

VERS UN SYSTÈME ÉNERGÉTIQUE DURABLE AUX ÎLES DE LA MADELEINE :  
ANALYSE DES CAS DE SAMSØ, GOTLAND ET BORNHOLM

par

Laurence Pagé

Essai présenté au Centre Universitaire de Formation en Environnement en vue de  
l'obtention du grade de maître en environnement (M.Env.)

Sous la direction de M. Michel Montpetit

CENTRE UNIVERSITAIRE DE FORMATION EN ENVIRONNEMENT  
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Montréal, Québec, Canada, septembre 2012

## **SOMMAIRE**

Mots clés : planification, énergies renouvelables, efficacité énergétique, milieu insulaire, système énergétique durable, communauté, îles de la Madeleine

La gestion des ressources énergétiques de l'archipel des îles de la Madeleine est complexe et onéreuse, car l'entièreté de la demande énergétique de la communauté est assurée par l'importation de combustibles fossiles. La combustion du mazout et du pétrole pour combler les besoins énergétiques de l'île alourdit également le bilan carbone de la communauté. L'étude de projets d'exploitation d'hydrocarbures et de l'énergie éolienne a également soulevé bien des préoccupations auprès de la population locale. L'ensemble de ces problématiques a donc conduit la Municipalité des Îles-de-la-Madeleine à se questionner sur les orientations énergétiques de la communauté. Afin de se positionner sur les divers enjeux énergétiques du territoire, une stratégie énergétique sera prochainement élaborée.

C'est donc dans ce contexte que s'inscrit le sujet du présent essai qui porte sur la gestion et la planification de l'énergie en milieu insulaire. L'objectif principal du travail est d'établir les facteurs favorisant l'implantation d'un système énergétique durable aux îles de la Madeleine, tant au niveau environnemental que socioéconomique. Les constats découlant de l'analyse des structures énergétiques de trois milieux insulaires, situés en Scandinavie, permettront d'identifier les principaux obstacles et leviers qui ont agi dans leur transition vers des structures énergétiques plus durables. L'examen de ces résultats ainsi que la prise en compte des enjeux locaux des Madelinots permettront de formuler des recommandations.

Au final, quatorze recommandations sont formulées à l'attention de la Municipalité des Îles-de-la-Madeleine. Des facteurs de succès sont ainsi identifiés afin de faciliter l'instauration de la stratégie énergétique sur le territoire. Ces recommandations, de caractère innovateur et ambitieux, sont inspirées des contextes danois et suédois. Les pistes de solutions émises mettent de l'avant l'exploitation des ressources énergétiques renouvelables locales, la participation citoyenne, la promotion de l'efficacité énergétique, la recherche et l'innovation technologique et l'établissement de partenariats.

## REMERCIEMENTS

La rédaction d'un essai me fait penser à ces célèbres paroles des Colocs : « *La vie c'est court, mais c'est long des ptits bouts* ». Effectivement, l'art de l'essai n'est pas chose facile. Dans les moments un peu plus ardues, on s'aperçoit de la chance qu'on a d'être si bien entourée.

Je tiens tout d'abord à remercier mon directeur, M. Michel Montpetit, pour sa disponibilité, son écoute, ses avis critiques, son sens de l'humour et, surtout, la confiance qu'il m'a accordée tout au long de ce processus.

Un merci spécial à M. Marc-Olivier Massé (CRÉGÎM) pour sa disponibilité et ses conseils qui m'ont permis de bien saisir le contexte spécifique aux îles de la Madeleine.

Merci à tous mes hôtes et amis croisés sur le long chemin de la rédaction de Tadoussac jusqu'à Montréal, en passant par Québec et Sherbrooke. Les discussions en votre compagnie et votre intérêt m'ont permis de cheminer dans ma réflexion et de garder la motivation. Je n'oublie pas mon comité réviseur, formé de mon père et de la célèbre Marion Bonhomme, pour le temps qu'ils ont mis afin de bonifier la qualité de mon essai.

Finalement, la maîtrise m'a permis de rencontrer des êtres exceptionnels qui m'ont profondément marquée et rendu ce séjour universitaire inoubliable. Merci pour votre authenticité et votre folie!

## TABLE DES MATIÈRES

<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
<b>1 MISE EN CONTEXTE.....</b>	<b>3</b>
1.1 Portrait des îles de la Madeleine.....	3
1.1.1 Géographie et démographie.....	3
1.1.2 Économie.....	5
1.1.3 Cadre législatif municipal.....	6
1.1.4 Enjeux énergétiques territoriaux.....	8
1.2 Présentation générale des sources d'énergie.....	10
1.2.1 Éolien.....	11
1.2.2 Énergie solaire.....	11
1.2.3 Géothermie.....	12
1.2.4 Hydroélectricité.....	13
1.2.5 Hydrogène.....	13
1.2.6 Bioénergie.....	14
1.2.7 Combustibles fossiles.....	14
1.3 L'efficacité énergétique : un concept clé à la planification.....	15
<b>2 MÉTHODOLOGIE .....</b>	<b>16</b>
2.1 Sélection des études de cas.....	16
2.2 Colligation de l'information.....	16
2.3 Cadre de l'analyse.....	17
2.4 Description des critères.....	18
2.4.1 Performance générale du bilan énergétique.....	18
2.4.2 Performance des solutions instaurées.....	19
2.4.3 Viabilité économique.....	19
2.4.4 Implication des parties prenantes.....	20
2.4.5 Partage du savoir-faire.....	20
<b>3 ANALYSE DU SYSTÈME ÉNERGÉTIQUE DE SAMSØ .....</b>	<b>21</b>
3.1 Performance générale du bilan énergétique.....	21
3.2 Performance des solutions instaurées.....	23

3.2.1	Génération de chaleur.....	23
3.2.2	Production d'électricité .....	26
3.2.3	Secteur des transports .....	28
3.2.4	Efficacité énergétique.....	29
3.3	Viabilité économique .....	31
3.3.1	Investissements totaux et retombées économiques locales .....	31
3.3.2	Création d'emplois .....	32
3.4	Implication des parties prenantes .....	32
3.5	Partage du savoir-faire.....	36
3.5.1	Partenariats établis.....	36
3.5.2	Ressources éducationnelles.....	37
<b>4</b>	<b>ANALYSE DU SYSTÈME ÉNERGÉTIQUE DE GOTLAND.....</b>	<b>38</b>
4.1	Performance générale du bilan énergétique.....	38
4.2	Performance des solutions instaurées .....	40
4.2.1	Génération de chaleur.....	40
4.2.2	Production d'électricité .....	42
4.2.3	Secteur des transports .....	43
4.2.4	Efficacité énergétique.....	46
4.3	Viabilité économique .....	47
4.3.1	Investissements totaux et retombées économiques locales .....	47
4.3.2	Création d'emplois .....	48
4.4	Implication des parties prenantes .....	49
4.5	Partage du savoir-faire.....	52
4.5.1	Partenariats établis.....	52
4.5.2	Ressources éducationnelles.....	52
<b>5</b>	<b>ANALYSE DU SYSTÈME ÉNERGÉTIQUE DE BORNHOLM .....</b>	<b>54</b>
5.1	Performance générale du bilan énergétique.....	54
5.2	Performance des solutions instaurées .....	55
5.2.1	Génération de chaleur.....	55
5.2.2	Production d'électricité .....	57
5.2.3	Secteur des transports .....	58
5.2.4	Efficacité énergétique.....	59

5.3	Viabilité économique .....	60
5.3.1	Investissements totaux et retombées économiques locales .....	60
5.3.2	Création d'emplois .....	61
5.4	Implication des parties prenantes .....	61
5.5	Partage du savoir-faire.....	64
5.5.1	Partenariats établis.....	64
5.5.2	Ressources éducationnelles.....	65
<b>6</b>	<b>CONSTATS DE L'ANALYSE .....</b>	<b>66</b>
6.1	Samsø .....	66
6.2	Gotland.....	67
6.3	Bornholm.....	69
6.4	Principaux leviers et freins.....	71
<b>7</b>	<b>ÉNONCÉ DE RECOMMANDATIONS .....</b>	<b>72</b>
7.1	Tirer profit des sources énergétiques renouvelables locales .....	72
7.2	Savoir gérer la nature fluctuante des énergies renouvelables .....	73
7.3	Créer des synergies entre les diverses sphères énergétiques .....	74
7.4	Éviter l'utilisation d'électricité à des fins de chauffage .....	74
7.5	Miser sur la mixité des modes de propriété .....	75
7.6	Positionner la communauté au centre de la transition énergétique.....	76
7.7	Promouvoir les bénéfices de l'efficacité énergétique .....	77
7.8	Effectuer un suivi régulier de l'évolution du bilan énergétique .....	77
7.9	Attribuer des ressources humaines et financières suffisantes à la coordination de la stratégie.....	78
7.10	Définir clairement les rôles et responsabilités de chaque partie prenante.....	78
7.11	Communiquer les résultats anticipés et réels de la stratégie énergétique.....	79
7.12	Développer la recherche et l'innovation dans le secteur énergétique .....	79
7.13	Favoriser l'établissement de partenariats.....	80
7.14	Développer un créneau touristique autour des énergies vertes.....	80
	<b>CONCLUSION.....</b>	<b>81</b>
	<b>RÉFÉRENCES .....</b>	<b>83</b>
	<b>ANNEXE 1 - EMBLEMES DES ILES DE SAMSØ ET BORNHOLM .....</b>	<b>89</b>

**ANNEXE 2 - EMBLACEMENT DE L'ILE DE GOTLAND..... 90**

## LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure 1.1 Enjeux influençant la planification énergétique.....	8
Figure 3.1 Interactions entre les parties prenantes à Samsø .....	33
Figure 4.1 Interactions entre les parties prenantes à Gotland .....	49
Figure 5.1 Interactions entre les parties prenantes à Bornholm.....	62
Tableau 2.1 Cadre de l'analyse.....	18
Tableau 3.1 Caractéristiques des systèmes centraux de chauffage urbain .....	24
Tableau 3.2 Rôles et outils des acteurs du système énergétique de Samsø.....	34
Tableau 4.1 Rôles et outils des acteurs du système énergétique de Gotland.....	51
Tableau 5.1 Rôles et outils des acteurs du système énergétique de Bornholm.....	63
Tableau 6.1 Synthèse des réussites et défis rencontrés à Samsø .....	67
Tableau 6.2 Synthèse des réussites et défis rencontrés à Gotland.....	69
Tableau 6.3 Synthèse des réussites et défis rencontrés à Bornholm .....	70
Tableau 6.4 Principaux freins et leviers à la planification énergétique.....	71



## LISTE DES ACRONYMES, DES SYMBOLES ET DES SIGLES

AÉS	Académie énergétique de Samsø
AIÉ	Agence internationale de l'énergie
AQME	Association québécoise de la maîtrise de l'énergie
CO <sub>2</sub>	Dioxyde de carbone
CRÉGÎM	Conférence régionale des élus de la Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine
CRNT	Commission des ressources naturelles et du territoire
dB	Décibel
EMC	Ester méthylique d'huile de colza
GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GW	Gigawatt
GWh	Gigawattheure
ÎDM	Îles-de-la-Madeleine
ISQ	Institut de la statistique du Québec
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattheure
LAU	<i>Loi sur l'aménagement et l'urbanisme</i>
LCM	<i>Loi sur les compétences municipales</i>
MAPAQ	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
MRB	Municipalité Régionale de Bornholm
MRC	Municipalité régionale de comté
MW	Mégawatt
MWh	Mégawattheure
PME	Petites et moyennes entreprises
PRDIRT	<i>Plan régional de développement intégré des ressources et du territoire</i>
PROMISE	<i>Promoting Best Practices to Support Energy Efficient Consumer Behaviour on European Islands</i>
RNC	Ressources naturelles Canada
SAD	Schéma d'aménagement et de développement
TJ	Térajoule
TRANSPLAN	<i>Transparent Energy Planning and Implementation</i>
UE	Union européenne

## INTRODUCTION

L'insularité des îles de la Madeleine amène la communauté à réaliser les impacts qu'elle a sur son environnement immédiat. Effectivement, l'ensemble des activités de nature anthropique peut perturber le fragile équilibre naturel qui permet à ses habitants d'y vivre. L'éloignement du continent, la disponibilité restreinte des ressources naturelles et la limitation des espaces habitables compliquent le quotidien des insulaires. Ainsi, l'approvisionnement en denrées alimentaires, eau potable, biens et services, la gestion des matières résiduelles et le traitement des eaux usées sont des défis d'importance pour les entités administratives des milieux insulaires. Une problématique encore plus globale étant liée directement à ces enjeux est aussi présente aux îles de la Madeleine : il s'agit de la gestion des ressources énergétiques. En fait, l'entièreté de la demande énergétique de la communauté est dépendante des combustibles fossiles (Attention Fragîles, 2010). Le mazout est la source énergétique qui permet la production d'électricité et de chaleur. Quant au secteur des transports, il est alimenté au pétrole et au diesel. L'importation de ces combustibles fossiles alourdit davantage le bilan énergétique, car ils doivent être acheminés par voies maritimes. L'avenir énergétique des Madelinots s'avère donc incertain étant donné leur vulnérabilité aux changements tarifaires des produits pétroliers et à leur dépendance aux sources énergétiques non renouvelables.

Étant consciente de cette problématique, la Municipalité des Îles-de-la-Madeleine annonçait dans un communiqué de presse publié à l'automne 2011 la volonté de l'archipel de se doter d'une stratégie énergétique. Cette initiative apparaît dans un contexte où divers projets énergétiques sont examinés en ce moment sur l'île. Mais avant tout, la Municipalité désire établir les bases du développement énergétique à travers la stratégie :

*« L'objectif que nous poursuivons, explique le maire Arseneau, consiste à développer un consensus et une vision d'avenir en matière énergétique garantissant l'approvisionnement à moyen et long terme du territoire, une plus grande autonomie, une réduction de notre empreinte écologique et des conditions de développement socioéconomiques favorables pour notre communauté. » (Haratsaris, 2011, p.1)*

L'établissement de la stratégie en est à sa phase préliminaire et un bilan énergétique doit d'abord être entrepris afin d'établir un portrait général de la situation. Une fois cette étape complétée, les moyens déployés pour atteindre l'objectif énoncé par le maire seront

concrétisés dans la stratégie énergétique. La démarche entreprise dans le cadre de cet essai vise à épauler la Municipalité des Îles-de-la-Madeleine en l'outillant dans l'élaboration de sa stratégie énergétique. Ainsi, la finalité de cet ouvrage est de formuler des recommandations qui visent à favoriser l'implantation d'un système énergétique durable aux îles de la Madeleine, tant au niveau environnemental que socioéconomique. Pour atteindre cet objectif, une compréhension du contexte socio-économique, légal et énergétique des Madelinots devra être acquise en plus de détenir des notions de base dans le domaine des énergies renouvelables. L'analyse de trois communautés insulaires ayant effectué une transition vers des systèmes énergétiques plus durables permettra d'identifier les facteurs de réussite et les difficultés rencontrées. L'expérience de ces îles servira ainsi à exposer des pistes de réflexion pour formuler des recommandations. Les informations recueillies afin de mener à terme cette analyse proviennent majoritairement de rapports officiels publiés par les communautés à l'étude et par des instances européennes qui ont établi des partenariats dans ces milieux insulaires.

Le cheminement du présent essai s'effectue en cinq temps. Tout d'abord, le premier chapitre présente une mise en contexte qui présente un portrait des îles de la Madeleine ainsi qu'une description des principales sources et concepts énergétiques discutés dans le cadre de l'analyse. La seconde phase consiste à exposer la méthodologie qui a servi à l'analyse des études de cas. Des critères spécifiques y sont énoncés pour encadrer l'analyse de façon objective et rigoureuse. Le cœur de l'essai est constitué de l'analyse des systèmes énergétiques de trois communautés insulaires situées en Scandinavie. Un chapitre entier est consacré à chaque analyse de cas afin de soulever les avantages et inconvénients de leur structure énergétique. Ainsi, les chapitres 3, 4 et 5 présentent, dans le même ordre, l'analyse des communautés de Samsø, Gotland et Bornholm. La performance globale du bilan énergétique et des mesures spécifiques instaurées, la viabilité économique, l'implication des parties prenantes ainsi que le partage du savoir-faire sont les critères qui encadrent l'analyse. Le chapitre 6 offre un constat général de l'analyse en synthétisant les réussites et défis de chaque communauté pour ensuite identifier les principaux freins et leviers qui peuvent influencer la gestion énergétique. Finalement, le chapitre 7 contient les recommandations finales qui sont émises à l'attention de la Municipalité des Îles-de-la-Madeleine.

## **1 MISE EN CONTEXTE**

Cette section vise à établir les bases nécessaires à la bonne compréhension de l'analyse à venir. Tout d'abord, un portrait des îles de la Madeleine sera élaboré afin de bien saisir les différents enjeux socioéconomiques, législatifs, environnementaux et énergétiques présents sur l'île. Ensuite, une présentation des différentes sources énergétiques abordées tout au long de l'analyse sera effectuée afin que le lecteur soit en mesure de comprendre certains aspects techniques de l'essai. Finalement, une brève parenthèse sera ouverte pour clarifier le concept d'efficacité énergétique.

### **1.1 Portrait des îles de la Madeleine**

Une connaissance du contexte des îles de la Madeleine est nécessaire afin d'énoncer des recommandations réalistes. À cet effet, un aperçu des conditions géographiques et démographiques sera présenté. Ensuite, la structure économique de l'archipel sera approfondie pour finalement traiter en partie du cadre législatif et des enjeux énergétiques du territoire.

#### **1.1.1 Géographie et démographie**

Les îles de la Madeleine, archipel isolé en plein cœur du golfe Saint-Laurent, comprennent douze îles s'étendant sur une distance d'environ 100 km, dont sept d'entre elles sont reliées par des dunes. Huit îles sont habitées et parmi celles-ci, il n'y a que l'île d'Entrée qui n'est pas reliée par la route. La superficie du territoire, sans inclure les lagunes et les étendues de sable découvertes ou facilement submergées, est de 205,6 km<sup>2</sup>. (Conférence régionale des élus de la Gaspésie et des Îles-de-la-Madeleine (CRÉGÎM)/ Commission des ressources naturelles et du territoire (CRNT), 2010)

Deux municipalités sont présentes sur le territoire : celle des Îles-de-la-Madeleine et celle de Grosse-Île. Ces dernières représentent, respectivement, 96 % et 4 % de la population. Bien que la population soit peu nombreuse, il en est autrement pour la densité qui est très élevée étant donné la faible superficie des zones habitables. Cette dernière se chiffre à 63,6 habitants/km<sup>2</sup> alors que la densité moyenne régionale se situe à 4,6 habitants/km<sup>2</sup> (Institut de la statistique du Québec (ISQ), 2012). La population de l'archipel a atteint son sommet (14 532 personnes) en 1986. Depuis ce temps, elle n'a cessé de décroître pour

atteindre un plancher de 12 942 habitants en 2011, ce qui équivaut à un taux de décroissance d'environ 12 % (ISQ, 2012).

À l'exception de Cap-aux-Meules et de quelques autres foyers de population mineurs, la distribution des habitations aux îles de la Madeleine est peu traditionnelle, car les logements ne sont pas centralisés autour d'un « noyau villageois » qui est caractérisé par la proximité de l'église ou de la rue principale. L'urbanisation des îles s'est plutôt organisée en fonction de la géographie particulière du territoire et de son caractère insulaire. Les habitations et différentes structures municipales sont donc étendues sur le territoire, rendant sa gestion bien différente de celle des autres municipalités rurales du Québec. Les premiers arrivants aux îles de la Madeleine se sont principalement établis à l'abri des grands vents au sud des collines et de préférence dans les anses naturelles où la pêche était plus sécuritaire. De plus, chaque maison était rattachée à un espace suffisant pour y permettre l'agriculture et l'élevage. Ainsi, l'architecture urbaine s'est organisée en premier lieu autour de ces activités économiques. Au fil des ans, l'agriculture, l'élevage et l'industrie de la pêche ont pris du recul, un type d'aménagement du territoire moderne s'est donc progressivement instauré aux dépens du traditionnel. Les maisons modernes se sont bâties selon les tracés de routes et la présence d'infrastructures municipales, favorisant la densification afin d'optimiser les réseaux d'aqueduc et de distribution de l'électricité. (Municipalité des Îles-de-la-Madeleine (ÎDM), 2010a)

Alors que la population est en décroissance, le parc immobilier, quant à lui, ne cesse de croître. De 1971 à 1991, le nombre d'appartements aux îles de la Madeleine a doublé, passant de 2435 à 4635. Par la suite, cette croissance s'est amenuisée pour revenir à des taux de croissance moins drastiques (Municipalité des ÎDM, 2010a). Le dernier recensement de 2011 estime à 5924 le nombre de logements privés présents sur le territoire de la municipalité des Îles-de-la-Madeleine et à 229 pour celui de Grosse-Île. De ce nombre, environ 771 logements seraient habités de façon non permanente par des saisonniers (Statistiques Canada, 2012). La majorité des logements privés aux îles de la Madeleine sont des maisons unifamiliales, soit 4548 en 2011 (ISQ, 2012). Les autres types d'habitation retrouvés sont principalement des immeubles de deux à cinq logements, des chalets et maisons de villégiature ainsi que des maisons mobiles et roulottes.

### 1.1.2 Économie

Environ 50 % de l'économie locale est fondée sur les industries de la pêche et du tourisme, qui sont des activités principalement saisonnières (CRÉGÎM/CRNT, 2010). Ainsi, une majorité des travailleurs est active durant la saison estivale et bénéficie des programmes d'assurance-emploi en période hivernale. Le taux de chômage des îles de la Madeleine est d'ailleurs l'un des plus élevés au Québec. En janvier 2010, il se chiffrait à 13,7 % alors qu'à l'échelle nationale, il était de 8,2 % (CRÉGÎM/CRNT, 2010). En ce qui a trait au taux d'assistance sociale, la région de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine se classe au troisième rang des taux les plus élevés, soit 9,8 % en 2012 alors que la moyenne nationale était de 7,1 % (Emploi et solidarité sociale Québec, 2012). Outre la pêche et le tourisme, le marché de l'emploi repose aussi sur l'agriculture, l'industrie minière et les services publics.

La pêche constitue l'une des activités permettant la survie financière des Madelinots depuis leur arrivée sur l'archipel. Toutefois, une certaine précarité guette sans cesse les employés étant donné la saisonnalité de cette activité. La diminution des ressources halieutiques, la réglementation ainsi que la variation du prix et de la demande des produits de la pêche contribuent aussi fortement à la fragilité de ce secteur d'emploi. En incluant les activités de transformation, l'industrie de la pêche emploie environ 2000 Madelinots lors de la saison estivale. (Municipalité des ÎDM, 2010a)

La fréquentation touristique des îles de la Madeleine a grandement augmenté depuis les années 70, et ce, en raison de la liaison maritime avec l'île du Prince-Édouard. En fait, le nombre de touristes visitant l'archipel madelinot a presque doublé pour frôler les 50 000 visiteurs lors des dernières années. La venue du tourisme a donc entraîné le développement de plusieurs entreprises de services, favorisant ainsi une tertiarisation de l'économie. Les domaines de la restauration et de l'hébergement ainsi que l'offre de plusieurs autres activités touristiques se sont largement développés au fil des ans. Environ 1400 emplois directs et indirects se rapportent à cette industrie et cette dernière aurait des retombées économiques de 50 M\$ annuellement. Toutefois, bien que cette industrie soit lucrative, les Madelinots manifestent certaines inquiétudes quant à la conservation du milieu naturel, qui est l'essence même de la popularité des îles de la Madeleine. Une telle

augmentation de la fréquentation touristique exerce, entre autres, une pression accrue sur les ressources en eau potable et énergétique. (Municipalité des ÎDM, 2010a)

L'agriculture a connu une forte baisse depuis 1986, passant de 126 producteurs agricoles enregistrés au Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) à seulement 30 en 2006. Cela est principalement dû à la popularisation de la ferme entreprise, qui favorise la production de masse aux dépens de la production en mode autarcique. La superficie occupée par les terres cultivées est de 2152 ha pour tout l'archipel. Le volet agroalimentaire compte un total de 35 entreprises misant sur la qualité et l'originalité de leur produit (bière, vin, volaille, cidre, légumes, etc.). Ce domaine crée 102 emplois et entraîne des retombées économiques évaluées à 2,8 M\$. Il est estimé que ces recettes pourraient éventuellement atteindre les 6 M\$. (Municipalité des ÎDM, 2010a)

Un important gisement de sel souterrain non loin de Grosse-Île est exploité par la compagnie Mines Seleine qui emploie environ 180 Madelinots. La production équivaut à 1,5 M de tonnes de sel annuellement et représente d'importantes retombées économiques locales. (Municipalité des ÎDM, 2010a)

Le secteur public, représenté principalement par la santé et l'éducation, assure environ 1200 emplois tout au long de l'année sur l'archipel. Plusieurs services gouvernementaux des paliers provincial et fédéral sont offerts à la population. En ce qui concerne les services du gouvernement fédéral, un bureau de poste et un port de pêche sont généralement présents dans chaque village, alors que les autres services sont majoritairement localisés à Cap-aux-Meules. Les services du gouvernement du Québec sont tous centralisés à Cap-aux-Meules. (Municipalité des ÎDM, 2010a)

### **1.1.3 Cadre législatif municipal**

Dans l'optique où des recommandations seront formulées à la Municipalité des Îles-de-la-Madeleine en vue de l'élaboration d'une stratégie énergétique, qui impliquerait éventuellement l'implantation de nouvelles sources énergétiques, il est essentiel de bien cerner les limites de son champ de compétences en vertu de la législation actuelle. Un bref aperçu des pouvoirs attribués aux différentes instances municipales de l'archipel sera donc présenté dans cette section. L'attribution des compétences municipales est peu

traditionnelle pour l'agglomération des Îles-de-la-Madeleine qui englobe les municipalités des Îles-de-la-Madeleine et de Grosse-Île. En plus d'assumer les compétences locales habituelles, l'agglomération doit aussi, de façon non officielle, exercer les compétences d'une municipalité régionale de comté (MRC), en raison du contexte insulaire. Deux lois se doivent d'être mentionnées afin de saisir le contexte législatif : la *Loi sur l'aménagement et l'urbanisme (LAU)* et la *Loi sur les compétences municipales (LCM)*.

Selon l'article 3 de la *LAU*, la MRC a la responsabilité de réaliser et de faire adopter un schéma d'aménagement et de développement (SAD). Le SAD définit les grandes orientations de l'aménagement du territoire et détermine les affectations du sol. Cette ligne directrice servira par la suite aux municipalités locales qui doivent produire un plan d'urbanisme pour leur territoire respectif (*LAU*, art. 83). Plus précisément, les thèmes abordés pouvant avoir un impact sur la planification énergétique sont l'affectation des sols, la détermination du périmètre d'urbanisation ainsi que l'organisation des transports terrestres (*LAU*, art. 5). Du plan d'urbanisme découlent les règlements d'urbanisme. Ces derniers risquent d'avoir un impact sur l'implantation de nouvelles sources d'énergie, car ils régissent principalement les usages, les constructions et les enseignes sur le territoire (Paradis, 2011). La municipalité a donc le pouvoir d'autoriser ou de restreindre certains usages spécifiques à l'aide de règlements, comme ceux concernant le zonage, le lotissement ou la construction. Toutefois, ce pouvoir a une certaine limite, car les règlements d'urbanisme doivent être harmonisés avec les orientations provinciales, ce qui peut restreindre la municipalité dans l'instauration d'un règlement qui va à l'encontre de la vision gouvernementale (*ib.*). À ce jour, la Municipalité des Îles-de-la-Madeleine a adopté une seule restriction dans son règlement de zonage, qui concerne l'implantation d'infrastructures pour la production énergétique pour les projets d'éoliennes ayant une production supérieure à 500 kW (Municipalité des ÎDM, 2010b). Un zonage a été établi pour identifier les secteurs affectés à la production d'énergie éolienne. Ce dernier correspond à une superficie de 101 hectares située à la Cormorandière. Ainsi, tous les projets d'éolienne visant une production énergétique supérieure à 500 kW devront être situés dans cette zone et devront soumettre un rapport d'analyse de projet afin d'obtenir un permis du bureau de l'inspecteur (Municipalité des ÎDM, 2010b).



Les pouvoirs attribués dans le cadre de la *LCM* permettent une souplesse d'intervention aux municipalités lorsqu'il est temps de répondre à certains besoins qui ont pour but de servir l'intérêt de leur population (*LCM*, art. 2). Les compétences des municipalités locales attribuées par la *LCM* qui pourraient se rapporter à l'énergie sont : le développement économique local, l'énergie, l'environnement et le transport (*LCM*, art. 4). Quant aux MRC, des compétences exclusives concernant le développement économique régional et l'énergie pourraient être applicables à ce domaine (*LCM*, art. 111, 122 à 126). L'implantation de certaines sources énergétiques pourrait être limitée en vertu de la *LCM*, car cette loi attribue aux municipalités le pouvoir de régir le niveau de bruit (*LCM*, art. 59 à 61). Chaque municipalité détermine le niveau de bruit qui correspond à une nuisance et peut imposer une amende aux contrevenants. Il peut donc s'agir d'une barrière à l'implantation de toutes sources énergétiques bruyantes telle qu'une éolienne.

#### 1.1.4 Enjeux énergétiques territoriaux

Afin de saisir pleinement les problématiques énergétiques présentes sur l'archipel, un aperçu des enjeux qui ont un pouvoir d'influence sur la planification énergétique sera dépeint. La figure 1.1 présente les enjeux identifiés lors de la consultation de documents municipaux tels que le plan d'aménagement et de développement du territoire, les procès-verbaux du conseil d'agglomération ainsi que les rapports de consultations publiques.

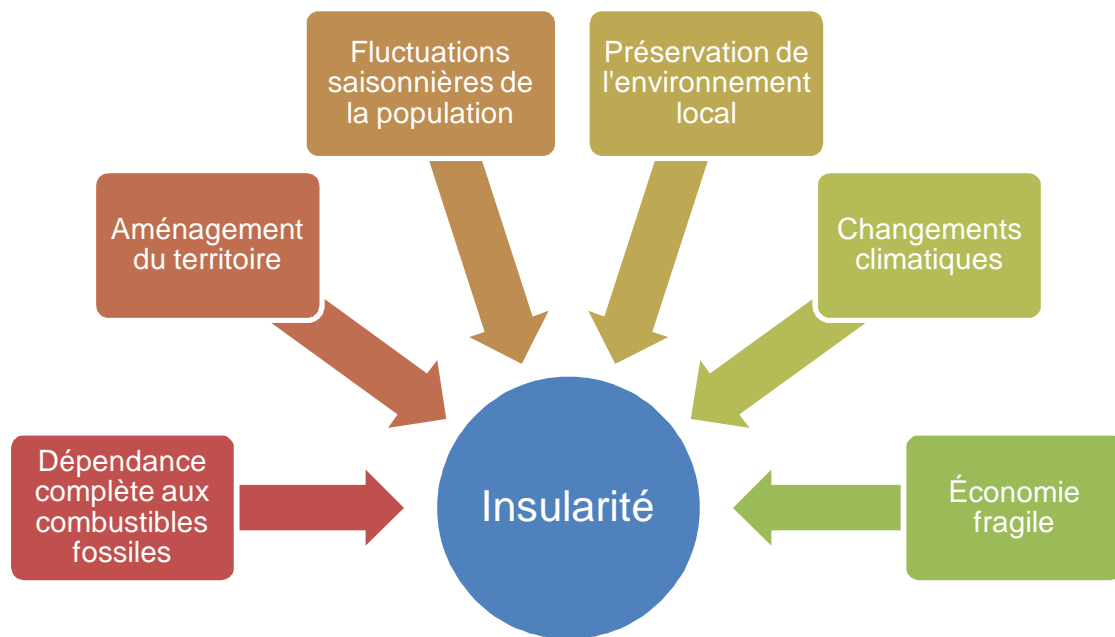


Figure 1.1 Enjeux influençant la planification énergétique

Cette représentation graphique permet de constater que les enjeux énergétiques gravitent principalement autour du fait que la communauté vive en milieu insulaire. L'une des conséquences d'habiter une île est que l'électricité ne peut être acheminée par les voies terrestres. Pour fournir ce service essentiel, Hydro-Québec exploite deux centrales thermiques au mazout avec des puissances maximales de 67,2 kW et 1,2 kW chacune. Par souci d'équité, la société d'État doit offrir les mêmes tarifs qu'au reste de la province, même si les coûts de production sont plus élevés. Dans les faits, ces derniers sont de quatre à cinq fois supérieurs aux revenus de la tarification locale. L'opération de ces centrales est donc très coûteuse pour Hydro-Québec, qui a tout avantage à réduire la consommation d'électricité provenant de ces centrales au mazout. Hydro-Québec évalue d'ailleurs la possibilité d'établir une centrale alimentée par un couplage éolien-diesel. Parallèlement à cela, la société d'État entame aussi des réflexions quant à l'installation d'un câble sous-marin reliant la Gaspésie aux îles de la Madeleine, qui alimenterait l'archipel en électricité. Les combustibles fossiles nécessaires à la flotte automobile, aérienne, nautique ou à des besoins en chauffage doivent être transportés par voies navigables. Ainsi, la population est vulnérable aux variations du prix du pétrole lorsqu'il s'agit du transport. (Attention Fragîles, 2010)

Une autre composante qui influence la consommation énergétique est l'aménagement du territoire qui a été influencé par le caractère insulaire. Comme il a été expliqué auparavant, un étalement des maisons et des services est observable et ceci est difficilement réversible étant donné l'exigüité du territoire. Cela complique l'organisation urbaine et mène à une utilisation accrue de l'automobile sur l'archipel. De plus, cette dispersion élargit le réseau de distribution électrique, ce qui apporte des coûts d'installation et d'entretien plus élevés et une vulnérabilité aux conditions climatiques extrêmes qui peuvent occasionner des interruptions de service à certains moments. (Municipalité des ÎDM, 2010a)

L'archipel des îles de la Madeleine est une destination touristique qui gagne en popularité d'année en année. Le caractère insulaire ainsi que les paysages qui en découlent sont en grande partie responsables de cette attraction touristique. D'un point de vue énergétique, cette fréquentation touristique implique des fluctuations de la consommation énergétique durant la saison estivale. (Municipalité des ÎDM, 2010a)

La préservation de l'environnement, autant naturel que patrimonial, est cruciale à la survie de la population des îles de la Madeleine. Qu'il s'agisse de préoccupations ayant trait à l'approvisionnement en eau potable, à la santé des écosystèmes aquatiques ou à la conservation des paysages, l'instauration de toute source énergétique exploitable sur le territoire doit faire l'objet d'une analyse approfondie afin de s'assurer que l'environnement immédiat ne soit pas perturbé. En plus d'assurer un milieu de vie sain à la population locale, il est aussi essentiel que l'archipel garde son authenticité et ses milieux naturels pour l'industrie touristique qui est l'une des activités économiques les plus lucratives. Des projets de forages exploratoires terrestres et en mer des hydrocarbures ont vu le jour dernièrement et suscitent de nombreuses craintes de la part de la population quant aux dommages environnementaux qui pourraient découler de cette exploitation. (Municipalité des ÎDM, 2010a)

Les îles de la Madeleine ne sont pas à l'abri des conséquences engendrées par les changements climatiques, plus particulièrement lorsqu'il s'agit de la hausse du niveau de la mer due à la fonte des calottes glacières. L'occurrence accentuée de conditions climatiques extrêmes risque d'affecter ce milieu vulnérable aux grands vents, aux fortes marées et aux précipitations abondantes. Ces conséquences étant locales, la communauté a de bonnes motivations pour contribuer à l'effort commun de diminution d'émissions de GES. (Attention Fragîles, 2010)

L'économie des Madelinots est basée sur deux industries saisonnières qui sont la pêche et le tourisme. Comme il a été mentionné auparavant, cela rend leur économie fragile au moindre changement. Ainsi, l'économie locale est au centre de toutes préoccupations des Madelinots et doit être considérée lors de la gestion et la planification de l'énergie sur le territoire. (Municipalité des ÎDM, 2010a)

## **1.2 Présentation générale des sources d'énergie**

Préalablement à l'analyse des stratégies énergétiques des milieux insulaires de Samsø, Gotland et Bornholm, il est préférable de détenir des notions de base quant aux différentes sources énergétiques discutées dans les plans énergétiques de ces communautés. Les types d'énergie disponibles se distinguent principalement en deux catégories : celles qui sont renouvelables et celles qui ne le sont pas. Selon le groupe d'experts

intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), une source énergétique est renouvelable à condition qu'elle provienne d'une forme d'énergie solaire, géophysique ou biologique qui se renouvelle naturellement à un rythme égal ou supérieur à son taux de consommation (GIEC, 2011). Parmi les sources énergétiques renouvelables définies dans le cadre de l'essai se trouvent : l'éolien, le solaire, la géothermie, l'hydroélectricité, l'hydrogène et la bioénergie. Les combustibles fossiles, qui sont quant à eux une forme d'énergie non renouvelable, seront aussi inclus dans cette section descriptive. Pour chacune des sources énergétiques, une explication élémentaire de leur mécanisme sera fournie en plus des particularités spécifiques découlant de ces types d'énergie.

### **1.2.1 Éolien**

Les éoliennes sont des structures conçues pour tirer profit de l'énergie cinétique des vents afin de la transformer en l'électricité. Les éoliennes sont retrouvées en milieu terrestre ou maritime (*offshore*), seules ou regroupées pour former un parc éolien. Diverses tailles et capacités de production sont également disponibles en fonction des besoins de l'utilisateur et des potentiels éoliens. L'énergie éolienne est dite « propre », car aucune émission de GES n'est produite lors de la production. Les inconvénients majeurs de l'éolien sont l'incertitude reliée à la quantité d'énergie produite, qui dépend entièrement de la force des vents, et de la demande du marché. La variabilité de ces deux facteurs a le potentiel de créer un déséquilibre entre l'offre et la demande énergétique. La solution à ce problème réside principalement dans les technologies permettant d'emmagasiner le surplus d'énergie afin de le redistribuer ultérieurement. Des perturbations environnementales naissent de la présence d'éoliennes telles que des nuisances auditives et visuelles ainsi qu'une menace pour la faune aviaire (Wengenmayr, 2008). L'offre énergétique mondiale provenant de l'éolien est encore très peu élevée, car combinée avec la géothermie et l'énergie solaire, elle se chiffrait à 0,5 % en 2010. (AIÉ, 2011a)

### **1.2.2 Énergie solaire**

Les radiations émises par le soleil peuvent être récupérées à des fins énergétiques. L'une des options d'exploitation est l'utilisation de panneaux photovoltaïques qui transforment l'énergie solaire en électricité. Les panneaux peuvent être disposés de façon individuelle sur les toits des habitations ou regroupés au sol. La production électrique générée dépendra de l'ampleur des radiations solaires qui varie en fonction des conditions

climatiques, de l'heure de la journée et de l'angle des panneaux. La production étant fortement dépendante de ces facteurs, une source énergétique complémentaire et un système de stockage doivent pour la plupart du temps être planifiés pour assurer une alimentation énergétique stable. (Wengenmayr, 2008)

Une autre option pour tirer avantage du rayonnement solaire consiste à l'exploiter directement pour des usages thermiques. L'énergie solaire thermique peut être utilisée de façon active ou passive. L'utilisation de dispositifs tels que des panneaux solaires thermiques, des pompes ou des ventilateurs pour récolter et distribuer l'énergie représente la catégorie du solaire actif. Le solaire passif, quant à lui, fait référence à la conception spécifique des bâtiments pour que ces derniers tirent naturellement profit de la chaleur, du refroidissement et de la lumière du soleil sans avoir recours à des dispositifs mécaniques. (GIEC, 2011)

Aucune émission de GES n'est produite lors de l'exploitation de l'énergie solaire. Toutefois, certaines réserves sont émises quant aux composantes difficilement recyclables des panneaux photovoltaïques. (Wengenmayr, 2008)

### **1.2.3 Géothermie**

La géothermie consiste à exploiter l'énergie emmagasinée dans les formations géologiques et les réseaux d'aquifères à l'aide d'un amalgame de tuyaux enfouis dans le sol et contenant un fluide caloporteur emmagasinant la chaleur. Ces tuyaux sont reliés à une thermopompe qui redistribue, par la suite, la chaleur dans les bâtiments. Cette chaleur contenue dans le sol provient principalement de l'énergie résiduelle résultant de la formation de la terre ainsi que de la dégradation de radionucléides (GIEC, 2011). Dépendamment des systèmes d'exploitation, la pompe peut générer de la chaleur en hiver et de l'air froid en été étant donné que la température terrestre se situe à une température stable, soit entre 5 °C et 10 °C tout au long de l'année (Ressources naturelles et faune Québec, 2012). La géothermie peut être exploitée à plusieurs échelles, qu'il s'agisse d'un bâtiment commercial ou d'une habitation privée, car l'espace requis minimal pour opérer ce système est d'environ deux mètres carrés de superficie (Beaudin, 2009). Mondialement, l'offre énergétique provenant de la géothermie est très faible et ne représentait que 0,5 % en 2010, lorsque combinée avec l'éolien et le solaire (AIÉ, 2011a).

#### **1.2.4 Hydroélectricité**

L'hydroélectricité est associée à l'énergie mécanique produite par des turbines activées par un écoulement de l'eau d'un point supérieur à un niveau inférieur d'une rivière. Il peut aussi s'agir de l'énergie cinétique provenant d'un mouvement des rivières, des marées ou des vagues et de sa transformation en énergie mécanique à l'aide d'un dispositif installé à même le courant (GIEC, 2011). La production d'hydroélectricité provenant des barrages a l'avantage d'être régulée facilement en fonction de la demande, si le niveau de l'eau le permet. Des impacts majeurs sur l'environnement découlent de la production d'hydroélectricité, telle que la modification de l'écoulement naturel d'une rivière qui affecte la faune aquatique et la qualité de l'eau. De plus, il est nécessaire d'inonder de grandes superficies de territoire pour former un réservoir, ce qui perturbe la faune qui perd des habitats écologiques. L'émanation de méthane, qui est un GES, provenant de la décomposition de la matière organique submergée est aussi un désavantage de cette forme d'énergie (Wengenmayr, 2008). En 2010, l'hydroélectricité représentait environ 2 % de l'énergie consommée mondialement (AIÉ, 2011a).

#### **1.2.5 Hydrogène**

Les piles à combustible convertissent l'énergie chimique en énergie électrique grâce à la réaction de l'hydrogène avec l'oxygène qui forme de l'eau et libère de l'énergie sans émission de GES. Les piles à combustible se rapprochent des batteries, la seule différence réside dans le fait que la pile à combustible ne fait que générer de l'électricité et que la batterie ne fait que l'emmagasiner. L'hydrogène est produit à partir de plusieurs substances telles que l'eau ou le sucre. Toutefois, de l'énergie est nécessaire pour extraire l'hydrogène, ce qui ramène ce carburant à un support énergétique plutôt qu'une source. Les piles à combustible peuvent être utilisées pour des équipements électriques fixes ou mobiles. Par contre, un système de stockage de l'hydrogène doit être prévu pour alimenter la technologie, ce qui pose des problèmes logistiques lors de l'utilisation de piles à combustible dans le secteur des transports (Ressources naturelles Canada (RNC), 2010). En 2010, la demande mondiale associée à l'hydrogène était minime et n'était pas assez élevée pour être chiffrée (AIÉ, 2011a).

### **1.2.6 Bioénergie**

La bioénergie est définie comme étant une source d'énergie provenant de toute forme de biomasse, c'est-à-dire de matériel d'origine biologique (végétal ou animal). La biomasse peut être utilisée comme combustible sans besoin d'une transformation quelconque tel qu'il en est le cas pour la matière ligneuse et la paille. Dans d'autres situations, la biomasse devra être transformée soit en biogaz ou en biocarburants pour être utilisée à des fins énergétiques. Les résidus organiques provenant de l'agriculture ou des procédés industriels en sont de bons exemples. La production de ces sources énergétiques est exécutée à partir de plusieurs techniques telles que la gazéification, la digestion anaérobie et la pyrolyse. Les secteurs généralement visés pour l'utilisation de la bioénergie sont ceux de l'industrie, du transport, de l'agriculture et du chauffage domestique (RNC, 2009). En 2010, la bioénergie représentait environ 10 % de la demande énergétique mondiale (AIE, 2011a).

### **1.2.7 Combustibles fossiles**

Les combustibles fossiles, qui comprennent le gaz naturel, le charbon, le pétrole et ses produits dérivés, proviennent d'un processus de décomposition de la matière organique échelonné sur plusieurs millions d'années. Il s'agit donc d'une ressource qui ne peut se régénérer à un rythme supérieur ou égal à son taux de consommation, qui est donc non-renouvelable. Les combustibles fossiles, étant présents en quantité limitée et consommés à un rythme accentué, subiront éventuellement un épuisement des stocks. En 2050, il est estimé que les réserves de pétrole et de gaz naturel seront épuisées tandis que celles du charbon devraient subsister pour plusieurs siècles encore (Tissot, 2001). L'incertitude de l'ampleur des réserves mondiales, l'augmentation des coûts d'exploitation et de nombreux autres risques font en sorte que les prix des combustibles fossiles fluctuent rapidement et représentent une menace à la sécurité énergétique (AIE, 2011b). D'un aspect environnemental, la combustion du charbon, du pétrole et du gaz naturel libère des émissions de gaz à effets de serre (GES) qui contribuent à l'amplification du réchauffement climatique planétaire, ce qui entraînera une série des perturbations climatiques (GIEC, 2007). D'un point de vue pratique, les combustibles fossiles sont accessibles et adaptés au mode de vie des consommateurs, ce qui explique en partie la raison pour laquelle la demande énergétique du pétrole, du charbon et du gaz naturel se situait à 80 % en 2010 (AIE, 2011a).

### **1.3 L'efficacité énergétique : un concept clé à la planification**

Bien qu'il ne s'agisse pas d'une source d'énergie, l'efficacité énergétique permet de réaliser des économies d'énergie importantes. Avant de mettre en œuvre tout plan énergétique, il est primordial de s'assurer que la consommation énergétique soit maintenue au plus bas niveau. Cela est rendu possible en maîtrisant l'énergie plus intelligemment, soit par l'application de mesures d'efficacité énergétique permettant une réduction de la consommation énergétique pour l'obtention d'un même résultat. L'idée est d'utiliser de façon responsable les diverses sources d'énergie, qu'elles soient sous la forme de chaleur, d'électricité ou de vapeur (Ageco/Agrinova, 2009). L'application de l'efficacité énergétique s'articule autour de trois principes de base : choisir les technologies appropriées, diversifier les sources d'énergie et mieux gérer la demande énergétique.

Choisir la technologie appropriée consiste à déterminer les équipements et les procédés plus performants qui mènent à une efficacité énergétique supérieure des industries, des bâtiments et des transports maritimes, aériens et terrestres. Ainsi, les pertes d'énergie sont minimisées et le rendement énergétique est plus élevé. (Association québécoise pour la maîtrise énergétique (AQME), 2007)

La diversification vise à instaurer plus d'une source énergétique dans un même lieu, assurant ainsi un vaste éventail pour différents types d'usage en plus d'une sécurité énergétique accrue. Il est important de choisir la source d'énergie appropriée à chaque usage afin d'optimiser l'énergie consommée. Il s'agit d'éviter l'utilisation d'énergie de haute qualité pour effectuer une tâche qui ne nécessite pas un tel raffinement. (AQME, 2007)

Le principe de gestion de la demande énergétique est axé davantage sur les modifications comportementales de l'utilisateur. Il s'agit donc de contrôler la demande avant l'offre afin d'optimiser l'utilisation et la conservation de l'énergie. La sensibilisation auprès des consommateurs en ce qui a trait au changement de comportements pour amoindrir la demande énergétique est l'un des principaux outils d'intervention pour gérer ce volet. La notion d'utilisation modulée de la demande dans le temps est aussi un principe important à intégrer aux modes de gestion. Cette notion consiste à éviter la surconsommation énergétique en période de pointe et éviter les surcharges du réseau ainsi que les pertes y étant associées. (AQME, 2007)



## **2 MÉTHODOLOGIE**

Les démarches méthodologiques entreprises pour mener à terme l'analyse des structures énergétiques des milieux insulaires seront décrites dans cette section. Tout d'abord, le choix des communautés à l'étude sera justifié. Par la suite, les principales sources d'information ayant servi à l'analyse seront spécifiées. Le cadre de l'analyse détaillant la démarche méthodologique générale entreprise sera détaillé pour ensuite définir les critères établis pour guider l'analyse.

### **2.1 Sélection des études de cas**

Au total, trois communautés insulaires ont été identifiées pour procéder à l'analyse de leur structure énergétique : Samsø, Gotland et Bornholm. Ce choix s'est effectué en fonction de quatre critères. Premièrement, la communauté devait être située dans un milieu insulaire qui possède des enjeux énergétiques similaires à ceux des îles de la Madeleine. Deuxièmement, les conditions climatiques des communautés devaient aussi être semblables à celles des îles de la Madeleine, car les enjeux énergétiques d'une communauté varient en fonction de la température, des précipitations et de diverses conditions climatiques extrêmes. Ainsi, il était essentiel que le climat des îles sélectionnées se rapproche d'un climat maritime qui est caractérisé par un hiver doux et long et un été court et relativement chaud et pluvieux (ISQ, 2010). La disponibilité de la documentation se réfère au troisième critère qui a guidé la sélection des études de cas. Finalement, l'avant-gardisme des pays où se situent les îles était le quatrième critère de sélection des communautés. Les îles choisies sont localisées en Suède et au Danemark; il s'agit d'une plus value, car ces pays font figure de proue en termes de gestion énergétique en raison des politiques innovatrices déployées. L'objectif principal de la politique énergétique danoise est qu'à partir de 2050, la totalité de l'énergie produite provienne de sources renouvelables (Agence énergétique danoise, 2012). La Suède s'est aussi fixé des défis d'importance tels qu'à partir de 2020, 50 % de la production énergétique devra provenir de sources renouvelables et une réduction de 40 % des émissions de GES sera atteinte (Gouvernement de la Suède, 2009).

### **2.2 Colligation de l'information**

L'information nécessaire à la réalisation de l'analyse provient, entre autres, d'un projet nommé *Transparent Energy Planning and Implementation* (TRANSPLAN). Il s'agit d'une

initiative européenne réalisée sur une période de 30 mois, qui débuta en 2007 et qui avait pour objectif d'établir un plan énergétique dans cinq îles situées au Danemark, en Suède, en Finlande, en Estonie et en Italie. Les îles de Bornholm et Gotland, qui sont étudiées dans cette analyse, ont participé à ce projet. Quant à l'île de Samsø, le plus récent plan énergétique a été effectué par une organisation locale en partenariat avec le projet Isle-Pact qui a aussi été réalisé sur une période de 30 mois, mais qui débuta en 2010. L'organisation locale nommée l'académie énergétique de Samsø (AÉS) a aussi été une importante source d'information, car elle est responsable de la planification énergétique depuis plusieurs années. Les projets TRANSPLAN et Isle-Pact prônent tous deux comme vision la réduction de GES associée à la consommation énergétique et favorisent l'utilisation des sources énergétiques renouvelables. Les sites Internet des organisations énergétiques locales, des municipalités et autres ressources développées par des alliances entre îles ont été d'une grande utilité pour la collecte de données.

### **2.3 Cadre de l'analyse**

Une analyse critique des structures énergétiques des îles de Samsø, Gotland et Bornholm sera effectuée dans le but de déceler leurs forces et leurs faiblesses respectives. Au total, cinq critères ont été sélectionnés à la suite de la lecture de rapports d'évaluation et de guides de planification énergétiques afin de procéder à l'analyse des systèmes énergétiques. Le tableau 2.1 représente le cadre analytique qui sera utilisé lors de l'analyse des plans énergétiques. Les critères ont été choisis de façon à ce que l'information décelée à travers ces derniers soit pertinente et utile pour un gestionnaire de projet du domaine énergétique. Pour chaque critère, des aspects spécifiques seront à l'étude dans le but de critiquer les processus entrepris et les résultats obtenus. Il est à noter qu'il ne s'agit pas d'une analyse comparative de la performance des systèmes énergétiques des trois communautés. Il s'agit plutôt d'une analyse qui permettra de faire ressortir les réussites et les défis rencontrés et de déceler les raisons justifiant ces résultats. Ainsi, les apprentissages acquis des expériences vécues de ces communautés insulaires aideront à formuler des recommandations à l'attention de l'agglomération des Îles-de-la-Madeleine pour les épauler dans l'élaboration de leur stratégie énergétique.

**Tableau 2.1 Cadre de l'analyse**

<b>Critères</b>	<b>Aspects traités</b>
Performance générale du bilan énergétique	Variation du bilan énergétique
	Partage des sources énergétiques
Performance des solutions instaurées	Génération de chaleur
	Production d'électricité
	Secteur des transports
	Efficacité énergétique
Viabilité économique	Investissements et retombées économiques
	Création d'emplois
Implication des parties prenantes	Interactions entre les parties prenantes
	Rôles des acteurs
Partage du savoir-faire	Partenariats établis
	Ressources éducationnelles

Antérieurement à l'analyse critique, une description sommaire des paramètres géographiques, démographiques et socio-économiques de chaque communauté sera présentée. Cette section descriptive est essentielle à l'analyse, car les décisions prises et les résultats obtenus peuvent être liés à des circonstances particulières. Il est donc important de comprendre le contexte de chaque communauté et de le considérer dans les étapes ultérieures de l'analyse lorsqu'il sera temps de déceler les causes ayant mené à ces résultats.

## **2.4 Description des critères**

Une description des critères et des sous-éléments traités dans chacun est présentée dans cette section afin de délimiter l'étendue de l'analyse. Les sous-éléments à l'étude pourront varier légèrement d'une île à l'autre, car les priorités de chaque communauté pourront être différentes et cela se fera sentir dans la disponibilité de l'information.

### **2.4.1 Performance générale du bilan énergétique**

Ce critère consiste à analyser les conséquences de la réalisation du plan sur le bilan énergétique de la communauté et à vérifier si les objectifs fixés ont été atteints. L'analyse du bilan énergétique se traduit par la variation de la consommation énergétique totale et des émissions de CO<sub>2</sub>. Les principaux facteurs qui auront mené à une diminution ou à une augmentation du bilan énergétique seront discutés. Il sera vérifié si la transition vers le nouveau système énergétique de la communauté est durable en évaluant le pourcentage de la production énergétique provenant de sources renouvelables.

#### **2.4.2 Performance des solutions instaurées**

Les types d'actions entreprises pour diminuer le bilan énergétique d'une communauté touchent généralement quatre volets soit : le chauffage, l'électricité, les transports et l'efficacité énergétique. Pour chacune de ces catégories, il sera évalué quelles ont été les actions entreprises pour diminuer le bilan énergétique et quels sont les résultats obtenus à la suite de l'instauration de ces mesures. Plus précisément, il sera examiné si les principales mesures instaurées sont adéquates en soulignant les avantages et les inconvénients de chacune. Pour chaque volet à l'étude, les aspects technique, social, financier et environnemental des solutions implantées seront évalués. L'aspect technique se réfère aux technologies utilisées pour obtenir des résultats. Les contraintes ou les avantages reliés à ces technologies peuvent être la disponibilité des ressources, le risque, la complexité, la fiabilité ou la durée de vie des installations. L'aspect social concerne les méthodes et les résultats obtenus pour maintenir un bon niveau d'acceptabilité sociale. L'aspect financier vise à déceler la rentabilité économique des solutions. Ainsi, un regard plus approfondi sera jeté sur les coûts ayant trait aux investissements initiaux, aux opérations et à l'entretien ainsi que les bénéfices économiques retirés des mesures. Il est à noter que tous les coûts présentés dans l'analyse sont en dollars canadiens. La provenance des investissements sera aussi un élément sous analyse. L'aspect environnemental consiste à identifier les impacts environnementaux, positifs ou négatifs, liés aux solutions. Chaque communauté ayant des contextes différents, il est possible que les priorités de ces dernières diffèrent. Cela implique que les aspects technique, social, financier et environnemental ne seront pas nécessairement traités de façon égale. Un barème a toutefois été établi afin d'assurer un cadre méthodologique qui assure une uniformité et une objectivité à la présente analyse. Ainsi, il est possible que l'information varie d'un volet à un autre.

#### **2.4.3 Viabilité économique**

La viabilité économique globale des stratégies sera évaluée à partir de l'analyse des investissements totaux, des retombées monétaires locales et du potentiel de création d'emplois découlant de la transition vers de nouveaux systèmes énergétiques. Les investissements totaux estimés et réels seront discutés afin d'avoir une idée des dépenses globales engendrées par le projet et des raisons expliquant les écarts entre la réalité et la planification. La nature des retombées économiques effectuées sera précisée et chiffrée si

possible. Afin de déterminer l'impact de la planification énergétique sur le marché de l'emploi, le nombre d'emplois créé ainsi que les particularités de ces derniers (durée et provenance de la main d'œuvre) seront discutés. De plus, il sera précisé quels sont les secteurs d'activités qui permettent la création d'emplois.

#### **2.4.4 Implication des parties prenantes**

Ce critère consiste à identifier les principaux acteurs impliqués dans l'établissement et la mise en œuvre du plan énergétique. Une évaluation des synergies entre les parties prenantes pour assurer une bonne structure organisationnelle sera réalisée. Les rôles que joue chaque partie prenante seront énumérés ainsi que les moyens et outils déployés pour assurer leurs fonctions. Les catégories d'intervenants à l'étude pourront varier d'une communauté à l'autre et il sera constructif d'observer les différentes structures organisationnelles qui ont été mises en place pour la transition vers de nouvelles solutions énergétiques.

#### **2.4.5 Partage du savoir-faire**

Ce critère consiste à évaluer si la communauté a su partager son expérience à l'échelle nationale et internationale. De façon plus concrète, il sera observé si la communauté a établi un ou plusieurs partenariats avec d'autres communautés insulaires ou organisations européennes. Finalement, un recensement des ressources éducationnelles mises à la disposition du public sera effectué afin de déterminer s'ils sont aptes à transmettre leurs connaissances tant aux bénéficiaires des autres communautés, que des experts énergétiques, des touristes qui visitent l'île ou de la population locale.

### **3 ANALYSE DU SYSTÈME ÉNERGÉTIQUE DE SAMSØ**

L'île de Samsø est située au centre du Danemark, à environ 100 km de Copenhague, la capitale nationale, et à 40 km d'Aarhus, la deuxième plus grande ville du pays. Une carte est disponible à l'annexe 1 pour mieux repérer l'emplacement de l'île. La longueur maximale de l'île est de 24 km et elle a tout au plus 7 km de largeur. Sa superficie est de 114 km<sup>2</sup> et la distance minimale entre la côte et le milieu insulaire est de 18 km. Un câble sous-marin de 110 kV permet la transmission de l'électricité entre l'île et le continent. Deux lignes de traversier permettent aux habitants et aux visiteurs de transiter entre le continent et l'île. Le nombre d'habitants au recensement de 2011 se chiffrait à 3885 et la densité de population était de 34 hab./km<sup>2</sup>. Une tendance à la baisse de la population est observable, car en 1997, elle était de 4366 et elle n'a pas cessé de décroître. Les principales activités économiques sont l'agriculture, la foresterie et la pêche qui représentent 24 % des emplois sur l'île. Les secteurs du commerce, des transports et de la construction couvrent, dans le même ordre, 21 %, 13 % et 12 % des emplois occupés sur l'île. Le tourisme est aussi une activité économique d'importance; environ un demi-million de personnes visitent l'île annuellement. (AÉS, 2011b)

La présente analyse portera sur l'évolution des structures énergétiques depuis l'établissement d'une stratégie énergétique en 1997. L'analyse de la stratégie sera effectuée à partir du début de son instauration jusqu'en 2011, qui est la date du plus récent plan d'action publié par l'académie énergétique de Samsø qui est l'organisation responsable de le rédiger. Cette académie a aussi pour mandat de coordonner les actions à entreprendre pour l'atteinte des objectifs fixés dans les plans énergétiques.

#### **3.1 Performance générale du bilan énergétique**

Pour la communauté de Samsø, la planification énergétique n'est pas chose nouvelle, car dès 1997, les habitants de l'île s'étaient engagés à atteindre des objectifs d'envergure. Le plan initial découle d'un concours à l'échelle nationale, s'adressant aux petites localités, qui avait été lancé par le gouvernement danois. Le vainqueur de cette compétition devait avoir le meilleur plan pour atteindre une autonomie énergétique basée entièrement sur des énergies alternatives. Ce fut Samsø qui remporta le concours grâce à leur plan ayant pour objectif l'atteinte d'une production énergétique basée à 100 % sur des sources renouvelables dès 2007. Cela signifie que la communauté doit subvenir à la majorité des

besoins en énergie de l'île à partir de sources renouvelables et de compenser les émissions dues aux combustibles fossiles qui ne pouvaient encore être éliminées. Depuis ce temps, un suivi de la progression de la stratégie énergétique de 1997 a été effectué et la municipalité de Samsø a su respecter ses engagements. Grâce à l'exportation annuelle nette d'électricité renouvelable vers le continent qui s'effectue par un câble de transmission sous-marin, l'empreinte carbone par personne était de -2,3 tonnes de CO<sub>2</sub> en 2009. La logique derrière ce raisonnement est que l'énergie produite à partir d'un parc éolien en haute mer est redistribuée vers le continent qui, normalement, utiliserait du charbon pour subvenir à ses besoins en électricité. Ainsi, le montant d'énergie exportée correspond à la portion de la consommation énergétique de l'île qui est toujours dépendante aux combustibles fossiles et il s'agit principalement du secteur des transports. En réalité, chaque habitant de l'île émettait 5,77 tonnes de CO<sub>2</sub> en 2009 pour un total de 23 000 tonnes de CO<sub>2</sub>. Une nette amélioration est toutefois observable par rapport à 1997, car leurs émissions totales de CO<sub>2</sub> étaient de 46 000 tonnes par année. (AÉS, 2011b)

En 1997, 13 % de l'énergie produite sur l'île provenait de sources renouvelables, ce pourcentage était atteint principalement grâce à la combustion de la biomasse et de la production d'électricité à partir de l'éolien (Jørgensen, 2007). En 2009, ce pourcentage frôle le 50 % en raison de l'augmentation de la capacité de production des éoliennes et à l'utilisation répandue de la biomasse pour le chauffage des maisons (AÉS, 2011b). L'utilisation de diesel pour le secteur des transports est en grande proportion responsable de la consommation de combustibles fossiles utilisés sur l'île; l'essence et le mazout sont utilisés en moindre quantité (*ib.*). En novembre 2011, Samsø a adopté un nouveau plan d'action qui a un but encore plus imposant que le dernier : devenir une communauté « zéro combustible fossile » d'ici 2030, et ce, dans tous les secteurs d'activités y compris celui des transports (AÉS, 2011b). La prochaine section apportera plus de précisions sur la façon dont cette nouvelle cible sera atteinte. De façon générale, la performance du bilan énergétique est intéressante étant donnée la compensation CO<sub>2</sub> attribuable aux éoliennes en mer. Toutefois, l'image qui est dépeinte de Samsø donne à penser qu'aucune émission CO<sub>2</sub> n'a lieu sur l'île, alors que ce n'est pas le cas. Il faut donc être vigilant lors de l'interprétation des résultats présentés dans le nouveau plan énergétique, car cela peut parfois mener à confusion.

## **3.2 Performance des solutions instaurées**

Les solutions instaurées à Samsø pour augmenter la proportion d'énergie renouvelable et diminuer la dépendance aux combustibles fossiles seront évaluées en fonction des catégories suivantes : génération de chaleur, production d'électricité, transports et efficacité énergétique. Les principales mesures adoptées ou envisagées dans chacun de ces volets seront discutées en abordant les aspects technique, social, économique et environnemental.

### **3.2.1 Génération de chaleur**

Afin de diminuer l'utilisation de combustible fossile liée à la génération de chaleur, la stratégie adoptée par Samsø est d'instaurer des systèmes centraux de chauffage urbain alimentés à la biomasse. Avant d'aller plus en détail dans l'évaluation de cette mesure, une courte parenthèse sera ouverte pour expliquer cette technologie, étant donné qu'il s'agit d'une pratique encore peu courante au Québec. (Blais, 2012)

Le chauffage urbain ou le chauffage de district consiste à produire de la chaleur à partir d'une centrale et de la redistribuer à l'échelle d'un quartier résidentiel ou d'un village ou d'une ville. Le vecteur pour transporter la chaleur peut être l'eau ou de la vapeur d'eau, qui est distribuée grâce à un réseau de tuyauterie souterrain branché aux habitations qui peuvent l'utiliser pour des fins de chauffage ou pour des besoins en eau chaude domestique. La centrale peut être alimentée de diverses manières soit par : la biomasse, la récupération de chaleur, l'électricité ou toute autre forme de combustible fossile. Ces systèmes sont efficaces seulement si un nombre suffisant d'habitations sont connectées au réseau, sinon il y aura des pertes de chaleur et la rentabilité économique sera insuffisante. (Blais, 2012)

Le plan d'action instauré en 1997 à Samsø avait pour objectif d'instaurer quatre systèmes centraux de chauffage urbain alimentés par des énergies vertes, en plus de celui qui existait déjà à Tranebjerg. Le pourcentage de production de chaleur provenant de cette technologie devait passer de 25 % à 65 %. Au final, ce pourcentage a atteint 43 %. Sur les quatre nouveaux projets de chauffage de district proposés initialement, trois d'entre eux ont vu le jour, non sans certaines modifications en ce qui a trait aux sources énergétiques utilisées et aux productions totales générées. Le projet qui n'a pas été mis de l'avant



constituait à combiner l'utilisation de biogaz ainsi que de la biomasse provenant de l'agriculture et des résidus forestiers. Trop peu de propriétaires de la région où cette centrale était prévue ont signifié un intérêt afin qu'il y ait suffisamment de connections pour que le projet soit techniquement faisable. Certains d'entre eux possédaient déjà des installations de chauffage individuelles à la biomasse et d'autres étaient des saisonniers n'étant pas intéressés par le projet. Le tableau 3.1 résume les caractéristiques liées aux systèmes centraux de chauffage urbain qui ont été implantés. (Jørgensen, 2007)

**Tableau 3.1 Caractéristiques des systèmes centraux de chauffage urbain**  
(compilation d'après AÉS, 2011a)

Projets	Année d'instauration	Combustibles	Puissance (MW)	Coûts (M\$)	Nombre client	Type de propriété
Centrale de Tranebjerg	1993	Paille (blé et seigle)	3	5,3	400	Privée
Centrale de Nordby-Marup	2001-2002	Copeaux de bois et solaire thermal	1,6	4,1	178	Privée
Centrale de Onsbjerg	2002	Paille (blé et seigle)	0,8	1,6	76	Privée
Centrale de Ballen/Brundby	2004-2005	Paille (blé et seigle)	1,6	3,2	240	Coop

Les trois dernières centrales construites ont subi des modifications en cours de route. Les projets qui impliquaient une combinaison entre la récupération de chaleur d'industries, les biogaz et la biomasse ont été réduits à l'utilisation de biomasse seulement comme source énergétique. L'option de récupération de chaleur était trop compliquée au sens organisationnel, car des problèmes de propriété et de taxes restaient insolubles, administrativement parlant. De plus, cette chaleur n'est pas toujours constante vu qu'elle dépend de la production des industries. Le nombre de connexions aux réseaux de chauffage a aussi été plus bas que prévu, car les habitations étaient trop disparates pour que la rentabilité économique soit intéressante. En général, les habitants se sont montrés intéressés aux projets proposés, et ce, d'autant plus s'ils étaient impliqués financièrement. Il s'agit du cas de la centrale de Ballen/Brundby qui est une coopérative possédée par les

utilisateurs du réseau. Pour les trois centrales, de nombreuses rencontres ont été organisées avec les citoyens pour les informer et assurer leur participation, car les citoyens avaient le choix de se joindre ou non au projet à l'exception d'une centrale où il est maintenant obligatoire que les nouvelles constructions se connectent au réseau de chauffage. Pour garantir leur participation, un rabais sur l'abonnement au service était offert aux membres qui s'inscrivaient avant la construction des installations. Normalement au Danemark, les usagers doivent déboursier d'importantes sommes d'argent pour avoir accès au service de chauffage central (entre 5000 et 9000 \$). Les citoyens pouvaient donc s'abonner pour un montant significatif d'environ 13 \$, ce qui a permis d'assurer un taux de participation suffisant pour garantir la rentabilité économique des projets. (Jørgensen, 2007)

Les coûts de construction des trois centrales les plus récentes ont été subventionnés à des niveaux variables par l'Autorité énergétique danoise soit : 44 % pour celui de Nordby-Mårup, 36 % pour celui de Onsbjerg et 14 % pour celui Ballen/Brundby (Jørgensen, 2007). La balance du capital a été assurée par des investisseurs privés, ce qui indique une bonne rentabilité des centrales (Jantzen, 2011). Il est toutefois impossible de trouver des statistiques exactes sur la rentabilité économique de ces dernières. Les centrales de Tranebjerg et Nordby-Mårup sont possédées par une compagnie danoise de production et de distribution énergétique nommée NRGi. Onsbjerg appartient à des entrepreneurs privés, qui font affaire sur l'île, et Ballen/Brundby est un système coopératif. Cette dernière est donc gérée et payée par les citoyens qui s'y impliquent fortement (AÉS, 2011a). La tarification par MWh est semblable d'une centrale à l'autre, avec des prix variant entre 110 \$ et 130 \$ qui sont déterminés par un contrat entre l'utilisateur et le fournisseur (*ib.*). Le chauffage de district est aussi une option plus économique que le chauffage à l'électricité étant donné que les tarifs sont moins élevés.

D'un point de vue environnemental, l'implantation de ces chauffages de district est globalement positive étant donné qu'antérieurement à ces systèmes, les maisons étaient chauffées à l'aide de chaudières au mazout, un combustible qui émet des GES et autres gaz nocifs dans l'atmosphère. Maintenant, les sources énergétiques utilisées sont considérées comme étant renouvelables, d'autant plus que l'approvisionnement en copeaux de bois et la paille proviennent majoritairement d'une production locale, évitant

ainsi une importation par transport maritime. Il est estimé qu'en 2005, la consommation totale de mazout utilisée à des fins de chauffage avait diminué de 50 % grâce à l'implantation de trois nouvelles centrales. La combustion de la biomasse n'est toutefois pas sans impact, car elle génère des émissions de particules dans l'air qui retombent ensuite dans les milieux terrestres et aquatiques. Il est estimé que la production de cendre est passée de 100 à 200 tonnes par année due à l'utilisation de biomasse pour le chauffage de district. Une piste de solution est de récupérer ces cendres pour amender les sols agricoles, à condition qu'ils respectent les seuils limites de contamination en métaux lourds. (Jørgensen, 2007)

De façon générale, l'implantation des systèmes de chauffage de district a été plutôt réussie. Conscient que des améliorations sont encore nécessaires, le nouveau plan d'action datant de 2011 prévoit des budgets afin de renouveler les infrastructures existantes et étendre les réseaux de chauffage, en plus d'installer plus de capteurs solaires. Toutefois, il n'y a pas de détails afin de savoir précisément où ces investissements seront effectués. (AÉS, 2011b)

### **3.2.2 Production d'électricité**

Afin de subvenir de façon durable aux besoins en électricité de l'île, il fût décidé que la ressource la plus appropriée était le vent. Des estimations de la demande électrique ont été effectuées et la capacité devait avoisiner les 11 MW afin qu'une autonomie énergétique soit atteinte. En 2000, 11 éoliennes terrestres avec une capacité de production de 1 MW et une hauteur maximale de 77 mètres furent érigées en trois groupes distincts sur le territoire. Avant cette date, l'énergie éolienne ne fournissait que 5 % de la demande totale en électricité alors qu'elle répond presque à l'entièreté de la demande actuelle. Comme le vent est une ressource qui fluctue, l'offre n'est pas toujours suffisante pour combler la demande. Dans cette situation, l'électricité provenant du continent est importée vers l'île pour combler les besoins. Toutefois, au fil d'une année, on constate une exportation nette d'électricité vers le continent, ce qui compense l'énergie qui est importée en temps de déficit énergétique. (Jørgensen, 2007)

Au courant de la phase de planification, de nombreuses consultations publiques ont eu lieu. Ces dernières avaient pour but d'informer les citoyens et d'exercer une influence

positive sur l'opinion publique quant à l'idée d'ériger des éoliennes sur l'île. Afin que les citoyens se sentent impliqués dans la démarche et qu'ils acceptent plus facilement leur implantation, deux des onze éoliennes sont gérées selon un mode coopératif. Au total, il y a 5400 parts qui ont été vendues à environ 450 habitants de l'île (AÉS, 2011a). Les habitants détenant des parts peuvent donc tirer des bénéfices financiers et ils ont un pouvoir décisionnel sur la gestion de l'énergie. Les neuf autres éoliennes appartiennent à des investisseurs privés qui sont en majorité des fermiers de la région (*ib.*). Le coût des éoliennes était d'environ 1 M\$ par éolienne, en incluant la connexion au réseau et la fondation des éoliennes (*ib.*). Il ne manque pas d'investisseurs pour le marché de l'éolien, ce qui laisse sous-entendre qu'il s'agit d'un secteur d'activité lucratif (Jantzen, 2011). Quant aux consommateurs d'électricité, ils ont fait face à une incertitude des prix vu qu'il est déterminé en fonction de l'offre et de la demande du marché (*ib.*). Pour faire face à ce problème et rassurer les citoyens, des contrats entre le distributeur et les citoyens ont été mis en place pour éviter une fluctuation des prix. Ainsi, le prix de l'électricité est régulé à un prix fixe minimum de 0,071 \$ pour les dix premières années de consommation et il devient par la suite à 0,10 \$ pour les premiers 12 000 kWh consommés (AÉS, 2011a).

Le principal impact environnemental négatif créé concerne la pollution visuelle, car le paysage peut être altéré par la présence d'éoliennes, surtout lorsque la région vit du tourisme. Afin d'atténuer l'impact visuel des installations, des études préliminaires pour déterminer les sites les plus appropriés ont été réalisées. Comme il a été mentionné plus haut, des efforts soutenus ont aussi été consentis pour maintenir une bonne acceptabilité sociale. Nonobstant cette obstruction visuelle, l'énergie produite par les éoliennes a l'avantage d'être carbone neutre lors de la phase de production. Avant l'instauration des éoliennes, 95 % de l'électricité était importée du continent par câble sous-marin et cette énergie provenait principalement de centrales au charbon qui émettent de lourdes émissions GES. (Jørgensen, 2007)

En somme, la transition vers un système électrique basé à 100 % sur des énergies renouvelables a été un franc succès. L'innovation et le progrès concernant la production d'électricité continueront dans le futur, car la nouvelle stratégie énergétique entend à cet effet continuer à investir dans les éoliennes terrestres en remplaçant les installations lorsqu'elles seront désuètes et en développant davantage le réseau au besoin. Les

technologies solaires seront davantage développées : il est prévu que des panneaux solaires photovoltaïques seront implantés pour atteindre une superficie totale de 40 000 m<sup>2</sup>. À ce jour, les panneaux photovoltaïques sont encore peu exploités et seulement trois habitations en ont intégré à leur toiture, ce qui correspond à une surface de 120 m<sup>2</sup>. (Jørgensen, 2007)

### **3.2.3 Secteur des transports**

En 1997, les technologies pour effectuer une transition verte dans le secteur des transports étaient encore peu développées et incertaines. Étant donné ces barrières techniques, le plan énergétique prévoyait une mesure de mitigation, soit l'implantation d'éoliennes en mer qui compenseraient les émissions GES du secteur des transports terrestres et maritimes. La production électrique des éoliennes a été prévue pour être équivalente à la consommation énergétique annuelle liée aux transports, soit 210 TJ qui seront revendus annuellement vers le continent qui utilise normalement de l'électricité produite à partir de centrales au charbon. En 2005, 10 éoliennes de 2,3 MW ayant une hauteur maximale de 103 mètres ont été érigées en mer pour atteindre une production de 260 TJ qui s'est avérée être 285 TJ en réalité. La production en mer est supérieure étant donné que les vents y sont plus forts et plus constants. (Jørgensen, 2007)

L'investissement initial est plus élevé que pour les éoliennes terrestres en raison de leur plus grande envergure et de l'installation qui est plus complexe en milieu marin. Chaque éolienne construite en mer représente un coût d'environ 1,7 M\$. Toutefois, vu leur plus grande efficacité, leur coût de production par kilowattheure est moins onéreux que celui des éoliennes terrestres et leurs revenus sont d'autant plus alléchants pour les investisseurs. D'ailleurs, la recherche de bailleurs de fonds n'a pas été un problème pour le financement du parc éolien : une des éoliennes est possédée selon un mode coopératif, cinq d'entre elles appartiennent à la municipalité, deux à des fermiers locaux et les deux dernières sont la propriété d'investisseurs commerciaux. (Jørgensen, 2007)

Encore une fois, les citoyens ont été fortement impliqués dans le processus décisionnel pour la mise en place du parc éolien en mer. De plus, le fait de posséder l'une des dix éoliennes a renforcé le sentiment d'appartenance des citoyens envers le projet. Une seule éolienne a pu être acquise en mode coopératif en raison de leur coût plus élevé.

Toutefois, la municipalité a décidé d'acquérir cinq autres éoliennes afin de rendre le projet plus acceptable pour la population locale. Les bénéfices de ces dernières sont d'ailleurs réinvestis dans d'autres projets liés au développement durable sur l'île. L'éolienne qui appartient à la coopérative de citoyens est celle qui est débranchée en dernier, lors de période de surproduction du réseau, ce qui signifie que l'opportunité de vendre de l'électricité vers le continent est plus grande et les bénéfices aussi. (Beermann, 2009)

Un des principaux avantages des éoliennes en mer par rapport à celles en milieu terrestre est que leur impact visuel est moins important, car ces dernières sont situées à 3,5 km de la côte et elles seront orientées en rangées dans un axe nord-sud. Les émissions GES compensées par le parc éolien contribuent fortement à l'amélioration du bilan énergétique de la communauté insulaire. (Jørgensen, 2007)

L'objectif de compenser les émissions GES du secteur des transports peut être considéré comme réussi. Maintenant que les technologies ont évolué et que de nombreux accomplissements au niveau de la production électrique ont été effectués, les efforts dans le plan d'action 2011 seront davantage orientés vers l'intégration des énergies renouvelables dans le secteur des transports. D'ici 2020, il est prévu que 50 % de la flotte automobile soit électrique, que l'entièreté des transports publics soit alimentée par des énergies renouvelables et que les biogaz soient la seule source de combustion des traversiers. La façon dont la communauté comblera l'autre moitié des besoins énergétiques de la flotte automobile entre 2020 et 2030 est encore inconnue, étant donné les incertitudes occasionnées par une échéance fixée sur une aussi longue période de temps. Par exemple, de nouvelles technologies pourront être développées d'ici ce temps ou le prix de l'essence pourrait être si élevé que toute autre alternative serait rentable. Quant au parc éolien, de nouveaux investissements sont anticipés pour renouveler les équipements désuets et possiblement augmenter la capacité de production. (AÉS, 2011b)

### **3.2.4 Efficacité énergétique**

L'énergie la plus économique et la moins dommageable pour l'environnement demeure celle qui n'est pas consommée. Cette idée est d'ailleurs véhiculée de plusieurs façons depuis le tout début de la planification énergétique à Samsø. Au niveau de la gestion de la demande de la chaleur, il fût estimé que cette dernière pouvait être réduite de 25 % grâce

à des campagnes de sensibilisation. Au total, cinq campagnes visant plus particulièrement les économies liées au chauffage ont été menées sur le territoire. Plusieurs stratégies ont été utilisées : la sensibilisation des personnes retraitées, des services gratuits de conseils spécialisés en isolation des habitations et des expositions démontrant les bénéfices de nouveaux matériaux isolants. Des incitatifs financiers étaient également offerts par le gouvernement danois pour les ménages effectuant des travaux d'amélioration de l'isolation de leur demeure. Le gouvernement a aussi subventionné une campagne qui offrait les services d'un conseiller pour évaluer les potentiels d'économie de chauffage dans toutes les maisons de l'île. Au total, 500 ménages ont été rejoints par ces diverses campagnes. Malgré ces efforts considérables, la consommation de chaleur est passée de 140 TJ à 155 TJ, ce qui constitue une augmentation de la demande de 10 %. Cela est d'autant plus surprenant étant donné que la population a diminué de 5 % depuis ce temps. L'une des hypothèses expliquant ces résultats serait que les incitatifs économiques ou les économies monétaires réalisées seraient trop minimes pour les efforts à entreprendre. (Jørgensen, 2007)

Les efforts qui ont été entrepris pour diminuer la consommation d'électricité visaient principalement à ce que les habitations chauffées à l'aide de radiateurs électriques se convertissent vers des sources renouvelables telles que le solaire thermique ou la biomasse. L'utilisation de l'électricité pour des fins de chauffage est considérée comme un gaspillage étant donné qu'elle nécessite plus de ressources pour être produite. Le gouvernement danois a même subventionné pour un certain temps les ménages qui souhaitaient effectuer cette transition et qui n'avaient pas la possibilité de se connecter à un réseau de chauffage urbain. Au total, 160 unités solaires thermiques pour la production d'eau chaude domestique et le chauffage des maisons ont été installées, alors que 700 unités solaires thermiques servant uniquement à chauffer l'eau domestique ont été installées. Des campagnes de sensibilisation ont aussi été lancées pour diminuer la consommation électrique, soit pour modifier les habitudes des consommateurs ou pour inciter les citoyens à acheter des appareils électriques à efficacité énergétique supérieure. (Jørgensen, 2007)

Malgré les diverses campagnes de sensibilisation et les efforts consentis, la consommation électrique n'a pas diminué entre 1997 et 2005. Une des raisons expliquant

ce résultat est l'utilisation accrue de produits fonctionnant à l'électricité. De plus, les habitudes de consommation sont difficilement modifiables, car le changement du style de vie d'un citoyen est un sujet qui touche profondément les valeurs des gens. Il s'agit donc d'un long travail d'éducation et de sensibilisation. Afin d'améliorer les résultats dans le domaine de la conservation d'électricité, le nouveau plan d'action de 2011 prévoit l'installation de compteurs intelligents. Ces dispositifs permettent de connaître la consommation en temps réel et les fluctuations des prix de l'énergie. Ainsi, l'utilisateur peut contrôler intelligemment sa consommation énergétique en fonction du prix de l'énergie qui est moins onéreux en moments de surproduction des éoliennes. (AÉS, 2011b)

### **3.3 Viabilité économique**

Afin d'analyser la viabilité économique de la stratégie énergétique de Samsø, les investissements totaux ainsi que les retombées monétaires locales effectuées seront discutés. De plus, il sera évalué si la nouvelle structure énergétique a permis la création d'emploi.

#### **3.3.1 Investissements totaux et retombées économiques locales**

Dans la planification énergétique initiale, l'estimation du coût total vers une production énergétique basée entièrement sur des sources renouvelables avoisinait les 98 M\$ pour la période allant de 1997 à 2007. Sur ce montant, environ 11,6 M\$ devaient provenir de subventions du secteur public. Il est difficile de déterminer réellement le total des investissements qui ont été effectués, car de nombreux particuliers ont installé des dispositifs individuels de production basés sur les énergies renouvelables et il est difficile de retrouver les montants totaux des dépenses encourues par ces citoyens. Néanmoins, les experts estiment à 66 M\$ les investissements totaux et les subventions représenteraient un montant de 5 M\$. Ces montants sont moins élevés que ce qui avait été prévu, et ce, principalement en raison des projets qui n'ont pas vu le jour comme l'une des quatre centrales de chauffage urbain. (Jørgensen, 2007)

L'établissement d'un système énergétique basé sur des sources renouvelables est avantageux pour l'économie locale, car au lieu d'importer des produits pétroliers pour le chauffage, ce sont aux fermiers locaux que les centrales de chauffage urbain achètent leur



matière première. La nouvelle structure énergétique en place à Samsø évite maintenant d'importer du mazout, de l'électricité et des copeaux de bois du continent. Il est estimé que des économies annuelles d'environ 7,5 M\$ sont réalisées. Ces retombées sont moindres que ce qui avait été planifié initialement (10,8 M\$) en raison des habitations qui sont encore chauffées au mazout. De plus, des copeaux de bois doivent être importés sur l'île lorsque la production locale ne fournit pas la demande. (Jørgensen, 2007)

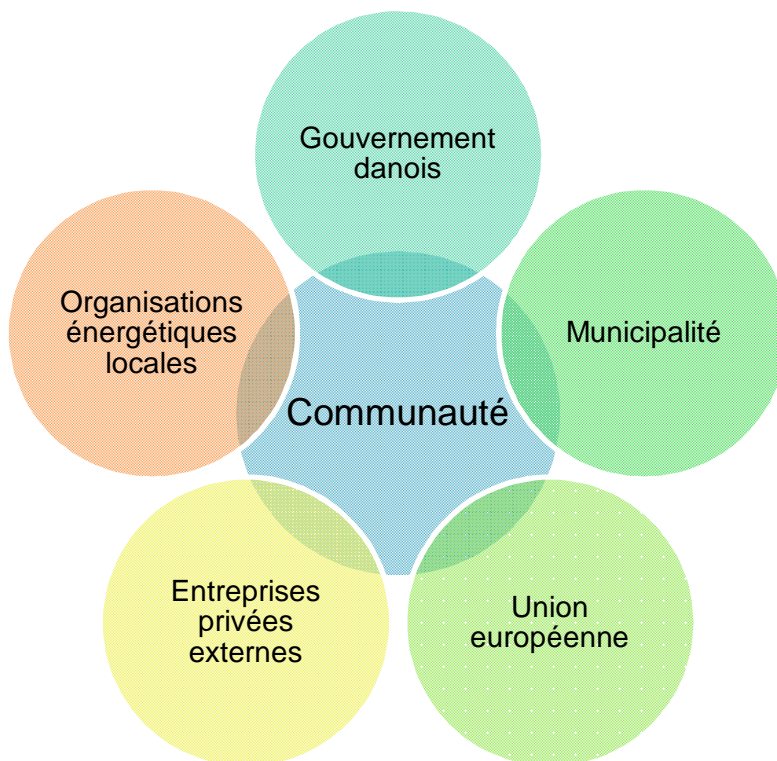
### **3.3.2 Création d'emplois**

La transition vers un nouveau système énergétique a eu des effets positifs sur la création d'emplois, plus particulièrement lors de la phase de construction. Ce sont, pour la plupart du temps, des entreprises locales qui ont construit les centrales de chauffage urbain et qui ont installé des systèmes de chauffage individuel. Par contre, la construction et la maintenance des éoliennes sont principalement assurées par des firmes provenant de l'extérieur de l'île. Environ 20 emplois à temps plein auraient été créés annuellement entre 1997 et 2007 grâce à la construction de nouvelles infrastructures. Il est difficile de retracer exactement le nombre d'emplois indirects créés grâce à la stratégie. De nombreux touristes visitent maintenant l'île à des fins éducatives, ce qui stimule l'industrie de l'hébergement et de la restauration. À l'été 2007, entre 30 et 50 visiteurs fréquentaient quotidiennement les tours organisés par l'académie énergétique. D'ailleurs, le nombre d'employés travaillant à temps plein pour l'académie est passé de deux à onze entre 1998 et 2011, ce qui n'est pas négligeable pour une petite population comme celle de Samsø. Finalement, un autre facteur difficile à quantifier est l'acquisition du savoir-faire de la main d'œuvre opérant sur l'île. Des formations ont été offertes à des groupes de travailleurs locaux (électriciens, plombiers) pour qu'ils soient en mesure d'installer et d'entretenir des technologies basées sur le solaire thermique ou la biomasse. Ce savoir-faire est difficilement chiffrable, mais il est nécessairement valable pour la communauté de Samsø qui en bénéficie. (Jørgensen, 2007; AÉS, 2011b)

### **3.4 Implication des parties prenantes**

La réalisation du projet énergétique de Samsø a nécessité l'implication de plusieurs catégories d'intervenants : la communauté, le gouvernement national, la municipalité, des organisations énergétiques locales, des entreprises externes et l'Union européenne.

Toutes ces parties prenantes ont eu à interagir lors de l'instauration des nouvelles structures énergétiques; la figure 3.1 illustre la dynamique particulière au cas de Samsø.



**Figure 3.1 Interactions entre les parties prenantes à Samsø**

Le diagramme ci-dessus permet de constater que les synergies entre les acteurs lors du projet d'intégrer les énergies renouvelables se sont concentrées autour d'un groupe précis : la communauté de Samsø. Le schème organisationnel est structuré du bas vers le haut, c'est-à-dire que la population est à la base du mouvement initiateur de changement et qu'elle est le centre du pouvoir décisionnel. La forte implication des membres de la communauté de Samsø a été un élément de succès dans l'établissement d'énergies renouvelables. La présence des autres acteurs et leur interaction avec la communauté restent cruciales, car chacun a un rôle à assurer afin de créer les conditions favorables au développement durable des systèmes énergétiques sur l'île. Le tableau 3.2 résume les rôles dévolus à chaque groupe d'acteurs ainsi que les outils déployés pour garantir leur implication. Les entités formant les groupes d'acteurs sont détaillées dans ce tableau afin de dresser un portrait de la structure organisationnelle entourant la stratégie énergétique.

**Tableau 3.2 Rôles et outils des acteurs du système énergétique de Samsø**  
(compilation d'après Leteff, 2012; Jantzen, 2011; Marano, 2010; Jørgensen, 2007)

<b>Acteurs</b>	<b>Rôles</b>	<b>Outils</b>
<b>Communauté</b> - Citoyens - Groupes de villageois - Groupes de professionnels (électriciens, plombiers, fermiers)	- Consommation et production d'énergie - Participation active - Appui financier - Ralliement de la population - Facilitation des consensus - Soutien technique	- Système coopératif - Consultation publique - Capital humain
<b>Organisations énergétiques locales</b> - Académie énergétique de Samsø - Agence énergétique de Samsø - Bureau de l'énergie et de l'environnement - Service danois de l'énergie	- Consommation et production d'énergie - Coordination des actions à entreprendre - Rédaction des plans énergétiques - Éducation et promotion du savoir-faire - Communication - Soutien technique	- Centre de recherche - Médias - Consultation publique - Capital humain
<b>Municipalité de Samsø</b> - Division technique - Division nature - Bureau du développement	- Consommation et production d'énergie - Appui financier et politique - Appui social et communicationnel	- Conseil municipal - Législation - Subventions
<b>Gouvernement danois</b> - Ministère de l'Environnement et de l'Énergie	- Appui financier et politique - Initiateur du concours	- Politiques nationales - Législation
<b>Entreprises privées externes</b> - NRGi - Autres investisseurs privés	- Appui financier et technique - Production d'énergie	- Marché de l'énergie
<b>Union européenne</b> - Fonds européen de développement régional	- Appui financier et politique	- Politiques européennes - Subventions

La communauté contribue de diverses façons à la transition énergétique. De façon individuelle, les citoyens peuvent investir dans les nouvelles infrastructures énergétiques, et ce, grâce au système coopératif qui mène à une participation accrue aux processus

décisionnels. L'île étant constituée de 22 villages distincts, de petits groupes de citoyens se sont formés et ont pris des initiatives pour faciliter la concertation et les consensus entre les villageois et les instigateurs de projets, comme la mise en place d'un chauffage de district. Des groupes de professionnels, comme des fermiers, se sont aussi rassemblés afin qu'il y ait des ententes quant à l'acquisition d'éoliennes et les procédures d'alimentation en biomasse. Grâce à des subventions, des associations d'électriciens et de plombiers ont aussi acquis les connaissances nécessaires pour l'installation de dispositifs de production d'énergie renouvelable ou pour l'isolation des habitations.

Les organisations énergétiques présentes à Samsø ont un rôle très important à jouer au niveau de la planification et de la coordination des efforts à entreprendre pour atteindre les objectifs fixés dans les plans d'action. Ils ont aussi un rôle de facilitateur de l'acceptabilité sociale en mettant en place des processus communicationnels. Certaines organisations se sont formées plus tard, comme l'académie énergétique, mais les instigateurs de la transition vers un système énergétique renouvelable ont été les même depuis le début en 1997. Il est légitime de mentionner le rôle qu'a joué Søren Hermansen qui est l'un des pionniers vers cette transition. Originaire de Samsø et bien intégré à la communauté, Hermansen était déjà connu par les citoyens lorsqu'il a élaboré le plan énergétique de 1997 dans le but de remporter le concours. Au tout début, lorsqu'il a lancé l'idée de participer au concours national, les villageois ont démontré certains doutes quant à la participation à ce projet. En discutant avec les citoyens pour sonder leur opinion et les rassurer s'ils avaient des craintes, la confiance des villageois a pu être acquise. Selon Hermansen, l'opinion des gens était très influençable par le voisinage et le restant de la communauté insulaire. Il était donc important de garder une bonne opinion publique face au projet. (Marano, 2010)

L'obtention de l'appui politique, tant au niveau national que municipal a été primordiale pour que la transition soit une réussite. Les gouvernements nationaux et l'Union européenne ont contribué financièrement à plusieurs projets et sans cette aide, certains projets n'auraient pas été mis de l'avant. L'implantation de sources énergétiques renouvelables a été favorisée par la mise en place de politiques nationales qui mènent à l'attribution de subventions ou à la réduction des taxes. Il est aussi à souligner que le gouvernement danois a des politiques pour encourager la formation de coopératives de

citoyens afin de surmonter le phénomène « pas dans ma cour ». Le mode d'acquisition en coopérative conduit à une répartition juste et équitable des revenus et évite la spéculation. Bien que les coopératives soient des structures lourdes à gérer étant donné que la prise de décision est souvent longue pour atteindre un accord commun, les décisions qui en découlent sont souvent plus réfléchies et le risque est moins grand vu qu'il est divisé. De plus, les citoyens se sentent plus concernés, ce qui aide à vaincre le syndrome « pas dans ma cour ». (Marano, 2010)

La municipalité a aussi appuyé la démarche en finançant cinq éoliennes de mer, dont les profits générés servent à subventionner le développement durable de l'énergie sur l'île. L'académie énergétique a d'ailleurs bénéficié d'un montant significatif pour construire un centre de recherche qui sert à l'éducation de la population et des visiteurs qui veulent en apprendre davantage sur les énergies renouvelables. Il s'agit aussi d'un lieu de rencontre lorsqu'il y a des conférences touchant le domaine énergétique et les autres organisations locales à vocation énergétique y possèdent des bureaux. (Jørgensen, 2007)

Des communications entre la municipalité et le gouvernement central ont aussi été importantes pour faciliter certaines démarches administratives et légales pour l'obtention de subventions, sans que le gouvernement national soit trop intrusif. Pour que l'information se rende jusqu'aux organisations locales et à la population, une collaboration entre la municipalité et l'académie énergétique de Samsø est aussi bien établie. (Leteff, 2012)

### **3.5 Partage du savoir-faire**

Le rayonnement du savoir-faire énergétique de la communauté est un facteur qui peut faciliter les processus d'implantation de structures énergétiques en augmentant la visibilité et les opportunités de collaboration (Jantzen, 2011). Afin de constater le niveau de partage du savoir-faire développé à Samsø, une analyse des partenariats établis ainsi que des ressources éducationnelles mises à la disposition du grand public sont effectuées.

#### **3.5.1 Partenariats établis**

L'académie énergétique de Samsø a établi un nombre incroyable de collaborations, tant au niveau national qu'international. Le nombre de partenariats est si vaste et varié qu'il

serait impossible de les détailler en profondeur dans le cadre de cet essai. À l'heure actuelle, trois collaborations sont dans la mire de l'académie soit : la participation au projet « Cradle to Cradle Island », le projet « Isle-Pact » et « PROMISE » (*Promoting Best Practices to Support Energy Efficient Consumer Behaviour on European Islands*). Les objectifs de ces projets tournent majoritairement autour des énergies renouvelables, des technologies qui y sont reliées ainsi que de l'efficacité énergétique. Ces collaborations permettent à l'île de Samsø de rayonner au niveau international et d'attirer de potentielles subventions et de participer à des projets pilotes innovateurs. Des partenariats sont également établis avec les universités danoises d'Aarhus et d'Aalborg, ce qui amène plusieurs étudiants à effectuer des recherches sur l'île de Samsø, ce qui contribue à faire avancer certains projets. (AÉS, 2011a)

### **3.5.2 Ressources éducationnelles**

L'éducation à la population est un facteur important pour garantir le succès d'une transition vers un système énergétique durable, car sans l'appui et la participation du public, peu de changement aurait été visible sur l'île de Samsø (Jantzen, 2011). L'académie énergétique de Samsø a su développer de nombreux outils pour éduquer non seulement la population locale, mais aussi les touristes, les collaborateurs étrangers, les étudiants et les experts énergétiques. Le bâtiment qui abrite l'académie est en fait un centre d'éducation et de recherche axé sur les énergies renouvelables. Des visites guidées, des formations, des cours, des conférences ainsi que des expositions de technologies sont des options offertes à tout visiteur qui désire en apprendre davantage sur la démarche énergétique entreprise par Samsø de devenir une île avec un système énergétique durable. Un service de presse est également mis à la disposition des journalistes qui désirent effectuer des reportages sur la transition énergétique de Samsø. De nombreux outils sont aussi disponibles en ligne afin d'acquérir de plus amples connaissances sur la gestion énergétique. Par exemple, l'agence énergétique de Samsø a créé une plateforme d'échange de données pour offrir des cours en ligne sur divers sujets touchant la gestion et la planification des énergies renouvelables.

## **4 ANALYSE DU SYSTÈME ÉNERGÉTIQUE DE GOTLAND**

Située au centre de la mer Baltique et reconnue comme étant la plus grande île de la Suède, Gotland a une superficie de 3140 km<sup>2</sup> et une population de 57 300 habitants (Région de Gotland, 2011a). Une carte définit l'emplacement exact de Gotland à l'annexe 2. La densité de population est 18,2 hab./km<sup>2</sup> et le foyer de population le plus concentré est la ville de Visby qui compte environ 23 000 citoyens (*ib.*). L'île fait 176 km de long dans l'axe nord-sud et 50 km de large dans l'axe est-ouest (Région de Gotland, 2011b). L'entièreté du territoire est gérée par une entité administrative nommée Région de Gotland, qui a tout récemment changé de nom. Avant 2011, elle était connue sous le nom de Municipalité de Gotland. Les responsabilités de la Région de Gotland s'apparentent à celle d'une municipalité régionale de comté. L'agriculture et la pêche sont les secteurs qui emploient le plus grand nombre de travailleurs (31 %) suivis par le secteur des services publics et sociaux (19 %) (Région de Gotland, 2011a). Le domaine de la construction, de l'industrie et de l'énergie emploie aussi 17 % de la main-d'œuvre de l'île (*ib.*). Le tourisme est aussi une activité lucrative pour Gotland, qui accueille environ 500 000 visiteurs par année (*ib.*). L'accès à la communauté est accessible par voie maritime ou aérienne. Toutefois, la majorité des voyageurs utilisent les traversiers pour transiter vers l'île (*ib.*). La distance entre le continent suédois et l'île est de 100 km; la même distance la sépare également des pays baltes (Région de Gotland, 2011b). Un câble sous-marin permet la transmission électrique entre la Suède et l'île.

L'analyse du système énergétique de Gotland s'étendra sur une période allant de 1990 à 2011, qui est la date du dernier plan énergétique émis par la Région de Gotland. La Région de Gotland est l'entité responsable de rédiger et d'assurer la mise en œuvre des plans d'action.

### **4.1 Performance générale du bilan énergétique**

La production d'énergie renouvelable a débuté en 1982 à Gotland, car c'est à ce moment que les premières éoliennes ont été érigées. Ce n'est qu'en 1996 qu'une planification organisée des structures énergétiques a vu le jour au sein de l'administration municipale. Dès lors, la Région de Gotland a fixé l'objectif de mettre en place un système énergétique approvisionné à 100 % par des énergies renouvelables dès 2025 (Municipalité de Gotland, 2000). Dans le dernier plan énergétique en date de 2011, la Région de Gotland réitère la

volonté d'accomplir cet objectif (Région de Gotland, 2011b). Des précisions sont d'ailleurs ajoutées : à partir de 2025, l'approvisionnement énergétique de l'île sera carbone neutre et basé sur des sources locales. Il est estimé que cela contribuera également au développement durable de l'économie du milieu insulaire (*ib.*). Afin de déterminer les chances de réalisation de ces objectifs, il sera évalué si la plus récente cible énoncée par la Région de Gotland a été atteinte.

Dans le document « *Énergie 2005* », l'objectif fixé à court terme est qu'en 2010, un maximum de 55 % de l'énergie consommée sur l'île provienne des combustibles fossiles (Municipalité de Gotland, 2006). Les dernières données publiées par l'administration démontrent que cet objectif a été atteint : exactement 55 % de l'énergie consommée provenait des combustibles fossiles, 20 % d'énergie renouvelable locale, 14 % d'énergie locale recyclée et 11 % d'énergie importée (Région de Gotland, 2011b). L'hydroélectricité et le nucléaire représentent les sources d'énergie importées du continent suédois (*ib.*). Néanmoins, en observant le partage de la provenance des sources énergétiques, l'objectif d'atteindre une production énergétique carbone neutre et locale d'ici 2025 semble être un défi d'une grande envergure. Des efforts considérables devront être déployés au sein de la communauté insulaire de Gotland pour réaliser cette cible. L'administration locale compte y arriver en développant davantage le secteur éolien et la production de biogaz pour alimenter le secteur des transports (*ib.*). Ces solutions seront d'ailleurs analysées plus en profondeur dans la section 5.2.

En ce qui a trait à l'évolution du bilan énergétique au fil du temps, la consommation énergétique totale de l'île a légèrement augmenté : elle est passée de 3980 GWh en 1990 à 4160 GWh en 2010. Quant au bilan carbone, il s'est retrouvé allégé grâce à des changements technologiques et de procédés dans le domaine du chauffage des habitations. De 1990 à 2010, il a diminué de 970 à 660 milliers de tonnes de CO<sub>2</sub>. Le charbon et ses produits dérivés représentent 57 % des émissions actuelles de CO<sub>2</sub>. L'utilisation du pétrole et du diesel arrive en seconde position avec un pourcentage de 23 %. Le reste est représenté par l'utilisation du mazout, du propane et de l'électricité importée. Le cas de Gotland est particulier en raison de la présence d'une importante usine qui consomme de grandes quantités d'énergie pour la production de ciment et de chaux. Ainsi, le secteur industriel et le domaine de la construction représentent 54 % de



l'énergie consommée sur l'île. Les transports et le secteur résidentiel consomment respectivement 19 % et 16 % de l'énergie. Il est à noter que les transports aériens et par bateaux ne sont pas inclus dans la balance énergétique de l'île. Les industries reconnues comme de grandes émettrices de CO<sub>2</sub> font partie du système européen de plafonnement et d'échanges de droits d'émission de GES. Cela signifie que l'administration a très peu de pouvoir d'action sur les émissions du secteur industriel. Ce sont plutôt les réglementations européennes qui auront un réel pouvoir sur les émissions de ces industries. Pour cette raison, les calculs et les objectifs de réduction d'émission CO<sub>2</sub> de Gotland n'incluent pas les industries qui sont dans ce système d'échange européen de crédits-carbone. (Région de Gotland, 2011b)

## **4.2 Performance des solutions instaurées**

Maintenant qu'un aperçu général de la performance globale du bilan énergétique a été établi, une analyse plus approfondie des principales solutions instaurées sera effectuée. Les aspects techniques, sociaux, économiques et environnementaux seront abordés dans cette section en fonction de quatre catégories : la génération de chaleur, la production d'électricité, la demande énergétique du secteur des transports et l'efficacité énergétique.

### **4.2.1 Génération de chaleur**

La majorité de l'énergie utilisée à des fins de chauffage provient maintenant de systèmes centraux de chauffage urbain. Au total, cinq centrales de chauffage de district sont réparties sur l'île. Toutefois, plusieurs habitations n'ont pas encore la possibilité de se connecter au réseau urbain de chauffage, car elles sont trop éloignées des foyers de population. Les carburants qui alimentent ces centrales sont en majorité renouvelables : seulement 3 % des carburants utilisés sont des combustibles fossiles. Au total, 250 GWh d'énergie renouvelable sont redistribués aux consommateurs grâce au chauffage urbain; la biomasse forestière sous forme de copeaux de bois ou de granules est la principale source énergétique. Les granules de bois doivent être importées du continent, car la production locale ne suffit pas à la demande. Il est prévu que la production locale prendra de l'expansion dans le futur, car cette ressource est disponible sur l'île. Toutefois, la production de granules de bois n'est pas encore assez rentable, car il est encore préférable économiquement de vendre la pâte de bois pour en faire du papier. Une certaine proportion de la chaleur provenant de l'industrie de ciment (Cimenta) ainsi que le

méthane récupéré du lieu d'enfouissement sanitaire et de l'usine de traitement des eaux fournissent aussi de l'énergie aux systèmes de chauffage central. L'utilisation de la géothermie est actuellement à l'étude pour alimenter le réseau de chauffage urbain, mais aucun projet concret de leur instauration n'est prévu. (Région de Gotland, 2011b)

Les cinq systèmes de chauffage urbain ainsi que le réseau de distribution appartiennent à des compagnies privées spécialisées en production et distribution d'énergie (GEAB, Energi AB, Gotlandsflis AB). La possibilité d'instaurer une centrale en mode coopératif est une option qui est considérée à l'heure actuelle par des groupes de citoyens qui n'ont pas accès au chauffage de district, mais qui ont une densité de population suffisante pour rentabiliser le service. Toutefois, aucun projet ne s'est encore concrétisé à ce jour. (Région de Gotland, 2011b)

La population semble avoir largement accepté ce type de système de chauffage, car la majorité des habitations qui ont accès au réseau de chauffage y sont connectées. Les maisons plus en retrait des noyaux urbains ont aussi, pour la plupart, des dispositifs de chauffage alimentés à la biomasse forestière. Les citoyens les plus difficiles à rejoindre sont les saisonniers. Comme ils n'habitent pas leur habitation en permanence, ils ont un moins grand intérêt à investir dans les installations solaires thermiques ou les chaudières alimentées à la biomasse. Ces habitations sont donc souvent chauffées à l'électricité. En 2010, moins de 10 % des ménages utilisaient les combustibles fossiles pour chauffer leur maison. Il est estimé que les émissions de CO<sub>2</sub> provenant du chauffage des habitations ont diminué de 95 % depuis 1990. (Région de Gotland, 2011b)

L'usage de panneaux solaires thermiques pour approvisionner les habitations en eau chaude pendant la période estivale est un autre moyen qui a été instauré comme solution de remplacement aux combustibles fossiles. Environ 3000 m<sup>2</sup> de panneaux solaires étaient installés en 2006 et produisaient environ 1,3 GWh annuellement (Municipalité de Gotland, 2006). Cette production de chaleur concorde avec l'arrivée de la saison touristique, ce qui réduit les pressions sur le réseau de chauffage. Il est estimé qu'une production annuelle de 20 GWh pourrait être financièrement viable sur l'île, ce qui représente 48 000 m<sup>2</sup> de panneaux solaires répartis entre les habitations (*ib.*). En 2010, la surface occupée par des panneaux solaires était de 15 000 m<sup>2</sup>, soit une production

annuelle de 5 GWh (Région de Gotland, 2011b). Cette augmentation de l'utilisation des panneaux solaires thermiques est probablement attribuable au programme lancé par le gouvernement suédois qui en subventionnait l'installation jusqu'à des montants de 1000 \$ (TRANSPLAN, s. d.). En plus de fournir l'eau chaude et d'être carbone neutre, l'énergie produite par les panneaux solaires peut être utilisée à des fins de chauffage en cas de surplus. Les panneaux sont généralement intégrés aux habitations, ce qui atténue leur impact visuel et évite les champs de panneaux solaires occupant de l'espace supplémentaire.

#### **4.2.2 Production d'électricité**

Avant les années 80, l'entièreté des ressources électriques était importée par câble sous-marin du continent suédois. Cette dernière est produite à partir de l'hydroélectricité et de centrales nucléaires. Dès 1982, on a amorcé le développement du potentiel éolien, ce qui ne représentait qu'une infime partie de la production électrique. En 2011, environ 38 % de la consommation électrique de l'île était assurée par l'éolien, avec une production annuelle avoisinant 340 GWh. Au total, 175 éoliennes, à la fois terrestres et marines, sont réparties sur et autour de l'île, atteignant une capacité de 181 MW (Région de Gotland, 2012). La balance de l'électricité qui ne peut être comblée par les éoliennes de Gotland provient toujours du réseau national suédois (Région de Gotland, 2011b).

Un des problèmes techniques encourus par rapport au développement de l'éolien est que le réseau électrique actuel ne peut accepter une capacité supérieure à 195 MW. Ceci est causé par le fait que les câbles électriques sous-marins sont désuets et n'ont pas été conçus pour supporter la production supplémentaire provenant des éoliennes (Région de Gotland, 2011b). Il a été estimé que cette limite serait atteinte d'ici la fin de 2012. Pour faire face à cette problématique, une nouvelle connexion sous-marine entre l'île et le continent qui tolèrera une plus grande capacité électrique sera opérationnelle d'ici 2017. Il est prévu que la prochaine phase d'exploitation de l'énergie éolienne verra le jour entre 2016 et 2020 et augmentera la capacité de production à 1000 MW (*ib.*). Dans une perspective long terme, la production potentielle pourrait atteindre 2,5 TWh, ce qui représenterait environ 500 éoliennes (Klintbom, 2009).

L'acceptabilité sociale en regard de l'implantation des parcs éoliens est généralement bonne. Il est mentionné par l'administration locale que l'instauration de ces infrastructures doit suivre un processus démocratique. Pour y arriver, des coopératives ont été créées par les citoyens qui possèdent certains parcs éoliens; environ 2000 habitants ont des investissements dans les éoliennes. Un système de compensation financière est aussi prévu pour les résidents qui habitent à proximité des éoliennes afin de les dédommager pour les inconvénients visuels et auditifs qui en découlent. Ces résidents ont aussi le pouvoir d'approbation sur les plans de développement des sites à proximité. Un coordonnateur de projets éoliens est aussi engagé par la Région de Gotland pour faciliter la concertation entre les instances nationales, les compagnies privées et les citoyens. (Région de Gotland, 2011b)

Peu de données financières faisant état des coûts et bénéfices reliés à la production d'électricité à partir d'éoliennes sont disponibles. Les types de propriétés varient du système corporatif à la coopérative. Toutefois, il est difficile de connaître le pourcentage qui est occupé par chacune de ces entités.

Le développement de l'énergie éolienne permet d'alléger le bilan carbone de la communauté, toutefois, aucune quantification quant à la diminution annuelle de CO<sub>2</sub> n'est disponible. La présence d'éoliennes dans le milieu insulaire n'est pas sans impact sur l'environnement : l'obstruction visuelle, le bruit et la perturbation de la faune aviaire sont des nuisances associées à cette technologie. Pour mitiger au maximum ces impacts, le développement éolien est limité à certaines portions du territoire afin de préserver les milieux naturels à haute valeur écologique ainsi que l'héritage culturel. De plus, des distances minimales entre les habitations et les éoliennes sont fixées afin de limiter le niveau de bruit à 40 dB; il est d'ailleurs mentionné que le nombre de plaintes par rapport au niveau de bruit des éoliennes est très faible (Municipalité de Gotland, 2006).

#### **4.2.3 Secteur des transports**

Le secteur des transports est celui dont la pénétration des énergies renouvelables a été la plus basse, elles représentent environ 3,5 % du carburant consommé (Région de Gotland, 2011b). Ce pourcentage est obtenu grâce à la production locale d'ester méthylique d'huile de colza (EMC) qui est un biocarburant fabriqué à base de colza dont les propriétés

chimiques ont été modifiées pour s'apparenter à celle du diesel (*ib.*). Pour le moment, ce carburant est considéré comme un additif au diesel plutôt qu'un carburant à part entière. Des installations particulières doivent être mises en place pour la distribution de ce composé de diesel et d'EMC. À ce jour, deux stations de pompage permettent la distribution sur l'île, de l'EMC combiné au diesel (Municipalité de Gotland, 2006). Depuis 2006, une ferme locale produit l'EMC et a l'objectif d'atteindre une production annuelle de 10 GWh (*ib.*). Toutefois, le climat de Gotland est peu favorable à la culture du colza, ce qui limite la capacité de production de l'EMC. Lors de l'extraction de l'huile des grains, un produit dérivé, le tourteau de colza, est formé. Le marché de la demande pour l'EMC et son produit dérivé doit prendre de l'expansion afin d'augmenter la rentabilité de la production (*ib.*).

Deux autres voies technologiques sont explorées à Gotland pour remplacer les combustibles fossiles dans le secteur des transports. La première est la production de bioéthanol à partir de la culture de betteraves qui est déjà implantée dans la région. Il est estimé que la production de ce biocarburant pourrait atteindre 60 GWh par année sans nuire à la production de denrées alimentaires. Les cultivateurs de l'île sont intéressés par le nouvel usage de cette culture, car de nouvelles réglementations et quotas à l'échelle européenne limiteront bientôt la production de sucre. Les agriculteurs de Gotland devront éventuellement cesser de produire du sucre à partir des betteraves; le bioéthanol est donc une solution de rechange intéressante pour les fermiers qui désirent continuer à exploiter cette culture. (Municipalité de Gotland, 2006)

La seconde option technologique est la production de biogaz à partir de produits agricoles et du secteur de la transformation et de la distribution alimentaire. Environ 150 GWh pourraient résulter de cette production sans nuire à l'approvisionnement alimentaire (Municipalité de Gotland, 2006). Toutefois, l'industrie agricole ne peut financer à elle seule l'implantation d'infrastructures pour la production de biogaz, car le marché est encore peu développé et incertain (*ib.*). Cela représente donc un risque élevé pour les agriculteurs et c'est pour cette raison que le soutien financier des instances gouvernementales est nécessaire pour que cette voie technologique soit explorée. Jusqu'à maintenant, le gouvernement suédois et l'Union européenne n'ont toujours pas mis en place les structures pour appuyer les agriculteurs dans cette démarche. (Région de Gotland, 2011b)

Dans tous les cas, une transition relativement rapide du secteur des transports vers les biocarburants ou biogaz doit inévitablement être appuyée financièrement et politiquement par les instances gouvernementales nationale et supranationale. En effet, le succès de l'instauration des carburants alternatifs sur le marché nécessite la révision de la réglementation actuelle et le soutien économique du gouvernement suédois et de l'Union européenne. De plus, la confiance des consommateurs quant à la qualité du produit et à la fiabilité de la disponibilité des biocarburants ou biogaz doit être assurée par les instigateurs de projets. Les usagers devront également se procurer des véhicules qui sont compatibles avec ces nouveaux carburants; ils devront donc être convaincus que le carburant alternatif proposé est aussi fiable que les combustibles fossiles. Comme la volonté de la population à effectuer une transition vers ces combustibles alternatifs est très incertaine, il est aussi suggéré que d'autres usages pour les biocarburants et biogaz soient explorés advenant le cas où la demande dans le secteur des transports est insuffisante pour l'offre. La production d'électricité et de chaleur à partir de biogaz fait partie de ces solutions alternatives.

En 2010, le premier poste de distribution de biogaz a été établi à Visby au même moment où la ville inaugurerait quatre autobus de ville alimentés au biogaz (Klintbom, s. d.). La production est locale et l'usine est opérée par une compagnie privée (*ib.*). La Région de Gotland n'est pas impliquée financièrement dans la production du biogaz, mais augmente la demande du produit en effectuant un virage graduel de leur flotte automobile et de transport en commun alimentés au biogaz (Région de Gotland, 2011a). L'administration locale souhaite ainsi encourager les compagnies privées à investir dans la production de biogaz et ouvrir de nouvelles stations de distribution sur l'île (Région de Gotland, 2011b).

Le secteur des transports est celui qui émet la plus grande quantité de CO<sub>2</sub> après le secteur industriel; il s'agit aussi du secteur dont le virage vers les énergies vertes est le plus laborieux. L'intégration des bioénergies serait sans doute bénéfique au bilan carbone, qui se verrait ainsi réduit. Toutefois, aucune estimation n'est disponible pour connaître l'ampleur exacte de cette diminution, car les scénarios futurs sont trop incertains. La municipalité espère éventuellement qu'une compensation par l'exportation d'électricité provenant du développement de l'éolien pourrait atténuer les émissions attribuables au transport routier. (Région de Gotland, 2011b)

#### 4.2.4 Efficacité énergétique

La maîtrise de l'énergie dans les secteurs du chauffage et de l'électricité est souvent abordée dans les plans d'action produits par la Région de Gotland. Beaucoup de mesures ont été entreprises de façon isolée dans le domaine de l'efficacité énergétique. Des journées portes ouvertes au public pour visiter des maisons modèles à faible consommation énergétique ont été organisées avec des experts qui sont disponibles pour les conseiller. Des rencontres et des présentations de projets d'efficacité énergétique visant les entreprises ont été tenues dans le but de favoriser l'innovation dans le domaine privé. Des campagnes de promotion sur les énergies alternatives ainsi qu'un service gratuit de conseil en efficacité énergétique sont fournis par la Région de Gotland. Les citoyens peuvent y obtenir des informations quant aux subventions et les moyens de diminuer la consommation énergétique dans tous les secteurs d'activités. Un projet de construction de 45 logements à faible consommation énergétique et qui intègre les énergies renouvelables a également pris forme en 2010. (TRANSPLAN, s. d.)

Il est difficile de mesurer les résultats liés à ces efforts de sensibilisation. La consommation électrique, sans considérer les industries, est restée sensiblement similaire à celle des années 90, et ce, même s'il y a davantage de clients connectés au réseau et que les usages de l'électricité dans le quotidien sont plus nombreux qu'auparavant (Région de Gotland, 2011b). Il est toutefois difficile de savoir si cette quasi-stabilisation de la demande est due aux efforts de sensibilisation ou à l'instauration de nouvelles technologies plus efficaces. Le même phénomène se produit pour la consommation de la chaleur qui reste relativement constante malgré la hausse des connexions au réseau de chauffage central (*ib.*). La Région de Gotland entend continuer ses efforts afin d'améliorer l'efficacité énergétique dans la communauté pour la période 2011-2015, il est estimé que des économies annuelles d'énergie de 20-25 GWh seraient réalisables dans le domaine du bâtiment seulement (*ib.*). Un des plus grands obstacles à la mise en place de mesures d'efficacité énergétique est le bas prix de l'électricité en Suède, ce qui fait que leur rentabilité économique peut être moins intéressante (*ib.*).

La Région de Gotland tient à être avant tout un bon exemple pour les citoyens en matière d'efficacité énergétique. Des actions spécifiques ont donc été entreprises au sein même des activités municipales pour réduire leur consommation énergétique. Les mesures

comprennent, entre autres, la construction de cinq bâtiments publics à haute efficacité énergétique, l'utilisation de la biomasse pour chauffer les bâtiments municipaux, une transition vers des systèmes d'éclairages qui consomment moins d'énergie et la sensibilisation des employés municipaux. Des résultats tangibles sont perceptibles par la municipalité : la quantité d'énergie consommée dans les bâtiments pour les besoins en chauffage et en électricité est passée de 255 à 178 kWh/m<sup>2</sup> de 1998 à 2009 et des économies monétaires ont été réalisées (Grahn, 2010). Dans le domaine des transports, la municipalité a investi dans l'acquisition d'autobus de ville alimentés au biogaz et au bioéthanol afin de supporter les producteurs locaux. Sinon, l'achat de véhicules à faible consommation d'essence ou électrique est favorisé. Des efforts pour améliorer les services de transports en commun ainsi que l'accessibilité aux voies cyclables sont effectués pour encourager les citoyens à utiliser des moyens de transport alternatifs. (Région de Gotland, 2011b)

### **4.3 Viabilité économique**

La viabilité économique globale des nouvelles structures énergétiques implantées au sein de la communauté est analysée en fonction des investissements, des retombées économiques ainsi que de la création d'emplois dans la localité.

#### **4.3.1 Investissements totaux et retombées économiques locales**

Les investissements totaux effectués jusqu'à maintenant pour mettre en place une structure énergétique basée sur les énergies renouvelables sont difficiles à estimer vu la diversité de la provenance des sources de financement. Plusieurs acteurs ont participé au financement : l'Union européenne, le gouvernement suédois, la Région de Gotland, les entreprises privées et les citoyens. Les seuls chiffres disponibles sont ceux des dépenses estimées par la Région de Gotland : un total de 310 000 \$ est prévu annuellement dans le budget pour faciliter la transition du système énergétique et la mise en place de mesures d'efficacité énergétique. (Région de Gotland, 2011b)

Le secteur des entreprises privées a un rôle majeur à jouer dans le financement des diverses actions de la stratégie énergétique. Ainsi, la Région de Gotland dépend fortement du vouloir des entreprises à investir ou non dans certains projets. C'est d'ailleurs le cas de la production de biogaz, qui est un projet qui n'a jamais été développé à son plein potentiel



en raison du manque de financement du secteur privé. Ce qui semble être redondant comme problématique est le manque de rentabilité pour certaines technologies en raison des bas prix de l'électricité en Suède. Ainsi, les entreprises privées se retrouvent souvent dépendantes des instances gouvernementales nationale ou européenne pour assurer la rentabilité financière de certains projets. L'agence énergétique nationale distribue déjà de l'aide financière à travers des programmes d'efficacité énergétique et il y a possibilité d'obtenir des subventions de différents programmes européens. Toutefois, cela semble insuffisant, car la Région de Gotland estime qu'un manque d'investisseurs ralentit la transition de la communauté vers des structures énergétiques plus durables. (Région de Gotland, 2011b)

L'instauration de structures énergétiques renouvelables a le potentiel d'amener de fortes retombées économiques sur la localité de Gotland. La valeur financière des importations énergétiques équivaut à environ 165 millions de dollars annuellement, sans inclure les importations énergétiques de l'usine Cimenta. La mise en place de nouvelles structures énergétiques sur l'île permet d'investir ce capital financier dans l'économie locale au lieu de le diriger à l'extérieur des frontières de Gotland. Selon l'administration régionale, il semble que la communauté, en général, ne soit pas suffisamment consciente des bénéfices économiques retirés de l'instauration de systèmes énergétiques renouvelables. (Municipalité de Gotland, 2006)

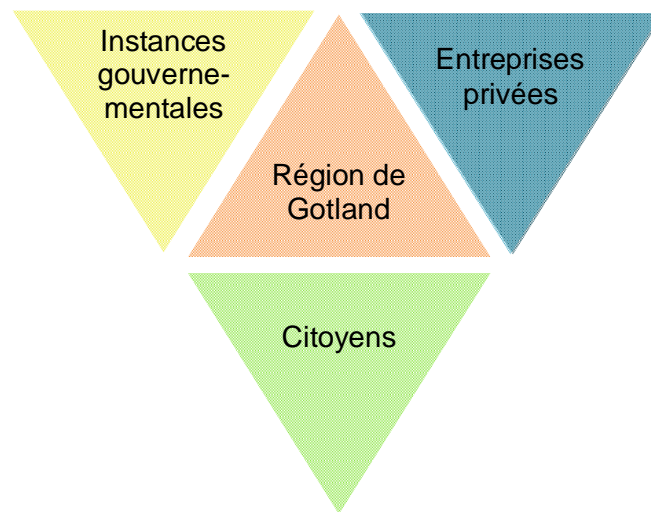
#### **4.3.2 Création d'emplois**

Advenant le cas où le plein potentiel des sources énergétiques renouvelables présentes sur l'île était exploité, il y aurait un effet positif non négligeable sur le marché de l'emploi de l'île. La construction de nouvelles infrastructures échelonnées sur une période 20 ans, telles que des éoliennes, des usines de production de biogaz et de granules de bois, créerait 130 emplois à temps plein. L'entretien et l'opération de ces nouvelles structures énergétiques permettraient l'embauche de 500 employés à temps plein. À l'heure actuelle, la mise en place et le suivi de la stratégie énergétique ont conduit l'administration régionale à engager des professionnels dans la gestion et la planification des énergies renouvelables. Au total, la région embauche dix professionnels de l'énergie. La création d'emplois dans le secteur privé n'est pas à négliger, car plusieurs infrastructures énergétiques déjà présentes sur l'île telles que des éoliennes et des réseaux de chauffage

urbain appartiennent à des compagnies privées, qui elles aussi embauchent de la main-d'œuvre qualifiée pour gérer et opérer leurs installations. (Municipalité de Gotland, 2006)

#### 4.4 Implication des parties prenantes

Le succès de la transition vers un système énergétique durable à Gotland dépend fortement de quatre catégories d'acteurs : l'administration régionale, connue sous le nom de Région de Gotland, les entreprises privées, les instances gouvernementales (suédoise et européenne) et les citoyens résidant sur l'île. La figure 4.1 illustre les interactions entre ces parties prenantes.



**Figure 4.1 Interactions entre les parties prenantes à Gotland**  
(compilation d'après Région de Gotland, 2011b et Municipalité de Gotland, 2006)

Ce schéma permet de constater que l'administration générale est au centre du processus de changement des structures énergétiques de Gotland. Toutefois, le pouvoir d'action de cette dernière est limité par des décisions externes prises par le gouvernement suédois, l'Union européenne, ainsi que les entreprises privées. Une collaboration étroite avec ces entités et la Région de Gotland est nécessaire pour atteindre les divers objectifs des plans d'action qui sont produits. Les citoyens sont en relation directe avec la Région de Gotland qui se dote des moyens nécessaires afin de les influencer dans leur consommation énergétique. Bien que la population puisse émettre son opinion lors de l'instauration d'infrastructures énergétiques majeures sur l'île, il reste que les transitions énergétiques proviennent davantage des instances supérieures. D'ailleurs, la réalisation d'un document visant à planifier et à gérer l'énergie est une obligation législative imposée aux

municipalités par le gouvernement suédois (Municipalité de Gotland, 2006). Ainsi, les initiatives sont enclenchées du haut vers le bas.

Le tableau 4.2 décrit les principaux rôles et outils associés aux parties prenantes décrites ci-haut. La Région de Gotland a pour rôle de faire le pont entre les instances supérieures et la population. Elle a donc pour mission de rejoindre les citoyens et de faciliter les consensus afin qu'ils entreprennent les actions nécessaires à la transition vers des structures énergétiques durables. Un conseil régional dirigé par la Région de Gotland et formé d'autres acteurs régionaux est aussi en place pour organiser et structurer les actions à entreprendre. La rédaction des plans énergétiques et la coordination des actions liées à ces derniers sont d'ailleurs des tâches dévolues à la Région de Gotland. La municipalité gère aussi le volet énergétique dans toutes ses activités internes soit : les transports publics, les bâtiments municipaux, le traitement de l'eau, la gestion des matières résiduelles et des espaces publics. En diminuant son propre bilan énergétique municipal, la Région de Gotland se veut un modèle à suivre pour les citoyens. Un service de conseillers en efficacité énergétique est également une ressource que la municipalité offre aux citoyens.

Les entreprises privées sont des acteurs clés dans la réussite de certains sous-objectifs des plans d'action. Effectivement, leur réalisation dépendra entièrement de la volonté des compagnies privées à investir ou non dans un projet énergétique. Cette volonté d'investir est directement liée à la rentabilité financière des projets qui ne remplissent pas toujours ce critère, car il s'agit souvent d'implanter des technologies innovatrices dont le marché est peu développé et encore incertain. L'intervention du gouvernement suédois ou de l'Union européenne dans une telle situation peut s'avérer intéressante, soit par l'entremise de subventions ou de nouvelles législations. Les grandes industries présentes sur l'île doivent aussi respecter des normes d'émission de CO<sub>2</sub> fixées par le marché du carbone européen.

En plus d'allouer des subventions au milieu privé, public et aux particuliers, le gouvernement suédois a des représentants régionaux connus sous le nom d'administration de comté. L'administration de comté a pour mandat de s'assurer que les objectifs énergétiques et environnementaux établis au niveau régional par le

gouvernement sont rencontrés. Cette entité doit également supporter l'administration locale (Région de Gotland) en partageant les données énergétiques qu'elle collecte. Un rapport distinct à celui de la Région de Gotland concernant l'état de la situation doit également être généré par l'administration de comté. (Région de Gotland, 2011b)

**Tableau 4.1 Rôles et outils des acteurs du système énergétique de Gotland**  
(compilation d'après Région de Gotland, 2011b; Municipalité de Gotland, 2006)

<b>Acteurs</b>	<b>Rôles</b>	<b>Outils</b>
<b>Région de Gotland</b> - Département technique - Bureau exécutif	- Consommation d'énergie - Facilitation des consensus - Soutien technique - Coordination des actions à entreprendre - Rédaction des plans énergétiques - Éducation et promotion du savoir-faire	- Conseil régional - Stratégie énergétique - Service de consultation - Capital humain
<b>Entreprises privées</b> - GEAB - Energi AB - Gotlandsflis AB	- Consommation, production et distribution de l'énergie - Appui financier et technique	- Marché de l'énergie - Marché du carbone
<b>Gouvernement suédois</b> - Agence énergétique nationale - Administration de comté - Conseil suédois de l'agriculture	- Appui financier et politique	- Politiques nationales - Législation
<b>Union européenne</b> - Fonds européen de développement régional	- Appui financier et politique	- Politiques européennes - Subventions
<b>Citoyens</b>	- Consommation et production de l'énergie - Appui financier - Participation active	- Systèmes coopératifs

Enfin, la participation des citoyens est essentielle à l'accomplissement des objectifs énergétiques fixés par la Région. La transition vers un système énergétique renouvelable

ne pourra être possible que par l'implication des citoyens autant pour l'instauration de systèmes énergétiques renouvelables que pour les mesures d'efficacité énergétique. L'investissement des particuliers dans les installations individuelles énergétiques ou dans les coopératives est également un apport financier nécessaire pour accélérer la transition afin que le succès de la stratégie énergétique ne soit pas entièrement entre les mains des compagnies privées et des instances gouvernementales. Pour le moment, des coopératives citoyennes se sont formées dans le domaine de l'éolien. Ce mode de propriété est actuellement considéré pour la mise en place de système de chauffage urbain et la production de biogaz. (Région de Gotland, 2011b)

#### **4.5 Partage du savoir-faire**

L'analyse du partage du savoir-faire se résume à identifier la présence et la nature des partenariats établis au niveau énergétique ainsi que les ressources éducationnelles mises à la disposition des citoyens, des visiteurs et de la communauté scientifique.

##### **4.5.1 Partenariats établis**

La Région de Gotland est impliquée dans plusieurs partenariats au niveau de la gestion de l'énergie en milieu insulaire : Isle Pact, TRANSPLAN, Isle Net et Trisco. Toutes ces collaborations sont à l'échelle européenne et ont l'objectif commun de diminuer les émissions CO<sub>2</sub> liées aux systèmes énergétiques des communautés. Par contre, les moyens pour y arriver diffèrent : certains auront pour point de mire l'efficacité énergétique ou la transition vers des sources énergétiques renouvelables. Au final, de ces partenariats résultent des échanges de connaissances, des visites sur le terrain et des congrès. En plus de bénéficier de l'expérience des autres communautés insulaires, ces programmes peuvent parfois allouer de l'aide financière et organisationnelle aux partenaires pour qu'ils atteignent leurs objectifs spécifiques.

##### **4.5.2 Ressources éducationnelles**

Comme il a été mentionné auparavant, la Région de Gotland fournit aux citoyens et aux petites et moyennes entreprises (PME) un service-conseil en énergie et climat. De plus, des expositions et rencontres d'information sont également offertes à la population locale. La présence de l'Université de Gotland, qui possède un département spécialisé dans l'exploitation de l'éolien, est sans aucun doute une valeur ajoutée pour la transition énergétique de l'île. Une variété de cours est disponible pour les étudiants qui veulent

acquérir des connaissances dans ce domaine. Un bon nombre d'étudiants y sont maintenant inscrits; cela est d'ailleurs un apport non négligeable en termes de développement du savoir-faire quant à l'exploitation de l'énergie éolienne. L'université a également ouvert un centre d'information sur l'éolien afin de communiquer les connaissances acquises à un plus large public. Des représentants de l'université siègent également au sein du conseil régional afin de bénéficier de leur expertise. (Municipalité de Gotland, 2006)

## **5 ANALYSE DU SYSTÈME ÉNERGÉTIQUE DE BORNHOLM**

L'île danoise de Bornholm est située dans la mer Baltique, à 187 km à l'est de Copenhague, à 37 km au sud de la Suède et à 90 km au nord de la Pologne (Cluster development, 2009). L'emplacement de l'île est disponible à l'annexe 1. La superficie du territoire est de 588 km<sup>2</sup> et la population se chiffre à 42 800 habitants, avec une densité de 72,8 hab./km<sup>2</sup> (*ib.*) La plus grande ville est Rønne avec 14 000 habitants (*ib.*). Le second plus grand foyer de population est Nexø avec 5000 citoyens (*ib.*). L'agriculture, la pêche, le tourisme et les transports sont les secteurs qui offrent la majorité des emplois sur l'île. Environ 500 000 touristes fréquentent Bornholm annuellement et le transit entre l'île et le continent se fait par bateau et par avion. Le taux de chômage est élevé et la population est en déclin (*ib.*). La Municipalité Régionale de Bornholm (MRB) est l'entité administrative qui gère la totalité du territoire. Elle a aussi la tâche de gérer la planification énergétique de l'île. Une connexion par câble sous-marin avec une capacité de 60 kV est établie avec la Suède afin d'importer et d'exporter l'électricité (Smartgrid Magazine, s. d.).

### **5.1 Performance générale du bilan énergétique**

L'exploitation des énergies renouvelables, surtout l'éolien, a commencé à être considérable au début des années 2000. De 2007 à 2010, une collaboration avec TRANSPLAN a été un tremplin pour l'évolution énergétique de l'île. En 2008, la première stratégie énergétique officielle visant à planifier le développement durable de l'énergie sur l'île a été produite par la MRB. La stratégie présente différents scénarios qui pourraient prendre forme à Bornholm d'ici 2025. Celui dont la MRB souhaite l'atteinte est le plus visionnaire; soit une proportion de 76 % de la consommation énergétique en provenance des énergies renouvelables. La balance de l'énergie proviendra des combustibles fossiles, principalement pour le secteur des transports; les émissions CO<sub>2</sub> devraient descendre à 86 000 tonnes par année. (MRB, 2008)

Les émissions annuelles de CO<sub>2</sub> se chiffraient à 253 000 tonnes en 2005 (année de référence), soit 5,8 tonnes par personne et les énergies renouvelables constituaient 24 % de la demande énergétique de l'île. À cette époque, 80 % de la consommation énergétique de l'île provenait de carburants importés du continent (MRB, 2008). Le charbon est le combustible qui représente la plus importante proportion de ces importations pour la production d'électricité et de chaleur sur l'île. Les secteurs des

transports aériens et par bateau représentent 37 % des combustibles fossiles consommés sur l'île (*ib.*). Ce calcul n'est basé que sur le trajet de retour afin que les transports n'occupent pas la majeure partie du bilan énergétique, car la communauté n'a que très peu d'influence sur le développement des technologies de ce secteur, qui dépend davantage du marché mondial (*ib.*).

Le dernier bilan énergétique complet date de 2008, il est donc impossible pour le moment de constater l'évolution globale de la consommation énergétique en fonction des actions entreprises découlant de la stratégie.

## **5.2 Performance des solutions instaurées**

De façon plus isolée, le suivi de certaines mesures a été effectué, ce qui permet leur analyse spécifique par catégories soit : la génération de chaleur, la production d'électricité, les transports et l'efficacité énergétique. Les points forts et faibles seront analysés sous les angles technique, social, économique et environnemental.

### **5.2.1 Génération de chaleur**

L'implantation de systèmes centraux de chauffage urbain est l'option la plus valorisée par la MRB pour générer de la chaleur dans les bâtiments. Avant l'arrivée de la stratégie énergétique, il y avait déjà quatre systèmes d'établis à Nexø, Rønne et deux autres villages environnants. L'instauration de neuf nouveaux systèmes de chauffage urbain est prévue d'ici 2017 (TRANSPLAN, s. d.). Une fois ces installations établies, 60 % des habitations seront approvisionnées par ces systèmes de chauffage. Jusqu'à présent, six accords officiels ont été signés entre 2007 et 2010, qui concrétisent la mise en place de ces centrales de chauffage et trois d'entre elles sont actuellement construites et fonctionnelles (*ib.*). Le partenariat avec TRANSPLAN a apparemment grandement accéléré ce processus (*ib.*). Certains systèmes de chauffage urbain appartiennent à des entreprises privées et la balance est la propriété d'une compagnie appartenant à la MRB nommée Bornholms Forsyning (TRANSPLAN, 2010a). Les installations dans les petits villages appartiennent à Bornholms Forsyning, car les grandes entreprises privées sont moins enclines à investir dans les petits villages étant donné que la rentabilité financière y est moins intéressante (*ib.*). C'est d'ailleurs la raison qui a motivé la municipalité à créer Bornholms Forsyning (*ib.*).



Idéalement, la MRB planifie que d'ici 2025, l'alimentation des centrales se fera complètement à partir de sources énergétiques renouvelables (MRB, 2008). Les copeaux de bois et la paille de provenance locale, le solaire thermal ainsi que la récupération de chaleur sont les options envisagées qui permettraient d'éliminer 68 000 tonnes de CO<sub>2</sub> annuellement (*ib.*). La réalité du moment présent est que les centrales, surtout celles des villes de Nexø et Rønne, sont alimentées au charbon, au mazout, aux copeaux de bois importés du continent et à la paille. La récupération de la chaleur des industries et de l'incinération des déchets est aussi une source importante pour ces centrales (TRANSPLAN, s. d.). L'importation de copeaux de bois, d'un point de vu environnemental, est une option qui n'est pas désirable, car le transport de ces derniers alourdit le bilan carbone de l'île et défavorise l'économie locale. Toutefois, l'île n'a pas les ressources forestières nécessaires pour combler les besoins en chauffage (MRB, 2008). Pour cette raison, la MRB espère que le solaire thermal pourra prendre de l'ampleur dans le futur (*ib.*).

Les habitations qui n'ont pas accès au chauffage de district ont pour la plupart des chaudières au mazout pour produire de la chaleur. Une des difficultés qui empêche l'implantation de chauffage de district dans les petits foyers de population est le prix du mazout qui est encore assez bas pour rendre cette option plus économique. Les citoyens ne voient donc pas d'incitatif à effectuer un virage vers ce type d'installation. Dans la stratégie énergétique, la municipalité énonce la volonté de remplacer l'entièreté de ces installations au mazout par un combiné d'énergie solaire thermique et de systèmes à la biomasse forestière. L'installation de thermopompes, alimentées à l'électricité ou par la géothermie, est aussi une possibilité envisagée. L'élimination du chauffage à partir du mazout éviterait l'émission de 32 000 tonnes de CO<sub>2</sub>. Toutefois, il est souligné que des réglementations défavorisant l'usage du mazout ou l'augmentation du prix de ce combustible seront nécessaires pour qu'un réel changement vers les énergies vertes soit effectué dans le domaine du chauffage individuel (MRB, 2008). Au final, la MRB a de grandes aspirations dans le domaine du chauffage, mais elle semble avoir peu de moyens concrets pour le moment afin de les réaliser.

### 5.2.2 Production d'électricité

La stratégie énergétique de Bornholm a pour objectif d'intégrer de nouvelles éoliennes afin d'augmenter la capacité de production électrique provenant de cette source renouvelable. L'objectif établi par la MRB est d'atteindre une capacité de production de 90 MW (MRB, 2008). Lorsque la stratégie a été élaborée en 2008, 40 éoliennes terrestres étaient déjà installées pour une capacité de 31 MW, ce qui répond à 30 % de la demande en électricité de l'île. La balance de la consommation est comblée par des importations du continent suédois (*ib.*). La plupart des éoliennes ont été installées entre les années 2001 et 2005, tout en modernisant celles qui en avaient besoin au fur et à mesure (*ib.*). Une certaine proportion des éoliennes appartient à la compagnie Østkraft, qui est une compagnie possédée entièrement par la MRB; les autres éoliennes sont la propriété d'investisseurs privés (*ib.*). En 2012, la production d'énergie éolienne est la même qu'en 2008 et représente toujours 30 % de la demande électrique de la communauté insulaire (Delaye, 2012). Deux obstacles nuisent à l'atteinte de l'objectif fixé dans la stratégie. Le premier est la petitesse du territoire qui restreint l'instauration de nouvelles éoliennes sur l'île (TRANSPLAN, 2009). Cet obstacle peut être surmonté en se tournant vers le développement de l'énergie éolienne en mer, qui est jusqu'à maintenant inexploité. Toutefois, le second obstacle est lié à une difficulté technique majeure : le câble sous-marin de 60 kV reliant l'île à la côte suédoise a une capacité limitée à exporter efficacement les surplus d'électricité actuels provenant de l'éolien (MRB, 2008). À l'échelle nationale, il est estimé que pendant 2 % du temps, sur une année, l'offre éolienne dépasse la demande (Delaye, 2012). Les surplus énergétiques provenant d'une plus grande production éolienne à Gotland ne pourraient pas être exportés vers la Suède. Ils doivent donc développer une façon d'emmagasiner cette énergie afin d'utiliser ces réserves en temps de déficit énergétique sur l'île. Cela leur permettra également d'atteindre une plus grande autonomie énergétique par rapport au continent suédois.

Cette problématique a toutefois permis à l'île de Bornholm de devenir un laboratoire d'étude pour un projet de 21 millions d'euros nommé EcoGrid qui a pour objectif de moderniser le réseau électrique afin de le rendre plus « intelligent ». Dans le jargon énergétique, cette technologie est connue sous le nom de « *Smart Grid* ». Plus concrètement, ce concept consiste à mieux équilibrer l'offre et la demande d'électricité en dotant le réseau d'une intelligence informatique. Les énergies renouvelables ont la

particularité d'être instables, ce qui rend la gestion du réseau plutôt complexe, car ce dernier doit avoir une fréquence constante de 50 hertz, sinon ce dernier disjoncte. Deux stratégies sont utilisées pour stabiliser le réseau : inciter les utilisateurs du réseau à consommer en temps de surproduction et stocker le surplus d'électricité d'une quelconque manière. Le défi du « *Smart Grid* » est d'être capable de prévoir la demande et l'offre en temps réel afin de gérer correctement ces surplus énergétiques. La première stratégie, qui est de transformer les clients du réseau en marchands d'électricité, nécessite que ces derniers doivent être à l'affût des prix de l'électricité. Ils doivent consommer de préférence en temps de surproduction et diminuer leur demande lorsque les prix augmentent, par exemple le matin lorsque la demande est élevée. Des technologies informatisées qui détectent le prix de l'énergie permettent d'arrêter automatiquement les systèmes de chauffage ou d'autres équipements électroniques. De plus, les clients du réseau peuvent recevoir ces informations en temps réel par leur téléphone intelligent. Au total, le comportement de 2000 clients du réseau de l'île est testé depuis janvier 2012 à travers ce projet. Quant au stockage de l'électricité produite en surplus, deux options sont considérées : l'infiltrer dans le réseau de chauffage urbain et l'emmagasiner dans des batteries vouées à la flotte automobile. Cette dernière option sera davantage discutée dans la section suivante sur les transports. (Delaye, 2012)

Le financement du développement éolien n'est pas un problème : deux projets attendent toujours l'approbation de la MRB. L'un d'eux est proposé par Østkraft et il s'agit d'un champ d'éoliennes terrestres qui atteint une capacité de 12 MW (TRANSPLAN, 2010a). L'autre est un projet d'éoliennes en mer de 75 MW qui est proposé par un banquier de l'île (*ib.*). Il est estimé qu'un ajout éventuel de la production en électricité de ces fermes éoliennes atténuerait le bilan carbone de 33 000 tonnes par année (MRB, 2008). Les inconvénients environnementaux amenés par la présence d'éoliennes, tels que l'encombrement visuel et auditif, sont peu abordés dans la documentation pour cette île.

### **5.2.3 Secteur des transports**

La MRB place beaucoup d'espoirs dans l'électrification des transports routiers afin d'alléger le bilan carbone de leur communauté. L'objectif principal de ce secteur est d'atteindre une proportion de 40 % de la flotte automobile qui serait propulsée à l'électricité afin de diminuer les émissions CO<sub>2</sub> de 14 000 tonnes (MRB, 2008). Toutefois,

cet objectif est loin d'être atteint, car les technologies permettant ce virage ne sont pas encore au point. Par contre, comme il a été mentionné dans la section 6.2.2, le projet EcoGrid présentement à l'œuvre sur Bornholm étudie également la possibilité de se servir de l'énergie produite par les éoliennes en période de surplus afin de charger les batteries de véhicules électriques. Afin d'étudier plus en profondeur cette possibilité, Østkraft, la compagnie de la MRB, collabore au projet Edison, pour « *Electric vehicles in a distributed and integrated market using sustainable energy and open networks* » (Foosnæs, 2009). Ce dernier est financé en grande partie par le gouvernement danois et implique d'autres instances gouvernementales européennes, des entreprises privées et des universités danoises (*ib.*). Le projet Edison rassemble donc un groupe d'experts qui étudie présentement les enjeux liés à l'électrification des transports sur l'île de Bornholm. Les principaux défis à surmonter concernent la stabilité du réseau, la disponibilité des lieux d'approvisionnement des véhicules électriques, la synchronisation de la demande et de l'offre ainsi que la facturation des utilisateurs dans les postes publics (*ib.*). À ce jour, la MRB ainsi que d'autres entreprises ont commencé à intégrer des voitures électriques dans leur flotte automobile. Trois stations de recharge gratuites ont d'ailleurs été mises en place dans le stationnement d'un centre commercial dans le cadre du projet Edison (TRANSPLAN, s. d.). L'électrification des transports routiers est encore embryonnaire à Bornholm, mais en effectuant des tests à petite échelle et en acquérant les connaissances techniques nécessaires, Bornholm souhaite éventuellement élargir l'utilisation des véhicules électriques au grand public.

#### **5.2.4 Efficacité énergétique**

La MRB a fixé trois objectifs distincts en efficacité énergétique pour les secteurs de l'électricité, du chauffage et des transports. En ce qui a trait à l'électricité, une réduction de 5 % de la demande de 2005 (250 GWh) est prévue pour 2025. Mais, cela n'inclut pas la consommation d'électricité liée aux thermopompes et à l'électrification des transports routiers. Il est estimé que la consommation d'énergie pour des fins de chauffage pourrait être diminuée de 10 % pour 2025. La consommation de référence est celle de 2005, qui était de 425 GWh. Quant à l'énergie associée aux transports routiers, l'objectif est d'atteindre une augmentation maximale de 10 % de la consommation de 2005 qui était de 220 GWh. La logique derrière cet objectif est que les tendances de consommation énergétique dans le secteur des transports routiers à l'échelle nationale prévoient une

hausse de 17 %. Bornholm se fixe donc un objectif réaliste, mais un peu plus bas que les estimations de la consommation future du pays. (MRB, 2008)

Pour atteindre ces objectifs, diverses campagnes de sensibilisation ont été menées pour modifier les habitudes de consommation énergétique des citoyens et des entreprises. L'isolation des maisons, l'éclairage, les comportements exemplaires et l'acquisition d'équipements électriques à haute performance énergétique sont les principales mesures introduites pour diminuer les besoins en électricité dans le domaine du bâtiment. Des campagnes publicitaires diffusées à la fois par les médias télévisuels et les journaux locaux ont été effectuées auprès de la population (TRANSPLAN, 2010b). Un service de conseils en efficacité énergétique financé par le gouvernement danois est aussi disponible pour les citoyens qui désirent obtenir gratuitement des trucs pour économiser de l'énergie (TRANSPLAN, 2010a). En 2010, l'agence énergétique nationale a également fait de la promotion auprès de la population pour les inciter à opter pour les transports actifs comme la marche ou le vélo, tout en assurant aux utilisateurs des voies cyclables et pédestres sécuritaires (TRANSPLAN, 2010a).

Les objectifs fixés sont à très long terme. Une collecte des données de consommation énergétique devait être effectuée et communiquée tous les deux ans (MRB, 2008). Toutefois, depuis la dernière parution d'un bref bilan énergétique de 2008, aucune statistique n'est disponible, ce qui rend le suivi de la performance des actions de sensibilisation entreprises plutôt difficile. Ainsi, il est difficile de savoir si ces objectifs se concrétiseront éventuellement et si l'administration municipale désire réellement obtenir des résultats dans le domaine de l'efficacité énergétique.

### **5.3 Viabilité économique**

La viabilité économique de la transition vers un système énergétique durable sera discutée en fonction des investissements et retombées économiques locales ainsi que de la création d'emplois qui en découle.

#### **5.3.1 Investissements totaux et retombées économiques locales**

Les dépenses associées à la mise en place et au suivi des actions sont un sujet peu abordé par la MRB. Une des raisons expliquant cela est que le financement de ces

dernières est grandement assuré par le secteur privé. Il est donc difficile d'identifier les intrants et extrants monétaires de chaque mesure instaurée. Par contre, le fait que les entreprises désirent investir dans certaines technologies, comme l'éolien ou l'électrification des transports, laisse croire que ces dernières sont rentables. D'ailleurs, la municipalité fait mention à la fin de la stratégie énergétique de certaines technologies qui ne sont pas encore étudiées ou développées sur l'île, faute de rentabilité économique. Les marées motrices, l'hydrogène et le solaire photovoltaïque font partie de ces technologies. (MRB, 2008)

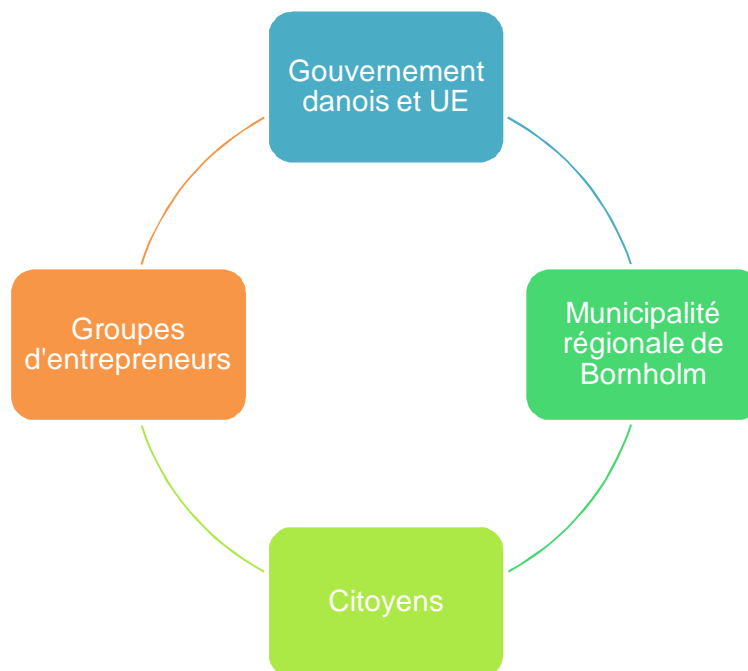
### **5.3.2 Création d'emplois**

Il semble évident que de nouveaux emplois découlent de la mise en place de nouvelles structures énergétiques et la stratégie énergétique émise par la MRB le souligne. Toutefois, le nombre exact d'emplois créé grâce à cette transition vers les énergies renouvelables n'est pas spécifié. N'empêche qu'il est possible de déduire que la MRB emploie des professionnels de l'énergie pour qu'ils effectuent la rédaction, la mise en place et le suivi de la stratégie énergétique. De plus, des employés municipaux sont aussi responsables de gérer le volet communication et sensibilisation de la population. Le secteur privé qui est responsable de mettre en place les nouvelles infrastructures est aussi un employeur à la recherche de main-d'œuvre qualifiée. Les projets de recherche et de développement présents sur l'île, comme Ecogrid ou Edison, permettent aussi l'embauche d'experts hautement qualifiés dans le domaine de l'énergie. (MRB, 2008)

### **5.4 Implication des parties prenantes**

Les interactions entre les principaux intervenants de la stratégie énergétique de Bornholm sont difficiles à définir clairement. Comme le démontre la figure 5.1, une certaine communication est établie entre ces parties prenantes, mais il est difficile d'observer une dynamique spécifique. Il semblerait que beaucoup d'initiatives isolées prennent place dans la communauté. Par exemple, un forum sur l'énergie organisé par un groupe d'entrepreneurs privés a eu lieu en 2009. La tenue d'un tel forum permet de réunir les acteurs clés et de définir des objectifs et des actions qu'ils réaliseront. Cette démarche se fait parallèlement à celle entreprise par la MRB, mais il y a une concertation entre les deux entités. De plus, la MRB travaille de concert avec le gouvernement danois afin d'atteindre les cibles nationales qui ont été établies en mettant en place une stratégie énergétique.

Les milieux privé et public se côtoient fortement dans le domaine de la recherche et du développement technologique. Le projet Ecogrid, en est un bon exemple, car il unit la MRB, les entreprises privées, les citoyens, les chercheurs universitaires, le gouvernement national et l'Union européenne. Une dynamique qui centralise et décentralise à la fois est donc retrouvée dans ce milieu. D'un côté, le gouvernement danois établit des objectifs nationaux au niveau énergétique et demande la collaboration des municipalités pour que ces dernières aillent dans le même sens. D'un autre côté, des acteurs locaux entreprennent des actions isolées qui ne viennent pas nécessairement de la gouvernance centrale. Ainsi, le schéma organisationnel de cette communauté est un peu flou et pas nécessairement optimal si certaines actions vont dans des directions opposées ou, au contraire, si le travail s'effectue en double. Les rôles de chaque catégorie de parties prenantes fortement associées à la transition des structures énergétiques, ainsi que les outils auxquels elles ont accès sont énumérés dans le tableau 5.1. (Sperling *et al.*, 2011)



**Figure 5.1 Interactions entre les parties prenantes à Bornholm**

La forte implication de la municipalité régionale est importante à souligner, car cette dernière gère et planifie la rédaction, la mise en œuvre et le suivi de la stratégie énergétique régionale. La MRB doit aussi communiquer avec les instances gouvernementales afin de coordonner les actions de la politique énergétique nationale

avec celles de la stratégie énergétique régionale. La municipalité régionale a aussi formé deux compagnies privées dans le secteur de l'énergie; ce qui lui procure un moyen efficace d'infiltrer le marché de l'énergie et de faciliter l'implantation de certaines technologies, comme le chauffage central à la biomasse dans les petits villages. (MRB, 2008)

**Tableau 5.1 Rôles et outils des acteurs du système énergétique de Bornholm**  
(compilation d'après MRB, 2009; MRB, 2008)

<b>Acteurs</b>	<b>Rôles</b>	<b>Outils</b>
<b>Municipalité régionale de Bornholm (MRB)</b> - Service technique et environnement	- Consommation d'énergie - Soutien technique et financier - Coordination d'actions dans le secteur public et privé - Rédaction des plans énergétiques - Éducation et promotion du savoir-faire	- Stratégie énergétique - Capital humain - Centre de connaissance durable et de conférence - Campagnes de promotions (médias) - Østkraft, Bornholms Forsyning
<b>Groupes d'entrepreneurs</b> - Compagnies énergétiques - Industries - PME	- Consommation, production et distribution de l'énergie - Coordination d'actions dans le secteur privé - Appui financier - Recherche et développement des technologies - Éducation et promotion du savoir-faire	- Forum de l'énergie - Marché de l'énergie - Service-conseil en énergie
<b>Gouvernement danois</b> - Ministère de l'Environnement et de l'Énergie	- Appui financier et politique - Recherche et développement des technologies	- Politiques nationales - Plateforme de recherche
<b>Union européenne</b> - Fonds européen de développement régional	- Appui financier et politique	- Politiques européennes - Subventions
<b>Citoyens</b>	- Consommation de l'énergie - Participation active	- Forum de l'énergie - Projets pilotes



Les entrepreneurs, qu'ils soient issus de grandes compagnies du secteur énergétique ou de PME, sont également très présents dans l'évolution du portrait énergétique de Bornholm. En 2009, ces derniers se sont réunis lors du Forum de l'énergie qui avait pour objectif principal d'intégrer plus d'énergies vertes sur l'île (MRB, 2009). Il s'agit donc d'une opportunité pour les entreprises de discuter des partenariats qui pourraient s'établir entre les acteurs locaux afin d'instaurer de nouveaux projets qui permettent d'atteindre les objectifs fixés dans la stratégie énergétique régionale. Des représentants de la MRB ainsi que plusieurs membres de la communauté des affaires ont pris part à cet événement. Au final, des groupes d'entrepreneurs peuvent se former afin d'investir dans de nouveaux projets énergétiques, qu'il s'agisse des domaines de la recherche ou de l'établissement de nouvelles infrastructures (ib.).

Le gouvernement national subventionne la recherche et le développement des projets énergétiques. Un laboratoire de recherche (PowerLabDK), financé et opéré par le gouvernement danois, est également présent sur l'île de Bornholm. Il s'agit donc d'un lieu où les experts du milieu privé et public peuvent poursuivre leurs recherches. Les résultats découlant de ces recherches sont également bénéfiques au reste de la nation danoise, car les nouvelles technologies pourront éventuellement être instaurées à l'échelle du pays. L'Union européenne contribue aussi financièrement à ces activités de recherche et de développement. (Centre d'affaires de Bornholm, 2011)

Finalement, les citoyens sont un groupe clé à la réussite de la stratégie énergétique. Sans leur participation aux diverses mesures implantées par la MRB et les entreprises privées, les résultats ne satisferont pas les attentes fixées.

## **5.5 Partage du savoir-faire**

Le rayonnement des connaissances reliées au domaine de la gestion durable de l'énergie se manifeste par les partenariats établis ainsi que les diverses ressources éducationnelles mises à la disposition des parties intéressées.

### **5.5.1 Partenariats établis**

Plusieurs partenariats ont été établis grâce à la réputation de « laboratoire d'étude » acquise par la MRB. Les projets TRANSPLAN, Ecogrid et Edison sont des exemples de

collaborations que Bornholm a pu réaliser grâce à son contexte idéal, c'est-à-dire un réseau énergétique en boucle fermée qui permet une analyse simplifiée des systèmes électriques (Centre d'affaires de Bornholm, 2011). D'autres projets de recherche sont également en cours sur l'île, mais n'ont pas tous été approfondis dans le cadre de cette analyse. Des partenariats existent avec d'autres communautés insulaires européennes, le monde privé de l'industrie énergétique ainsi que les instances gouvernementales et européennes (*ib.*). La communauté de Bornholm retire de nombreux bénéfices de ces collaborations à plusieurs niveaux : amélioration des connaissances techniques, apports financiers, opportunités de visibilité à l'échelle internationale et support organisationnel (TRANSPLAN, s. d.).

### **5.5.2 Ressources éducationnelles**

Des efforts considérables sont entrepris pour que la communauté et les visiteurs puissent profiter des connaissances acquises dans le domaine de l'énergie grâce aux activités de recherche et de développement sur l'île. Entre autres, un bureau indépendant de service-conseil en énergie financé par le gouvernement danois a pour mandat d'appuyer les citoyens connectés au réseau électrique et de chauffage (TRANSPLAN, 2010a). La clientèle visée est majoritairement les propriétaires de maisons unifamiliales (*ib.*). Dans une optique d'éduquer un public plus large, le Centre d'affaires de Bornholm a publié un dépliant qui offre une variété de visites guidées orbitant autour de la thématique des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique (2011). La construction d'un centre de connaissances et de conférences est prévue pour 2014 (*ib.*). Ce lieu sera accessible à tous, autant pour la population que pour la communauté scientifique. La conception technique du bâtiment en soi sera une attraction, car les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique seront intégrées à la construction. À travers des présentations, des expositions, il sera possible d'en apprendre sur les matériaux et les plus récentes technologies permettant la production d'énergie durable. Une salle de conférence pouvant accueillir jusqu'à 300 participants sera également disponible pour ceux qui désirent y tenir des événements liés à la promotion et au développement des systèmes énergétiques durables (*ib.*).

## **6 CONSTATS DE L'ANALYSE**

L'analyse des systèmes énergétiques des communautés insulaires de Samsø, Gotland et Bornholm en fonction des paramètres établis a permis de recenser les forces et faiblesses reliées à chaque système énergétique. Ainsi, les principales réussites et les défis rencontrés dans chacune des trois communautés ont été regroupés dans des tableaux synthèses et seront discutés dans les prochaines sections.

### **6.1 Samsø**

L'analyse du système énergétique de Samsø effectuée au chapitre trois permet de tirer des constats quant aux réussites et difficultés vécues lors de la transition vers des structures énergétiques durables. L'une des réussites particulièrement remarquables est l'implication et la participation de la communauté dans le virage énergétique effectué à l'île de Samsø. Comme il a été mentionné dans la section 3.4, la communauté a su se tailler une place au centre des processus décisionnels et économiques. La création de coopératives de citoyens offre une autre vitrine afin qu'ils puissent incorporer davantage leur vision du développement énergétique de l'île. La population peu nombreuse et l'exiguïté du territoire sont des facteurs qui contribuent probablement à faciliter la concertation entre les parties prenantes. Une plus petite population implique aussi des besoins énergétiques moindres. Cela peut expliquer le succès de la transition vers une production électrique basée à 100 % sur les énergies renouvelables ainsi que les mesures de compensations pour le secteur des transports. La diversification des sources de financement est aussi un facteur qui a pu garantir le succès de l'implantation d'éoliennes et de réseaux de chauffage urbain. Ces installations ont aussi permis d'atteindre une diminution globale des émissions GES de l'île. Les partenariats établis et la présence de l'Académie énergétique de Samsø permettent de faire rayonner le savoir-faire énergétique acquis au fil du temps et de développer un créneau touristique avec la thématique des énergies renouvelables.

La transition énergétique de Samsø n'est pas sans défi. Effectivement, l'implantation de systèmes de chauffage dans les zones à faible densité de population reste encore difficile. La pénétration des énergies renouvelables dans le secteur des transports routiers et maritimes est très faible et représente un défi technologique d'envergure pour la communauté insulaire. Les biogaz, le recyclage de la chaleur et le solaire photovoltaïque

sont des technologies qui n'ont pas su percer de façon significative le système énergétique de Samsø. Finalement, la diminution ou même la stagnation de la consommation énergétique des utilisateurs du réseau électrique et de chauffage est un objectif qui n'a pas été atteint malgré les diverses mesures de sensibilisation présentées à la population. Le tableau 6.1 résume les principaux points à retenir de cette communauté.

**Tableau 6.1 Synthèse des réussites et défis rencontrés à Samsø**

<b>Réussites</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diminution globale du bilan carbone</li> <li>• Augmentation de la proportion d'énergie renouvelable consommée</li> <li>• Implantation de trois réseaux de chauffage urbain à la biomasse</li> <li>• Transition vers un système électrique 100 % renouvelable</li> <li>• Compensation carbone du secteur des transports</li> <li>• Revitalisation de l'économie locale</li> <li>• Mise en place de coopératives de citoyens pour les réseaux de chauffage urbain et les éoliennes</li> <li>• Forte implication et participation de la communauté à la transition énergétique</li> <li>• Diversification des sources de financement</li> <li>• Rayonnement accru du savoir-faire grâce aux partenariats</li> <li>• Établissement d'un bâtiment à vocation éducative pour l'Académie énergétique et autres organisations énergétiques</li> <li>• Développement d'un créneau touristique autour de la thématique énergétique</li> </ul>
<b>Défis à surmonter</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implantation de réseaux de chauffage urbain dans les zones à faible densité de population</li> <li>• Élimination complète de l'utilisation des combustibles fossiles dans le secteur des transports</li> <li>• Intégration des biogaz et récupération de chaleur comme source énergétique</li> <li>• Insertion de panneaux photovoltaïques pour la production d'électricité</li> <li>• Stabilisation ou diminution de la consommation énergétique des utilisateurs du réseau électrique et de chauffage</li> </ul>

## 6.2 Gotland

Gotland a su faire des progrès en termes de réduction du bilan carbone et de l'augmentation de la proportion d'énergie renouvelable consommée. Les mesures ayant permis ces performances sont : l'instauration de réseaux de chauffage urbain à la biomasse, l'installation de panneaux solaires thermiques et une faible percée au niveau de

la production de biogaz pour alimenter les autobus de ville. L'énergie éolienne est une source énergétique qui a su être exploitée sur l'île en mettant une emphase sur le bien-être des citoyens. Les mesures pour concrétiser ce vouloir sont : la compensation financière des habitants qui vivent à proximité des éoliennes, l'intégration des citoyens au processus décisionnel et la délimitation de zones spécifiques à l'exploitation de l'énergie éolienne. L'implication financière des citoyens grâce à la mise sur pied de coopératives a également été un facteur de succès à l'expansion et à l'acceptabilité sociale de l'exploitation éolienne. La Région de Gotland a également su diminuer la demande énergétique dans ses activités municipales grâce à des mesures d'efficacité énergétique. Les partenariats, soit avec des initiatives européennes ou l'Université de Gotland, ont été bénéfiques et sont une plus-value pour le savoir-faire énergétique de la communauté insulaire.

Gotland a fait d'importantes avancées pour assurer la durabilité de son système énergétique. Toutefois, certaines difficultés doivent être surmontées afin d'atteindre un approvisionnement énergétique 100 % renouvelable. Tout comme à Samsø, l'implantation de réseaux de chauffage urbain dans les zones à faible densité de population et l'élimination complète de l'utilisation des combustibles fossiles dans le secteur des transports routiers sont aussi des défis d'envergure pour Gotland. L'expansion du marché du biogaz et des biocarburants est aussi très lente et empêche l'intégration des énergies renouvelables dans le secteur des transports. Le fait que le réseau électrique ait atteint sa capacité maximale fait plafonner l'expansion de l'énergie éolienne à 38 %, ce qui oblige l'importation d'électricité du continent suédois. La diminution de la consommation énergétique de la population est un autre point qui doit être amélioré dans le futur. Malgré les efforts de sensibilisation dans ce domaine, les résultats sont peu perceptibles jusqu'à maintenant. De plus, il semblerait que les citoyens ne soient pas assez conscientisés aux bénéfices qu'apporterait l'expansion de structures énergétiques renouvelables sur l'économie locale. Finalement, comme expliquée à la section 4.4, la structure organisationnelle « *top down* » retrouvée à Gotland a pour conséquence de rendre la réussite de certains projets fortement dépendante des compagnies privées et des gouvernements quant au développement de certaines énergies. Le tableau 6.2 présente une vision globale de la situation et résume les réussites et défis de Gotland.

**Tableau 6.2 Synthèse des réussites et défis rencontrés à Gotland**

<b>Réussites</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diminution globale du bilan carbone</li> <li>• Augmentation de la proportion d'énergie renouvelable</li> <li>• Implantation de cinq réseaux de chauffage urbain basé à 97 % sur des énergies renouvelables</li> <li>• Installation de 3000 m<sup>2</sup> de panneaux solaires thermiques</li> <li>• 38 % de la consommation électrique provient de l'éolien</li> <li>• Mesures d'acceptabilité sociales pour le développement éolien</li> <li>• Mise en place de coopératives de citoyens pour les éoliennes</li> <li>• Virage graduel de la flotte automobile municipale et du transport en commun vers les biogaz</li> <li>• Diminution de la demande énergétique dans les activités municipales</li> <li>• Acquisition du savoir-faire à travers les partenariats</li> </ul>
<b>Défis à surmonter</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implantation de réseau de chauffage urbain dans les zones à faible densité de population</li> <li>• Élimination complète de l'utilisation des combustibles fossiles dans le secteur des transports</li> <li>• Expansion du marché du biogaz et des biocarburants</li> <li>• Autonomie complète pour l'approvisionnement en électricité</li> <li>• Plafonnement de la capacité du réseau électrique</li> <li>• Diminution de la demande énergétique globale</li> <li>• Conscientisation de la population quant aux bénéfices des structures énergétiques durables sur l'économie locale</li> <li>• Avancement de la stratégie dépend fortement du gouvernement suédois et du secteur privé</li> </ul>

### 6.3 Bornholm

Comme mentionné à la section 5.1, la planification énergétique à Bornholm est récente et cela peut expliquer le manque de données énergétiques qui empêche de suivre l'évolution du bilan énergétique de la communauté. Cette communauté sait tout de même tirer son épingle du jeu en adoptant une approche axée sur la recherche et le développement dans le domaine des énergies renouvelables qui permet l'embauche de personnel qualifié sur l'île. En effet, Bornholm exploite bien l'image d'un laboratoire idéal pour la recherche, les projets Ecogrid et Edison en sont d'ailleurs la preuve. La collaboration au projet TRANSPLAN a exercé une influence positive notoire sur l'élaboration de la stratégie énergétique et sur la mise en place de six nouveaux réseaux de chauffage urbain. La création de deux compagnies privées par la municipalité a également été bénéfique au développement de l'énergie éolienne et du chauffage urbain. La forte implication du secteur privé via la création du Forum de l'énergie ainsi que les investissements effectués

par ce secteur sont notables à Bornholm et contribuent sans aucun doute à l'atteinte des cibles de la stratégie énergétique. Le développement d'un créneau touristique axé sur les énergies renouvelables est également perceptible à Bornholm.

Parmi les difficultés rencontrées, il reste encore l'établissement des réseaux de chauffage urbain pour les faibles densités de population et la transition vers des transports durables. L'élimination complète des combustibles fossiles au niveau de la production de chaleur et de l'électricité n'est pas effectuée non plus : le charbon et le mazout sont encore utilisés à ces fins. Le manque de disponibilité locale de la biomasse forestière est un obstacle qui nuit à cette transition. L'atteinte de la pleine capacité du réseau électrique empêche l'expansion du marché de l'éolien. Finalement, il semblerait que les synergies entre les parties prenantes ne soient pas encore parfaitement harmonisées, ce qui peut être normal vu la nouveauté de la stratégie énergétique. N'empêche que cela peut nuire au bon développement de la stratégie énergétique de l'île. Le tableau 6.3 offre un survol des principaux points soulevés dans cette section.

**Tableau 6.3 Synthèse des réussites et défis rencontrés à Bornholm**

<b>Réussites</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Évolution rapide de l'élaboration de la stratégie grâce au projet TRANSPLAN</li> <li>• Implantation de six réseaux de chauffage urbain</li> <li>• 30 % de la consommation électrique provient de l'éolien</li> <li>• Établissement d'une réputation comme laboratoire d'étude idéal à la recherche et au développement de nouvelles technologies</li> <li>• Emplois dans la recherche et le développement des énergies renouvelables</li> <li>• Création de compagnies privées de production et de distribution énergétique par la municipalité de Bornholm</li> <li>• Regroupement et initiatives d'entrepreneurs locaux (Forum de l'énergie)</li> <li>• Développement d'un créneau touristique autour de l'énergie</li> </ul>
<b>Défis à surmonter</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suivi plus régulier de l'évolution globale du bilan énergétique</li> <li>• Implantation de réseau de chauffage urbain dans les zones à faible densité de population</li> <li>• Élimination complète de l'utilisation des combustibles fossiles dans les secteurs du chauffage, de l'électricité et des transports</li> <li>• Disponibilité locale de la biomasse</li> <li>• Plafonnement du réseau électrique empêche l'expansion de l'éolien</li> <li>• Complexité de la gestion des synergies entre les parties prenantes</li> </ul>

#### 6.4 Principaux leviers et freins

Bien que les trois communautés à l'étude aient des contextes et des structures organisationnelles et politiques qui diffèrent, une certaine redondance dans les facteurs qui influencent positivement ou négativement la mise en place de leur stratégie énergétique est observable. Ainsi, à travers l'analyse des défis et réussites de chaque milieu insulaire, les principaux freins et leviers influençant les résultats sont identifiés dans le tableau 6.4.

**Tableau 6.4 Principaux freins et leviers à la planification énergétique**

Leviers	<ul style="list-style-type: none"><li>• Établissement de partenariats</li><li>• Recherche et innovation technologique</li><li>• Appui des politiciens et du secteur privé</li><li>• Implication des citoyens</li><li>• Municipalité proactive</li><li>• Rayonnement d'une image positive de la communauté</li><li>• Bénéfices économiques et environnementaux</li></ul>
Freins	<ul style="list-style-type: none"><li>• Faible rentabilité économique</li><li>• Manque d'avancement technologique</li><li>• Financement insuffisant</li><li>• Disponibilité des ressources naturelles limitées</li><li>• Attribution des rôles et responsabilités floue</li><li>• Nature variable des énergies renouvelables</li><li>• Réticences à modifier ses habitudes de vie</li></ul>

Ces différents obstacles ou facilitateurs ont des dynamiques variables en fonction de chaque milieu. D'un côté, une action se verra abandonnée ou retardée lorsqu'il y aura un seul ou plusieurs freins qui influencent le contexte. Par exemple, le manque d'avancement technologique dans le cas des réseaux électriques empêche l'expansion de la production éolienne à Gotland et Bornholm. Néanmoins, les nombreux efforts de recherche et d'innovation technologique travaillent à régler cette situation problématique. D'un autre côté, certains facteurs favoriseront la réalisation de certaines mesures. Par exemple, la forte concertation des citoyens et la création de coopératives ont facilité l'implantation de réseaux de chauffage urbain à Samsø. Ainsi, la prise de conscience de ces freins et leviers est importante, car cela permet d'anticiper certaines problématiques et de mettre en place les conditions favorables au bon développement de la stratégie énergétique.



## **7 ÉNONCÉ DE RECOMMANDATIONS**

L'analyse des systèmes énergétiques des milieux insulaires de Samsø, Gotland et Bornholm a permis de mettre en lumière les réussites et défis présents dans chaque communauté. De ces expériences, l'identification de facteurs considérés comme étant des leviers ou des freins à la mise en place de leur stratégie ont pu être décelés. L'examen des constats et du contexte madelinot a mené à la formulation de quatorze recommandations. Ces dernières sont dirigées à l'attention de la Municipalité des Îles-de-la-Madeleine afin qu'elles soient considérées lors de l'élaboration de leur stratégie énergétique. Les recommandations tiennent compte de la volonté de la Municipalité de mettre en place un système énergétique qui offre : une plus grande autonomie, une atténuation de l'empreinte écologique sur l'environnement et un développement socioéconomique favorable aux Madelinots (Haratsaris, 2011). Ainsi, les recommandations suivantes peuvent être considérées comme des facteurs facilitant l'établissement d'un système énergétique durable aux îles de la Madeleine.

### **7.1 Tirer profit des sources énergétiques renouvelables locales**

L'insularité des îles de la Madeleine porte à réfléchir aux impacts environnementaux découlant de l'importation des ressources énergétiques, ceci en raison des émissions CO<sub>2</sub> liées aux transports. De plus, l'importation de ressources énergétiques n'est pas une option avantageuse pour l'économie locale, car les sommes investies ne restent pas dans la communauté. Ainsi, il est préférable d'exploiter les sources énergétiques renouvelables présentes sur l'archipel. En se référant aux trois études de cas, les vents, l'énergie solaire thermique et la biomasse non transformée se sont avérés être les sources locales les plus appropriées tant au niveau de la faisabilité technique, de l'empreinte environnementale, de la rentabilité économique et de l'acceptabilité sociale. La production de biogaz, de biocarburants et d'hydrogène, le solaire photovoltaïque et les marées motrices occupent encore peu de place dans les trois îles étudiées, principalement pour des raisons économiques qui rendent ces options peu rentables. La géothermie est une option envisagée à Gotland et Bornholm, mais qui n'est pas encore exploitée. Ainsi, en se basant sur les expériences des îles à l'étude, l'implantation d'éoliennes terrestres et en mer, l'exploitation du solaire thermique et le chauffage à la biomasse seraient des options envisageables dans un futur proche pour les îles de la Madeleine. Évidemment, des études préliminaires devront confirmer la capacité de production de chacune de ces

sources avant qu'elles ne figurent dans la planification énergétique de l'île. Des réserves peuvent déjà être émises quant à la quantité de biomasse forestière et agricole disponible à la production énergétique, car elles sont limitées sur l'île (CRÉGÎM/CRNT, 2010). Advenant le cas où la biomasse devrait être importée du continent, des études de faisabilité seraient requises pour évaluer les impacts environnementaux et économiques, afin de prendre une décision en conséquence. Finalement, les autres options énergétiques renouvelables ne doivent pas nécessairement être complètement écartées de la future stratégie énergétique, car l'évolution rapide des technologies et la fluctuation des prix de l'énergie peuvent rapidement faire changer les paramètres de faisabilité.

## **7.2 Savoir gérer la nature fluctuante des énergies renouvelables**

La production de l'énergie provenant des vents et du soleil fluctue en fonction des conditions météorologiques. Ainsi, l'offre énergétique ne peut être modulée parfaitement avec la demande, ce qui engendre des moments de surplus ou de déficit énergétique. D'où la nécessité d'avoir une autre source énergétique qui pallie au manque en temps de déficit et une façon d'emmagasiner l'énergie lorsqu'il y a surproduction. Dans le cas des trois îles à l'étude, une connexion sous-marine assure ce rôle tampon et permet d'approvisionner la population en électricité en temps de déficit et de revendre en temps de surplus. Toutefois, dans les cas de Bornholm et Gotland, cette connexion n'est plus assez moderne pour supporter la nouvelle charge électrique provenant des éoliennes. Le développement de réseaux électriques plus intelligents et la modernisation des câbles sont des solutions en cours pour remédier à la situation. Il est intéressant de noter que même si ces communautés peuvent être approvisionnées à 100 % en électricité par le continent, elles gardent la volonté de devenir autonome et de développer des structures énergétiques renouvelables sur l'île. Le développement de l'économie locale et la diminution de leur empreinte écologique sont des motivations à la base de cette volonté de changement. La question qui se pose dans le cas des îles de la Madeleine est la suivante : l'instauration d'un câble sous-marin avec le continent éliminerait-elle l'intention d'exploiter des énergies renouvelables locales sur l'archipel? Comme mentionnée à la section 1.1.4, l'alternative à cette connexion actuellement considérée est la mise en place d'un système permettant un couplage éolien-diesel. D'un point de vue environnemental, cette option est moins reluisante en raison des émissions GES produites par la combustion du diesel alors que l'électricité acheminée par câble sous-marin proviendrait

de l'hydroélectricité qui est une source plus propre. La considération des coûts engendrés par chacune de ces options pourra éventuellement aider à trancher entre ces deux options.

### **7.3 Créer des synergies entre les diverses sphères énergétiques**

La compartimentation hermétique des secteurs de l'énergie n'est pas désirable, car de nombreuses opportunités peuvent être saisies en tirant avantage de ces synergies. Avoir un système énergétique intégré permet l'optimisation de son efficacité. Plus concrètement, les options qui ont été observées à travers les études de cas sont : la récupération de chaleur résiduelle industrielle, la combinaison de la génération de chaleur et de l'électricité, l'électrification des transports, l'intégration des biogaz à la fois pour les secteurs des transports et du chauffage. Pour mettre en place de telles mesures, des synergies au niveau des parties prenantes doivent également exister. Par exemple, la récupération de la chaleur de l'usine Cimenta à Gotland nécessite une collaboration étroite entre les opérateurs des réseaux de chauffage urbain et les opérateurs de l'usine. Ainsi, le contexte doit favoriser les occasions d'interactions entre les différents acteurs. La tenue d'un Forum sur l'énergie comme celui de Bornholm serait une avenue intéressante pour rassembler les intervenants des îles de la Madeleine (secteur privé, municipalités, gouvernement, citoyens). Plus concrètement, le type de synergies envisageables aux îles de la Madeleine pourrait se réaliser dans la récupération des résidus agricoles et de la transformation alimentaire, afin de les valoriser pour la production de biogaz ou de biocarburants. Au final, il s'agit de repenser les systèmes actuels et de saisir les opportunités de récupérer toute perte énergétique. Cela peut éventuellement mener à la résolution des problèmes causés par la fluctuation des énergies renouvelables. Le cas de Bornholm en est un bon exemple : l'utilisation des surplus énergétiques provenant des éoliennes pour alimenter une éventuelle flotte automobile électrique permet d'éviter les pertes et par le fait même, de stabiliser les réseaux électriques en emmagasinant les surplus dans le parc automobile.

### **7.4 Éviter l'utilisation d'électricité à des fins de chauffage**

Les trois milieux insulaires à l'étude ont tous comme objectif d'éliminer l'utilisation de l'électricité pour le chauffage des bâtiments. Dans les trois cas, l'instauration de réseaux de chauffage urbain dans les zones à forte densité de population a été une solution

efficace pour atteindre cet objectif. Ces réseaux de chauffage ne sont pas entièrement alimentés par des énergies renouvelables, mais ces systèmes sont plus efficaces que l'utilisation de radiateurs électriques. Ainsi, il serait intéressant d'étudier la possibilité d'instaurer de telles installations sur le territoire de la Municipalité des Îles-de-la-Madeleine dans les zones plus densément peuplées comme Cap-aux-Meules, Havre-aux-Maisons, Fatima et L'Étang-du-Nord. De plus, il serait préférable d'utiliser des sources énergétiques renouvelables comme la biomasse ou le solaire thermique. Pour les habitations dans les zones à faible densité de population ne pouvant être reliées à un réseau de chauffage central, une conversion vers des systèmes individuels basés sur le solaire thermal et la biomasse serait bénéfique d'un point de vu environnemental. Sinon, la transition vers des thermopompes à l'électricité serait également une option plus efficace que des radiateurs électriques.

### **7.5 Miser sur la mixité des modes de propriété**

Des bénéfices découlant de la mixité des types de propriété ont été observés dans les communautés de Samsø et Gotland. En premier lieu, cela permet d'offrir la possibilité à tous les types d'investisseurs de tirer bénéfices de la production énergétique. Par exemple, grâce aux coopératives, les citoyens qui veulent investir des sommes modiques dans les installations énergétiques peuvent le faire et les compagnies qui désirent investir davantage peuvent le faire via le secteur privé. Dans le cas de Samsø et Bornholm, les municipalités sont aussi propriétaires de certaines installations, ce qui est aussi bénéfique pour la population, car les retombées sont réinvesties dans la communauté. En second lieu, le regroupement d'entités ayant des objectifs différents permet l'investissement dans une plus grande variété de projets. Par exemple, la compagnie privée misera sur les projets à forte rentabilité économique alors que les coopératives et les municipalités viseront plus l'offre de services essentiels aux usagers, même si la rentabilité économique est moins élevée. En d'autres mots, la mixité permet une diversité des niches d'investissements et une répartition plus juste des gains économiques. La gestion de la production, de la distribution et de la vente de l'énergie au Danemark et en Suède est très différente de ce que l'on observe au Québec. La mixité des types de propriétés serait bénéfique aux îles de la Madeleine et permettrait d'impliquer davantage financièrement les citoyens dans la transition énergétique afin qu'ils puissent en bénéficier économiquement. Le défi pour la Municipalité des Îles-de-la-Madeleine est maintenant d'explorer comment y

arriver avec le système énergétique de distribution, de production et de tarification actuel qui est entièrement contrôlé par Hydro-Québec.

## **7.6 Positionner la communauté au centre de la transition énergétique**

La communauté des îles de la Madeleine est déjà fortement impliquée dans les processus décisionnels et a su faire valoir ses craintes quant à certains projets énergétiques. Le *Plan régional de développement intégré des ressources et du territoire* (PRDIRT) en fait d'ailleurs état et mentionne l'importance de faire bénéficier la population locale des retombées socioéconomiques d'une éventuelle stratégie énergétique (CRÉGÎM/CRNT, 2010). Les Madelinots expriment rapidement leurs appréhensions face aux projets représentant des bénéfices moindres pour leur communauté (*ib.*). L'acceptabilité sociale de nouveaux projets énergétiques est donc un facteur à ne pas négliger sur l'archipel. L'atteinte d'une structure organisationnelle comme celle de Samsø décrite à la section 3.4 serait souhaitable dans le contexte madelinot, où l'on observe déjà une volonté de la communauté locale à être intégrée dans les processus décisionnels. Pour atteindre une situation comme celle de Samsø, toutes les opportunités doivent être saisies afin de maximiser l'implication des citoyens dans la démarche de planification énergétique. Dans le cas de Samsø, les tactiques utilisées sont : la création de systèmes coopératifs pour les réseaux de chauffage urbain et les éoliennes, la formation de petits groupes de villageois et de professionnels pour faciliter la concertation et la participation accrue de la population aux consultations publiques. De plus, la main-d'œuvre locale spécialisée dans les domaines de la plomberie et de l'électricité a bénéficié de formations techniques afin d'acquérir un savoir-faire pour l'installation et la réparation de systèmes solaires thermiques. Au final, les citoyens doivent pouvoir se considérer comme de réels acteurs de changement, jouant un rôle central dans la réussite d'une transition énergétique durable. Comme les études de cas l'ont prouvé, des citoyens mieux informés et impliqués dans les processus décisionnels sont plus enclins à accepter les projets proposés. Les Madelinots soulèvent de nombreuses préoccupations quant à l'instauration d'éoliennes sur leur territoire en raison des impacts qu'elles auraient sur les paysages de l'archipel (*ib.*). Une approche qui donne davantage de pouvoir à la communauté aiderait probablement à rehausser le niveau d'acceptabilité sociale de ce projet.

## **7.7 Promouvoir les bénéfices de l'efficacité énergétique**

Bien qu'il soit difficile de chiffrer les résultats des efforts de sensibilisation dans chaque communauté à l'étude, on doit persister dans la promotion des mesures d'efficacité énergétique et de transports actifs. D'ailleurs, les trois îles entendent poursuivre les efforts entrepris pour diminuer la consommation énergétique de la population et veulent même les accentuer davantage. Il faut toutefois être conscient que les habitudes de vie des gens sont difficiles à modifier et que l'électrification des objets utilisés quotidiennement n'aide pas à renverser la tendance. Les impacts sur le portefeuille sont souvent ceux qui vont éveiller le plus l'attention des consommateurs. C'est d'ailleurs sur ce point particulier que l'île de Bornholm souhaite miser en instaurant un système intelligent qui indique au consommateur le prix de l'électricité en temps réel afin qu'il puisse moduler sa consommation. Ainsi, la promotion des bénéfices économiques liés à l'efficacité énergétique est donc un sujet sur lequel on doit insister lors de campagnes publicitaires. Les moyens pour rejoindre les consommateurs ont varié d'une île à l'autre. Certaines ont mis en branle des campagnes publicitaires dans les médias télévisuels et la presse écrite, alors que d'autres ont développé des plateformes web offrant des outils éducatifs. Des services-conseils sont également offerts gratuitement pour les clients désirant diminuer leur consommation énergétique. De plus, la Municipalité devrait être un modèle en matière d'efficacité énergétique aux yeux des citoyens afin de donner le bon exemple. Ainsi, un plan structuré démontrant comment la Municipalité compte réduire sa consommation énergétique dans ses propres activités devrait être produit et mis en œuvre. Il est important de se remémorer que la Région de Gotland a opté pour cette stratégie et qu'elle a enregistré des économies énergétiques et monétaires, cela est mentionné à la section 4.2.4.

## **7.8 Effectuer un suivi régulier de l'évolution du bilan énergétique**

La mise en place d'une stratégie énergétique nécessite l'identification d'objectifs concrets et réalistes, soutenus par un plan d'action détaillant les moyens requis pour y arriver. Toutefois, un suivi régulier de l'évolution du bilan énergétique est nécessaire afin de connaître l'efficacité des mesures mises en place et de changer de stratégie si elles ne donnent pas les résultats attendus. Ainsi, une collecte de données énergétique doit être réalisée de façon systématique, idéalement sur une base annuelle. Néanmoins, dans les trois études de cas, on a observé une fréquence du suivi complet du bilan énergétique

variant de trois à cinq ans. Il reste qu'un suivi concret et régulier des accomplissements effectués démontre la volonté réelle d'effectuer des progrès au niveau énergétique et procure de la crédibilité à la démarche entreprise.

### **7.9 Allouer des ressources humaines et financières suffisantes à la coordination de la stratégie**

Une stratégie énergétique nécessite des efforts constants, donc une forte implication de l'entité sera responsable de son élaboration, de sa mise en œuvre et son suivi. Dans les trois études de cas, plusieurs employés à temps plein coordonnent les actions de la stratégie énergétique. À Samsø et Gotland, environ dix employés travaillent à temps plein à la réalisation de la stratégie énergétique des îles. Les tâches sont généralement les suivantes : la rédaction de rapports, le développement d'outils communicationnels et éducationnels, la concertation avec le secteur privé et les citoyens, la coordination et le suivi des actions, ainsi que l'assistance aux citoyens pour les conseils en efficacité énergétique. L'entité responsable de la gestion et de la planification est la municipalité pour Gotland et Bornholm. À Samsø, la création d'une Académie énergétique indépendante de la municipalité est l'option qui a été choisie. Les deux façons de procéder semblent avoir bien fonctionné dans tous les cas. Alors, le choix de l'entité qui occupera ce rôle aux îles de la Madeleine en reviendra à la Municipalité qui possède les éléments d'information requis pour prendre cette décision.

### **7.10 Définir clairement les rôles et responsabilités de chaque partie prenante**

La mise en place d'une stratégie énergétique efficace nécessite l'implication de plusieurs parties prenantes, comme démontré lors de l'analyse. En effet, plusieurs catégories d'acteurs doivent interagir afin de mettre en place le plan d'action et d'en assurer le succès. Il est donc primordial, dès les premières phases de la planification, d'identifier et de contacter les parties prenantes à la stratégie, afin d'assurer leur participation et leur support. De plus, une attribution claire des rôles et responsabilités de chacun permettra la convergence des efforts vers l'objectif commun. Ainsi, cela évitera que des actions soient entreprises à contre-courant de la stratégie énergétique ou le dédoublement inutile d'efforts.

### **7.11 Communiquer les résultats anticipés et réels de la stratégie énergétique**

Il est aussi nécessaire que la population et les entreprises locales soient informées des résultats attendus de la mise en place de la stratégie énergétique. Par exemple, le nombre d'emplois créés en vue de l'implantation de nouvelles infrastructures énergétiques, les retombées économiques qui restent sur l'île ainsi que les émissions CO<sub>2</sub> évitées sont des informations qui pourraient être communiquées à la communauté. Le but est de créer un engouement autour de la stratégie énergétique qui servira à motiver la communauté à contribuer à son succès. De plus, cela pourra avoir des conséquences positives sur le niveau d'acceptabilité sociale, si le milieu réalise les impacts positifs sur l'économie locale et l'environnement. Cela est d'autant plus pertinent pour la communauté des îles de la Madeleine étant donné la fragilité de l'environnement et de l'économie locale, qui a été discutée auparavant dans la section 1.1.2.

### **7.12 Développer la recherche et l'innovation dans le secteur énergétique**

Les études de cas ont démontré que le manque d'avancement technologique est une barrière à l'expansion de certaines énergies renouvelables. Par exemple, l'étude des réseaux électriques intelligents est un sujet qui peut faire avancer considérablement la percée des énergies renouvelables et faciliter leur gestion. Le virage du secteur des transports vers les énergies renouvelables est aussi un défi d'envergure pour les milieux insulaires et les trois communautés à l'étude n'ont pas été en mesure d'effectuer un réel changement technologique dans les transports. Toutefois, il est intéressant de prendre comme exemple l'île de Bornholm, qui a su transformer cette difficulté en opportunité de recherche de haut niveau sur l'électrification des transports. Les milieux insulaires sont propices aux études des réseaux électriques, car il s'agit d'un circuit fermé qui peut représenter facilement, à plus petite échelle, la réalité du continent. En plus d'acquérir un savoir-faire innovateur qui permettra l'entrée de nouvelles technologies sur le marché de l'énergie, des emplois peuvent être créés grâce aux activités de recherche et d'innovation. Il est donc primordial, pour la Municipalité des Îles-de-la-Madeleine, de valoriser la recherche et l'innovation dans différents domaines en lien avec les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique et de promouvoir l'archipel madelinot comme laboratoire de recherche idéal.



### **7.13 Favoriser l'établissement de partenariats**

L'analyse des communautés de Samsø, Gotland et Bornholm a démontré sans l'ombre d'un doute que les partenariats, soit avec d'autres communautés insulaires, des établissements scolaires, les gouvernements ou les divers programmes énergétiques financés par l'UE, ont été bénéfiques à l'évolution de leur système énergétique. En effet, les avantages retirés peuvent être très variés : aide financière et organisationnelle, apport de nouvelles connaissances, échange des expériences vécues et maintes opportunités de visibilité à l'échelle internationale. Les partenariats pourraient aussi s'avérer intéressants pour l'obtention de projets de recherche et d'innovation sur l'archipel. La Municipalité des Îles-de-la Madeleine a donc tout à gagner à établir des partenariats pour contribuer à l'avancement des systèmes énergétiques de l'archipel.

### **7.14 Développer un créneau touristique autour des énergies vertes**

Les îles de Samsø et Bornholm ont su attirer une clientèle touristique « écocurieuse » qui s'intéresse à la façon dont les communautés ont intégré les énergies renouvelables et d'autres technologies innovatrices. Afin de répondre à l'intérêt des visiteurs, les îles offrent des visites guidées des installations énergétiques. À Samsø, un Centre de recherche abrite des expositions ayant pour thématique les énergies renouvelables. La construction d'un bâtiment avec une vocation similaire est prévue à Bornholm. La venue de cette nouvelle clientèle touristique entraîne également des retombées positives pour l'économie locale, car ces derniers encouragent les services d'hébergement et de restauration. Ainsi, le développement d'un nouveau créneau touristique orbitant autour de la thématique des énergies renouvelables pourrait s'avérer bénéfique, économiquement parlant, pour les îles de la Madeleine. Cela aurait également le potentiel d'attirer des visiteurs d'autres milieux insulaires ou éloignés qui désirent échanger des connaissances. Au final, cela pourrait faire augmenter le rayonnement des îles de la Madeleine à l'échelle internationale.

## CONCLUSION

L'établissement du portrait des îles de la Madeleine a permis de mieux saisir les divers enjeux géographiques, socioéconomiques, légaux et énergétiques du milieu à l'étude. L'insularité des Madelinots est une caractéristique dont découlent plusieurs enjeux tels que la dépendance aux combustibles fossiles, une précarité du système économique et la fragilité de l'environnement local. La présentation des principales sources énergétiques a permis d'établir les bases théoriques requises pour la bonne compréhension d'une stratégie énergétique. Ainsi, le lecteur a pu acquérir une base théorique quant aux aspects techniques qui ont trait à l'éolien, le solaire, la géothermie, l'hydroélectricité, l'hydrogène, la bioénergie, les combustibles fossiles et l'efficacité énergétique. Le cadre méthodologique a permis de structurer l'analyse afin qu'elle soit objective et systématique.

L'analyse des communautés insulaires de Samsø, Gotland et Bornholm a mis en lumière les réussites et défis respectifs de chaque milieu. Pour ce faire, les paramètres étudiés étaient la performance du bilan énergétique et des mesures dans les secteurs du chauffage, de l'électricité, des transports et de l'efficacité énergétique. La viabilité économique, l'implication des parties prenantes et le partage du savoir-faire sont aussi des critères qui étaient examinés. De façon générale, certains défis étaient communs aux trois îles, comme l'élimination complète des combustibles fossiles dans le secteur des transports et la mise en place de réseaux de chauffage urbain dans les zones à faible densité de population. Quant aux réussites, elles ont varié d'une communauté à l'autre, mais il était possible de constater que l'énergie éolienne et l'énergie solaire thermique étaient des sources énergétiques renouvelables qui avaient fait leurs preuves. Au final, l'analyse des causes ayant mené à ces réussites ou à ces défis a permis d'identifier une série de freins et de leviers qui ont le pouvoir d'influencer la mise en place de certaines mesures. Les constats retirés de cette analyse, combinés à l'étude des enjeux socioéconomiques et énergétiques des îles de la Madeleine, ont conduit à la formulation de quatorze recommandations, qui est l'objectif principal du présent essai.

Les recommandations énoncées à l'attention de la Municipalité touchent à la fois aux sphères technique, économique, sociale et environnementale. L'orientation proposée est fortement axée sur une transition qui tend à intégrer davantage des sources énergétiques renouvelables locales et la promotion de mesures d'efficacité énergétique. Des

modifications quant aux modes de propriétés des structures énergétiques de l'île sont également suggérées. Ainsi, l'intégration de coopératives de citoyens et l'acquisition de structures énergétiques par la municipalité favoriseraient la distribution des bénéfices économiques à la population locale et pourraient augmenter le niveau d'acceptabilité sociale. Le positionnement de la communauté au centre des structures décisionnelles est désirable dans un contexte comme celui des îles de la Madeleine et tendra à mieux faire accepter certains projets. La création de synergies entre le secteur de l'électricité, du chauffage et des transports est également proposée afin d'éviter les pertes énergétiques. Un suivi régulier du bilan énergétique, une délimitation claire des responsabilités de chaque partie prenante ainsi que l'attribution suffisante de ressources financières et humaines ont été identifiés comme étant des facteurs essentiels au bon développement d'une stratégie énergétique. Il est également suggéré de communiquer fréquemment les bénéfices de l'efficacité énergétique ainsi que ceux liés à sa mise en oeuvre. La promotion de l'archipel comme laboratoire de recherche idéal ainsi que l'établissement de partenariats sont des mesures qui permettraient d'acquérir de plus amples connaissances et d'accroître la renommée énergétique des îles de la Madeleine. Le développement d'un créneau touristique autour des énergies vertes est aussi une option intéressante pour l'économie locale et le rayonnement sociopolitique de l'archipel.

Les recommandations effectuées dans le cadre de cet essai ont certaines limites dont il faut prendre conscience. Vu que les communautés à l'étude sont issues du Danemark et de la Suède, les contextes socioéconomiques, légaux et administratifs sont différents de ceux du Québec. Les façons de planifier et de gérer les systèmes énergétiques danois et suédois divergent des méthodes québécoises. Ainsi, l'applicabilité de certaines mesures suggérées dans le cadre de cet essai peut s'avérer complexe dans le contexte madelinot. Toutefois, l'intention véhiculée à travers cet essai se veut innovatrice et avant-gardiste. Ainsi, les recommandations qui ont été formulées ont pour objectif d'atteindre un système énergétique visionnaire, qui se rapproche de ceux de Samsø, Gotland et Bornholm. La communauté des îles de la Madeleine a maintenant l'opportunité de forger sa propre vision en matière de gestion énergétique. Il est maintenant de son ressort d'adopter la voie qu'elle désire emprunter.

## RÉFÉRENCES

- AÉS (2011a). Energy map. *In Renewable energy island. Site de l'AÉS*, [En ligne]. <http://energiakademiet.dk/en/vedvarende-energi-o/energikort/> (Page consultée le 4 juillet 2012).
- AÉS (2011b). Island sustainable energy action plan. *In Isle Pact. Site de Isle Pact*, [En ligne]. <http://www.islepact.eu/userfiles//Isle%20Pact%20-%20ISEAP%20report%20-%20Samsø.pdf> (Page consultée le 4 juillet 2012).
- Ageco/Agrinova (2009). F22 Efficacité énergétique. *In Fédération Québécoise des Municipalités (FQM). Site de la FQM*, [En ligne]. [http://www.fqm.ca/documents/filiereEnergie/FichesSyntheses/F22-EfficaciteEnergetique\\_Avril2009.pdf](http://www.fqm.ca/documents/filiereEnergie/FichesSyntheses/F22-EfficaciteEnergetique_Avril2009.pdf) (Page consultée le 10 mai 2012).
- Agence énergétique danoise (2012). Danish climate and energy policy. *In Agence énergétique danoise. Site de l'Agence énergétique danoise*, [En ligne]. <http://www.ens.dk/en-US/policy/danish-climate-and-energy-policy/Sider/danish-climate-and-energy-policy.aspx> (Page accédée le 17 juin 2012)
- AIÉ (2011a). World energy outlook. *In AIÉ. Site de l'AIÉ*, [En ligne]. [http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebiste/2011/key\\_graphs.pdf](http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebiste/2011/key_graphs.pdf) (Page consultée le 5 juillet 2012).
- AIÉ (2011b). The IEA Model of Short-term Energy Security Primary Energy Sources and Secondary Fuels. *In AIÉ. Site de l'AIÉ*, [En ligne]. [http://www.iea.org/Papers/2011/moses\\_paper.pdf](http://www.iea.org/Papers/2011/moses_paper.pdf) (Page consultée le 19 juin 2012).
- AQME(2007). Portrait de l'efficacité énergétique. *In AQME. Site de l'AQME*, [En ligne]. [http://www.fqm.ca/documents/filiereEnergie/FichesSyntheses/F22-EfficaciteEnergetique\\_Avril2009.pdf](http://www.fqm.ca/documents/filiereEnergie/FichesSyntheses/F22-EfficaciteEnergetique_Avril2009.pdf) (Page consultée le 10 mai 2012).
- Attention Fragîles (2010). Production d'énergie sur l'archipel. *In Énergie : L'énergie aux îles-de-la-Madeleine. Site de Attention Fragîles*, [En ligne]. <http://www.attentionfragiles.org/fr/agir-au-quotidien/energie.html> (Page accédée le 19 mars 2012)
- Beaudin, É. (2009). Géothermie. *In La vie en vert. Reportage. Site de Télé-Québec*, [En ligne]. <http://vieenvert.telequebec.tv/occurrence.aspx?id=546> (Page consultée le 8 juin 2012).
- Beerman, J. (2009). 100 % Renewable Energy Regions in Europe : A comparative analysis of local renewable energy development. *In Agence énergétique de Samsø. Site de l'Agence énergétique de Samsø*, [En ligne]. <http://seacourse.dk/wiki/library> (Page consultée le 22 juillet 2012).
- Blais, P. (2012). Les systèmes urbains de chauffage et de climatisation : une formule qui connaît un regain de popularité. *In Ministère des Affaires municipales, des Régions*

- et de l'Occupation du Territoire. *Site du Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du Territoire*, [En ligne]. [http://www.mamrot.gouv.qc.ca/pub/observatoire\\_municipal/veille/chauffage\\_climatisation\\_urbains.pdf](http://www.mamrot.gouv.qc.ca/pub/observatoire_municipal/veille/chauffage_climatisation_urbains.pdf) (Page accédée le 15 juillet 2012)
- Centre d'affaires de Bornholm (2011). Bright green island. *In MRB. Site de MRB*, [En ligne]. <http://www.bornholm.dk/resources/17993.pdf> (Page consultée le 16 août 2012).
- Cluster Development (2009). Bornholm in figure. *In Cluster Development. Site de Cluster Development*, [En ligne]. <http://www.clusterdevelopment.dk/bornholm-in-figures-1> (Page consultée le 13 août 2012).
- CRÉGÎM/CRNT (2010). PRDIRT - Région administrative Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine. *In CRÉGÎM/CRNT. Site de CRÉGÎM* [En ligne]. <http://www.mrnf.gouv.qc.ca/regions/directions/directions-gaspesie-iles-de-la-madeleine-plan.jsp> (Page accédée le 15 mars 2012)
- Delaye, F. (2012). Une île danoise expérimente l'électricité du futur. *In Bilan. Site de Bilan*, [En ligne]. <http://www.bilan.ch/articles/techno/une-ile-danoise-experimente-l%E2%80%99electricite-du-futur> (Page accédée le 13 août 2012)
- Emploi et solidarité sociale Québec (2012). Taux d'assistance sociale au Québec. *In Statistiques sur la clientèle du Programme d'aide sociale. Site de Emploi et solidarité sociale Québec*, [En ligne]. <http://www.ens.dk/en-US/policy/danish-climate-and-energy-policy/Sider/danish-climate-and-energy-policy.aspx> (Page accédée le 1<sup>er</sup> juin 2012)
- Foosnæs, A.H. (2009). About the Edison project. *In Danish Energy Association. Site de Edison*, [En ligne]. [http://www.Edison-net.dk/About\\_Edison.aspx](http://www.Edison-net.dk/About_Edison.aspx) (Page accédée le 15 août 2012)
- GIEC (2011). Annexe 1 : Glossaire, acronymes, symboles chimique et préfixes. *In GIEC. Site du GIEC*, [En ligne]. [http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC\\_SRREN\\_Annex\\_1.pdf](http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC_SRREN_Annex_1.pdf) (Page accédée le 7 juin 2012)
- GIEC (2007). IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007. *In GIEC. Site du GIEC*, [En ligne]. [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/syr/en/mains2-2.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/en/mains2-2.html) (Page accédée le 7 juin 2012)
- Gouvernement de la Suède (2009). A sustainable energy and climate policy for the environment, competitiveness and long-term stability. *In Publication. Site du Gouvernement suédois*, [En ligne]. <http://www.sweden.gov.se/sb/d/2031/a/120088> (Page consultée le 10 juin 2012).
- Grahn, B.O. (2010). Energy Strategy and Energy Vision Gotland. *In Isle Net. Site de Isle Net*, [En ligne]. [http://www.islenet.net/docs/ISLEPACT/Energi\\_2010\\_Gotland\\_Brussel\\_24\\_mars\\_2010\\_The\\_Pact\\_of\\_Islands.pdf](http://www.islenet.net/docs/ISLEPACT/Energi_2010_Gotland_Brussel_24_mars_2010_The_Pact_of_Islands.pdf) (Page consultée le 9 août 2012).

- Haratsaris, E. (2011). Vers une stratégie énergétique pour l'archipel. *Communiqué de presse*. 21 octobre.
- ISQ (2012). Profils des régions et des MRC. In ISQ. *Site de l'ISQ*, [En ligne]. [http://www.stat.gouv.qc.ca/regions/profils/region\\_11/region\\_11\\_00.htm](http://www.stat.gouv.qc.ca/regions/profils/region_11/region_11_00.htm) (Page consultée le 4 mai 2012).
- ISQ (2010). Territoire. In ISQ. *Site de l'ISQ*, [En ligne]. [http://www.stat.gouv.qc.ca/publications/referenc/quebec\\_stat/ter\\_ter/ter\\_ter\\_7.htm](http://www.stat.gouv.qc.ca/publications/referenc/quebec_stat/ter_ter/ter_ter_7.htm) (Page consultée le 17 juin 2012).
- Istanbul city guide (2012). Denmark map and Denmark satellite images. In World Map. *Site de Istanbul city guide*, [En ligne]. <http://www.istanbul-city-guide.com/map/country/Denmark-Map.asp> (Page consultée le 28 juillet 2012).
- Jantzen, J. (2011). Samsø, a renewable energy island in Denmark. In Science and Technology Park of Crete. *Site de Science and Technology Park of Crete*, [En ligne]. [http://www.stepc.gr/uploads/7\\_Samsoe.pdf](http://www.stepc.gr/uploads/7_Samsoe.pdf) (Page consultée le 20 juillet 2012).
- Jørgensen, P. J. (2007). Samsø a Renewable Energy Island : 10 years of Development and Evaluation. In Académie de l'énergie. *Site de la Région de Gotland*, [En ligne]. <http://energiakademiet.dk/wp-content/uploads/samsø-renewable-energy-island.pdf> (Page consultée le 20 juillet 2012).
- Klintbom, B. (2009). Gotland : a renewable island in the Baltic sea. In Cifal Scotland. *Site de Cifal Scotland*, [En ligne]. [http://www.cifalScotland.org/docs/Gotland\\_BalticSea\\_BertilKlintbom.pdf](http://www.cifalScotland.org/docs/Gotland_BalticSea_BertilKlintbom.pdf) (Page consultée le 21 juillet 2012).
- Klintbom, B. (s. d.). Locally produced biogas as a fuel for vehicles in Gotland. In Isle Pact. *Site de Isle Pact*, [En ligne]. [http://www.isle-pact.eu/userfiles//9\\_%20Bertil%20Klintbom%20-%20Gotland%20experience%20on%20biogas%20public%20transport.pdf](http://www.isle-pact.eu/userfiles//9_%20Bertil%20Klintbom%20-%20Gotland%20experience%20on%20biogas%20public%20transport.pdf) (Page consultée le 8 août 2012).
- Letteff, R. (2012). *Determining the Necessary and Sufficient Conditions for Sustainable Energy Development : A Case Study of Samsø, Denmark's Energy Island Project*. Mémoire de maîtrise en études internationales, en environnement et en ressources naturelles, Université du Wyoming, Laramie, Wyoming, 86 p.
- Loi sur l'aménagement et l'urbanisme*, L.R.Q., chapitre A-19.1
- Loi sur les compétences municipales*, L.R.Q., chapitre C-42.1
- Marano, S. (2010). Samsø, the Green Island: a case of transition to a green economy. In Samsø energy agency. *Site de Samsø energy agency*, [En ligne]. <http://seacourse.dk/wiki/library> (Page consultée le 22 juillet 2012).

- MRB (2008). The Path to an Even More Sustainable Bornholm 2025 Energy Strategy for Bornholm. *In* TRANSPLAN. *Site de TRANSPLAN*, [En ligne]. <http://www.transplanproject.eu/?secid=5&pid=&pubid=11> (Page consultée le 12 août 2012).
- MRB (2009). Energy Strategy: Implementing more green energy Bornholm's Growth Forum 2009. *In* State of Green. *Site de State of Green*, [En ligne]. <http://www.stateofgreen.com/Cache/ef/ef8da7e8-1b2a-42bf-b3d5-f64decc6bcb2.pdf> (Page consultée le 13 août 2012).
- Municipalité de Gotland (2006). Energy 2010 : Energy plan for the municipality of Gotland, *In* Région de Gotland. *Site de la Région de Gotland*, [En ligne]. <http://www.gotland.se/imcms/37135> (Page consultée le 21 juillet 2012).
- Municipalité de Gotland (2000). The municipality of Gotland: A renewable energy island in the Baltic Sea. *In* Municipalité de Gotland. *Site de la Région de Gotland*, [En ligne]. <http://www.gotland.se/imcms/servlet/StartDoc?> (Page consultée le 31 juillet 2012).
- Municipalité des ÎDM (2010a). Schéma d'aménagement et de développement (SAD). *In* Municipalité des ÎDM. *Site de la Municipalité des ÎDM*, [En ligne]. [http://www.muniles.ca/images/Upload/3\\_services\\_municipaux/7\\_developpement\\_milieu\\_et\\_aménagement\\_territoire/4\\_schema\\_damenagement/schema\\_d\\_a\\_ménagement\\_et\\_de\\_developpement\\_revise\\_a-2010-07.pdf](http://www.muniles.ca/images/Upload/3_services_municipaux/7_developpement_milieu_et_aménagement_territoire/4_schema_damenagement/schema_d_a_ménagement_et_de_developpement_revise_a-2010-07.pdf) (Page consultée le 01 mai 2012).
- Municipalité des ÎDM (2010b). Schéma Règlement de zonage No2010-08. *In* Municipalité des ÎDM. *Site de la Municipalité des ÎDM*, [En ligne]. [http://www.muniles.ca/images/Upload/3\\_services\\_municipaux/7\\_developpement\\_milieu\\_et\\_aménagement\\_territoire/4\\_schema\\_damenagement/schema\\_d\\_a\\_ménagement\\_et\\_de\\_developpement\\_revise\\_a-2010-07.pdf](http://www.muniles.ca/images/Upload/3_services_municipaux/7_developpement_milieu_et_aménagement_territoire/4_schema_damenagement/schema_d_a_ménagement_et_de_developpement_revise_a-2010-07.pdf) (Page consultée le 11 juillet 2012).
- Paradis, M. (2011). *Analyse de la réglementation entourant l'implantation d'infrastructures d'énergies renouvelables en milieu urbain*. Essai de maîtrise en environnement, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, 109 p.
- Région de Gotland (2012). The power of the everlasting breeze. *In* Région de Gotland. *Site de la Région de Gotland*, [En ligne]. <http://www.gotland.se/imcms/54547> (Page consultée le 3 août 2012).
- Région de Gotland (2011a). Gotland in figures. *In* Région de Gotland. *Site de la Région de Gotland*, [En ligne]. <http://www.gotland.se/imcms/1354> (Page consultée le 31 juillet 2012).
- Région de Gotland (2011b). Sustainable energy for Gotland 2020. *In* Région de Gotland. *Site de Isle Pact*, [En ligne]. [http://www.islepact.eu/userfiles//Gotland\\_ISEAP%202020\\_eng.pdf](http://www.islepact.eu/userfiles//Gotland_ISEAP%202020_eng.pdf) (Page consultée le 2 août 2012).

- RNC (2010). Piles à combustible et hydrogène. *In* Office de l'efficacité énergétique. *Site de RNC*, [En ligne]. <http://oee.rncan.gc.ca/transports/carburants-replacement/carburants-faits/hydrogene-piles/14968> (Page consultée le 9 juin 2012).
- RNC (2009). Bioénergie. *In* Canmet ÉNERGIE. *Site de RNC*, [En ligne]. <http://canmetenergie.mcan.gc.ca/systemes-bioenergie/2119> (Page consultée le 9 juin 2012).
- Ressources naturelles et faune Québec (2012). Géothermie. *In* Énergie. *Site de RNFQ*, [En ligne]. <http://www.mrnf.gouv.qc.ca/energie/innovation/innovation-geothermie.jsp> (Page consultée le 4 juillet 2012).
- Smartgrid Magazine (s. d.). Ambitious EU project to harvest wind energy. *In* Smartgrid Magazine. *Site de Energinet*, [En ligne]. <http://www.e-pages.dk/energinet/217/38> (Page consultée le 14 août 2012).
- Sperling, K., Hvelplund, F. et Mathiesen, B.V. (2011). Centralisation and decentralisation in strategic municipal energy planning in Denmark. *In* Energy Policy. *Site de ELSEVIER*, [En ligne]. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421510008876> (Page consultée le 19 août 2012).
- Statistiques Canada (2012). Chiffre sur la population et le logement. *In* Recensement 2011. *Site de Statistiques Canada*, [En ligne]. <http://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2011/dp-pd/hlt-fst/pd-pl/Table-Tableau.cfm?LANG=Fra&T=302&SR=226&S=51&O=A&RPP=25&PR=24&CMA=0> (Page consultée le 7 mai 2012).
- Tissot, B. (2001) Quel avenir pour les combustibles fossiles? *In* Comptes Rendus de l'Académie des Sciences. *Site de Science direct*, [En ligne]. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1251805001016925> (Page consultée le 7 mai 2012).
- TRANSPLAN (2010a). Problems common for more islands. *In* TRANSPLAN. *Site de TRANSPLAN*, [En ligne]. [http://www.transplanproject.eu/docs/Problems\\_common\\_for\\_more\\_islands\\_30.03.2010.pdf](http://www.transplanproject.eu/docs/Problems_common_for_more_islands_30.03.2010.pdf) (Page consultée le 12 août 2012).
- TRANSPLAN (2010b). Transparent energy planning and implementation. *In* TRANSPLAN. *Site de TRANSPLAN*, [En ligne]. [http://www.transplanproject.eu/docs/TRANSPLAN\\_publishable\\_report.pdf](http://www.transplanproject.eu/docs/TRANSPLAN_publishable_report.pdf) (Page consultée le 15 août 2012).
- TRANSPLAN (2009). Action plan according to Energy Strategy 2025 for Bornholm. *In* TRANSPLAN. *Site de TRANSPLAN*, [En ligne]. [http://www.transplanproject.eu/docs/ENERGYSTRATEGIES/Action\\_plan\\_according\\_to\\_Energy\\_Strategy\\_2025\\_for\\_Bornholm\\_rev2.pdf](http://www.transplanproject.eu/docs/ENERGYSTRATEGIES/Action_plan_according_to_Energy_Strategy_2025_for_Bornholm_rev2.pdf) (Page consultée le 13 août 2012).



TRANSPLAN (s. d.) Deliverable no. 3.1, Quantitative Statements. *In* TRANSPLAN. *Site de TRANSPLAN*, [En ligne].  
[http://www.transplanproject.eu/docs/Quantitative\\_Statements.all\\_islands.pdf](http://www.transplanproject.eu/docs/Quantitative_Statements.all_islands.pdf) (Page consultée le 12 août 2012).

Wengenmayr, R. (2008). *Renewable energy: sustainable energy concepts for the future*. Weinheim, Thomas Buhrke, 118p. (WILEY-VCH)

## ANNEXE 1

### EMPLACEMENTS DES ILES DE SAMSØ ET BORNHOLM

Tiré de Istanbul city guide (2012)



## ANNEXE 2

### EMPLACEMENT DE L'ILE DE GOTLAND

Tiré de Région Gotland (2011b)

