
C. Mobilier et matériel roulant		24	2.739,09
240000 MOBILIER BUREAU			1.971,49
240009 AMORT.S/MOBILIER BUREAU			(1.470,56)
240100 MATERIEL DE BUREAU ET INFORMATIQUE			4.784,79
240109 AMORT.S/MATERIEL DE BUREAU ET INFORMATIQ			(3.276,44)
240200 LOGICIELS INFORMATIQUES			797,08
240209 AMORT.S/LOGICIELS INFORMATIQUES			(199,27)
241000 MATERIEL ROULANT			825,00
241009 AMORT.S/MATERIEL ROULANT			(693,00)
Immobilisations financières (ann. I; C et II)		28	50,00
288020 CAUTION SERVICE SOCIAL			50,00
ACTIFS CIRCULANTS		29/58	47.229,30

FIGURE I.1 – Extrait anonymisé des comptes annuels internes obtenus d'une entreprise similaire à Ogees.

I.4 Publication dans Le Sillon Belge

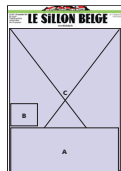
Une annonce sous la forme d'une page A4 en publicité rédactionnelle sera publiée une fois par an. Le supplément de la double couleur a également été incorporé dans le plan financier.

Tarif

2017



LE SILLON BELGE LANDBOUWLEVEN



Nombre d'exemplaires - Aantal exemplaren

Le Sillon belge
17.968

Landbouwleven
24.870

Publicités cover (modules) - Advertenties cover (modules)

Cover I Pavé A/Voorcover Pavé A	209 x 80 H
Cover I Pavé B/Voorcover Pavé B	49 x 35 H
Cover I Dossier C/Voorcover dossier C	209 x 256 H
Cover IV 1 page/Achtercover 1 pagina	209 x 294 H
Cover IV 1/2 p./Achtercover 1/2 p.	209 x 145 H
Cover IV 1/4 p./Achtercover 1/4 p.	209 x 71 H

Prix noir/blanc par édition	Prix quadri par édition
€	€
1.630	2.330
290	400
	3.070
2.250	3.330
1.250	2.260
640	1.440

Publicités pages rédactionnelles (modules) - Advertenties redactionele pagina's (modules)

1/32 pag.		H	49 x 35 H		€	€
1/16 pag.	V	49 x 71 H	H	102 x 34 H	80	140
1/8 pag.			H	102 x 71 H	150	280
1/4 pag.	V	49 x 294 H	H	209 x 71 H	300	550
1/3 pag.			H	209 x 91 H	600	1.120
1/2 pag.	V	102 x 294 H	H	209 x 145 H	800	1.470
1 pag.					1.140	2.160
Pana/2/1 pagina					2.100	3.150
					3.390	5.200

Suppléments - Toeslagen

	%		%
Pag. 3	+40%	Pag. 9	+15%
Pag. 5	+25%	Pag. de droite/Rechter bladzijde	+12%
Pag. 7	+20%	Rubrique préférentielle/Rubriek van voorkeur	+15%

Publicités pages commerciales (modules) - Advertenties commerciële pagina's (modules)

				€	€	
Module 1		H	39 x 34 H	40	75	
Module 2	V	39 x 71 H	H	81,5 x 34 H	80	145
Module 3	V	39 x 108 H		110	210	
Module 4	V	39 x 145 H	H	81,5 x 71 H	150	285
Module 5	V	81,5 x 108 H	H	124 x 71 H	225	425
Module 6	V	39 x 294 H	H	81,5 x 145 H	300	570
Module 7			H	124 x 108 H	350	665
1/4 pag.			H	209 x 71 H	390	845
3 1/2 col./kol.	V	124 x 145 H		470	905	
1/3 pag.			H	209 x 91 H	600	1.155
2 col./kol.	V	81,5 x 294 H		720	1.375	
1/2 pag.			H	209 x 145 H	870	1.630
1 pag.				1.430	2.450	

Occasion de la semaine (full color avec photo) - Occasie van de week (full color met foto)

Journal + Internet/krant + Internet	1 col x 46 mm H	€
		49

Offre d'emploi - Werkaanbiedingen

				€	€
1/8 pag.		H	81,5 x 34 H	120	205
1/8 pag.		H	81,5 x 71 H	270	435
1/6 pag.		H	108 x 81,5 H	410	660
1/4 pag.		H	209 x 71 H	685	1.140
1/3 pag.	V	81,5 x 145 H		545	890
1/3 pag.		H	209 x 91 H	865	1.370
1/2 pag.	V	124 x 145 H	H	820	1.335
1 pag.			H	1.015	1.930
				1.560	2.560

Notaires & Immos - Notarissen & Immobiliën

		€	€
mm col./mm kol.	81,5 mm L	3	3
mm col./mm kol.	124 mm L	4,5	4,5

Possibilités créatives - Creative mogelijkheden

	%		%
1 couleur/kleur	+25%	2 couleurs/kleuren	+50%

Distribution garantie par la poste - Distributie per post gegarandeerd



FIGURE I.2 – Prix pour la publication d'une annonce dans le magazine Le Sillon Belge.

I.5 Calcul de la trésorerie

La figure I.3 présente le détail de la trésorerie présentée à la figure 8.10 et 8.11 de la section 8.1.5.

	T4-2017	T1-2018	T2-2018	T3-2018	T4-2018	T1-2019	T2-2019	T3-2019	T4-2019	T1-2020	T2-2020	T3-2020	T4-2020
Résultat d'exploitation	-38116,49	-6637,33	-13554,71	-13554,71	-13554,71	-17329,71	-14068,82	-1407,84	-20786,20	10632,84	6828,85	7634,73	35305,51
+ Amortissement des immo. corporelles	624,93	624,93	624,93	624,93	624,93	624,93	624,93	624,93	624,93	624,93	624,93	624,93	624,93
+ Amortissement des immo. incorporelles	6637,40	6637,40	6637,40	6637,40	6637,40	6637,40	6637,40	6637,40	6637,40	6637,40	6637,40	6637,40	6637,40
- Variation créances commerciales	0,00	-10904,34	-48423,87	0,00	0,00	0,00	-1680,74	-10904,34	-37519,53	-50104,61	-1680,74	-9223,59	-39200,27
+ Variation dettes commerciales	7536,82	-1050,00	78440,75	0,00	1050,00	-992,08	-57,92	78498,67	-77448,67	77506,58	-57,92	0,00	79582,00
Cash flow d'exploitation	-23317,34	-11529,33	23724,51	-6292,38	-9017,38	-9479,32	10707,92	27455,27	-22033,97	41493,15	13158,40	33344,25	43613,91
- Investissements	-141525,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-5581,00
Cash-flow des activités courantes	-164843,28	-11529,33	23724,51	-6292,38	-9017,38	-9479,32	10707,92	27455,27	-22033,97	41493,15	13158,40	33344,25	38032,91
Cash-flow des activités de financement	30000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Free-Cash-Flow	-134843,28	-11529,33	23724,51	-6292,38	-9017,38	-9479,32	10707,92	27455,27	-22033,97	41493,15	13158,40	33344,25	38032,91
Trésorerie	-134843,28	-146372,62	-122646,11	-128940,48	-137957,86	-147437,18	-136729,26	-109273,99	-131307,95	-89814,80	-76656,40	-43312,15	-5279,23

	T4-2017	T1-2018	T2-2018	T3-2018	T4-2018	T1-2019	T2-2019	T3-2019	T4-2019	T1-2020	T2-2020	T3-2020	T4-2020
Résultat d'exploitation	-38116,49	-6637,33	-13554,71	-13554,71	-13554,71	-17329,71	-14068,82	-1407,84	-20786,20	10632,84	6828,85	7634,73	35305,51
+ Amortissement des immo. corporelles	624,93	624,93	624,93	624,93	624,93	624,93	624,93	624,93	624,93	624,93	624,93	624,93	624,93
+ Amortissement des immo. incorporelles	6637,40	6637,40	6637,40	6637,40	6637,40	6637,40	6637,40	6637,40	6637,40	6637,40	6637,40	6637,40	6637,40
- Variation créances commerciales	0,00	-10904,34	-48423,87	0,00	0,00	0,00	-1680,74	-10904,34	-37519,53	-50104,61	-1680,74	-9223,59	-39200,27
+ Variation dettes commerciales	7536,82	-1050,00	78440,75	0,00	1050,00	-992,08	-57,92	78498,67	-77448,67	77506,58	-57,92	0,00	79582,00
Cash flow d'exploitation	-23317,34	-11529,33	23724,51	-6292,38	-9017,38	-9479,32	10707,92	27455,27	-22033,97	41493,15	13158,40	33344,25	43613,91
- Investissements	-141525,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-5581,00
Cash-flow des activités courantes	-164843,28	-11529,33	23724,51	-6292,38	-9017,38	-9479,32	10707,92	27455,27	-22033,97	41493,15	13158,40	33344,25	38032,91
Cash-flow des activités de financement	195000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Free-Cash-Flow	30156,72	-11529,33	23724,51	-6292,38	-9017,38	-9479,32	10707,92	27455,27	-22033,97	41493,15	13158,40	33344,25	38032,91
Trésorerie	30156,72	18627,38	42351,89	36059,52	27042,14	17562,82	28270,74	55726,01	33692,05	75185,20	88343,60	121687,85	159720,77

FIGURE I.3 – Détail de la trésorerie pour les trois premiers exercices comptables sans -tableau du haut- et avec -tableau du bas- apports extérieurs.

I.6 Rentabilité pour l'agriculteur

La figure I.4 reprend le calcul de la rentabilité pour le cas numéro 6 exposé à la section 8.14.

	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Année 6	Année 7	Année 8	Année 9	Année 10	Année 11	Année 12	Année 13	Année 14	Année 15
Valeur Nette Actualisée (année 1 = invest.)	-138353,90	-110879,25	-81585,24	-69391,21	-56114,72	-41687,47	-26937,30	-9086,03	9240,80	28572,08	48467,87	68945,08	90021,17	111714,10	134042,38
UDE	19023,66	19023,66													
Operational Expenditure	-11063,43	-11063,43	-11063,43	-11063,43	-11063,43	-11063,43	-11063,43	-11063,43	-11063,43	-11063,43	-11063,43	-11063,43	-11063,43	-11063,43	-11063,43
Revenus (+inflat ^(*))	14853,99	15299,61	15758,60	16231,35	16718,29	17219,84	17736,44	18268,53	18816,59	19381,08	19962,52	20561,39	21178,23	21813,58	22467,99
Subsides	11578,13	11578,13	11578,13	11578,13	11578,13	11578,13	11578,13	11578,13	11578,13	11578,13	11578,13	11578,13	11578,13	11578,13	11578,13
Paiement intérêts	-6917,70	-5543,96	-4079,26	-3469,56	-2895,74	-2084,37	-1301,87	-454,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tot	-110879,25	-81585,24	-69391,21	-56114,72	-41687,47	-26937,30	-9086,03	9240,80	28572,08	48467,87	68945,08	90021,17	111714,10	134042,38	157025,07

FIGURE I.4 – Détail du calcul de la rentabilité pour le cas 6 exposé à la section 8.14.

Annexe J

Phases de développement

Activités	Sem 18 (1)	Sem 19	Sem 20	Sem 21	Sem 22	Sem 23 (5)	Sem 24	Sem 25	Sem 26	Sem 27 (3 ju)	Sem 28	Sem 29	Sem 30	Sem 31
Demandeur offres fournisseurs				Analyse Dem (Appeler fournisseur)										
Développement des hyp 1+2+3														
Remettre offre étude F				Remise de l'offre										
Etude marché auprès fermiers														
Cahier charges														
Identification armateur élec														
Identification moteurs														
Identification motoriste														
Identification fournisseurs digesteur														
Digesteur				Bordeaux									Réception O	
Plan financier clients														
Plan financier Ogees														
Offre commerciale														
Analyse besoin du clients														
Métré réel														
Coût installation														
Offre commerciale														
Prospection FFF BA InnoEnergy														
Moteur														
Conteneur														
Périphériques dans conteneur														
Périphériques généraux														
Prospection site démonstrateur														
Démonstrateur														
Rencontre BA														
prospection clients														
10 clients qui signent dt. faisabilité														
Réalisation de l'étude de faisabilité														
clients qui signent achat installation														
Création société														
Vente d'une installation														

FIGURE J.1 – Phases de développement

Activités	Sem 32 (7 a)	Sem 33	Sem 34	Sem 35	Sem 36 (4 st)	Sem 37	Sem 38	Sem 39	Sem 40 (2ot)	Sem 41	Sem 42	Sem 43	Sem 44
Demandeur offres fournisseurs													
Développement des hyp 1-2-3													
Remettre offre étude F													
Etude marché auprès fermiers													
Cahier charges													
Identification armoiré élec													
Identification moteurs													
Identification motoriste													
Identification fournisseurs digesteur													
Digesteur										Réception			
Plan financier clients													
Plan financier Ogees													
Offre commerciale													
Analyse besoin du clients													
Métré réel													
Coût installation													
Offre commerciale													
Prospection FFF BA InnoEnergy													
Moteur													
Conteneur													
Périphériques dans conteneur													
Périphériques généraux													
Prospection site démonstrateur													
Démonstrateur													
Rencontre BA													
prospection clients													
10 clients qui signent ét. faisabilité													
Réalisation de l'étude de faisabilité													
clients qui signent achat installation													
Création société													

FIGURE J.2 – Phases de développement

Activités	Sem 45 (6nc)	Sem 46	Sem 47	Sem 48	Sem 49 (4 d)	Sem 50	Sem 51	Sem 1 (1 jan)	Sem2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6 (5 fév)
Demande offres fournisseurs													
Développement des hyp 1-2-3													
Remettre offre étude F													
Etude marché auprès fermiers													
Cahier charges													
Identification armoire élec													
Identification moteurs													
Identification motoriste													
Identification fournisseurs digesteur													
Digesteur													
Plan financier clients													
Plan financier Ogess													
Offre commerciale													
Analyse besoin du clients													
Métré réel													
Coût installation													
Offre commerciale													
Prospection FFF BA InnoEnergy													
Moteur					Moteur livré								
Conteneur													
Périphériques dans conteneur													
Périphériques généraux													
Prospection site démonstrateur													
Démonstrateur													
Rencontre BA													
prospection clients													
10 clients qui signent ét. faisabilité													
Réalisation de l'étude de faisabilité													
clients qui signent achat installation													
Création société													
Vente d'une installation													

FIGURE J.3 – Phases de développement

Annexe K

Modèle 0D

K.1 Chaleur apportée

Le tableau K.1 reprend les grandeurs connues et utiles au développement :

Symbole	Valeur	Unité
$m_{a,1CH_4}$	17.32	$kg_{air} \cdot kg_{CH_4}^{-1}$
PCI_{CH_4}	50073.24	$kJ \cdot kg^{-1}$
p_N	101325	Pa
T_N	273.15	K
$\rho_{air,N}$	1.309	$kg \cdot Nm^{-3}$
$\rho_{CH_4,N}$	0.717	$kg \cdot Nm^{-3}$

TABLE K.1 – Grandeurs connues et utiles à ce développement.

L'indice N signifie que la valeur est prise aux conditions normales de température et de pression -CNTP.

Afin de déterminer la chaleur apportée, l'objectif est de déterminer la masse de méthane, m_{CH_4} , entrant dans le cylindre. Nous commençons par déterminer le volume réel du cylindre, V_1 . Celui-ci est donné par la relation suivante.

$$V_1 = V_c \cdot \frac{\tau}{\tau - 1}.$$

Ce volume est partagé entre l'air et le carburant qu'est le biogaz. Le volume de biogaz est donné par la somme des volumes de méthane et de CO_2 . Connaissant la dilution de méthane,

le volume de biogaz peut être donné uniquement en fonction du volume de méthane. Ce dernier peut être exprimé en terme de volume normalisé qui, lui même, peut être exprimé en fonction de la masse de méthane :

$$V_{bg} = V_{CH4} + V_{CO2} = V_{CH4} + V_{CH4} \cdot \frac{1 - \Psi}{\Psi},$$

$$V_{CH4} = V_{CH4,N} \cdot \frac{p_N T_1}{p_1 T_N} = \frac{m_{CH4}}{\rho_{CH4,N}} \cdot \frac{p_N T_1}{p_1 T_N}.$$

Le volume d'air est également obtenu en fonction du volume normalisé qui peut ensuite être donné en fonction de la masse d'air. La masse d'air peut finalement être exprimée en fonction de la masse de méthane par le biais du pouvoir comburivore et de la richesse du mélange.

$$V_{air} = V_{air,N} \cdot \frac{p_N T_1}{p_1 T_N} = \frac{m_{air}}{\rho_{air,N}} \cdot \frac{p_N T_1}{p_1 T_N},$$

$$m_{air} = m_{CH4} \cdot \frac{m_{a,1}}{\phi}.$$

Le volume total, somme des volumes de biogaz et d'air, peut donc être exprimé sous la forme suivante :

$$V_1 = \frac{m_{CH4} \cdot m_{a,1}}{\phi \cdot \rho_{air,N}} \cdot \frac{p_N T_1}{p_1 T_N} + \frac{m_{CH4}}{\rho_{CH4,N}} \cdot \frac{p_N T_1}{p_1 T_N} \cdot \left[1 + \frac{1 - \Psi}{\Psi} \right].$$

Nous obtenons de cette équation la masse de méthane entrant dans le cylindre qui, multipliée par le PCI du méthane, nous donne la chaleur apportée au cylindre,

$$Q = m_{CH4} \cdot PCI_{CH4}.$$

que nous nous pouvons adimensionnaliser de la façon suivante :

$$\tilde{Q} = \frac{Q}{p_1 \cdot V_1}.$$

K.2 Composition des gaz

A composition constante, la capacité calorifique à pression constante est déterminée avec une fonction janaf se basant sur les polynômes de la NASA (NASA, 1994). Il est à noter que la capacité thermique c_p renvoyée par cette fonction est donnée en $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \text{K}^{-1}$. L'autre capacité calorifique est elle déduite à partir de la relation de Mayer pour un gaz parfait :

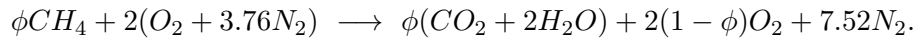
$$\mathcal{R} = 8.3145 \quad \text{kJ} \cdot \text{kmol}^{-1} \text{K}^{-1},$$

$$c_p - c_v = \frac{\mathcal{R}}{\text{Mm}_g} = R.$$

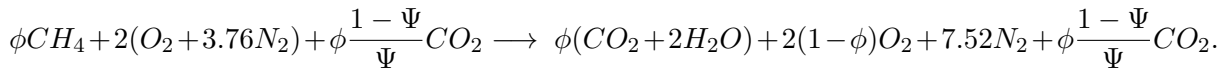
Où $\mathcal{R}$ est la constante des gaz parfaits et Mm_g est la masse molaire du gaz concerné. Le coefficient adiabatique est donc donné par :

$$\gamma = \frac{c_p}{c_p - R}. \quad (\text{K.1})$$

Lors de la combustion, en plus de varier en température et en pression, le gaz va changer de composition en passant de masse fraîche imbrûlée, à masse brûlée. La réaction de combustion complète du méthane est la suivante :



Cette équation est uniquement valable lorsque $\phi \leq 1$ soit quand il y a excès d'air et donc combustion complète. L'équation de combustion du biogaz est semblable à celle-ci puisque nous considérons ici le CO_2 inerte de la réaction. De plus, de par l'hypothèse des gaz parfaits, la fraction molaire de CO_2 présente dans le biogaz est égale à sa fraction volumique puisque le volume molaire est constant. Nous pouvons donc écrire :



Il est possible de connaître la fraction molaire de toutes les molécules intervenant dans la réaction. Ceci nous permet de déterminer la composition des gaz à tout moment. En travaillant avec le coefficient d'excès d'air λ qui est l'inverse de la richesse, nous avons pour les réactifs :

$$\begin{aligned} [CH_4]_R &= \frac{\Psi}{1 + 2 \cdot \Psi \cdot 4.76 \cdot \lambda}, \\ [air]_R &= \frac{2 \cdot \Psi \cdot 4.76 \cdot \lambda}{1 + 2 \cdot \Psi \cdot 4.76 \cdot \lambda}, \\ [CO_2]_R &= \frac{1 - \Psi}{1 + 2 \cdot \Psi \cdot 4.76 \cdot \lambda}. \end{aligned}$$

A partir de ces fractions molaires, nous pouvons déterminer la masse molaire de la masse fraîche et sa capacité calorifique :

$$\text{Mm}_{\text{fraiche}} = [CH_4]_R \cdot \text{Mm}_{CH_4} + [CO_2]_R \cdot \text{Mm}_{CO_2} + [air]_R \cdot \text{Mm}_{air},$$

$$c_{p,\text{fraiche}} = ([CH_4]_R \cdot c_{p,CH_4} \cdot \text{Mm}_{CH_4} + [CO_2]_R \cdot c_{p,CO_2} \cdot \text{Mm}_{CO_2} + [air]_R \cdot c_{p,air} \cdot \text{Mm}_{air}) / \text{Mm}_{\text{fraiche}}.$$

Par un développement similaire, nous obtenons la masse molaire $Mm_{fumée}$ et la capacité thermique $c_{p,fumée}$ des fumées.

Finalement, en supposant connu x_b l'avancement de la combustion, nous pouvons connaître la composition des gaz en tout temps et ainsi déterminer le coefficient adiabatique γ . En effet x correspond à la fraction de gaz brûlés et $(1 - x_b)$ à celle des gaz imbrûlés. Nous avons donc :

$$Mm_{tot} = (1 - x_b) \cdot Mm_{fraiche} + x_b \cdot Mm_{fumée},$$

$$c_{p,tot} = ((1 - x_b) \cdot c_{p,fraiche} \cdot Mm_{fraiche} + x_b \cdot c_{p,fume} \cdot Mm_{fumee}) / Mm_{tot}.$$

Et finalement, par la relation K.1, nous obtenons γ .

K.3 Géométrie du cylindre

Le rapport de compression, τ , d'un moteur est défini comme étant le rapport entre le volume maximal et minimal soit, respectivement, quand le piston est à son point mort bas V_{PMB} et quand il est à son point mort haut V_{PMH} . Ce rapport est également dit «géométrique» :

$$\tau = \frac{V_{PMB}}{V_{PMH}}.$$

Ce rapport diffère du rapport de compression effectif, τ' . En effet, ce dernier prend en compte le moment de fermeture de la valve d'admission. Dans la plupart des moteurs, la fermeture survient plusieurs degrés après que le point mort bas soit atteint, ce qui résulte un volume au moment de la fermeture, V_{FVA} , plus petit que le volume au point mort bas. Ce rapport est dit effectif car la compression ne peut commencer que quand la valve est fermée :

$$\tau' = \frac{V_{FVA}}{V_{PMH}}.$$

Dans notre modèle, nous considérons en première approximation que les valves se ferment effectivement aux points morts du piston et qu'il n'y a pas d'*overlap*. Les taux de compression effectif et géométrique sont donc confondus.

K.4 La combustion

L'article propose des corrélations pour définir l'équation de Wiebe. Il étudie l'effet de 5 facteurs sur les paramètres a , m et $\Delta\theta$. Ces facteurs sont le rapport de compression qui est varié de 14 à 8.4, la vitesse de rotation variée de 3000 à 1000 tr/mi., l'excès d'air allant de 1.5 à 1, l'avance à l'allumage allant de 0 à -40° et finalement, la proportion de CO_2 , Ψ , dans le biogaz allant de 40 % à 0. En fonction de ces facteurs, 8 types de conditions initiales -pression et température- ont été utilisées. Le programme utilisé pour réaliser cette simulation est le programme FLUENT qui se base sur la méthode des éléments finis. Plus d'informations sur les équations gouvernant cette simulation peuvent être trouvées dans l'article en question (Carrera et al., 2013).

L'article définit des variables codées qui sont utilisées dans l'expression de a , m et $\Delta\theta$:

$$\begin{aligned}x_1 &= \frac{\tau}{2.8}, \\x_2 &= 0.001 \cdot N - 2, \\x_3 &= 4\lambda - 5, \\x_4 &= 0.05\theta_0 + 1, \\x_5 &= 0.05\Psi - 1.\end{aligned}$$

Grâce à la simulation, l'article met au point une première corrélation pour la durée de la combustion :

$$\Delta\theta = 42.0 - 6.625x_1 + 6.25x_2 + 15.375x_3 + 4.0625x_4 + 0.0625x_5 \quad \text{deg.}$$

Cette équation donne une erreur moyenne absolue de 8.789 degrés. Afin d'affiner cette corrélation, l'auteur effectue une analyse par diagramme de Pareto. Ce diagramme étudie l'influence de chaque paramètre ainsi que leur interdépendance. Cette analyse résulte en une nouvelle corrélation qui n'aura plus qu'une erreur moyenne absolue de 8.18 degrés.

$$\Delta\theta = 42.0 + 15.375x_3 - 6.625x_1 + 6.25x_2 - 4.313x_2x_4 + 4.0625x_4 \quad \text{deg.}$$

De la même façon, l'article aboutit à des corrélations pour les paramètres a et m :

$$a = 6.755 - 2.167x_3 - 1.078x_4 - 0.813x_2 - 0.79x_3x_4 + 0.788x_1x_2,$$

$$m = 1.675 - 0.831x_3 - 0.75x_4 + 0.369x_1 + 0.206x_1x_2 - 0.188x_2x_4.$$

Il est à noter que le coefficient x_5 n'intervient pas dans les corrélations établies. Cela ne signifie pas que la quantité de CO_2 n'influe pas sur la combustion mais bien que les autres facteurs ont une plus grande importance. Par exemple, changer l'excès d'air de 1 à 1.5 dilue bien plus le méthane que lorsque la concentration de CO_2 passe de 0 à 40 %.

Finalement, avec ces trois corrélations, l'équation de Wiebe, et donc la combustion, est totalement définie.

K.5 Transfert de chaleur pariétal

Le transfert de chaleur pariétal constitue une perte pour le cycle moteur. Ce transfert de chaleur se fait par convection à la paroi du cylindre. L'expression du flux de chaleur perdu est donné par :

$$\dot{Q}_{pertes} = \frac{dQ_{pertes}}{dt} = h_{conv}A(\theta) \cdot (T - T_{wall}).$$

Avec h_{conv} le coefficient de convection de chaleur, $A(\theta)$ la surface effective du cylindre à un angle donné de vilebrequin, T la température dans le cylindre et T_{wall} la température à la paroi. Le coefficient de convection de chaleur est lui déterminé à l'aide de corrélations déterminées expérimentalement. Dans notre simulation nous comparons deux de ces corrélations à savoir les corrélations de Woschni et Hohenberg.

La corrélation de Woschni est donnée par (Ferguson & Kirkpatrick, 2015) :

$$h_{conv} = 129.8p^{0.8}w^{0.8}D^{-0.2}T^{-0.55} \quad \text{W} \cdot \text{m}^{-2}\text{K}^{-1}.$$

Avec p la pression en bar, D l'alésage du piston en mètre, T la température en Kelvin et finalement w la vitesse caractéristique des gaz en mètres par seconde. w est proportionnel à la vitesse moyenne du piston u pendant l'admission, la compression et l'échappement. Pendant la combustion et la détente, lorsque les valves sont fermées, il est considéré que la vitesse des gaz est accélérée par la combustion. Son expression est donnée par :

$$w = C_1u + C_2\frac{V_cT_1}{p_1V_1}(p - p_m).$$

Avec les coefficients C_1 et C_2 dépendant de la géométrie du moteur et de la phase considérée

et sont définis expérimentalement. N'ayant pas la possibilité de les définir expérimentalement, nous prenons les valeurs données par le livre de Ferguson et Kirkpatrick (2015) : $C_1 = 2.28$ pour toute phase et $C_2 = 0.00324$ pour la combustion et la détente est nulle en dehors de ces phases. p_m est la pression motoring ou encore la pression si il n'y avait pas de combustion. Celle-ci est donnée par la relation adiabatique suivante :

$$p_m = p_1 \left(\frac{V_1}{V(\theta)} \right)^\gamma.$$

Finalement, l'expression du flux de perte de chaleur pariétal peut être donnée sous forme adimensionnelle de la façon suivante :

$$\frac{d\tilde{Q}_1}{d\theta} = \tilde{h}(1 + \beta\tilde{V})(\tilde{p}\tilde{V} - \tilde{T}_{wall}).$$

Avec,

$$\tilde{h} = \frac{4hT_1}{p_1\omega\beta D}, \quad \tilde{Q} = \frac{Q}{p_1V_1}, \quad \tilde{T} = \frac{T}{T_1}.$$

Avec ω la vitesse de rotation du moteur en rad/s et β une constante :

$$\beta = \frac{4V_1}{D(A_{PMH} - 4V_{PMH}/D)}.$$

Où A_{PMH} représente la surface des parois du cylindre au point mort haut.

Hohenberg propose une autre corrélation pour le coefficient de convection de chaleur. Hohenberg (1979) a noté que la corrélation de Woschni sous-estimait le transfert de chaleur pendant la compression et sur-estimait ce transfert pendant la combustion ce qui menait à une sur-estimation du flux moyen de chaleur pendant le cycle. La corrélation de Hohenberg est la suivante :

$$h_{conv} = C_1 V^{-0.06} p^{0.8} T^{-0.4} (C_2 + u) \quad \text{W} \cdot \text{m}^{-2} \text{K}^{-1}.$$

Où V représente le volume instantané dans le cylindre et où les constantes $C_1 = 130$ et $C_2 = 1.4$ sont établies sur base d'expérimentations sur 6 moteurs (Lounici, Loubar, Balistrout, & Tazerout, 2011).

Le résultat de nos simulations vont dans le même sens que Hohenberg. En effet, nous notons également que la corrélation de Woschni sous-estime le transfert de chaleur pendant la compression

et sur-estime ce transfert pendant la combustion, ce qui mène dans notre cas à un avance à l'allumage fort proche du point mort haut. Les résultats présentés sont donc obtenus en utilisant la corrélation de Hohenberg dans notre modèle.

Annexe L

Dimensionnement

L.1 Échangeurs

Dans le dimensionnement qui suit, nous utilisons plusieurs paramètres caractérisant le fluide. Ces paramètres sont, la viscosité dynamique μ , la conductivité k , la capacité thermique c_p et le nombre de Prandtl Pr . Ces paramètres variant avec la température, nous les prenons systématiquement dans des tables thermodynamiques pour la température moyenne de leur utilisation.

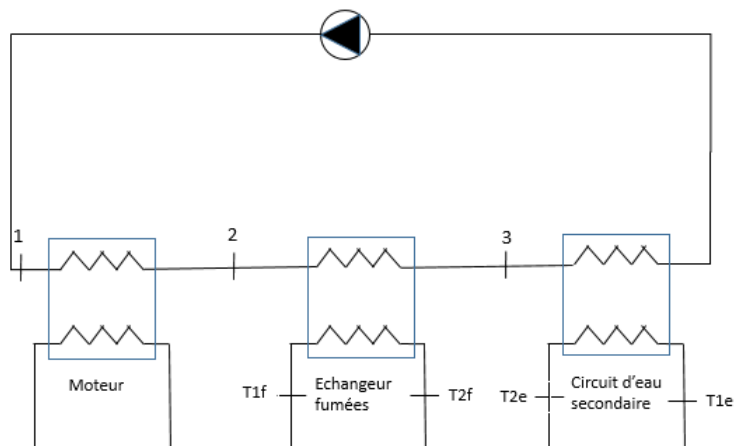


FIGURE L.1 – Circuit de refroidissement de notre cogénération

Paramètres définis par la simulation :

- La température des fumées à la sortie du moteur est assimilée à la température en fin de détente donnée par la simulation. Cette température est $T1f = 1027K$;

- Le débit des fumées est également donné par la simulation : la composition du biogaz, la cylindrée du moteur, la richesse et le pouvoir comburivore nous donne la masse d'air et de biogaz entrant dans le moteur à chaque cycle. Par la loi fondamentale de conservation de la masse, nous savons que ces masses d'air et de carburant se retrouvent dans les fumées m_f . La vitesse de rotation ω nous permet finalement de déterminer le débit de fumées :

$$\dot{m}_f = m_f \cdot \frac{\omega}{4\pi} = 0.0167 \text{ kg/s.}$$

- La chaleur récupérable à partir du refroidissement est déterminée à partir des pertes pariétales et des pertes par frottement calculées dans la simulation. Nous déterminons également la puissance récupérable des fumées.

$$P_{th,moteur} = 7.87 \text{ kW,}$$

$$P_{th,fumées} = 11.38 \text{ kW.}$$

Paramètres posés :

- La température en sortie d'échangeur tubulaire est posée à $T2f = 180^\circ C$. Cette température permet d'éviter le phénomène de condensation du soufre présent dans les fumées qui est corrosif ;
- La température du liquide de refroidissement d'entrée dans le moteur au point 1 : $T_1 = 75^\circ C$. Cette valeur est redéfinie en fonction du débit que le circulateur peut fournir ;
- La température du liquide de refroidissement au point 3 : $T_3 = 90^\circ C$. Cette valeur est fixe. Elle permet d'éviter le risque d'ébullition du liquide de refroidissement même si il y a une dépressurisation du circuit ;
- Les températures d'entrée et de sortie de l'eau de circuit secondaire dépendent de l'utilisation de la chaleur. La chaleur est utilisée pour chauffer le digesteur mais peut être, en plus de ça, utilisée comme eau de chauffage ou sanitaire. Nous posons ici ces valeurs à : $T1e = 60$ et $T2e = 75^\circ C$ qui permettent une utilisation pour eau de chauffage ;
- La composition du liquide de refroidissement est 40% de glycol et 60%. Le glycol permet

d'éloigner le point d'ébullition et le point de congélation de l'eau. Avec cette quantité de glycol, nous pouvons travailler dans une gamme de température allant de -23°C à 104.4°C (The Engineering Toolbox, 2017a) ;

- Pour ce premier dimensionnement, les échangeurs sont considérés comme parfait et ont donc un rendement de 100%.

Connaissant la puissance thermique récupérable du moteur et celle des fumées étant refroidies de $T1f$ à $T2f$ et connaissant la température T_1 et T_3 , un bilan thermique peut être établi pour déterminer le débit du liquide de refroidissement :

$$P_{th,tot} = P_{th,moteur} + P_{th,fumée},$$

$$\dot{m}_{glyc} = \frac{P_{th,tot}}{c_{p,glyc} \cdot (T_3 - T_1)}.$$

Ensuite, la température au point 2 :

$$T2 = \frac{P_{th,mot}}{\dot{m}_{glyc} c_{p,glyc}} + T1.$$

Et finalement le débit d'eau du circuit secondaire est déterminé :

$$\dot{m}_{eau} = \frac{\dot{m}_{glyc} c_{p,glyc} \cdot (T3 - T1)}{c_{p,eau} \cdot (T2e - T1e)}.$$

L.1.1 Échangeur à plaques

La surface d'un canal, sa circonférence et son diamètre hydraulique sont calculés de façon directe :

$$A_{ca} = W \cdot e_{ca},$$

$$C_{ca} = 2 \cdot (W + e_{ca}),$$

$$D_{hyd} = 4 \cdot \frac{A_{ca}}{C_{ca}}.$$

Avec W et e_{ca} , la largeur de la plaque et l'épaisseur du canal inter-plaque. Ces valeurs sont données par la fiche technique reprise en annexe M.6.

La vitesse massique du fluide chaud et froid dans l'échangeur sont données par :

$$G_{glyc} = \frac{\dot{m}_{glyc}}{N_h \cdot A_{ca}}, \quad G_{eau} = \frac{\dot{m}_{eau}}{N_c \cdot A_{ca}}.$$

Avec N_c et N_h , le nombre de canaux transportant du liquide froid et chaud respectivement. Les nombres de Reynolds sont déterminés pour les deux fluides :

$$Re = \frac{G \cdot D_{hyd}}{\mu}.$$

Le coefficient de transfert thermique des deux fluides est donné par :

$$U = 0.023 \cdot \frac{k}{D_{hyd}} \cdot Re^{0.8} \cdot Pr^{0.4}.$$

Et finalement le coefficient de transfert global de l'échangeur :

$$U_{tot} = \left(\frac{1}{U_h} + \frac{1}{U_c} + \frac{t}{k_p} + 2 \cdot R_f \right)^{-1}.$$

Avec k_p le coefficient de conductivité thermique de la plaque inter-canaux et R_f Le coefficient de *fouling* estimé à 0.0002 pour de l'eau chaude (The Engineering Toolbox, 2017b). Le nouveau coefficient de transfert global obtenu est de $U_{tot} = 1729.8 \text{ W/m}^2\text{K}$. La nouvelle surface d'échange nécessaire obtenue est de 0.742 m^2 . En observant la fiche technique, nous constatons que nous devons passer à 24 plaques pour l'échangeur. Une itération supplémentaire sur le coefficient de transfert nous démontre que 24 est le bon nombre de plaques.

L.1.2 Échangeur tubulaire

Les dimensions de l'échangeur tubulaire sont données à l'annexe N.1. D est le diamètre du tube extérieur et d des tuyaux intérieurs. Dans ce développement nous considérons que la différence entre la surface intérieure et extérieure des tuyaux est négligeable. Soit n le nombre de tuyau intérieur transportant les fumées, nous déterminons, les sections de passage des tuyaux intérieurs et du tube extérieur :

$$A_{int} = 3\pi \cdot d^2/4, \quad A_{ext} = \pi D^2/4 - A_{int}.$$

Nous déterminons également leur périmètres respectifs :

$$P_{int} = 3\pi d, \quad P_{ext} = \pi D + P_{int}.$$

Grâce à ces sections et périmètres nous déterminons les diamètres hydrauliques respectifs :

$$D_{h,int} = 4A_{int}/P_{int}, \quad Dh_{,ext} = 4A_{ext}/P_{ext}.$$

Nous déterminons les nombres de Reynolds des deux écoulements pour ensuite déterminer les coefficients de transfert de chaleur des deux fluides à partir de la corrélation de Dittus Boelter :

$$Re_{ext} = \frac{\dot{m}_{glyc}}{A_{ext}} D_{h,ext} / \mu_g, \quad Re_{int} = \frac{\dot{m}_f}{A_{int}} D_{h,int} / \mu_f,$$

$$U_{glyc} = 0.023 \cdot k_{glyc} / D_{h,ext} \cdot Re_{ext}^{0.8} \cdot Pr_{glyc}^{0.4}, \quad U_f = 0.023 \cdot k_f / D_{h,int} \cdot Re_{int}^{0.8} \cdot Pr_f^{0.4}.$$

Finalement, le coefficient de transfert global est donné par :

$$U_{tot} = \frac{1}{1/U_{glyc} + 1/U_f + t/k_p}.$$

Avec t l'épaisseur de paroi des tuyaux intérieurs et k_p le coefficient de conductivité de cette paroi et égale à 50 W/mK . Nous obtenons une valeur de $U_{tot} = 91.14 \text{ W/m}^2\text{K}$. Il nous faut donc une surface d'échange de 0.4311 m^2 , soit une longueur pour l'échangeur tubulaire de $L = 1.05 \text{ m}$.

L.2 Circulateur

Nous déterminons dans les paragraphes suivants les pertes de charges à vaincre dans les différents composants du circuit de refroidissement pour ainsi donner un premier dimensionnement de notre circulateur.

L.2.1 Conduits et coudes

Le circuit du liquide de refroidissement se compose de tuyaux flexibles avec un habillage en acier inoxydable tressé et un corps en caoutchouc EPDM. Il se compose également de raccords solides en acier inoxydable tels que des coudes de 90° ou 45° . Les rugosités relatives des flexibles et des raccords sont posées à $\epsilon_{flex} = 0.07 \text{ mm}$ et $\epsilon_{flex} = 0.03 \text{ mm}$ respectivement (Neutrium, 2012a). Nous indiquons à la figure L.2 les différents raccords que comporte notre circuit de refroidissement. Ce circuit est inspiré d'une cogénération de petite puissance que nous avons pu analyser. Les photos proviennent elles aussi de cette cogénération.

Le circuit reprend, en A, un coude entrant dans l'échangeur à plaques. En B, un T sortant de l'échangeur. La partie supérieur du T est reliée au vase d'expansion pour le remplissage ou les variations de volumes du liquide de refroidissement. En utilisation normale, celui-ci

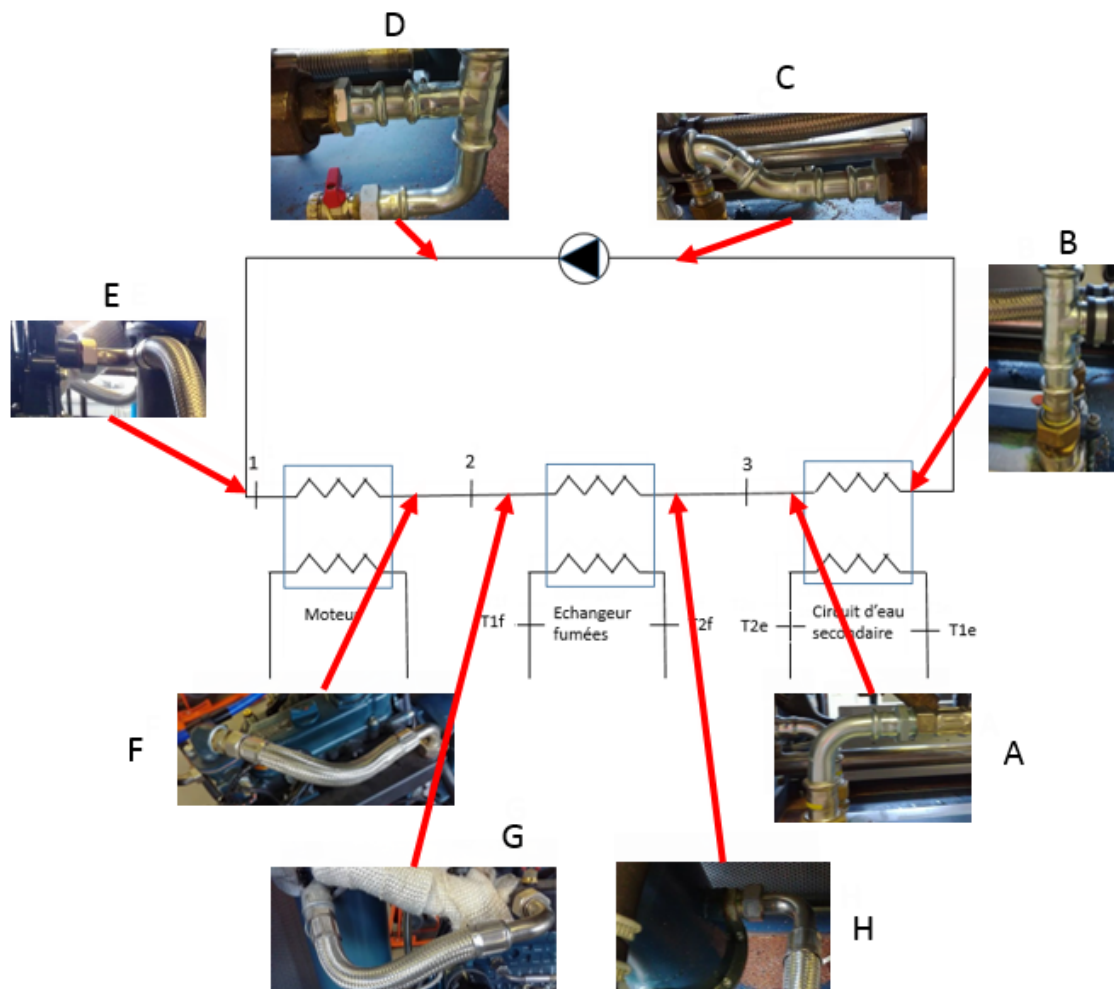


FIGURE L.2 – Circuit de refroidissement avec raccords

n'entre donc pas en compte, c'est pourquoi nous considérons ce raccord en T comme un coude classique. Nous avons en C deux coudes à 45° pour lier le raccord précédent au circulateur. En D, nous avons une nouvelle fois un raccord en T mais dont la partie inférieure n'est pas considérée, ce qui nous donne un nouveau coude. Le robinet visible sur l'image est utile à la vidange totale du liquide de refroidissement. En E, un nouveau coude amenant le liquide de refroidissement dans le moteur. Nous avons en F deux coudes visibles, l'un à pas de vis et l'autre serti. Un premier échange de chaleur est réalisé dans le collecteur d'échappement. Celui-ci est cependant simplifié comme faisant partie de l'échangeur tubulaire dans notre dimensionnement. Nous avons une nouvelle fois, en G, deux coudes reliant le collecteur à l'échangeur tubulaire. Finalement, en H, un coude sortant de l'échangeur tubulaire pour ramener le liquide à l'échangeur à plaques. Tout ces composants sont reliés entre eux par le flexible mentionné pour une longueur d'approximativement 2 mètres. Les différents composants ainsi que leurs longueurs équivalentes sont repris au tableau L.1 (Neutrium , 2012b).

Composant	Unité	$(L/D)_{eq}$
Tuyau flexible	2.0 m	-
Coude 90° serti	8	20
Coude 90° à pas de vis	1	30
Coude 45°	2	16

TABLE L.1 – Longueurs équivalentes des composants.

Le diamètre des conduits dans tout le circuit est $d = 0.02 \text{ m}$. Avec ces valeurs nous obtenons la longueur équivalente $L_{eq} = 4.44 \text{ m}$ pour les raccords solides. L'étape suivante consiste à calculer le nombre de Reynolds :

$$Re = \frac{\dot{m}_{glyc} \cdot d}{\mu_w}.$$

Avec cette valeur et les rugosités relatives ϵ/d , nous déterminons graphiquement sur le diagramme de Moody la valeur des coefficients de pertes de charges λ . Nous obtenons $\lambda = 0.032$ pour les flexibles et $\lambda = 0.028$ pour les raccords. Les pertes de charges sont finalement données par la relation suivante :

$$w_f = \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{c^2}{2} \quad J/kg.$$

Où c est la vitesse du fluide obtenue à partir du débit massique. Finalement pour obtenir la perte de charge en unité de pression, w_f est multiplié par la masse volumique du fluide. Nous obtenons une perte de charge de 4876.3 Pa .

L.2.2 Échangeur à plaques

Nous déterminons ici les pertes de charges à prévoir dans l'échangeur à plaques. Nous nous intéressons essentiellement aux pertes de charges du côté du liquide de refroidissement.

Nous déterminons le débit massique à travers le port d'entrée au canal inter-plaque qui a un diamètre $D = 0.02 \text{ m}$.

$$G_p = \frac{\dot{m}_h}{(\pi/4)D^2}.$$

Le coefficient de friction est déterminé à partir du nombre de Reynolds calculé en L.1.1 et grâce à la relation suivante :

$$f = 0.8Re^{-0.25}.$$

La relation de perte de pression pour un échangeur à plaque est donnée par Shah et Sekulic (2003) :

$$\Delta p = \frac{1.5G_p^2 n_p}{2\rho} + \frac{4fLG^2}{2D_e} \cdot \frac{1}{\rho}.$$

Avec laquelle nous obtenons une perte de pression $\Delta p = 2200 \text{ Pa}$.

L.2.3 Échangeur tubulaire

Les pertes de charges régulières sont calculées à partir de la vitesse de l'écoulement et du coefficient de friction λ déterminé à partir du nombre de Reynolds : $\lambda = 0.3164Re^{-0.25}$.

Les pertes liées à l'expansion et à la contraction sont données par les relations suivantes :

$$dp_{exp} = \frac{G}{2\rho} \cdot (1 - \sigma^2 - K_e), \quad dp_{cont} = \frac{G}{2\rho} \cdot (1 - \sigma^2 + K_c).$$

Avec K_c et K_e des paramètres déterminés à graphiquement à partir de la figure L.3 provenant du livre de référence *Fundamentals of heat exchanger design* (Shah & Sekulic, 2003). Il est à noter que l'expansion provoque une augmentation de la pression du fluide puisque, par la loi de Bernoulli, la vitesse du fluide diminuant en entrant dans une conduite de plus grosse section, la pression augmente.

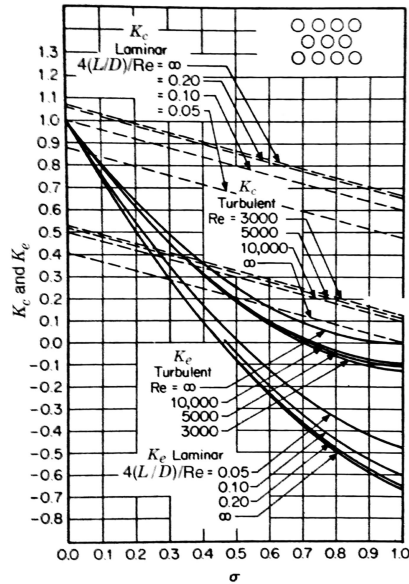


FIGURE L.3 – Détermination des coefficients K_c et K_e .

Nous obtenons finalement une perte totale dans l'échangeur tubulaire de :

$$\Delta p = \lambda \frac{L}{D_h} \frac{c^2}{2} + dp_{cont} - dp_{exp} = 7.0724 \text{ Pa}.$$

Annexe M

Fiches techniques

M.1 Lister-Petter LPW3



ALPHA SERIES

LPW3 G BUILD ENGINE

LPW3

Power ranges: 11.3—22.1 kW; 15.2—29.6 bhp

Fixed speeds: 1500, 1800, 3000, 3600 r/min

DURABLE, RELIABLE, EASY TO MAINTAIN LIQUID COOLED, G BUILD DIESEL ENGINE

SPECIAL ATTRIBUTES

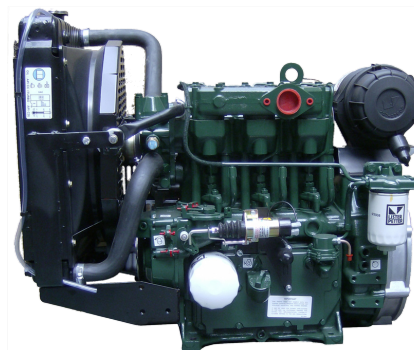
- 500-hour service intervals
- designed for continuous operation in ambient temperatures up to 52°C (122°F)
- cold start capability down to -32°C (-25.6°F)

BASIC ENGINE CHARACTERISTICS

- diesel fuelled
- direct injection
- 3 cylinders
- liquid cooled
- naturally aspirated

DESIGN FEATURES AND EQUIPMENT

- heavy duty air cleaner*
- Polyvee fan/alternator drive belt*
- inlet and exhaust manifolds*
- inlet manifold heater plugs
- fuel lift pump
- self-vent fuel system with individual fuel injection pumps
- fuel filter/agglomerator
- gear driven positive displacement type lubricating oil pump
- spin-on lubricating oil filter
- 12V starter motor*
- 12V battery charge alternator*
- safety switches*
- fuel control solenoid (energised to run)*
- mechanical governing
- radiator with fan and belt guard*
- flywheel with ring gear; 7.5" heavy flywheel for 1500/1800 r/min
- SAE 5 flywheel housing (SAE 4 optional)



LPW3 G BUILD ENGINE

- standard skid base packing
- operators' handbook
- deep sump (3600r/min only)

EMISSIONS

Models under 19kW output comply with EU Stage 3A exhaust emissions regulations.

OPTIONAL ITEMS

- oil cooler
- 24V battery charge alternator
- increased oil sump capacity (deep sump)

See also items with asterisk under Design Features and Equipment.

A range of options allows you to select a specification that matches your requirements; please consult your Lister Petter distributor.

* Optional items standard on most builds.

POWER OUTPUTS ¹

Power	r/min	1500	1800	3000	3600*
Continuous	kW	11.3	13.9	20.1	21.0
	bhp	15.2	18.6	26.9	28.1
Fuel Stop	kW	12.4	15.3	22.1	N/A
	bhp	16.6	20.5	29.6	

* Engines operating at 3600rpm are offered for standby duty only. For further information and approval please contact Lister Petter Applications Department.

Key to Emissions Compliance

EU Stage 3A only	
------------------	--

¹ RATING DEFINITIONS, TO ISO 3046

ISO Standard Conditions

Barometric pressure 100 kPa

Relative humidity 30%

Ambient temperature at air inlet manifold 25°C

Fixed speed power: continuous power (ICN)

The power in kW which the engine is capable of delivering continuously at the stated crankshaft speed, under ISO standard conditions, measured at the flywheel without power-absorbing accessories, provided that the engine is overhauled and maintained in good operating condition and that fuel to BS EN 590 Class A1 or A2, and lubricating oils to the correct performance specification and viscosity classification as recommended by Lister Petter Limited, are used.

Fixed speed power: overload power (ICXN)

The maximum power in kW which the engine is capable of delivering intermittently at the stated crankshaft speed for a period not exceeding one hour in any period of twelve hours' continuous running, immediately after working at the continuous power, under ISO standard conditions and with the provisions specified for continuous power above.

Fixed speed power: continuous power, standby.

This rating is applicable for supplying emergency power in variable load applications. Overload is not allowed.

De-rating

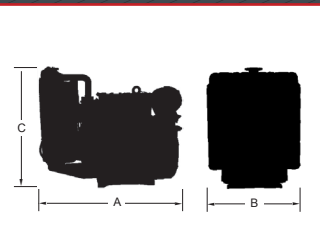
For non-standard site conditions, reference should be made to relevant BS, ISO and DIN standards.

Notes: 1. Power ratings measured at the flywheel apply to a fully run-in, non derated engine without a radiator and fan fitted, and without power absorbing accessories or transmission equipment. 2. The overload capability applies to a fully run-in engine. This is normally attained after a running period of about 50 hours. 3. Excluding radiator.

TECHNICAL DATA

Type of fuel injection	Direct	
Number of cylinders	3	
Aspiration	Natural	
Direction of rotation (flywheel end)	Anti clockwise	
Nominal cylinder bore	mm	86.0
	in	3.39
Stroke	mm	80.0
	in	3.15
Total cylinder capacity	litre	1.395
	in ³	85.13
Compression ratio	18.5:1	
Firing order (number 1 cylinder is at the gear end)	1—2—3	
Number of flywheel ring gear teeth	96	
Maximum continuous crankshaft end thrust	kgf	180
	lbf	400
Maximum permissible intake restriction at full rated speed and load	mbar	25
	in	10
Maximum permissible exhaust back pressure	mbar	75
	in	30
Lubricating oil pressure at 3000r/min and with the oil at 110°C (230°F)	bar	2.0
	lbf/in ²	29

APPROXIMATE DIMENSIONS AND WEIGHT ¹

	Dry weight	kg	150
		lb	330
Length (A)	mm	809	
	in	31.9	
Width (B)	mm	512	
	in	20.2	
Height (C)	mm	685	
	in	27	

UK

LISTER PETTER LIMITED

Long Street, Dursley, Gloucestershire, GL11 4HS, England

TEL: +44 (0)1453 544141; FAX: +44 (0)1453 546732

E-mail: sales@lister-petter.co.uk

www.lister-petter.co.uk

UAE

LISTER PETTER FZE

Dubai Silicon Oasis Headquarters,

PO Box 341077, Dubai, UAE

TEL: +971 4 372 4331; FAX: +971 4 372 4318

E-mail: sales@listerpettergroup.com

www.lister-petter.co.uk

DISTRIBUTOR'S ADDRESS

Lister Petter have made efforts to ensure that the information in this data sheet is accurate but reserve the right to amend specifications and information without notice and without obligation or liability.

M.2 Yanmar 3TNV82A(-B)



Engine Technical Data

Engine Technical Data				
	Unit	3TNV82A-DSA	3TNV82A-DSA2	3TNV82A-DSA3
General Data				
Number of Cylinders	-	3		
Engine Type	-	Inline, Water-Cooled, 4 Stroke Diesel		
Bore x Stroke	mm x mm	82 x 84		
Total Displacement	cc	1330		
Combustion type	-	Direct Injection		
Aspiration	-	Naturally Aspirated		
Valves per Cylinder	-	2		
Compression ratio	-	19.2		
Firing Order	-	1-3-2		
Performance Data				
Net Intermittent Power	HP [kW] / rpm	30.2 [22.5]/3000		
Net Continuous Power	HP [kW] / rpm	--		
Net Max Torque	ft-lb [Nm]/rpm	63.9 [86.6]/1200		
Low Idle Speed	rpm	1000+/-25		
High Idle Speed	rpm	3180+/-25		
BMEP, Net Power	Psi [kPa]	96.0 [676]		
BMEP, Cont. Power	Psi [kPa]	--		
Physical Data				
Direction of rotation	-	Counter Clockwise (view from flywheel)		
Length - Inches	Inches [mm]	22.99 [584]	21.26 [540]	20.94 [532]
Width - Inches	Inches [mm]	20.0 [508]		
Height - Inches	Inches [mm]	24.02 [610]		
Dry Weight	lbs [kg]	313 [142]	288 [131]	273 [124]
Center of Gravity:	-			
From Rear Face of Block	Inches [mm]	5.04 [128]		
From Crankshaft to Exhaust Side	Inches [mm]	0.37 [9.5]		
Above Crankshaft	Inches [mm]	3.23 [82]		
PTO System				
Flywheel	-	SAE #5	Semi SAE #5	Semi SAE #5
Flywheel Housing	-	SAE #5 (Depth 124)	Semi SAE #5 (Depth 80)	Back Plate
Gear Case	-	with SAE Hydraulic Pump Flange		
Lubrication System				
Inclination, Continuous	degree	30		
Inclination, 3 minutes Max.	degree	35		
Oil Pan Style	-	Deep		
Lubrication Oil Filter Type	-	Paper Element		
Temperature Limit (main oil pressure passage)	°F [°C]	248 [120]		
Nominal Oil Pressure	psi [kgf/cm2]	64 [4.5]		
Oil Capacity, Effective	Liters	1.9		
Total System Capacity	Liters	5.5		
Oil Change Interval, Hours	hr	250 (50, initial)		
Recommended Oil Type	API	CD, CF or higher grade		

Date: October 29, 2003

Doc. No.: YAE-Spec-03-0010 Page: 1/2

Engine Technical Data

	Unit	3TNV82A-DSA	3TNV82A-DSA2	3TNV82A-DSA3
Cooling System				
Fan Type	-	Puller		
Fan Diameter	Inches [mm]	13.19 [335]		
Number of Blades	-	5		
Fan Pulley Diameter	Inches [mm]	4.33 [110]		
Crank Pulley Diameter	Inches [mm]	4.33 [110]		
Fan Spacer Thickness - Inches [mm]	Inches [mm]	0.71 [18]		
Max. Coolant Temp.	°F [°C]	221 [105]		
Thermostat Starts Opening	°F [°C]	160±2.7 [71 ± 1.5]		
Thermostat Fully Open	°F [°C]	185 [85]		
Coolant Capacity (Engine)	Liters	1.8		
Coolant Flow (C. W. Pump)	Liters / min	40.5		
Heat Rejection at Rated Power	BTU/hr [kcal/hr]	56000 [14100]		
Fuel System				
Fuel Filter Type	-	Paper Element		
Fuel Injection Pump Type	-	Distributor Type		
Water Separator (Standard)	-	Mesh size: 100-mesh/inch, water reservoir 150 cc		
Max. Suction Head (Fuel pickup to Injection pump)	Inches [mm]	40 [1000]		
Fuel Feed Pump Type	-	Electrical		
Fuel Flow (Feed pump)	Liters / hr	60		
Max. Allowable Fuel Temperature	° F [°C]	176 [80] Fuel Injection Pump inlet		
Required Separation Distance Between Pickup & Return	Inches [mm]	min. 4 [100]		
Fuel Consumption at Net Inter. Power	lb/hp-hr [g/kW-hr]	0.42 [258]		
Intake System				
Max. Air Intake Restriction, initial	Inch Aq [kPa]	11.8 [2.9]		
Max. Air Intake Restriction, replace element	Inch Aq [kPa]	25 [6.2]		
Crankcase Ventilation Type	-	Closed		
Engine Air Flow (For sizing air cleaner)	ft^3 / min. [m^3 /min]	109 [3.1]@3000 rpm		
Exhaust System				
Max. Allowable Back Pressure, initial	Inch Aq [kPa]	51.1 [12.7]		
Max. Allowable Back Pressure, cleaning	Inch Aq [kPa]	61.4 [15.3]		
Exhaust Air Flow @ Max. Power Exhaust Temp.	ft^3/ min. [m³/min]	251 [7.1]		
Exhaust Temperature at Max. Power	° F [°C]	1202 [650]		
Exhaust Temperature at Max. Torque	° F [°C]	968 [520]		
Electrical System				
System Voltage	Volts	12 V		
Electric Stop Device	-	Stop Solenoid		
Alternator	-	12V-40A		
Starting Aid Device	-	Air Heater, 12V 400W		
Standard pre-heat time	Seconds	15		
Engine Block Heater Port	-	Exhaust Side		
Starting Motor Type	-	Reduction		
Starting Motor Power	kW	1.7		
Maximum Starter Cable Resistance	Ohm (Ω)	0.05		
Maximum Battery Cable Resistance	Ohm (Ω)	0.002		

Revision: 2

History:

Revision 2, 07/19/2004

Rearranged table

Corrected the Exhaust Air Flow @32 oF(0 oC) to Max. Power Exhaust Temp.

Manager	S. Manager	Written by

Date: October 29, 2003

Doc. No.: YAE-Spec-03-0010 Page: 2/2

M.3 Kubota D1803

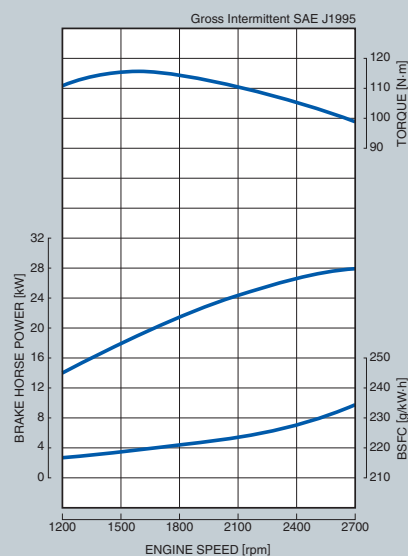


INDUSTRIAL DIESEL ENGINE

KUBOTA 03 SERIES (3-cylinder)

D1803-CR-E4B**RATED POWER****28.0kW@2700rpm**

Turbo version Shown.
Photographs may show non-standard equipment.

PERFORMANCE CURVE**FEATURES and BENEFITS****Proven Reliability and New Technology**

The latest technology and a strong performance – two things customers expect from Kubota engines. We continue to provide both by seeking excellence in three key areas: emission compliance, new strides in fully electronic controlled engines, and flexibility in products and services to customers worldwide.

Emission Compliance

Meeting rigid emission regulations can be a challenge for any company. At Kubota, our 03 Series engines have been designed to comply with the most stringent regulations: The EPA Tier4 and the EU Stage IIIA. In addition, innovative emission solutions, such as an aftertreatment device, have also been integrated into the 03 Series engines.

Clean and Quiet Power

The Common Rail System has made it possible to optimize combustion and create a more durable, quiet, and improved fuel-economy engine. By meticulously screening and controlling the exhaust gas aftertreatment components, Diesel Oxidation Catalyst (DOC) and Diesel Particulate Filter (DPF), we offer a cleaner high-performance engine.

Flexibility

When working with customers in different countries and with different engine needs, flexibility is a must. Since Kubota 03 Series engines have evolved step-by-step to meet every EPA Tier, we provide the appropriate emission regulation certified engine to any customers worldwide. Added to that, we have designed aftertreatment device with minimum package impact for easy installation.

Trust

The Kubota 03 Series is the best solution for your company's global marketing strategy. We continuously strive to meet your needs with the experience and expertise you expect and deserve.

KUBOTA 03 SERIES D1803-CR-E4B

GENERAL SPECIFICATION

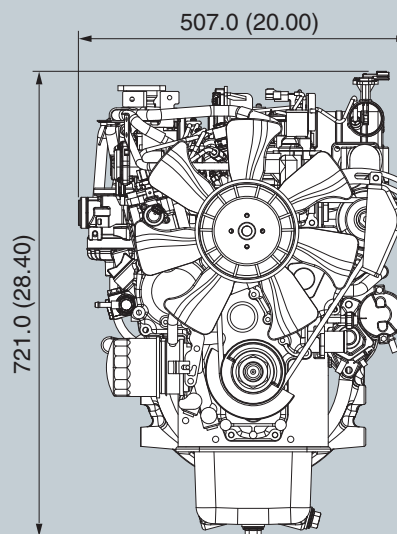
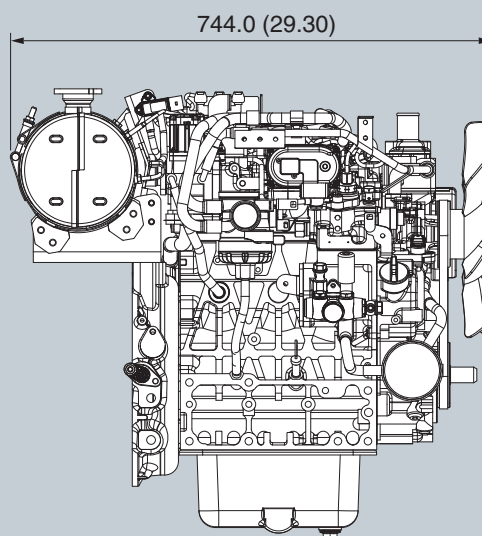
Model		D1803-CR-E4B
Emission Regulation		Tier4 / Stage III A
Type		Vertical 4-cycle liquid cooled Diesel
Number of Cylinders		3
Bore	mm (in)	87.0 (3.43)
Stroke	mm (in)	102.4 (4.03)
Displacement	L (cu.in)	1.826 (111.43)
Combustion System		DI
Intake System		Naturally Aspirated
Maximum Speed	rpm	2700
Output: Gross Intermittent	kW	28.0
	hp	37.5
	ps	38.1
Direction of Rotation		Counter clockwise Viewed on Flywheel
Oil Pan Capacity	L (gal)	7.0 (1.8)
Starter Capacity	V-kW	12-2.0
Alternator Capacity	V-A	12-60
Length	mm (in)	744.0 (29.30)
Width	mm (in)	507.0 (20.00)
Height	mm (in)	721.0 (28.40)
Dry Weight	kg (lb)	185.0 (408.0)

*Specification is subject to change without notice.

*Output: Gross Intermittent SAE J1995

*Dry weight is according to Kubota's standard specification.
When specification varies, the weight will vary accordingly.

DIMENSIONS



Final weight and dimension will depend on completed specification.



KUBOTA Corporation

2-47, Shikitsuhigashi 1-chome, Naniwa-ku, Osaka, 556-8601 Japan
Fax: 06-6648-3521

<http://engine.kubota.co.jp>

1405-01-COM'14.03. .STD

M.4 WEG W22

	Ogees	N°: 1 Date: 19-JUL-2017																																																				
FICHE TECHNIQUE Moteurs Electriques Triphasés - Rotor à cage -																																																						
Client : Angelo Rodriguez Gamme de moteur : W22 - Cast Iron Frame - Super Premium Efficiency - IE4																																																						
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 35%;">CARCASSE</td> <td>: L160L</td> </tr> <tr> <td>Puissance nominale</td> <td>: 15 kW</td> </tr> <tr> <td>Fréquence</td> <td>: 50 Hz</td> </tr> <tr> <td>Pôles</td> <td>: 4</td> </tr> <tr> <td>Vitesse à pleine charge</td> <td>: 1475 rpm</td> </tr> <tr> <td>Glissement</td> <td>: 1,67 %</td> </tr> <tr> <td>Tension à pleine charge</td> <td>: 230/400 V</td> </tr> <tr> <td>Courant à pleine charge</td> <td>: 49,6/28,5 A</td> </tr> <tr> <td>Courant de démarrage</td> <td>: 357/205 A</td> </tr> <tr> <td>Intensité de démarrage</td> <td>: 7,2</td> </tr> <tr> <td>Courant à vide</td> <td>: 24,2/13,9 A</td> </tr> <tr> <td>Couple à pleine charge</td> <td>: 97,2 Nm</td> </tr> <tr> <td>Couple de démarrage</td> <td>: 300 %</td> </tr> <tr> <td>Couple maximum</td> <td>: 320 %</td> </tr> <tr> <td>Type</td> <td>: ---</td> </tr> <tr> <td>Classe d'isolation</td> <td>: F</td> </tr> <tr> <td>Echauffement</td> <td>: 80 K</td> </tr> <tr> <td>Temps de blocage du rotor</td> <td>: 28 s (à chaud)</td> </tr> <tr> <td>Facteur de service</td> <td>: 1,00</td> </tr> <tr> <td>Service</td> <td>: S1</td> </tr> <tr> <td>Température ambiante</td> <td>: -20°C - +40°C</td> </tr> <tr> <td>Altitude</td> <td>: 1000 m</td> </tr> <tr> <td>Degré de protection</td> <td>: IP55</td> </tr> <tr> <td>Poids approximatif</td> <td>: 150 kg</td> </tr> <tr> <td>Moment d'inertie</td> <td>: 0,18125 kgm²</td> </tr> <tr> <td>Niveau de bruit</td> <td>: 61 dB(A)</td> </tr> </table>			CARCASSE	: L160L	Puissance nominale	: 15 kW	Fréquence	: 50 Hz	Pôles	: 4	Vitesse à pleine charge	: 1475 rpm	Glissement	: 1,67 %	Tension à pleine charge	: 230/400 V	Courant à pleine charge	: 49,6/28,5 A	Courant de démarrage	: 357/205 A	Intensité de démarrage	: 7,2	Courant à vide	: 24,2/13,9 A	Couple à pleine charge	: 97,2 Nm	Couple de démarrage	: 300 %	Couple maximum	: 320 %	Type	: ---	Classe d'isolation	: F	Echauffement	: 80 K	Temps de blocage du rotor	: 28 s (à chaud)	Facteur de service	: 1,00	Service	: S1	Température ambiante	: -20°C - +40°C	Altitude	: 1000 m	Degré de protection	: IP55	Poids approximatif	: 150 kg	Moment d'inertie	: 0,18125 kgm²	Niveau de bruit	: 61 dB(A)
CARCASSE	: L160L																																																					
Puissance nominale	: 15 kW																																																					
Fréquence	: 50 Hz																																																					
Pôles	: 4																																																					
Vitesse à pleine charge	: 1475 rpm																																																					
Glissement	: 1,67 %																																																					
Tension à pleine charge	: 230/400 V																																																					
Courant à pleine charge	: 49,6/28,5 A																																																					
Courant de démarrage	: 357/205 A																																																					
Intensité de démarrage	: 7,2																																																					
Courant à vide	: 24,2/13,9 A																																																					
Couple à pleine charge	: 97,2 Nm																																																					
Couple de démarrage	: 300 %																																																					
Couple maximum	: 320 %																																																					
Type	: ---																																																					
Classe d'isolation	: F																																																					
Echauffement	: 80 K																																																					
Temps de blocage du rotor	: 28 s (à chaud)																																																					
Facteur de service	: 1,00																																																					
Service	: S1																																																					
Température ambiante	: -20°C - +40°C																																																					
Altitude	: 1000 m																																																					
Degré de protection	: IP55																																																					
Poids approximatif	: 150 kg																																																					
Moment d'inertie	: 0,18125 kgm²																																																					
Niveau de bruit	: 61 dB(A)																																																					
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 20%;">Avant</td> <td style="width: 20%;">Derrière</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;">Charge</td> <td style="width: 10%;">Fact. puissance</td> <td style="width: 10%;">Rendement (%)</td> </tr> <tr> <td>Roulement</td> <td>6309 C3</td> <td>6209 Z-C3</td> <td></td> <td>100%</td> <td>0,81</td> <td>93,9</td> </tr> <tr> <td>Int. de graissage</td> <td>20000 h</td> <td>20000 h</td> <td></td> <td>75%</td> <td>0,75</td> <td>93,6</td> </tr> <tr> <td>Quantité de graisse</td> <td>13 g</td> <td>9 g</td> <td></td> <td>50%</td> <td>0,63</td> <td>92,7</td> </tr> </table>				Avant	Derrière		Charge	Fact. puissance	Rendement (%)	Roulement	6309 C3	6209 Z-C3		100%	0,81	93,9	Int. de graissage	20000 h	20000 h		75%	0,75	93,6	Quantité de graisse	13 g	9 g		50%	0,63	92,7																								
	Avant	Derrière		Charge	Fact. puissance	Rendement (%)																																																
Roulement	6309 C3	6209 Z-C3		100%	0,81	93,9																																																
Int. de graissage	20000 h	20000 h		75%	0,75	93,6																																																
Quantité de graisse	13 g	9 g		50%	0,63	92,7																																																
Remarque:																																																						
Rendements selon la méthode indirecte IEC 60034-2-1 : 2007 avec pertes de charge parasites déterminées à partir des mesures.																																																						
Etabli		Vérifié																																																				

M.5 Gundfos UPS 25-40 N 180

 Nom Société: Créé par: Téléphone: Date: 19/07/2017		
Position	Quantité	Description
	1	UPS 25-40 N 180  Note ! La photo produit peut différer du produit réel Référence: 96913060 Circulateur à rotor noyé, l'hydraulique et le moteur forment une unité compacte sans garniture mécanique, avec seulement 2 joints d'étanchéité. Les paliers sont lubrifiés par le liquide pompé. Circulateur avec sélecteur de vitesse 3. Le circulateur est équipé : * d'un arbre en céramique et de paliers radiaux. * d'une butée axiale en carbone. * Chemise rotor, support palier en acier inoxydable. * Roue résistante à la corrosion, Composite, PES/PP. * Corps du circulateur Acier inoxydable Moteur 1-phasé. Aucune protection moteur externe n'est nécessaire. Liquide: Liquide pompé: Eau Plage température liquide: 2 .. 110 °C Liquid temperature during operation: 60 °C Masse volumique: 983.2 kg/m³ Technique: Classe TF: 110 Certifications sur la plaque signalétique: CE,VDE Matériaux: Corps de pompe: Acier inoxydable DIN W.-Nr. 1.4301 Roue mobile: Composite, PES/PP Installation: Temp. amb. max. pour liquide à 80°C: 40 °C Pression maximale de service: 10 bar Raccordement tuyauterie: G 1 1/2 Pression par étage: PN 10 Entraxe: 180 mm Donnée électrique: Condensateur de fontionnement: 1.5 µF Puissance absorbée en vitesse 1: 25 W Puissance absorbée en vitesse 2: 35 W Puissance absorbée en vitesse 3: 45 W Fréquence d'alimentation: 50 Hz

Position	Quantité	Description
		Tension nominale: 1 x 230 V Intensité en vitesse 1: 0.12 A Intensité en vitesse 2: 0.16 A Intensité vit. 3: 0.2 A Capacité Condensateur - Fonctionnement: 1.5 µF Indice de protection (IEC 34-5): IP44 Classe d'isolement (IEC 85): F Autres: Poids net: 2.9 kg Poids brut: 3.1 kg Colisage: 0.004 m3 Danish: VVS NO 38 0481.041 Swedish: RSK NO 5803098

M.6 Échangeur à plaques GBS 400H

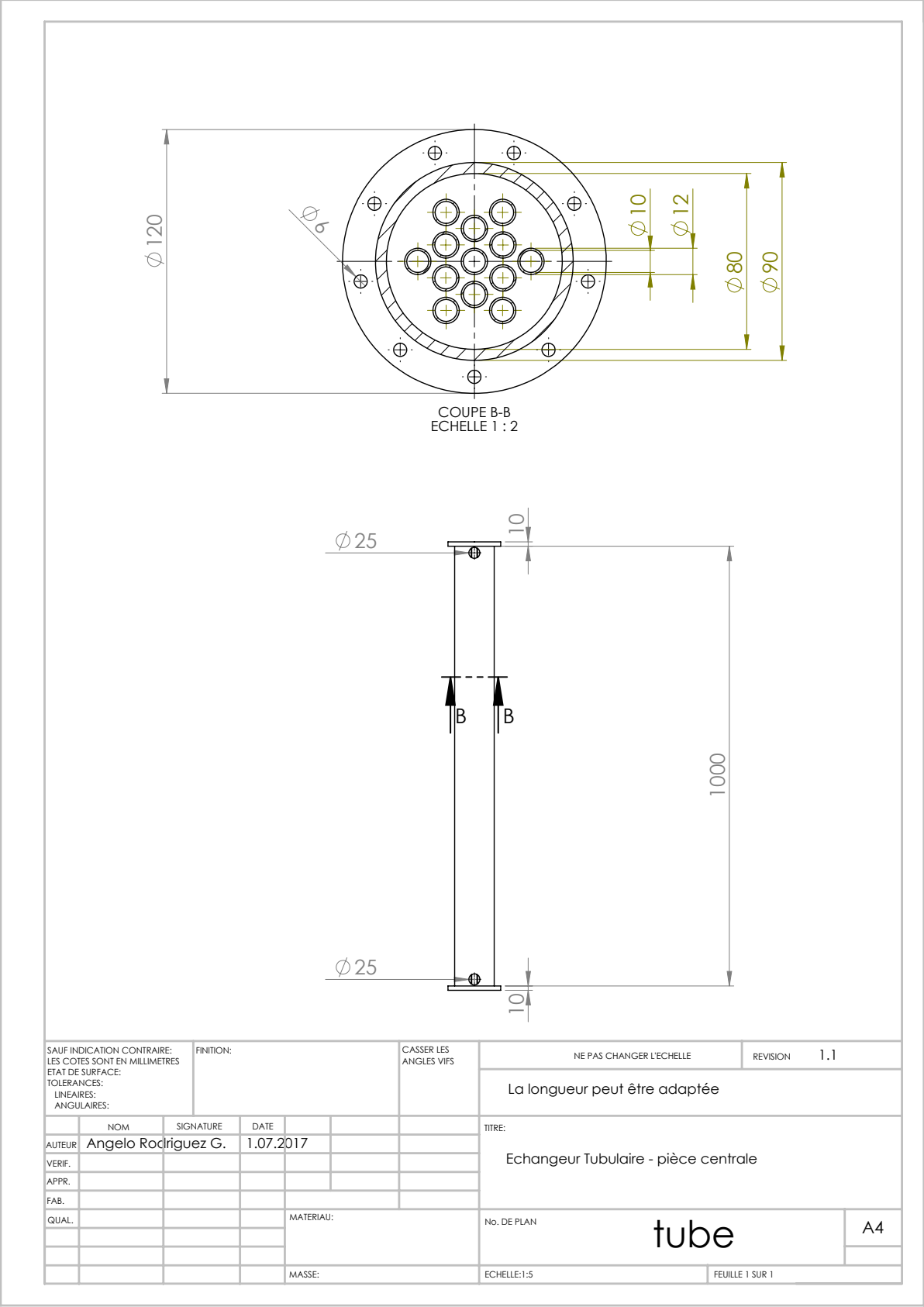
1	2	3	4	5	6	7	8								
Primary Secondary 335 281 73 124 L S $L=9,5+2,24 \times N$ (theoretical dimension)					Standard Connections										
					C-PTL	Size	Length	Primary	Secondary						
					External Thread										
					C	G3/4	S=20,0mm	☐	☐						
					E	G1	S=20,0mm	☐	☐						
					EL	G1	S=40,0mm	☐	☐						
					F	G1 1/4	S=20,0mm	☐	☐						
					FL	G1 1/4	S=40,0mm	☐	☐						
					Internal Thread										
					P	G3/4	S=20,0mm	☐	☐						
Solder Connections															
NO	3/8" ($\varnothing$ 9,9mm)	S=20,0mm	☐	☐											
TZ	$\varnothing$ 10,3mm	S=20,0mm	☐	☐											
M	1/2" ($\varnothing$ 13,0mm)	S=20,0mm	☐	☐											
TX	$\varnothing$ 15,3mm	S=20,0mm	☐	☐											
O	5/8" ($\varnothing$ 16,3mm)	S=20,0mm	☐	☐											
TU	$\varnothing$ 18,3mm	S=20,0mm	☐	☐											
N	3/4" ($\varnothing$ 19,5mm)	S=20,0mm	☐	☐											
H	7/8" ($\varnothing$ 22,35mm)	S=20,0mm	☐	☐											
I	$\varnothing$ 28,35mm	S=20,0mm	☐	☐											
IA	1 1/8" ($\varnothing$ 28,7mm)	S=20,0mm	☐	☐											
K	1 3/8" ($\varnothing$ 35,1mm)	S=20,0mm	☐	☐											
Additional Connections Backplate (Internal Thread)															
OZ	G1/2	S=20,0mm	☐	☐											
Other Connections on Inquiry!															
No. of Plates					8	10	14	20	24	30	34	40	44	50	60
Weight Empty (kg)					2,6	2,9	3,4	4,2	4,7	5,5	6,0	6,8	7,3	8,1	9,4
Surface (m²)					0,21	0,28	0,42	0,63	0,77	0,98	1,12	1,33	1,47	1,68	2,03
No. of Plates					70	80	90	100							
Weight Empty (kg)					10,7	12,0	13,3	14,6							
Surface (m²)					2,38	2,73	3,08	3,43							
Approvals: PED, ASME VIII-1, other approvals on inquiry															
Dateiname des Zeichnungsobjektes: GBS400H-0812_1105_03-E					Dateityp: ASSEM		Dateiname der Zeichnung: GBS400H-0812_1105_03-E								
GEA WTT GmbH Remsauer Straße 2a D-04603 Nobitz-Wilchwitz Tel. 03447-5539-0 Fax. 03447-5539-30							Maßstab 1:2 Gew.:								
							Werkstoff: Halbzeug -								
					Datum Name		Benennung:								
					Bear. 01.12.2008 Dietrich		Plate Heat Exchanger								
					Gepr. 02.05.2011 Graichen		GBS400H								
					Norm										
					GEA		Zeichnungsnummer:								
					03 Approvals 02.05.11 Diet.		GBS400H_EN								
					03 Temperature 02.05.11 Diet.		Blatt 1								
					Zust. Änderung Datum Nam (Urspr.)		1 Bl.								
							(Ers.f.): (Ers.d.):								
GEA WTT - Plate Heat Exchanger					Design Limits*										
Model		Plates	Solder	Temperature	Pressure										
☐ GBS400H-...		1.4401	Copper	-196..+200°C	30 bar										
*Attention: Connections can reduce the design limits!															

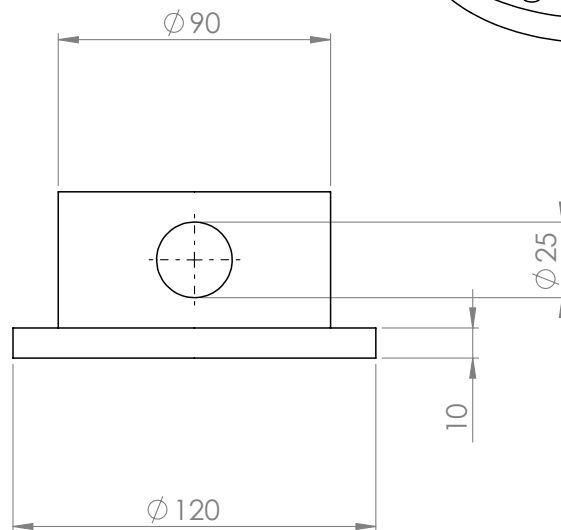
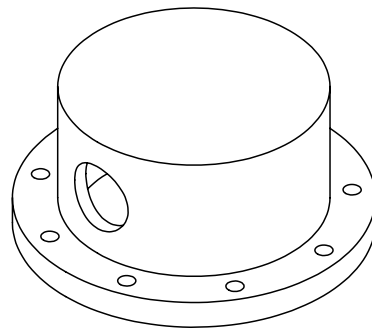
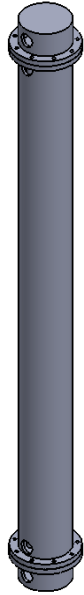
The manufacturer herewith certifies that construction, production and examination of his pressure vessel are in conformity with EU guideline 97/23/EC.

Annexe N

Mise en plan

N.1 Échangeur tubulaire





SAUF INDICATION CONTRAIRE: LES COTES SONT EN MILLIMETRES ETAT DE SURFACE: TOLERANCES: LINEAIRES: ANGULAIRES:				FINITION:		CASSER LES ANGLES VIFS		NE PAS CHANGER L'ECHELLE		REVISION 1.1	
NOM				SIGNATURE		DATE		TITRE:			
AUTEUR				Angelo Rodriguez G.		1.07.2017		Echangeur Tubulaire - Collecteur fumées			
VERIF.											
APPR.											
FAB.											
QUAL.						MATERIAU:		No. DE PLAN			
								top			
								A4			
						MASSE:		ECHELLE:1:5			
								FEUILLE 1 SUR 1			

