

**PLAN D'AMENAGEMENT LOCAL**  
**PLANIFICATION ENERGETIQUE TERRITORIALE**  
**CONCEPTION DIRECTRICE DE L'ENERGIE**



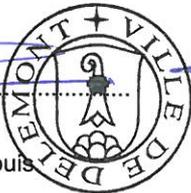
ADOPTE PAR LE CONSEIL COMMUNAL LE

26 SEPTEMBRE 2016

AU NOM DU CONSEIL COMMUNAL

LE MAIRE

LA CHANCELIERE

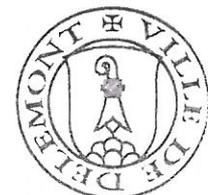
  
  
Damien Chappuis

  
Edith Cuttat Gyger

LA CHANCELIERE COMMUNALE SOUSIGNEE CERTIFIE  
L'EXACTITUDE DES INDICATIONS CI-DESSUS

DELEMONT, LE **27 SEP. 2017**

  
SIGNATURE



TIMBRE

# TABLE DES MATIERES

LEXIQUE.....	7
RESUME POUR LE PAL.....	8
<b>1. CONTEXTE.....</b>	<b>8</b>
<b>2. CONCEPT.....</b>	<b>8</b>
<b>3. OBJECTIFS.....</b>	<b>9</b>
<b>4. LIGNES DIRECTRICES RETENUES.....</b>	<b>9</b>
<b>SYNTHESE.....</b>	<b>12</b>
<b>1. CONTEXTE.....</b>	<b>12</b>
1.1 STRATEGIES ENERGETIQUES FEDERALES, CANTONALES ET COMMUNALES.....	12
1.2 CONCEPT.....	12
1.3 OBJECTIFS DE LA CONCEPTION DIRECTRICE DE L'ENERGIE.....	12
<b>2. BESOINS DE LA COMMUNE EN 2013.....</b>	<b>13</b>
2.1 BESOINS ENERGETIQUES DE LA COMMUNE EN 2013.....	13
2.2 EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE DE LA COMMUNE EN 2013.....	13
2.3 SECTORISATION ENERGETIQUE DE LA COMMUNE.....	13
<b>3. MODELISATION DES BESOINS ENERGETIQUES FUTURS.....</b>	<b>14</b>
3.1 RAPPEL DES OBJECTIFS A RESPECTER EN 2050.....	14
3.2 SCENARIO N°1 – MINIMUM.....	15
3.3 SCENARIO N°2 – MAXIMUM.....	15
3.4 SCENARIO N°3 – RENOUELABLE LOCAL.....	15
3.5 SCENARIO N°4 – COMPATIBLE.....	15
3.6 CHOIX DU MEILLEUR SCENARIO.....	16
<b>4. DETAIL DES LIGNES DIRECTRICES DU SCENARIO COMPATIBLE.....</b>	<b>19</b>
4.1 EFFICACITE ENERGETIQUE ET ECONOMIES D'ENERGIE.....	19
4.2 DEVELOPPEMENT DES ENERGIES RENOUELABLES.....	19
4.2.1 BOIS.....	20
4.2.2 CAD GEOTHERMIE.....	20
4.2.3 AEROTHERMIE.....	20
4.2.4 GEOTHERMIE INDIVIDUELLE.....	20
4.2.5 CAD BOIS.....	20
4.2.6 SOLAIRE THERMIQUE.....	21
4.2.7 NAPPES PHREATIQUES.....	21
4.2.8 FOURNITURE D'ELECTRICITE.....	21
4.2.9 MOBILITE.....	21
<b>5. CONCLUSION.....</b>	<b>21</b>
<b>RAPPORT TECHNIQUE DE LA CONCEPTION DIRECTRICE DE L'ENERGIE.....</b>	<b>23</b>
<b>1. CONTEXTE.....</b>	<b>23</b>
1.1 STRATEGIES ENERGETIQUES FEDERALES, CANTONALES ET COMMUNALES.....	23
1.2 CONCEPT.....	23
1.3 OBJECTIFS DE LA CONCEPTION DIRECTRICE DE L'ENERGIE.....	23
1.4 OBJECTIFS DU PLAN DIRECTEUR DES ENERGIES.....	24
1.5 PERIMETRE D'ETUDE CONSIDERE.....	24
<b>2. METHODOLOGIE APPLIQUEE.....</b>	<b>24</b>
<b>3. INDICATEURS-CLES.....</b>	<b>25</b>
3.1 CHOIX DES INDICATEURS.....	25
3.2 BILAN ENERGETIQUE PRIMAIRE TOTAL.....	25
3.3 BILAN ENERGETIQUE PRIMAIRE RENOUELABLE.....	25
3.4 BILAN CARBONE.....	25
<b>4. BESOINS ENERGETIQUES ET EMISSIONS DE GES EN 2013.....</b>	<b>25</b>
4.1 DEFINITION DE LA SOCIETE A 2000 Watts.....	25
4.2 BESOINS POUR LES LOGEMENTS, ACTIVITES ET MOBILITE.....	26
4.3 EMISSIONS DE GES POUR LES LOGEMENTS, ACTIVITES ET MOBILITE.....	26
4.4 BILANS DES BESOINS ET EMISSIONS EN 2013.....	27
4.5 OBJECTIFS A ATTEINDRE.....	27
<b>5. POTENTIELS DES GISEMENTS D'ENERGIE EN 2050.....</b>	<b>28</b>
5.1 GENERALITES.....	28
5.2 EFFICACITE ENERGETIQUE ET ECONOMIES D'ENERGIES.....	28
5.3 GEOTHERMIE.....	30
5.3.1 GEOTHERMIE A FAIBLE PROFONDEUR.....	30
5.3.2 GEOTHERMIE A GRANDE PROFONDEUR.....	31
5.4 BOIS.....	31

5.5	AEROTHERMIE .....	33
5.6	HYDRAULIQUE.....	35
5.6.1	COURS D'EAU.....	35
5.6.2	NAPPES PHREATIQUES ET RESEAUX D'EAU POTABLE.....	36
5.7	SOLAIRE .....	37
5.8	EOLIEN.....	39
5.9	DECHETS ORGANIQUES .....	40
5.10	COUPLAGE CHALEUR-FORCE OU COGENERATION.....	41
5.11	REJETS THERMIQUES.....	42
5.12	BILAN DES RESSOURCES.....	42
<b>6.</b>	<b>BESOINS ENERGETIQUES ET EMISSIONS DE GES FUTURS .....</b>	<b>43</b>
6.1	DEFINITION DES SCENARII .....	43
6.2	SCENARIO N°1 – MINIMUM.....	44
6.2.1	CONDITIONS CADRES DU SCENARIO N°1- MINIMUM .....	44
6.2.2	RESULTATS DU SCENARIO N°1 - MINIMUM.....	45
6.2.3	EVOLUTION DE L'OFFRE EN MATIERE DE CHALEUR POUR LE SCENARIO N°1 - MINIMUM.....	45
6.2.4	EVOLUTION DE L'OFFRE EN MATIERE D'ELECTRICITE POUR LE SCENARIO N°1 - MINIMUM .....	46
6.2.5	CONCLUSION SUR LES RESULTATS DU SCENARIO N°1 – MINIMUM .....	46
6.3	SCENARIO N°2 – MAXIMUM .....	47
6.3.1	CONDITIONS CADRES DU SCENARIO N°2 - MAXIMUM.....	47
6.3.2	RESULTATS DU SCENARIO N°2 - MAXIMUM.....	48
6.3.3	EVOLUTION DE L'OFFRE EN MATIERE DE CHALEUR POUR LE SCENARIO N°2 - MAXIMUM.....	48
6.3.4	EVOLUTION DE L'OFFRE EN MATIERE D'ELECTRICITE POUR LE SCENARIO N°2 - MAXIMUM .....	49
6.3.5	CONCLUSION SUR LES RESULTATS DU SCENARIO N°2 – MAXIMUM .....	49
6.4	SCENARIO N°3 – RENOUVELABLE LOCAL.....	50
6.4.1	CONDITIONS CADRES DU SCENARIO N°3 – RENOUVELABLE LOCAL.....	50
6.4.2	RESULTATS DU SCENARIO N°3 – RENOUVELABLE LOCAL .....	53
6.4.3	EVOLUTION DE L'OFFRE EN MATIERE DE CHALEUR POUR LE SCENARIO N°3 –RENOUVELABLE LOCAL.....	53
6.4.4	EVOLUTION DE L'OFFRE EN MATIERE D'ELECTRICITE POUR LE SCENARIO N°3 – RENOUVELABLE LOCAL.....	54
6.4.5	CONCLUSION SUR LES RESULTATS DU SCENARIO N°3 – RENOUVELABLE LOCAL.....	55
6.5	SCENARIO N°4 – COMPATIBLE.....	55
6.5.1	CONDITIONS CADRES DU SCENARIO N°4 - COMPATIBLE .....	55
6.5.2	RESULTATS DU SCENARIO N°4 - COMPATIBLE.....	58
6.5.3	EVOLUTION DE L'OFFRE EN MATIERE DE CHALEUR POUR LE SCENARIO N°4 - COMPATIBLE..	58
6.5.4	EVOLUTION DE L'OFFRE EN MATIERE D'ELECTRICITE POUR LE SCENARIO N°4 - COMPATIBLE	60
6.5.5	CONCLUSION SUR LES RESULTATS DU SCENARIO N°4 – COMPATIBLE .....	61
<b>7.</b>	<b>STRATEGIES ET LIGNES DIRECTRICES.....</b>	<b>62</b>
7.1	GENERALITES.....	62
7.2	SCENARIO N°3 – RENOUVELABLE LOCAL .....	62
7.2.1	ECONOMIES D'ENERGIE .....	62
7.2.2	EFFICACITE ENERGETIQUE .....	62
7.2.3	ENERGIES RENOUVELABLES.....	63
7.3	SCENARIO N°4 – COMPATIBLE.....	63
7.3.1	ECONOMIES D'ENERGIE .....	63
7.3.2	EFFICACITE ENERGETIQUE .....	63
7.3.3	ENERGIES RENOUVELABLES.....	63
<b>8.</b>	<b>RESUME DES ATELIERS PARTICIPATIFS .....</b>	<b>65</b>
8.1	GENERALITES.....	65
8.2	FORUM PUBLIC DU 24 AVRIL 2014.....	65
8.3	FORUM PUBLIC DU 12 JUIN 2014 .....	67
8.4	FORUM GAPAL DU 17 JUIN 2014 .....	70
<b>9.</b>	<b>POSSIBILITES DE REVISION .....</b>	<b>70</b>
9.1	DEGRE D'INCERTITUDE DE LA CDE .....	70
9.2	PARAMETRES DEMOGRAPHIQUES .....	70
9.3	TAUX DE RENOVATION DES BÂTIMENTS .....	71
9.4	PRIX DE L'ENERGIE .....	71
9.5	ASPECTS JURIDIQUES .....	72
9.6	INTERVALLE DE REVISION .....	72
<b>10.</b>	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>72</b>
<b>ANNEXE A.....</b>	<b>75</b>	
<b>METHODOLOGIE APPLIQUEE POUR LE CALCUL DES BESOINS.....</b>	<b>75</b>	
1.1	CALCUL DES BESOINS UTILES EN 2013 .....	76

1.1.1	DEFINITION DES BESOINS UTILES .....	76
1.1.2	BESOINS DE CHALEUR.....	76
1.1.3	BESOINS DE FROID.....	77
1.1.4	BESOINS EN ELECTRICITE .....	77
1.1.5	BESOINS RELATIFS A LA MOBILITE.....	77
1.2	CALCUL DES BESOINS FINAUX ET DES EMISSIONS DE GES EN 2013.....	77
1.2.1	DEFINITION DES BESOINS FINAUX.....	77
1.2.2	LIEN ENTRE BESOINS FINAUX ET EMISSIONS DE GES.....	78
1.2.3	BESOINS DE CHALEUR, DE FROID ET D'ELECTRICITE.....	78
1.2.4	BESOINS RELATIFS A LA MOBILITE.....	78
1.3	CALCUL DES BESOINS PRIMAIRES EN 2013.....	78
1.3.1	DEFINITION DES BESOINS PRIMAIRES.....	78
1.3.2	BESOINS DE CHALEUR, DE FROID ET D'ELECTRICITE.....	79
1.3.3	BESOINS RELATIFS A LA MOBILITE.....	80
1.4	CALCUL DES BESOINS FUTURS .....	81
1.4.1	BESOINS DE CHALEUR ET DE FROID.....	81
1.4.2	BESOINS EN ELECTRICITE .....	81
1.4.3	BESOINS RELATIFS A LA MOBILITE.....	82

## TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Bilans énergétiques et émissifs du Scénario retenu en 2030 et 2050 .....	10
Figure 2 : Stratégie énergétique du Scénario retenu pour la chaleur .....	10
Figure 3 : Stratégie énergétique du Scénario retenu pour l'électricité.....	11
Figure 4 : Sectorisation énergétique de Delémont, CSD INGENIEURS, Juillet 2014 .....	14
Figure 5 : Bilans énergétiques et émissifs du Scénario n°4 en 2030 et 2050 .....	17
Figure 6 : Stratégie énergétique du Scénario n°4 pour la chaleur .....	18
Figure 7 : Stratégie énergétique du Scénario n°4 pour l'électricité .....	18
Figure 8 : Objectifs énergétiques et émissifs en 2050 .....	27
Figure 9 : Zones d'autorisation pour l'implantation de sondes géothermiques.....	30
Figure 10 : Potentiels du bois-énergie et opportunité d'implantation d'un CAD au bois.....	32
Figure 11 : Potentiels aérothermiques .....	34
Figure 12 : Potentiels hydrauliques sur cours d'eau .....	35
Figure 13 : Potentiels hydrauliques sur nappes phréatiques et réseaux d'eau potable .....	36
Figure 14 : Potentiels solaires thermiques et photovoltaïques .....	39
Figure 15 : Potentiels éoliens.....	40
Figure 16 : Potentiels déchets organiques.....	41
Figure 17 : Potentiels des gisements rentables et besoins utiles de chaleur .....	42
Figure 18 : Potentiels des gisements rentables et besoins utiles de froid .....	43
Figure 19 : Potentiels des gisements rentables et besoins utiles d'électricité .....	43
Figure 20 : Bilans énergétiques et émissifs du Scénario n°1 en 2030 et 2050 .....	45
Figure 21 : Stratégie énergétique du Scénario n°1 pour la chaleur.....	46
Figure 22 : Stratégie énergétique du Scénario n°1 pour l'électricité.....	46
Figure 23 : Bilans énergétiques et émissifs du Scénario n°2 en 2030 et 2050 .....	48
Figure 24 : Stratégie énergétique du Scénario n°2 pour la chaleur.....	49
Figure 25 : Stratégie énergétique du Scénario n°2 pour l'électricité.....	49
Figure 26 : Couverture des besoins utiles de chaleur en 2013 .....	52
Figure 27 : Couverture des besoins utiles de chaleur à l'horizon 2030 selon le scénario 3.....	52
Figure 28 : Couverture des besoins utiles de chaleur à l'horizon 2050 selon le scénario 3.....	52
Figure 29 : Bilans énergétiques et émissifs du Scénario n°3 en 2030 et 2050 .....	53
Figure 30 : Stratégie énergétique du Scénario n°3 pour la chaleur.....	54
Figure 31 : Stratégie énergétique du Scénario n°3 pour l'électricité.....	55
Figure 32 : Couverture des besoins utiles de chaleur en 2013 .....	56
Figure 33 : Couverture des besoins utiles de chaleur à l'horizon 2030 .....	57
Figure 34 : Couverture des besoins utiles de chaleur à l'horizon 2050 .....	57
Figure 35 : Bilans énergétiques et émissifs du Scénario n°4 en 2030 et 2050 .....	58
Figure 36 : Stratégie énergétique du Scénario n°4 pour la chaleur.....	59
Figure 37 : Stratégie énergétique du Scénario n°4 pour l'électricité.....	61

## TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Avantages et inconvénients des 4 scénarii modélisés par CSD .....	16
Tableau 2 : Caractéristiques des secteurs énergétiques de Delémont établis par CSD INGENIEURS, Août 2014. ....	24
Tableau 3 : Données démographiques spécifiées par la Commune .....	25
Tableau 4 : Bilans énergétiques et émissifs en 2013 (EP = Energie Primaire, ER = Energie renouvelable, GES = Emission de Gaz à Effet de Serre) .....	27
Tableau 5 : Valeurs cibles de l'énergie primaire à atteindre pour respecter les valeurs cibles de la consommation d'énergie totale .....	28
Tableau 6 : Potentiels de gisements de l'efficacité énergétique et des économies d'énergies .....	29
Tableau 7 : Potentiels de gisements géothermiques à faible profondeur .....	30
Tableau 8 : Potentiels théoriques, techniques et rentables d'une installation classique de géothermie à grande profondeur .....	31
Tableau 9 : Potentiels théoriques, techniques et rentables du bois-énergie .....	32
Tableau 10 : Densité énergétique des secteurs et opportunité de l'installation d'un CAD .....	33
Tableau 11 : Potentiels théoriques, techniques et rentables de la production de chaleur aérothermique .....	34
Tableau 12 : Potentiels théoriques, techniques et rentables de la production de chaleur et d'électricité par les cours d'eaux .....	35
Tableau 13 : Potentiels théoriques, techniques et rentables de la production de chaleur et d'électricité par les nappes phréatiques et les réseaux d'eau potable .....	36
Tableau 14 : Potentiels théoriques, techniques et rentables de la production de chaleur et d'électricité solaire .....	38
Tableau 15 : Potentiels théoriques, techniques et rentables de la production d'électricité éolienne .....	40
Tableau 16 : Potentiels théoriques, techniques et rentables de la production de chaleur et d'électricité issus des déchets organiques à Delémont.....	41
Tableau 17 : Conditions-cadres et variables dynamiques du Scénario n°1 .....	44
Tableau 18 : Détail du bilan énergétique et émissif du Scénario n°1 à l'horizon 2050 (EPT = Energie Primaire Totale ; EPR = Energie Primaire Renouvelable, GES = Emissions de Gaz à Effet de Serre).....	45
Tableau 19 : Conditions-cadres et variables dynamiques du Scénario n°2 .....	47
Tableau 20 : Détail du bilan énergétique et émissif du Scénario n°2 à l'horizon 2050 (EPT = Energie Primaire Totale ; EPR = Energie Primaire Renouvelable, GES = Emissions de Gaz à Effet de Serre).....	48
Tableau 21 : Conditions-cadres et variables dynamiques du Scénario n°3 .....	51
Tableau 22 : Détail du bilan énergétique et émissif du Scénario n°3 à l'horizon 2050 (EPT = Energie Primaire Totale ; EPR = Energie Primaire Renouvelable, GES = Emissions de Gaz à Effet de Serre).....	53
Tableau 23 : Détail du bilan énergétique et émissif du Scénario n°4 à l'horizon 2050 (EPT = Energie Primaire Totale ; EPR = Energie Primaire Renouvelable, GES = Emissions de Gaz à Effet de Serre).....	58
Tableau 24 : Prix moyen TTC du mazout extra-léger en 2013.....	71
Tableau 25 : Prix moyen TTC du gaz en 2013 .....	72
Tableau 26 : Hypothèses des besoins de chaleur en chauffage (Qh en kWh/m2/an) selon l'affectation des bâtiments et leur année de construction.....	76
Tableau 27 : Hypothèses des besoins de chaleur en eau chaude sanitaire (Qww en kWh/m2/an) selon l'affectation des bâtiments et leur année de construction.....	76
Tableau 28 : Besoins moyens de froid (Fmoyen) selon l'affectation des bâtiments.....	77
Tableau 29 : Paramètres pris en compte dans les calculs des besoins énergétiques en 2013 et des émissions de GES pour la chaleur, le froid et l'électricité des logements et activités .....	79
Tableau 30 : Variables prises en compte pour les calculs des besoins énergétiques en 2013 et des émissions de GES relatifs à la mobilité .....	80
Tableau 31 : Paramètres fixes pour les calculs des besoins énergétiques futurs de chaleur et de froid.....	81
Tableau 32 : Paramètres fixes pris en compte pour les calculs des besoins énergétiques futurs et des émissions de GES relatifs à la mobilité .....	82

# LEXIQUE

**CAD** : Chauffage à Distance. Se dit du système complet de production de chaleur centralisée et du réseau de conduites isolées qui transporte l'eau chaude aux preneurs de chaleur.

**CCE** : Conception Cantonale de l'Energie.

**CCF** : Couplage Chaleur Force. Machine, généralement sur base de moteur à combustion, qui produit simultanément de la chaleur et de l'électricité.

**CDE** : Conception Directrice de l'Energie.

**COPa** : Coefficient de Performance annuel moyen. S'applique aux pompes à chaleur. Ce facteur est formé par l'énergie thermique produite divisée par l'électricité consommée, sur une année.

**ECS** : Eau Chaude Sanitaire.

**Energie finale** : Besoins d'énergie que les systèmes de production d'énergie décentralisés (chaudières, moteurs des véhicules, pompes à chaleur, etc.) doivent consommer pour produire les besoins en énergie utile. L'énergie finale est égale à l'énergie utile divisée par le rendement. Lorsque le rendement est inférieur à 1 (chaudière à mazout, chaudière à gaz, chaudière à bois, moteur à combustion, etc.), il faut plus d'énergie finale que d'énergie utile pour couvrir les besoins. En revanche, dans le cas des pompes à chaleur (PAC), c'est l'inverse : l'énergie finale est plus faible que l'énergie utile puisque, pour 1kWh d'énergie électrique consommée, elle sera capable de fournir 2,5 à 5 kWh d'énergie thermique utile.

**Energie primaire** : Energie qui résulte de la première transformation au niveau de la centrale de production (ainsi la chaleur nucléaire, l'électricité éolienne ou l'électricité hydraulique sont considérées comme électricité primaire) A titre d'exemple, pour fournir un kWh d'électricité consommé à la prise sans certificat (mix électrique suisse), il est nécessaire d'utiliser 2,9 kWh d'énergie à la source. Le facteur d'énergie primaire est donc de 2,9. Il comprend le rendement de la seconde transformation d'énergie (le cas échéant), ainsi que les pertes inévitables liées au stockage et à la distribution d'énergie. En fonction de la source d'énergie, il est possible de réduire ce facteur : c'est notamment le cas des ressources d'énergie renouvelables et de l'énergie hydraulique en particulier : le facteur d'énergie primaire de l'énergie hydraulique suisse n'est ainsi que de 1,22. Le facteur d'énergie primaire du mix électrique suisse s'explique par le fait que l'on utilise largement l'énergie nucléaire pour produire de l'électricité. La fission nucléaire produisant initialement de la chaleur et non de l'électricité, il est nécessaire de transformer cette chaleur en électricité. Puisque cette transformation ne possède qu'un rendement de 33% (auquel il est nécessaire d'ajouter les pertes d'électricité dans les lignes électriques), il est nécessaire de mobiliser de très grandes quantités d'énergie sous forme de chaleur pour fournir une énergie électrique suffisante aux besoins.

**Energie utile** : Besoins d'énergie réellement utile à l'utilisateur. Il s'agit par exemple de l'énergie que le radiateur doit fournir pour assurer les besoins de chauffage d'un bâtiment grâce à l'action de la chaudière.

**GES et tCO<sub>2</sub>-équivalent** : Les gaz à effet de serre (GES) sont des composants gazeux qui absorbent le rayonnement infrarouge émis par la surface terrestre et contribuant à l'effet de serre (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CCl<sub>2</sub>F<sub>2</sub>, CHClF<sub>2</sub>, CF<sub>4</sub> et SF<sub>6</sub>). L'augmentation de leur concentration dans l'atmosphère terrestre est l'un des facteurs d'impact à l'origine du récent réchauffement climatique. Chaque GES a un effet différent sur le réchauffement global. Par exemple, sur une période de 100 ans, un kilogramme de méthane a un impact sur l'effet de serre 25 fois plus fort qu'un kilogramme de CO<sub>2</sub>. L'équivalent CO<sub>2</sub> est une unité qui prend en compte ces impacts : elle pondère les émissions de chaque gaz en fonction de leur impact sur l'effet de serre et les additionne pour les ramener dans une seule unité : l'équivalent CO<sub>2</sub>.

**LEN** : Loi sur l'Energie

**MAP** : Mètres cubes Apparents de Plaquettes de bois.

**MoPEC** : Modèle de prescriptions énergétiques des cantons.

**PAC** : Pompe à Chaleur.

**PAL** : Plan d'Aménagement Local.

**PDE** : Plan Directeur de l'Energie.

**PET** : Planification Energétique Territoriale

# RESUME POUR LE PAL

## 1. CONTEXTE

*Afin de garantir la sécurité de l'approvisionnement énergétique à long terme, le Conseil fédéral a adopté la stratégie énergétique 2050 qui constitue la nouvelle base de sa politique.*

*En septembre 2012, le Conseil fédéral a mis en consultation un premier paquet de mesures pour la transformation progressive de l'approvisionnement énergétique suisse. Il veut ainsi diminuer la consommation individuelle d'énergie et d'électricité, réduire la part des énergies fossiles et remplacer la production d'électricité nucléaire par des gains d'efficacité et le développement des énergies renouvelables. Des procédures simplifiées plus rapides ainsi que la modernisation et le développement des réseaux électriques y contribueront. La mise en œuvre de ces mesures requiert une révision totale de la loi sur l'énergie et d'autres adaptations légales. Un message relatif au premier paquet de mesures a été adopté par le Conseil fédéral et transmis au Parlement le 4 septembre 2013.*

*La République et Canton du Jura entend participer pleinement à ce changement de paradigme, en prenant ses responsabilités dans le domaine de l'énergie notamment. Actuellement en consultation (mars 2015), la Conception cantonale de l'énergie (CCE) et le plan de mesures 2015-2021 qui lui est associé fixent les objectifs cantonaux ; à savoir atteindre les valeurs d'une société à 3'500 W en 2035. A l'échelle du canton, cela se traduit par :*

- Economiser 140 GWh<sub>é</sub>/an et 270 GWh<sub>tr</sub>/an, soit une diminution de 30% de la consommation.*
- Augmenter la production indigène de 340 GWh<sub>é</sub>/an et de 320 GWh<sub>tr</sub>/an*
- Atteindre une autonomie énergétique de 65% pour l'électricité et de 60% pour la chaleur.*

*La révision de la Loi sur l'énergie (LEN) publiée récemment par le Gouvernement accompagne également cette démarche en adaptant la législation aux défis à relever.*

*Dans ce contexte, la Commune de Delémont, en tant que Cité de l'énergie : eea@GOLD, souhaite mettre sa stratégie énergétique en adéquation avec les objectifs fédéraux et cantonaux en la matière (stratégies énergétiques 2035 et 2050). Pour ce faire, la planification énergétique actuellement en vigueur, qui date de 2004, doit être révisée et mise en cohérence avec les attentes actuelles en la matière, dans le cadre d'une PET coordonnée avec le Plan d'aménagement local ayant pour horizon l'année 2030.*

## 2. CONCEPT

*La planification énergétique territoriale (PET) est un outil permettant de coordonner développement urbain et approvisionnement énergétique au niveau communal. Elle a pour but d'optimiser et d'assurer l'approvisionnement énergétique d'une commune de façon durable.*

*Le fait d'associer développement urbain et offre énergétique potentielle présente de multiples intérêts : cela permet d'optimiser les investissements dans les infrastructures d'approvisionnement et de réduire la consommation d'énergie fossile sur le territoire. La PET permet par ailleurs de définir le développement souhaité d'une commune en se basant sur la localisation des ressources disponibles, qui ne peuvent généralement être utilisées qu'à l'endroit d'où elles émanent. Les différents concepts d'approvisionnement articulés dans la PET doivent être traduits en instruments de planification qui, le cas échéant, peuvent devenir contraignants pour les propriétaires. Enfin, des mesures d'aménagement et de construction favorables aux économies (forme et orientation des bâtiments, contiguïté, standards pour la rénovation et les nouvelles constructions, etc.) doivent être définies.*

*De façon générale, la PET permet d'ancrer politiquement l'engagement de la collectivité sur la voie de la Société à 2000 Watts, qui vise d'une part, à diviser les besoins énergétiques annuels en chaleur et en électricité par trois d'ici à 2100 par rapport à ceux de 2005, et d'autre part, à garantir que 75% des besoins soient assurés grâce à des énergies renouvelables (solaire, aérothermie, géothermie, éolien, bois, biomasse). Pour ce faire, la Conception directrice de l'énergie (CDE) dresse le bilan énergétique de la Ville de Delémont, identifiant les besoins de même que les ressources disponibles et leur localisation. C'est également à ce stade que des scénarii d'approvisionnement ont été articulés aux horizons 2030 et 2050, permettant d'orienter les choix à venir en termes d'approvisionnement énergétique.*

### 3. OBJECTIFS

Le respect des objectifs de la Société à 2'000 Watts requiert que le bilan 2013 en énergie primaire passe de 5'800 W à 3'200 W par habitant et par an si l'on souhaite prendre en compte la composante de l'énergie grise nécessaire à la production des biens et des services, soit une réduction de 45% d'ici 2050.

En termes d'émissions de gaz à effet de serre et en incluant la même contrainte due à l'énergie grise, les objectifs à atteindre sont encore plus grands. Pour passer de 8,5 tonnes d'émissions d'équivalent CO<sub>2</sub> à 1,7 tonnes par habitant, les émissions devront être réduites de 80% d'ici 2050.

Pour atteindre ces objectifs ambitieux, il est nécessaire d'agir à la fois sur le levier de la baisse des besoins énergétiques par habitant mais également sur la manière de produire l'énergie.

### 4. LIGNES DIRECTRICES RETENUES

A court terme, la consommation de mazout doit être fortement réduite et les énergies renouvelables largement développées. Le réseau de gaz doit être densifié pour substituer rapidement le mazout et réduire d'autant les émissions de CO<sub>2</sub>. Lorsque la dette du gaz aura été remboursée<sup>1</sup>, le passage à un réseau de chaleur à distance pourra être entrepris. En outre, des actions doivent également être entreprises pour minimiser les bilans énergétiques et émissifs liés à la mobilité.

Parmi les 4 scénarii proposés au stade de la CDE, un seul a été choisi pour conditionner l'approvisionnement énergétique de la ville de Delémont. Il s'agit du scénario « Compatible ». Celui-ci modélise la situation énergétique en 2030 et 2050 sur la base d'une politique énergétique ambitieuse mais optimale par rapport à la typologie des besoins de chaque secteur énergétique. Les énergies renouvelables locales sont utilisées de manière raisonnable sur le plan économique. La couverture des besoins en chaleur priorise le recours aux solutions individuelles, dont notamment le bois énergie et permet de tenir compte de l'amortissement des réseaux existants avant de réinvestir dans de nouveaux CAD à l'horizon 2030.

Ce scénario articule plusieurs lignes directrices s'agissant du développement des énergies renouvelables et d'efficacité énergétique :

- Réaliser des économies d'énergie prioritairement sur le parc construit existant, par un effort de rénovation significatif (enveloppe thermique, production de chaleur et optimisation de la distribution de chaleur) ;
- Encourager une couverture partielle des besoins de chaleur par des panneaux solaires thermiques ;
- Développer à moyen terme, en collaboration avec la Bourgeoisie, un chauffage à distance à bois déchiqueté afin de desservir une partie de la Commune ;
- Exploiter, pour une partie de la Commune, les potentiels de géothermie de faible profondeur et de géothermie profonde ;
- Valoriser énergétiquement l'eau des nappes phréatiques ;
- Recourir au chauffage individuel renouvelable (bois, solaire, pompes à chaleur (PAC))
- Assurer une fourniture d'électricité renouvelable représentant plus de 80% des besoins, dont une part maximale par une production indigène (photovoltaïque, hydroélectrique, éolien, biomasse) couplée à des économies substantielles sur la consommation électrique ;
- Exploiter le potentiel photovoltaïque en réalisant les 20 projets identifiés par les SID ;
- Assainir la totalité de l'éclairage public en remplaçant les ampoules à décharge existantes par des ampoules à LED ;
- En termes de mobilité, favoriser l'achat de véhicules électriques, hybrides et au gaz, tout en encourageant le recours à la mobilité douce et le recours aux déplacements en transports publics.

Les bilans énergétiques et émissifs et l'évolution de l'offre en matière de chaleur et d'électricité d'après le Scénario n°4 sont illustrés par les Figures 1 à 3 ci-après.

<sup>1</sup> La dette du gaz s'entend comme la différence entre les pertes cumulées et les bénéfiques cumulés. La dette cumulée sur la période 1991 - 2014 se monte à CHF 7'500'000. Les remboursements des dernières années ont permis de ramener cette dette à un montant résiduel d'environ CHF 6'500'000.- en fin 2014.

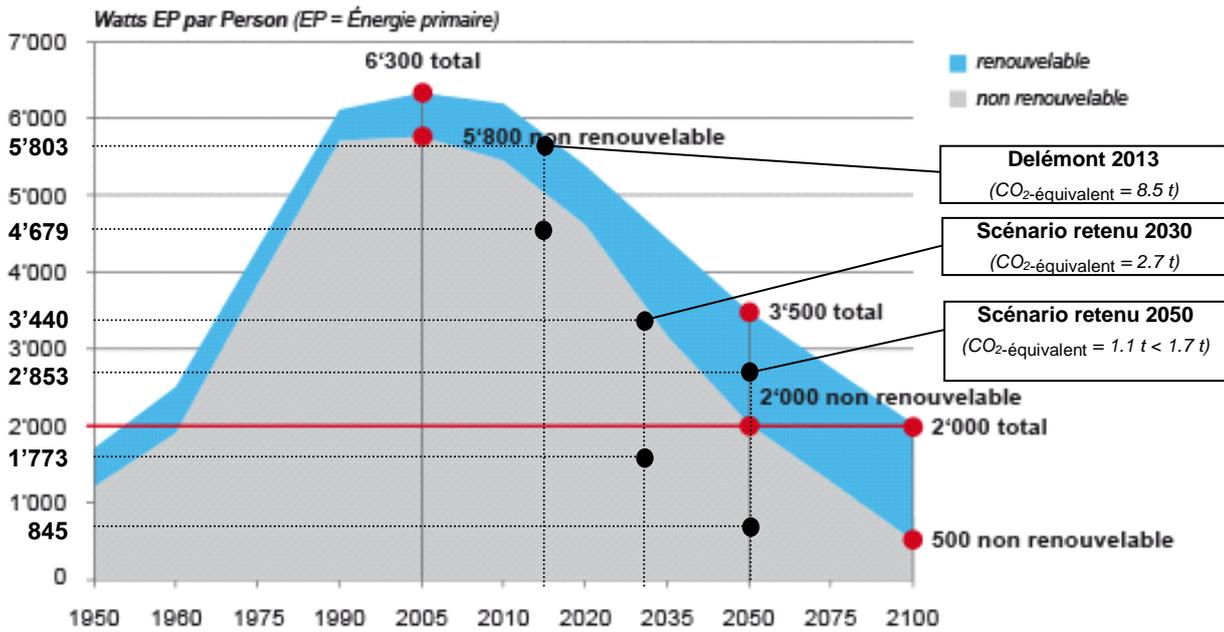


Figure 1 : Bilans énergétiques et émissifs du Scénario retenu en 2030 et 2050

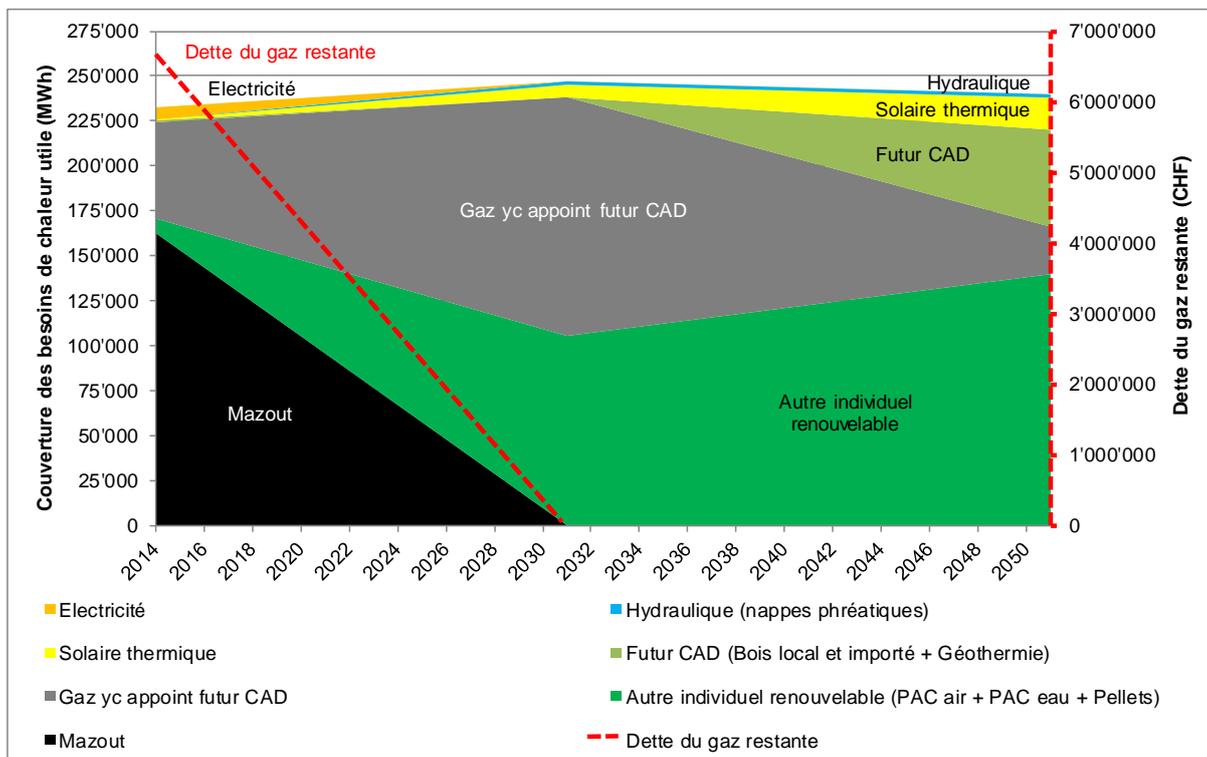
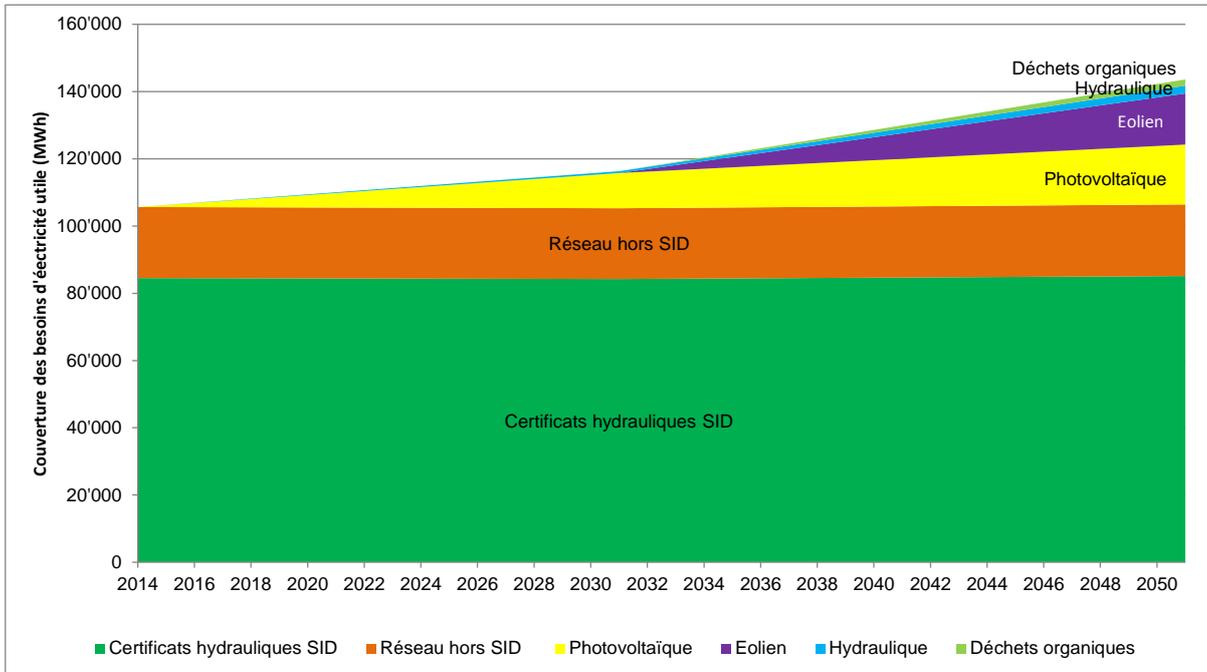


Figure 2 : Stratégie énergétique du Scénario retenu pour la chaleur



**Figure 3 : Stratégie énergétique du Scénario retenu pour l'électricité**

# SYNTHESE

## 1. CONTEXTE

### 1.1 STRATEGIES ENERGETIQUES FEDERALES, CANTONALES ET COMMUNALES

*Afin de garantir la sécurité de l'approvisionnement énergétique à long terme, le Conseil fédéral a adopté la stratégie énergétique 2050 qui constitue la nouvelle base de sa politique.*

*En septembre 2012, le Conseil fédéral a mis en consultation un premier paquet de mesures pour la transformation progressive de l'approvisionnement énergétique suisse. Il veut ainsi diminuer la consommation individuelle d'énergie et d'électricité, réduire la part des énergies fossiles et remplacer la production d'électricité nucléaire par des gains d'efficacité et le développement des énergies renouvelables. Des procédures simplifiées plus rapides, la modernisation et le développement des réseaux électriques y contribueront. La mise en œuvre de ces mesures requiert une révision totale de la loi sur l'énergie et d'autres adaptations légales. Un message relatif au premier paquet de mesures a été adopté par le Conseil fédéral et transmis au Parlement le 4 septembre 2013.*

*Le canton du Jura entend participer pleinement à ce changement de paradigme, en prenant ses responsabilités dans le domaine de l'énergie notamment. Actuellement en consultation (mars 2015), la Conception cantonale de l'énergie (CCE) et le plan de mesures 2015-2021 qui lui est associé fixent les objectifs cantonaux ; à savoir atteindre les valeurs d'une société à 3'500 W en 2035. A l'échelle du canton, cela se traduit par :*

- Economiser 140 GWh<sub>é</sub>/an et 270 GWh<sub>tr</sub>/an, soit une diminution de 30% de la consommation.*
- Augmenter la production indigène de 340 GWh<sub>é</sub>/an et de 320 GWh<sub>tr</sub>/an*
- Atteindre une autonomie énergétique de 65% pour l'électricité et de 60% pour la chaleur.*

*La révision de la Loi sur l'énergie (LEN), publiée récemment par le Gouvernement, accompagne également cette démarche en adaptant la législation aux défis à relever.*

*Dans ce contexte, la Commune de Delémont, en tant que Cité de l'énergie eea@GOLD, souhaite mettre sa stratégie énergétique en adéquation avec les objectifs fédéraux et cantonaux en la matière (stratégies énergétiques 2035 et 2050). Pour ce faire, la planification énergétique territoriale (PET) actuellement en vigueur, qui date de 2004, doit être révisée et mise en cohérence avec les attentes actuelles en la matière, dans le cadre d'une PET coordonnée avec le Plan d'Aménagement Local (PAL) qui a pour horizon l'année 2030.*

### 1.2 CONCEPT

*La planification énergétique territoriale est un outil permettant de coordonner développement urbain et approvisionnement énergétique au niveau communal. Elle a pour but d'optimiser et d'assurer, à long terme, l'approvisionnement énergétique d'une commune.*

*Le fait d'associer développement urbain et offre énergétique potentielle présente de multiples intérêts : cela permet d'optimiser les investissements dans les infrastructures d'approvisionnement et de réduire la consommation d'énergie fossile sur le territoire. La PET permet par ailleurs de définir le développement souhaité d'une commune en se basant sur la localisation des ressources disponibles, qui ne peuvent généralement être utilisées qu'à l'endroit d'où elles émanent. Les différents concepts d'approvisionnement articulés dans la PET doivent être traduits en instruments de planification qui, le cas échéant, peuvent devenir contraignants pour les propriétaires. Enfin, des mesures d'aménagement et de construction favorables aux économies (forme et orientation des bâtiments, contiguïté, standards pour la rénovation et les nouvelles constructions, etc.) doivent être définies.*

*Dans le cas de Delémont, la stratégie énergétique comprend deux documents : la Conception directrice de l'énergie (CDE), qui est l'objet de ce document, et le Plan directeur de l'énergie (Voir « Rapport technique », §1.4 Objectifs du Plan Directeur des Energies).*

### 1.3 OBJECTIFS DE LA CONCEPTION DIRECTRICE DE L'ENERGIE

*De façon générale, la CDE permet d'ancrer politiquement l'engagement de la collectivité sur la voie de la Société à 2'000 Watts, qui vise d'une part à diviser les besoins énergétiques annuels par trois d'ici à 2100 par rapport à ceux de 2005, et d'autre part à garantir que 75% des besoins soient assurés grâce à des énergies renouvelables (solaire, géothermie, éolien, bois, biomasse).*

*Pour ce faire, la CDE dresse le bilan énergétique de la Ville de Delémont, identifiant les besoins de même que les ressources disponibles et leur localisation. C'est également à ce stade que des scénarii d'approvisionnement sont*

articulés aux horizons 2030 et 2050, permettant d'orienter les choix à venir en termes d'approvisionnement énergétique.

Notons à ce titre que les résultats fournis à l'horizon 2030 (horizon communal) restent valables pour l'horizon 2035 (horizon intermédiaire cantonal et fédéral) étant donné le degré de précision de l'étude.

## **2. BESOINS DE LA COMMUNE EN 2013**

### **2.1 BESOINS ENERGETIQUES DE LA COMMUNE EN 2013**

Les habitants de Delémont requièrent environ 611'000 MWh d'énergie primaire chaque année pour se loger, travailler (activités commerciales, artisanales et industrielles) et se déplacer. Cette consommation correspond à une puissance continue de 5'800 W par habitant et par an. Environ 20% de ces besoins sont assurés par des énergies renouvelables (électricité certifiée, pompes à chaleur, bois et énergie solaire). Les besoins se répartissent à 65% pour le chauffage des logements, 27% pour l'électricité des logements et des activités (industries et éclairage publics notamment) et 8% par la mobilité sur le territoire communal (carburants). La production de froid (froid industriel) est négligeable dans les besoins totaux (0.1%).

La production de chaleur, responsable de deux tiers des besoins totaux, est assurée à 70% par le mazout et à 20% par le gaz, en chiffres arrondis. Le solde se répartit, par ordre d'importance, sur les chauffages électriques, les pompes à chaleur et le bois. L'énergie solaire est négligeable dans la couverture des besoins de chaleur.

Notons que les besoins énergétiques primaires liés à la mobilité sont ici sous-estimés de par la méthode employée : la moyenne suisse par habitant applicable pour Delémont<sup>2</sup> est 2,7 fois plus élevée que la moyenne calculée par Delémontain (celle-ci atteindrait 1'300 W par personne et par an et représenterait alors 20% des besoins totaux, contre 485W et 8% dans notre méthode).

### **2.2 EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE DE LA COMMUNE EN 2013**

Les habitants de Delémont émettent environ 102'500 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> par an dans l'atmosphère, ce qui correspond à un bilan de 8,5 tonnes par habitant et par an. Les besoins de chaleur sont responsables de 86% des émissions de gaz à effet de serre. Le solde des émissions est dû à la mobilité (10%) et à la consommation d'électricité (4% seulement, l'action des SID en la matière permettant que 80% du courant consommé à Delémont soit d'origine renouvelable).

Notons que les émissions liées à la mobilité sont ici sous-estimées de par la méthode employée : la moyenne suisse par habitant applicable pour Delémont<sup>1</sup> est 3,2 fois plus élevée que la moyenne calculée par Delémontain (celle-ci atteindrait 2.6 tonnes par personne et par an et représenterait alors 25% des émissions totales, contre 0.8 tonne et 10% dans notre méthode). La méthode utilisée est cependant pertinente puisqu'elle ne tient compte que des émissions que la Commune est en mesure d'influencer par ses décisions.

### **2.3 SECTORISATION ENERGETIQUE DE LA COMMUNE**

La sectorisation énergétique de la Commune a été réalisée d'après plusieurs facteurs. La structure et la typologie des constructions actuelles ont été prises en compte, de même que la vision à moyen terme de futures opportunités de construction. La densité énergétique, reliée intrinsèquement aux différentes typologies rencontrées et à la densité des différents quartiers, a également joué un rôle dans la définition des contours des secteurs. Cette méthodologie a permis de réaliser une sectorisation cohérente d'un point de vue de l'homogénéité urbanistique. En effet, bien que la sectorisation énergétique ait été réalisée avant la définition des zones urbanistiques, l'élaboration du Plan Directeur Communal et du Plan Directeur de l'Énergie a montré une bonne superposition des différents quartiers et territoires.

La présence des gisements renouvelables potentiellement exploitables a joué un rôle restreint dans la définition des secteurs afin de conserver une homogénéité urbanistique. Les quelques différences de superposition entre gisements potentiels et secteurs énergétiques sont réglées dans le cadre du Plan Directeur de l'Énergie et du Plan Directeur Communal.

---

<sup>2</sup> Bilans mobilité pour une commune centre d'agglomération, yc transport aérien et ferroviaire longue distance : Energie primaire 900 W/personne/an ; Emissions GES = 1.93 t CO<sub>2</sub>-équivalent /personne/an

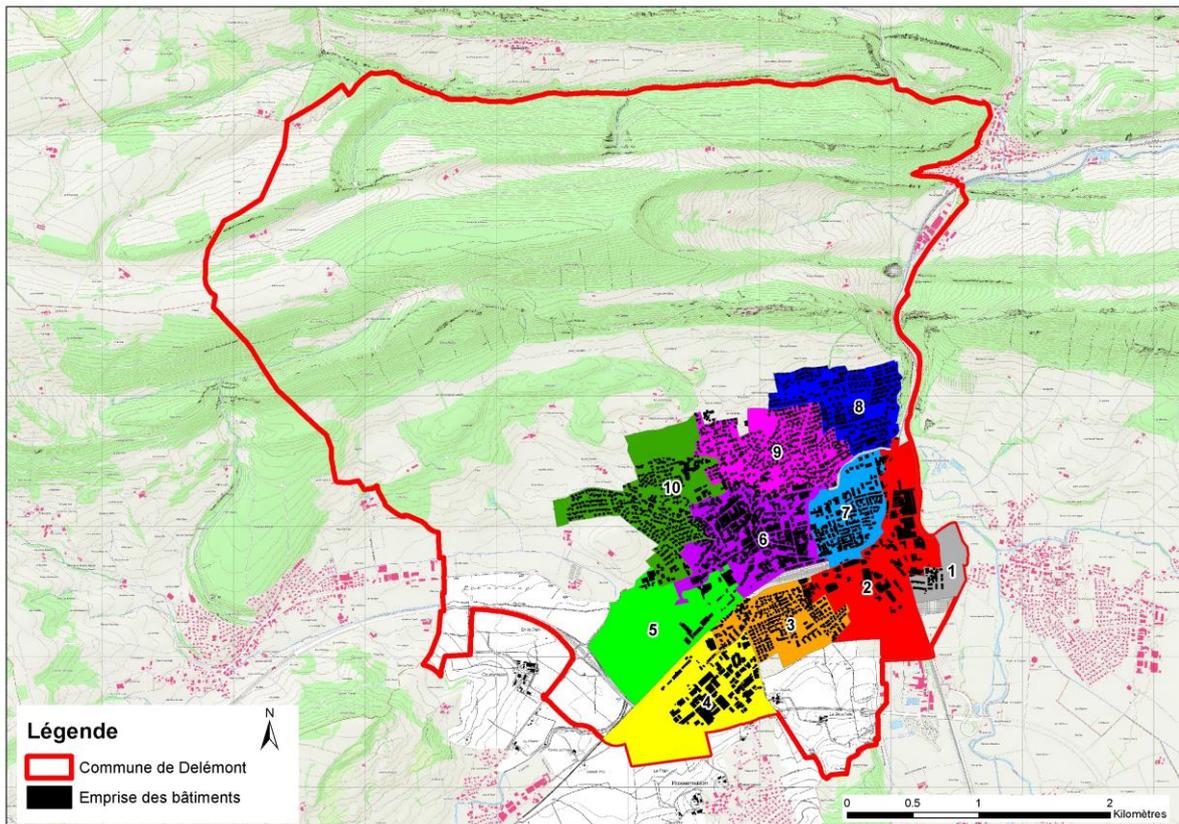


Figure 4 : Sectorisation énergétique de Delémont, CSD INGENIEURS, Juillet 2014

### 3. MODELISATION DES BESOINS ENERGETIQUES FUTURS

#### 3.1 RAPPEL DES OBJECTIFS A RESPECTER EN 2050

Le respect des objectifs de la Société à 2000 Watts requiert que le bilan 2013 en énergie primaire passe de 5'800 W à 3'200 W par habitant et par an si l'on souhaite prendre en compte la composante de l'énergie grise nécessaire à la production des biens et des services, soit une réduction de 45% d'ici 2050.

En termes d'émissions de gaz à effet de serre et en incluant la même contrainte due à l'énergie grise, les objectifs à atteindre sont encore plus grands. Pour passer de 8,5 tonnes d'émissions d'équivalent CO<sub>2</sub> à 1,7 tonnes par habitant par an, les émissions devront être réduites de 80% d'ici 2050.

Pour atteindre ces objectifs ambitieux, il sera nécessaire d'agir à la fois sur le levier de la baisse des besoins énergétiques par habitant mais également sur la manière de produire l'énergie. Les consommations de mazout et de gaz devront être fortement réduites et les énergies renouvelables largement développées. En outre, des actions devront également être entreprises pour minimiser les bilans énergétiques et émissifs liés à la mobilité.

Quatre scénarii ont été réalisés dans le cadre de cette CDE. Chaque scénario propose une stratégie énergétique bien spécifique et modélisent les besoins énergétiques futurs ainsi que les émissions de GES y associées.

Les scénarii 1 et 2 correspondent à deux situations extrêmes peu réalistes. Les scénarii 3 et 4 intègrent les remarques Groupe de Travail sur le Planification Energétique Territoriale (GTPET), du Groupe d'Accompagnement pour la révision du Plan d'Aménagement Local (GAPAL) et des Ateliers participatifs afin d'élaborer la PET la plus praticable possible.

### 3.2 SCENARIO N°1 – MINIMUM

Le 1<sup>er</sup> scénario est qualifié de minimum : il modélise la situation énergétique en 2030 et 2050 d'après la situation connue en 2013, sans qu'aucune mesure particulière ne soit prise. La rénovation des bâtiments reste au niveau de 2013, soit 0.5% annuellement et reste peu exigeante (pas de passage accentué en chauffage à basse température). Les exigences thermiques des bâtiments neufs se basent sur la norme et la législation actuelle (MoPEC).

Au niveau de la mobilité, la modélisation tient compte d'une amélioration substantielle mais raisonnable de l'efficacité énergétique des véhicules afin de coller à la réalité des avancées technologiques futures (amélioration de l'efficacité des moteurs à explosion selon le Tableau 32, Annexe A, § 1.4.3 et triplement des ventes annuelles des véhicules fonctionnant au gaz et à l'électricité dès 2014).

L'offre électrique reste identique qu'en 2013, avec 80% du courant consommé fourni par les SID sur la base d'une électricité verte (certificats hydrauliques).

### 3.3 SCENARIO N°2 – MAXIMUM

Le 2<sup>ème</sup> scénario est qualifié de maximum : il modélise la situation énergétique en 2030 et 2050 en partant du principe que les besoins de chaleur et d'électricité seront couverts à 100% par les énergies renouvelables, avec un recours massif aux PAC aérothermiques et géothermiques individuelles. L'effort de rénovation est porté à 1% annuel ce qui est exigeant (passage en basse température et exigences de type Minergie). Les exigences thermiques des bâtiments neufs se basent sur le standard Minergie-P ou équivalent (principe de la maison passive).

Au niveau de la mobilité, la modélisation tient compte d'une très forte amélioration de l'efficacité énergétique puisque, en plus des avancées technologiques futures prévues dans le Scénario n°1, on considère que les voitures électriques représenteront 25% du parc de véhicules d'ici 2030. De plus, des mesures ambitieuses sont entreprises pour limiter le nombre de kilomètres parcourus dans la commune (développement de la mobilité douce et du covoiturage).

L'offre électrique est basée sur la fourniture de 100% du courant consommé par les SID sur la base d'une électricité verte (certificats hydrauliques) couplée à 25% d'économies effectuées sur la consommation électrique hors PAC.

### 3.4 SCENARIO N°3 – RENOUELABLE LOCAL

Le 3<sup>ème</sup> scénario est le scénario qui exploite le plus largement les ressources renouvelables locales disponibles sur le territoire communal. Il modélise la situation énergétique en 2030 et 2050 en suivant une politique énergétique ambitieuse où la couverture des besoins de chaleur par le mazout est réduite à néant d'ici 2030. La stratégie se caractérise également par le développement rapide et massif de la géothermie dans le but de respecter les objectifs 2050 de la Société à 2'000 Watts. L'effort de rénovation est porté à 1% annuel mais n'est pas exigeant qualitativement parlant (exigences de la norme en vigueur en 2013 et pas de passage en basse température). Les exigences thermiques des bâtiments neufs se basent également sur la norme actuelle.

Au niveau de la mobilité, la modélisation tient compte d'une forte amélioration de l'efficacité énergétique puisque, en plus des avancées technologiques futures prévues dans le Scénario n°1, on considère que les voitures électriques représenteront 10% du parc de véhicules d'ici 2035. De plus, des mesures ambitieuses sont entreprises pour limiter le nombre de kilomètres parcourus dans la commune (développement de la mobilité douce et du covoiturage).

L'offre électrique de 2013 (80% du courant consommé fourni par les SID sur la base d'une électricité verte est complétée par la production d'électricité verte à l'aide d'éolien, photovoltaïque, hydraulique et biomasse couplée à 10% d'économies effectuées sur la consommation électrique hors PAC.

### 3.5 SCENARIO N°4 – COMPATIBLE

Le 4<sup>ème</sup> scénario est le scénario qui présente le mix énergétique le plus équilibré et le plus adapté au contexte énergétique et économique local. Il modélise la situation énergétique en 2030 et 2050 sur la base d'une politique énergétique ambitieuse où la couverture des besoins de chaleur par le mazout est réduite à néant d'ici 2030. La stratégie est intimement liée avec la typologie des besoins de chaque secteur énergétique et est économiquement plus réaliste. La couverture des besoins de chaleur priorise le recours au bois énergie sous toutes ses formes (CAD + Pellet) et permet de tenir compte de l'amortissement des réseaux existants. La couverture des besoins par la géothermie (CAD + individuelle) et l'aérothermie représente toutefois une part substantielle des besoins.

Au niveau de la mobilité, la modélisation tient compte d'une forte amélioration de l'efficacité énergétique puisque, en plus des avancées technologiques futures prévues dans le Scénario n°1, on considère que les voitures électriques représenteront 10% du parc de véhicules d'ici 2035. De plus, des mesures ambitieuses sont entreprises pour limiter le nombre de kilomètres parcourus dans la commune (développement de la mobilité douce et du covoiturage).

L'offre électrique de 2013 (80% du courant consommé fournit par les SID sur la base d'une électricité verte est complétée par la production d'électricité verte à l'aide d'éolien, photovoltaïque, hydraulique et biomasse couplée à 10% d'économies effectuées sur la consommation électrique hors PAC.

### 3.6 CHOIX DU MEILLEUR SCENARIO

Les avantages et inconvénients des 4 scénarii sont présentés dans le Tableau 1.

Scénario	Avantages	Inconvénients	Scénario retenu
Scénario 1 – Minimum	<p>Aucune planification</p> <p>Aucun investissement immédiat</p> <p>Bonne acceptation des faibles mesures</p> <p>Possibilité d'investir plus tard dans une technologie future révolutionnaire</p> <p>Remboursement du réseau gaz en 2031</p>	<p>Forte dépendance politique vis-à-vis des producteurs d'énergies fossiles</p> <p>Risque élevé de pénurie énergétique</p> <p>Faible autarcie énergétique</p> <p>Impacts économiques imprévisibles sur la facture énergétique des ménages</p> <p>Non-respect des stratégies cantonale et fédérale</p> <p>Impact sur le climat à court terme</p>	Non
Scénario 2 – Maximum	<p>Réduction extrême des besoins</p> <p>Réduction extrême des GES</p> <p>Autonomie énergétique maximale</p> <p>Liberté politique totale vis-à-vis des producteurs d'énergies fossiles</p> <p>Coûts économiques prévisibles</p>	<p>Faisabilité technique impossible d'ici 2030</p> <p>Investissements massifs et immédiats</p> <p>Montant résiduel à rembourser pour le réseau gaz de CHF 3.7 Mios</p> <p>Travaux de très grande envergure</p> <p>Politiquement extrême donc très difficile</p>	Non
Scénario 3 – Renouvelable local	<p>Forte réduction des besoins</p> <p>Réduction des GES suffisante</p> <p>Pleine exploitation des ressources renouvelables locales</p> <p>Coûts économiques prévisibles</p> <p>Remboursement du réseau gaz en 2024</p>	<p>Forte dépendance politique vis-à-vis des producteurs de gaz</p> <p>Impacts économiques imprévisibles sur la facture énergétique des ménages</p> <p>Faisabilité technique exigeante</p> <p>Peu compatible avec le contexte communal</p> <p>Investissements massifs et immédiats</p> <p>Travaux d'envergure</p> <p>Politiquement difficile</p>	Non
Scénario 4 – Compatible	<p>Forte réduction des besoins</p> <p>Forte réduction des GES</p> <p>Compatible avec le contexte communal</p> <p>Politiquement acceptable</p> <p>Bonne faisabilité technique</p> <p>Liberté politique accrue vis-à-vis des producteurs fossiles</p> <p>Investissements supportables</p> <p>Coûts économiques prévisibles</p> <p>Remboursement du réseau gaz en 2024</p>	<p>Nécessité d'investissements immédiats mais concurrentiels</p>	Oui

**Tableau 1** : Avantages et inconvénients des 4 scénarii modélisés par CSD

Parmi les 4 scénarii proposés au stade de la CDE, un seul a été choisi pour conditionner l'approvisionnement énergétique de la Commune de Delémont. Il s'agit du scénario « compatible » qui modélise la situation énergétique en 2030 et 2050 sur la base d'une politique énergétique ambitieuse mais optimale par rapport à la typologie des besoins de chaque secteur énergétique.

Les énergies renouvelables locales sont utilisées de manière raisonnable sur le plan économique. La couverture des besoins de chaleur priorise le recours aux solutions individuelles, dont notamment le bois-énergie et permet de tenir compte de l'amortissement des réseaux existants avant de réinvestir dans de nouveaux CAD à l'horizon 2030.

A court terme, la consommation de mazout doit être fortement réduite et les énergies renouvelables largement développées. Le réseau de gaz doit être densifié (mais pas étendu) pour substituer rapidement le mazout et réduire

d'autant les émissions de gaz à effet de serre. Lorsque la dette du gaz aura été remboursée<sup>3</sup>, le passage à un réseau de chaleur à distance pourra être entrepris.

Ce scénario articule plusieurs lignes directrices s'agissant du développement des énergies renouvelables et d'efficacité énergétiques :

- Réaliser des économies d'énergie prioritairement sur le parc construit existant, par un effort de rénovation significatif (enveloppe thermique, production de chaleur et optimisation de la distribution de chaleur) ;
- Encourager une couverture partielle des besoins de chaleur par des panneaux solaires thermiques ;
- Développer à moyen terme, en collaboration avec la Bourgeoisie, un chauffage à distance à bois déchiqueté afin de desservir une partie de la Commune ;
- Exploiter, pour une partie de la Commune, les potentiels de géothermie de faible profondeur et de géothermie profonde ;
- Valoriser énergétiquement l'eau des nappes phréatiques ;
- Recourir au chauffage individuel renouvelable (bois, solaire, pompes à chaleur (PAC))
- Assurer une fourniture d'électricité renouvelable représentant plus de 80% des besoins, dont une part maximale par une production indigène (photovoltaïque, hydroélectrique, éolien, biomasse) couplée à des économies substantielles sur la consommation électrique ;
- Exploiter le potentiel photovoltaïque en réalisant les 20 projets identifiés par les SID ;
- Assainir la totalité de l'éclairage public en remplaçant les ampoules à décharge existantes par des ampoules à LED ;
- En termes de mobilité, favoriser l'achat de véhicules électriques, hybrides et au gaz, tout en encourageant le recours à la mobilité douce et le recours aux déplacements en transports publics.

Les bilans énergétiques et émissifs et l'évolution de l'offre en matière de chaleur et d'électricité d'après le Scénario n°4 sont illustrés par les Figures 5 et 7 ci-après.

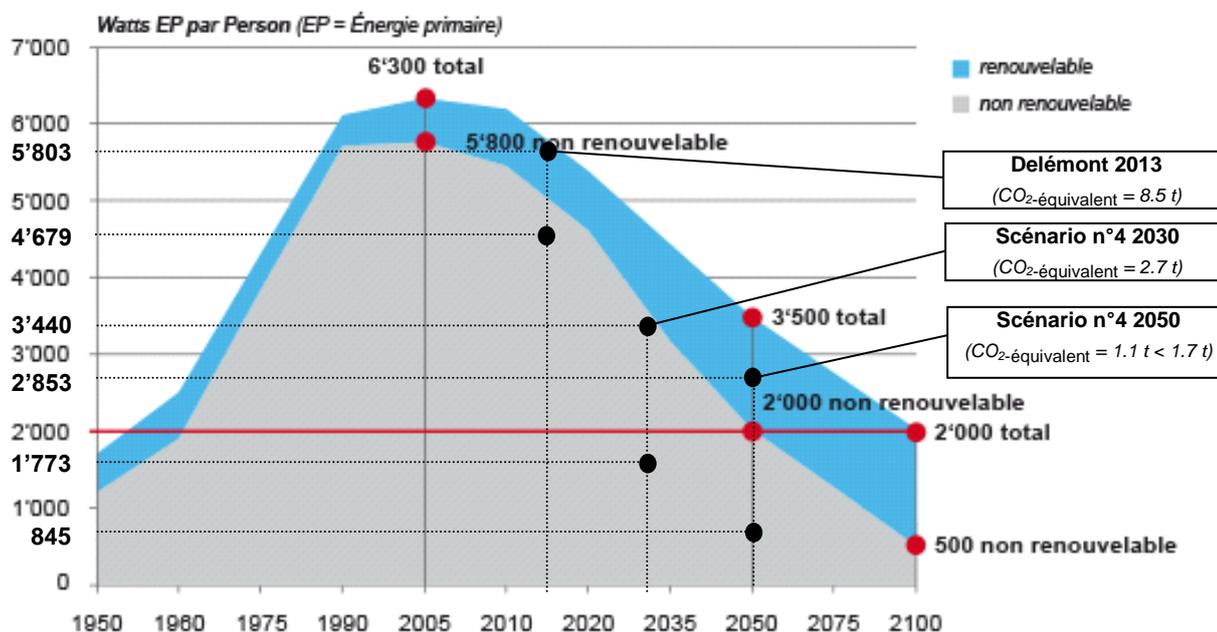


Figure 5 : Bilans énergétiques et émissifs du Scénario n°4 en 2030 et 2050

<sup>3</sup> La dette du gaz s'entend comme la différence entre les pertes cumulées et les bénéfiques cumulés. La dette cumulée sur la période 1991 - 2014 se monte à CHF 7'500'000. Les remboursements des dernières années ont permis de ramener cette dette à un montant résiduel d'environ CHF 6'500'000.- en fin 2014.

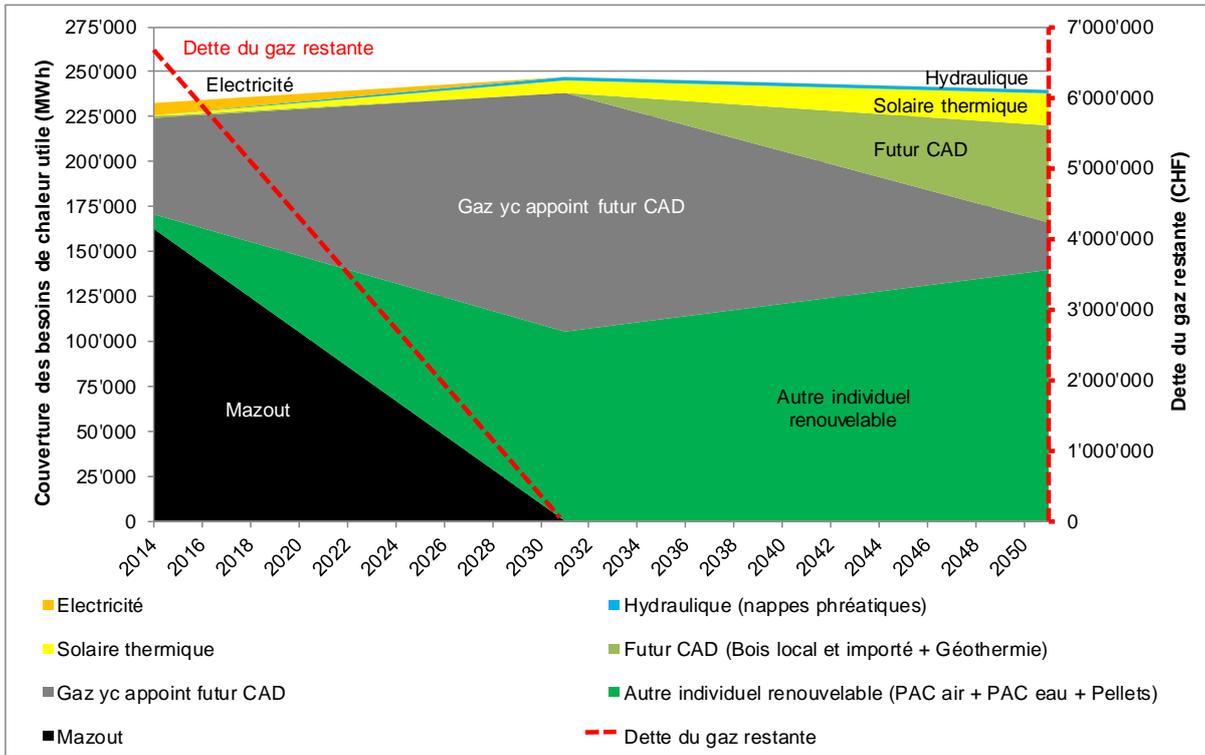


Figure 6 : Stratégie énergétique du Scénario n°4 pour la chaleur

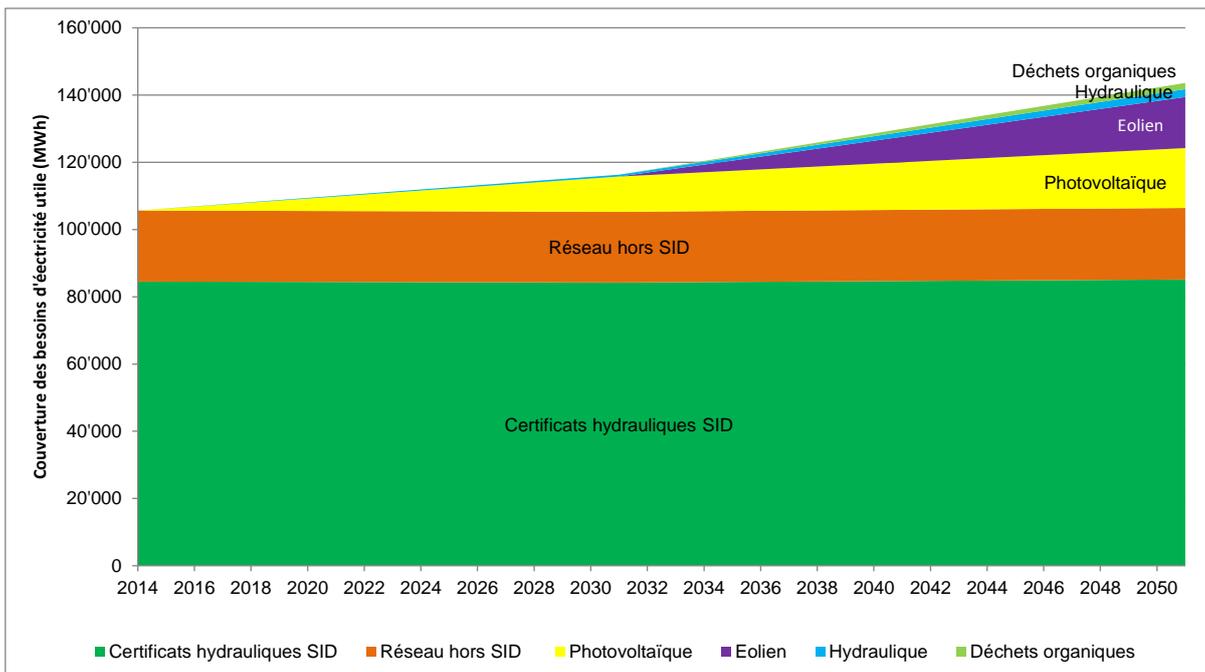


Figure 7 : Stratégie énergétique du Scénario n°4 pour l'électricité

## 4. DETAIL DES LIGNES DIRECTRICES DU SCENARIO COMPATIBLE

### 4.1 EFFICACITE ENERGETIQUE ET ECONOMIES D'ENERGIE

Comme nous l'avons vu au §1.2, la chaleur représente les deux tiers des besoins énergétiques de la Commune. C'est donc sur ce poste que les efforts d'économies d'énergie doivent être concentrés en première priorité, sans toutefois négliger l'encouragement de la sobriété électrique qui pourrait faire baisser de 10% la consommation électrique hors PAC.

La législation actuelle exige de bonnes performances thermiques pour les bâtiments neufs afin que les dépenses de chauffage et d'ECS des futures constructions soient réduites au minimum. Toutefois, les constructions neuves représentent une part très faible du parc existant dans sa globalité, de l'ordre de 1%.

Les plus grandes économies d'énergie à réaliser pour diminuer les besoins sont donc à faire sur le parc construit existant qui est très énergivore. Dans les cas les plus favorables, les consommations peuvent être réduites d'un facteur 9 ! Les économies d'énergie passent donc essentiellement par un effort de rénovation significatif dans la rénovation des bâtiments, et notamment les plus énergivores d'entre eux.

Le taux de rénovation annuelle de 1% pris en compte dans le Scénario 4 équivaut à la rénovation de 25 bâtiments et induira une économie globale de 10% des besoins de chaleur utile à l'horizon 2050, en prenant en compte l'augmentation du parc de bâtiment, par rapport à une situation avec 0.5% de rénovation annuelle. Ce chiffre pourrait être plus efficace si l'on raisonnait en termes de nombre de bâtiments à rénover chaque année.

L'efficacité énergétique dépend de la technologie et de l'agent énergétique utilisés pour couvrir chacun des besoins. Chaque combinaison d'agent énergétique et de technologie possède un rendement qui lui est propre. Ce rendement définit alors l'écart entre l'énergie qui devra être fournie par l'émetteur final (par exemple un radiateur ou un chauffage de sol) celle que devra produire le producteur de chaleur (par exemple la chaudière à mazout). En attendant le renouvellement des moyens actuels de production par d'autres moyens plus efficaces, l'optimisation des installations existantes de production de chaleur permettrait de réduire de 5 à 20% les besoins en énergie finale à besoins utiles constants, grâce à l'optimisation des paramètres de fonctionnement, au remplacement ponctuel d'éléments surdimensionnés ou non efficaces, et au réglage de la distribution de chauffage.

Accroître l'efficacité énergétique et les économies d'énergie induit pour l'essentiel trois avantages :

- (i) l'augmentation de l'efficacité économique ;
- (ii) la diminution de la pénurie énergétique et ;
- (iii) la réduction des émissions de gaz à effet de serre liées à la consommation d'énergie.

Seule la réduction de la consommation engendrée par une meilleure efficacité énergétique permet d'envisager de manière réaliste de couvrir une part substantielle des besoins de Delémont grâce aux énergies renouvelables.

Pour conclure, nous pouvons noter que le potentiel de gisement de l'efficacité énergétique et des économies d'énergie sera maximal si on parvient à encourager les deux actions de façon concomitante. Des actions ambitieuses encourageant les particuliers à engager des « bouquets de travaux » (typiquement, le changement de fenêtres à simple vitrage et de la chaudière à mazout vieillissante) devraient à elles seules permettre de réaliser des économies substantielles d'énergie grâce à l'amélioration de l'enveloppe thermique des bâtiments et à la diminution des pertes relatives au système de production de chaleur.

### 4.2 DEVELOPPEMENT DES ENERGIES RENOUVELABLES

Les pistes évoquées ci-après tiennent compte des caractéristiques des 10 secteurs énergétiques de la Commune : besoins énergétiques, disponibilités des gisements renouvelables, présence du réseau gaz, protection du patrimoine, protection des eaux et type de bâtiments. Les aspects économiques et sociaux sont également intégrés dans la réflexion.

La transition énergétique dans le domaine de la chaleur nécessite une planification minutieuse des actions pour tenir compte de l'amortissement des réseaux existants et du remboursement de la dette résiduelle du gaz.

Moyennant des investissements supportables dans les modes de production renouvelables, il serait possible de réduire la part des énergies fossiles dans la couverture des besoins de chaleur de 90% à 11% à l'horizon 2050. La consommation de mazout serait presque nulle et la consommation de gaz représenterait environ la moitié de la consommation de 2013.

#### 4.2.1 BOIS

*D'ici 2050, le recours au chauffage individuel aux granulés de bois pourrait fournir environ :*

- 5-8% des besoins de chaleur des secteurs 4 et 5 ;
- 25% des besoins de chaleur des secteurs 6 et 10 ;
- 35-40% des besoins de chaleur des secteurs 3, 7 et 8 ;
- Plus de 50% des besoins de chaleur du secteur 2 ;
- 70% des besoins de chaleur du secteur 1 ;
- Plus de 75% des besoins de chaleur du secteur 9.

#### 4.2.2 CAD GEOTHERMIE

*D'ici 2050, environ 40% des besoins de chaleur de la zone 6 pourrait être couverte par la géothermie reliée au futur CAD. Deux potentiels sont exploitables :*

- La géothermie de faible profondeur, au moyen de champs de sondes géothermique verticales disposées dans le secteur des Prés-Roses - Prés Mochel ;
- A l'image du projet pilote de géothermie profonde pétrothermale de Haute-Sorne, ce type de gisement pourrait être exploité à proximité de Delémont (cf. fiche 5.07.1 du plan directeur cantonal) pour produire de l'électricité et/ou de la chaleur (couverture des besoins non définie à ce stade). Actuellement, un raccordement au projet-pilote de la Haute Sorne n'est pas à exclure. Cela dépendra notamment de la quantité d'énergie exploitable.

#### 4.2.3 AEROTHERMIE

*D'ici 2050, le recours au chauffage individuel par PAC aérothermiques pourraient fournir environ :*

- 1-4% des besoins de chaleur des secteurs 4, 5, 6 et 9 ;
- 10% des besoins de chaleur du secteur 7 ;
- 15% des besoins de chaleur du secteur 1 ;
- 25% des besoins de chaleur du secteur 10 ;
- 35% des besoins de chaleur des secteurs 3 et 8.

#### 4.2.4 GEOTHERMIE INDIVIDUELLE

*D'ici 2050, le recours au chauffage individuel par PAC géothermiques pourrait fournir environ :*

- 15% des besoins de chaleur des secteurs 3 et 8 ;
- 25% des besoins de chaleur du secteur 2 ;
- 40% des besoins de chaleur des secteurs 4 et 10 ;
- 70% des besoins de chaleur du secteur 5.

#### 4.2.5 CAD BOIS

*D'ici 2050, le développement d'un chauffage à distance (CAD) à bois déchiqueté permettrait de desservir les zones 6, 7 et 9 et de couvrir environ :*

- 8% des besoins de chaleur du secteur 9 ;
- 15% des besoins de chaleur du secteur 6 ;
- 25% des besoins de chaleur du secteur 7.

*Les dimensions de ce CAD seraient analogues à celles de celui de Porrentruy.*

#### 4.2.6 SOLAIRE THERMIQUE

*D'ici 2050, une couverture partielle des besoins de chaleur par des panneaux solaires thermiques est possible et souhaitable. A l'exception des secteurs 5 et 6 et d'environ 1/3 du secteur 9 (protection du patrimoine), l'ensemble des secteurs pourraient être concernés par les conditions cadres définies ci-dessous :*

- *3/4 des besoins en eau chaude sanitaire et 1/5ème des besoins de chauffage des bâtiments neufs et rénovés ;*
- *2/3 des besoins en eau chaude sanitaire des bâtiments existants.*

#### 4.2.7 NAPPES PHREATIQUES

*D'ici 2050, la valorisation de l'eau des nappes phréatiques pourrait fournir un bon tiers des besoins de chaleur du secteur 4.*

#### 4.2.8 FOURNITURE D'ELECTRICITE

*Les besoins électriques étant très supérieurs aux ressources, l'achat de certificats hydrauliques est essentiel et devra être maintenu dans le futur pour fournir la majeure partie de l'électricité vendue par le réseau des SID.*

*Il existe un potentiel d'amélioration concernant la consommation d'électricité fournie par les réseaux hors SID pour les quelques grands consommateurs, qui représente 20% de la consommation d'électricité de la Ville.*

*De plus, il existe un potentiel d'électricité éolienne qui pourrait représenter au minimum 10% de la consommation d'électricité en 2050. Le cas échéant, une telle installation pourra être implantée au Nord-Ouest du territoire de la Commune. Le développement du potentiel éolien pourra être développé en fonction des échéances du Plan sectoriel de l'énergie éolienne, selon la volonté du Canton et de la Commune.*

*D'ici 2050, il serait également possible de couvrir 2% de la consommation électrique par le développement de centrales photovoltaïques sur les 20 sites les plus prometteurs (et jusqu'à 12% en utilisant la totalité du potentiel photovoltaïque grâce à l'action des auto-consommateurs). L'analyse GEDELVOLTA permettra de définir quelles installations peuvent être encouragées.*

*La production d'électricité hydraulique et celle issue de la valorisation des déchets pourraient couvrir respectivement 2% et 1% de la consommation totale d'électricité d'ici 2050.*

*A l'image du projet pilote de géothermie profonde pétrothermale de Haute-Sorne, ce type de gisement pourrait être exploité à proximité de Delémont (cf. fiche 5.07.1 du plan directeur cantonal) pour produire de l'électricité et/ou de la chaleur (couverture des besoins non définie à ce stade). Actuellement, un raccordement au projet-pilote de la Haute Sorne n'est pas à exclure. Cela dépendra notamment de la quantité d'énergie exploitable.*

*Enfin, une politique ambitieuse relative aux économies d'énergie devra faire baisser de façon substantielle la consommation électrique hors PAC.*

#### 4.2.9 MOBILITE

*Diverses actions pourront être mises en place afin de favoriser l'achat de véhicules électriques, hybrides et au gaz. Les véhicules électriques devront ainsi représenter 10% du parc d'ici 2030.*

*De la même manière, toutes les actions susceptibles d'augmenter le taux d'occupation des véhicules seraient les bienvenues, comme le recours au covoiturage. Enfin, encourager le recours à la mobilité douce via des aménagements adaptés et des incitations à acquérir des vélos (y compris électriques) aura également un impact favorable dans le bilan énergétique et émissif de la Commune.*

## 5. CONCLUSION

*Forte de ses expériences et réalisations en matière d'efficacité énergétique, d'économie d'énergie et de production d'énergie renouvelable, couronnée par le label Cité de l'Energie eea®GOLD, Delémont, dans le cadre de la révision de son plan directeur de l'énergie datant de 2004, entend coordonner sa planification énergétique territoriale pour s'engager sur la voie de la société à 2000 Watts.*

*Pour atteindre ce but ambitieux, et après analyse de plusieurs variantes, la Commune a retenu le scénario 4 « Compatible ». Celui-ci répond aux critères de développement durable et tient compte des investissements dans les réseaux actuels, dont principalement le remboursement de la dette actuelle du service du gaz. Les solutions préconisées sont à considérer comme objectifs minimum pour atteindre les buts fixés par la stratégie énergétique fédérale 2050. Toute initiative individuelle, en matière de chaleur notamment, sera saluée par les autorités.*

*La solution compatible priorise les économies d'énergie (chaleur et électricité), l'efficacité énergétique ainsi que le développement des énergies renouvelables indigènes. Elle offre également une certaine flexibilité en cas d'évolution des technologies par exemple.*

*Une planification aussi ambitieuse à l'horizon 2050 nécessite impérativement des marges de manœuvres pour s'adapter constamment aux évolutions des conditions cadres.*

# RAPPORT TECHNIQUE DE LA CONCEPTION DIRECTRICE DE L'ENERGIE

## 1. CONTEXTE

### 1.1 STRATEGIES ENERGETIQUES FEDERALES, CANTONALES ET COMMUNALES

Afin de garantir la sécurité de l'approvisionnement énergétique à long terme, le Conseil fédéral a adopté la stratégie énergétique 2050 qui constitue la nouvelle base de sa politique.

Parallèlement à la sortie progressive du nucléaire, il est nécessaire de développer la force hydraulique et les nouvelles énergies renouvelables tout en améliorant l'efficacité énergétique des bâtiments, des appareils et des transports. Les difficultés d'approvisionnement pourraient au besoin être surmontées par la production d'électricité à base de combustible fossile et par les importations.

En septembre 2012, le Conseil fédéral a mis en consultation un premier paquet de mesures pour la transformation progressive de l'approvisionnement énergétique suisse. Il veut ainsi diminuer la consommation individuelle d'énergie et d'électricité, réduire la part des énergies fossiles et remplacer la production d'électricité nucléaire par des gains d'efficacité et le développement des énergies renouvelables. Des procédures simplifiées plus rapides, la modernisation et le développement des réseaux électriques y contribueront. La mise en œuvre de ces mesures requiert une révision totale de la loi sur l'énergie et d'autres adaptations légales. Un message relatif au premier paquet de mesures a été adopté par le Conseil fédéral et transmis au Parlement le 4 septembre 2013.

Le canton du Jura entend participer pleinement à ce changement de paradigme, en prenant ses responsabilités dans le domaine de l'énergie notamment. Actuellement en consultation (mars 2015), la Conception cantonale de l'énergie (CCE) et le plan de mesures 2015-2021 qui lui est associé fixent les objectifs cantonaux ; à savoir atteindre les valeurs d'une société à 3'500 W en 2035. A l'échelle du canton, cela se traduit par :

- Economiser 140 GWh<sub>él</sub>/an et 270 GWh<sub>th</sub>/an, soit une diminution de 30% de la consommation.
- Augmenter la production indigène de 340 GWh<sub>él</sub>/an et de 320 GWh<sub>th</sub>/an
- Atteindre une autonomie énergétique de 65% pour l'électricité et de 60% pour la chaleur.

La révision de la Loi sur l'énergie (LEN), publiée récemment par le Gouvernement, accompagne également cette démarche en adaptant la législation aux défis à relever.

Dans ce contexte, la Commune de Delémont, en tant que Cité de l'énergie *eea@GOLD*, souhaite mettre sa stratégie énergétique en adéquation avec les objectifs fédéraux et cantonaux en la matière (stratégies énergétiques 2035 et 2050). Pour ce faire, la planification énergétique territoriale (PET) actuellement en vigueur, qui date de 2004, doit être révisée et mise en cohérence avec les attentes actuelles en la matière, dans le cadre d'une PET coordonnée avec le Plan d'Aménagement Local (PAL) qui a pour horizon l'année 2030.

### 1.2 CONCEPT

La planification énergétique territoriale est un outil permettant de coordonner développement urbain et approvisionnement énergétique au niveau communal. Elle a pour but d'optimiser et d'assurer, à long terme, l'approvisionnement énergétique d'une commune.

Le fait d'associer développement urbain et offre énergétique potentielle présente de multiples intérêts : cela permet d'optimiser les investissements dans les infrastructures d'approvisionnement et de réduire la consommation d'énergie fossile sur le territoire. La PET permet par ailleurs de définir le développement souhaité d'une commune en se basant sur la localisation des ressources disponibles, qui ne peuvent généralement être utilisées qu'à l'endroit d'où elles émanent. Les différents concepts d'approvisionnement articulés dans la PET doivent être traduits en instruments de planification qui, le cas échéant, peuvent devenir contraignants pour les propriétaires. Enfin, des mesures d'aménagement et de construction favorables aux économies (forme et orientation des bâtiments, contiguïté, standards pour la rénovation et les nouvelles constructions, etc.) doivent être définies.

Dans le cas de Delémont, la stratégie énergétique comprend deux documents : la Conception directrice de l'énergie (CDE), qui est l'objet de ce document, et le Plan directeur de l'énergie (PDE).

### 1.3 OBJECTIFS DE LA CONCEPTION DIRECTRICE DE L'ENERGIE

De façon générale, la CDE permet d'ancrer politiquement l'engagement de la collectivité sur la voie de la Société à 2'000 Watts, qui vise d'une part à diviser les besoins énergétiques annuels par trois d'ici à 2100 par rapport à ceux de 2005, et d'autre part à garantir que 75% des besoins soient assurés grâce à des énergies renouvelables (solaire, géothermie, éolien, bois, biomasse).

Pour ce faire, la CDE dresse le bilan énergétique de la Ville de Delémont, identifiant les besoins de même que les ressources disponibles et leur localisation. C'est également à ce stade que des scénarii d'approvisionnement sont articulés aux horizons 2030 et 2050, permettant d'orienter les choix à venir en termes d'approvisionnement énergétique.

Notons à ce titre que les résultats fournis à l'horizon 2030 (horizon communal) restent valables pour l'horizon 2035 (horizon intermédiaire cantonal et fédéral) car ils se situent dans la fourchette d'incertitude de l'étude.

## 1.4 OBJECTIFS DU PLAN DIRECTEUR DES ENERGIES

Le PDE se place dans la continuité de la CDE. Il ira plus loin, en proposant notamment des mesures spatialisées, afin d'atteindre les objectifs poursuivis.

Plus précisément et selon le contenu déjà très détaillé de la CDE, les objectifs du PDE sont les suivants :

- De structurer le territoire communal en zones permettant le développement d'infrastructures de réseau et de préconiser l'utilisation d'un type d'agent énergétique prioritaire ;
- D'identifier la structuration énergétique de la Commune (part de la consommation due aux ménages, industrie et transports) ;
- D'établir un plan d'action sous la forme de 2-3 projets phares comportant, pour chaque projet, une analyse succincte de la rentabilité financière attendue, l'impact de chaque projet en termes d'économies d'énergie et de bilan carbone ainsi qu'une priorisation des mesures et projets permettant la mise en œuvre de la CDE ;
- De faciliter le suivi des indicateurs-clés grâce à une description de la méthodologie utilisée.

## 1.5 PERIMETRE D'ETUDE CONSIDERE

Le périmètre d'étude considéré est la Commune de Delémont. Pour les besoins de l'étude, une sectorisation énergétique de la Commune a été établie selon plusieurs critères (Figure 1) : importance et typologie des besoins énergétiques, disponibilités des gisements renouvelables, présence du réseau gaz, protection du patrimoine, protection des eaux et type de bâtiments. Dix secteurs ont ainsi été définis. Les surfaces des 10 secteurs sont données dans le Tableau 2.

Secteur énergétique	Surface (en ha)	Remarques
1	14	Habitat résidentiel
2	77	Zone industrielle et commerciale
3	40	Habitat résidentiel
4	70	Zone industrielle et commerciale
5	63	Habitat résidentiel
6	63	Centre historique avec protection du patrimoine
7	35	Habitat résidentiel
8	68	Habitat résidentiel
9	45	Centre historique (1/3 de la surface) avec protection du patrimoine + Habitat résidentiel (2/3 de la surface)
10	60	Habitat résidentiel

**Tableau 2** : Caractéristiques des secteurs énergétiques de Delémont établis par CSD INGENIEURS, Août 2014

## 2. METHODOLOGIE APPLIQUEE

La méthodologie détaillée relative aux calculs des besoins utiles, finaux et primaires est fournie en Annexe A.

### 3.INDICATEURS-CLES

#### 3.1 CHOIX DES INDICATEURS

Les choix des indicateurs doivent permettre de vérifier que les conditions de la Société à 2'000 Watts sont remplies pour chacun des horizons de temps. Ainsi 3 indicateurs ont été choisis :

- Le bilan énergétique primaire total par personne et par an (W/habitant/an) ;
- Le bilan énergétique primaire d'origine renouvelable par habitant et par an (W/habitant/an) ;
- Le bilan émissif par habitant et par an (tonnes de CO<sub>2</sub>-équivalent/habitant/an).

Ces indicateurs sont calculés grâce aux formules suivantes :

- (1) *Bilan primaire total [W/habitant/an] = Besoins en énergie primaire [MWh/an]/(Nombre d'heures par an x Nombre d'habitants prévus par la Commune à l'horizon concerné)*
- (2) *Bilan primaire renouvelable [W/habitant/an] = Part d'énergie primaire renouvelable [MWh/an]/(Nombre d'heures par an x Nombre d'habitants prévus par la Commune à l'horizon concerné) [habitants]*
- (3) *Bilan émissif [tonnes de CO<sub>2</sub>-équivalent /habitant/an] = Emissions gaz à effet de serre [tonnes de CO<sub>2</sub>-équivalent /an]/(Nombre d'habitants prévus par la Commune à l'horizon concerné) [habitants]*

Ces indicateurs sont basés sur les données démographiques communales et qui sont spécifiées dans le Tableau 3. Ces projections étant ambitieuses, les calculs des indicateurs et des besoins futurs seront à mettre à jour si l'évolution de la population n'est pas conforme à l'accroissement attendu.

Nombre d'habitants en 2013	Nombre d'habitants en 2030	Nombre d'habitants en 2050
12'017	15'000	18'500

**Tableau 3 :** Données démographiques spécifiées par la Commune

#### 3.2 BILAN ENERGETIQUE PRIMAIRE TOTAL

Le bilan énergétique primaire total par personne et par an représente la quantité de puissance nécessaire à fournir de manière continue pour assurer l'ensemble des besoins humains (se loger, travailler et se déplacer).

#### 3.3 BILAN ENERGETIQUE PRIMAIRE RENOUVELABLE

Le bilan énergétique primaire renouvelable par personne et par an représente la quantité de puissance qui peut être fournie par les énergies renouvelables de manière continue pour assurer les besoins humains.

Dans l'ensemble de l'étude, les agents énergétiques considérés comme renouvelables sont les suivants :

- Pour la chaleur : PAC air et eau, bois, solaire thermique et chauffage électrique ;
- Pour le froid : PAC air et eau ;
- Pour l'électricité : consommation électrique SID (électricité certifiée hydraulique) ;
- Pour la mobilité : véhicules électriques.

#### 3.4 BILAN CARBONE

Le bilan carbone par personne et par an représente la quantité d'émissions de gaz à effet de serre produites pour assurer les besoins humains.

### 4. BESOINS ENERGETIQUES ET EMISSIONS DE GES EN 2013

#### 4.1 DEFINITION DE LA SOCIETE A 2000 Watts

La méthodologie de calcul suivie pour l'établissement des bilans énergétiques est celle élaborée dans le cadre du document édité par l'OFEN, SuisseEnergie, la Ville de Zürich et la SIA : « Société à 2'000 Watts – Concept pour l'établissement d'un bilan » daté de Mars 2012.

La société à 2'000 Watts se base sur une utilisation durable des ressources et des agents énergétiques ainsi que sur leur répartition équitable au niveau global. Pour la Suisse, la consommation d'énergie de ses habitants doit diminuer pour atteindre un besoin d'énergie primaire moyen de 2'000 Watts et une émission de 1 tonne de CO<sub>2</sub>-équivalent par personne et par an d'ici à 2100.

La consommation d'énergie finale convertie en énergie primaire et en émissions de gaz à effet de serre causée par les habitants de Delémont sert de référence pour le bilan.

Les 2000 Watts comprennent les composantes suivantes :

- L'énergie nécessaire à la production de chaleur ;
- L'énergie nécessaire à la production de froid ;
- L'énergie nécessaire à la production d'électricité ;
- L'énergie nécessaire à la mobilité ;
- L'énergie grise nécessaire à la production des biens et des services.

Etant donné qu'il n'existe pas de méthodologie fiable pour calculer la part de l'énergie grise, la Société à 2'000 Watts requiert alors des valeurs-cibles plus strictes pour l'énergie primaire.

Ainsi, la prise en compte de l'énergie grise nécessite de considérer les valeurs-cibles abaissées du §4.5 (Tableau 5), soit un bilan énergétique de 3'200 W et des émissions de 1.7 tonnes en 2050 et 1'500 W et 0.7 tonnes en 2100.

## 4.2 BESOINS POUR LES LOGEMENTS, ACTIVITES ET MOBILITE

Les habitants de Delémont requièrent environ 611'000 MWh d'énergie primaire chaque année pour se loger, travailler (activités commerciales, artisanales et industrielles) et se déplacer. Cette consommation correspond à une puissance continue de 5'800 W par habitant et par an. Environ 20% de ces besoins sont assurés par des énergies renouvelables (électricité certifiée, pompes à chaleur, bois et énergie solaire).

Les besoins se répartissent à 65% pour le chauffage des logements, 27% pour l'électricité des logements et des activités (industries et éclairage publics notamment) et 8% par la mobilité (carburants). La production de froid (froid industriel) est négligeable dans les besoins totaux (0.1%).

La production de chaleur, responsable de deux tiers des besoins totaux, est assurée à 73% par le mazout et à 21% par le gaz. Le solde se répartit, par ordre d'importance, sur les chauffages électriques, les pompes à chaleur et le bois. L'énergie solaire est négligeable dans la couverture des besoins de chaleur.

Notons que les besoins énergétiques primaires liés à la mobilité sont ici sous-estimés de par la méthode employée : la moyenne suisse par habitant applicable pour Delémont<sup>4</sup> est 2.7 fois plus élevée que la moyenne calculée par Delémontain (celle-ci atteindrait 1'300 W par personne et par an et représenterait alors 20% des besoins totaux, contre 485W et 8% dans notre méthode).

## 4.3 EMISSIONS DE GES POUR LES LOGEMENTS, ACTIVITES ET MOBILITE

Les habitants de Delémont émettent environ 102'500 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> par an dans l'atmosphère, ce qui correspond à un bilan de 8.5 tonnes par habitant et par an.

Les besoins de chaleur sont responsables de 86% des émissions de CO<sub>2</sub>-équivalent. La mobilité est responsable de 10% des émissions. Enfin, la consommation d'électricité est responsable de 4% des émissions (l'action des SID permet que 80% du courant consommé à Delémont soit d'origine renouvelable).

Notons que les émissions liées à la mobilité sont ici sous-estimées de par la méthode employée : la moyenne suisse par habitant applicable pour Delémont<sup>2</sup> est 3.2 fois plus élevée que la moyenne calculée par Delémontain ; celle-ci atteint 2.6 tonnes par personne et par an et représenterait alors 25% des émissions totales, contre 0.8 tonne et 10% dans notre méthode. La méthode utilisée est cependant pertinente puisqu'elle ne tient compte que des émissions que la Commune est en mesure d'influencer par ses décisions.

---

<sup>4</sup> Bilans mobilité pour une commune centre d'agglomération, yc transport aérien et ferroviaire longue distance : Energie primaire 900 W/personne/an ; Emissions CO<sub>2</sub> = 1.93 t CO<sub>2</sub>-équivalent /personne/an

#### 4.4 BILANS DES BESOINS ET EMISSIONS EN 2013

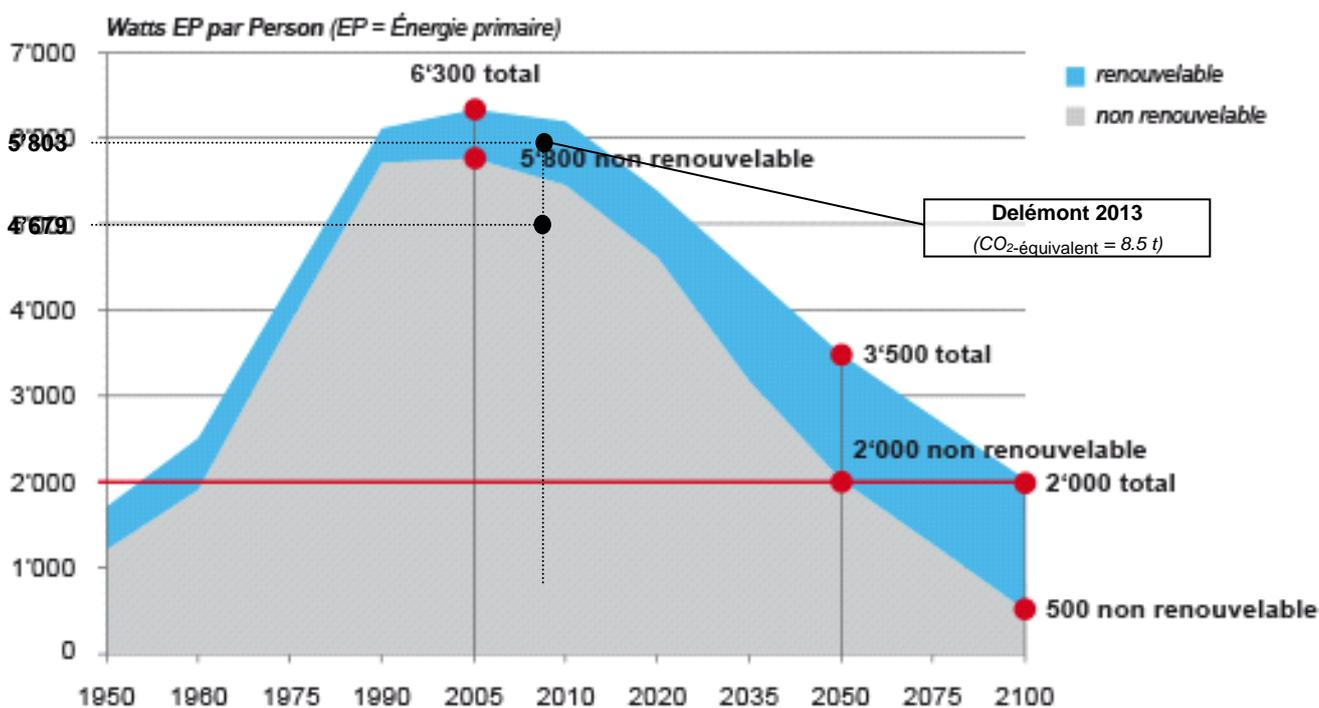
Les bilans des besoins énergétiques primaires et des émissions de gaz à effet de serre en 2013 sont résumés dans le Tableau 4.

Type de besoin	Type d'énergie	EP (MWh)	Dont ER (MWh)	GES (t CO <sub>2</sub> -équivalent)	Bilan énergie (W/personne/an)	dont ER (W/personne/an)	Bilan GES (t CO <sub>2</sub> -équivalent /personne/an)
Logements Activités	Chaleur	559'862	118'322	92'550	5'318	1'124	7.7
	Froid						
	Electricité						
Mobilité	Mobilité fossile	51'016	14	9'805	485	<1	0.8
	Mobilité électrique						
<b>Bilan final</b>					<b>5'803</b>	<b>1'124</b>	<b>8.5</b>

**Tableau 4** : Bilans énergétiques et émissifs en 2013 (EP = Energie Primaire, ER = Energie renouvelable, GES = Emission de Gaz à Effet de Serre)

#### 4.5 OBJECTIFS A ATTEINDRE

Le scénario retenu pour assurer la transition énergétique de la Commune devra respecter les objectifs 2050 de la Société à 2'000 Watts pour l'ensemble des besoins tels que décrits dans la Figure 8. La situation actuelle de la Commune y est également illustrée.



**Figure 8** : Objectifs énergétiques et émissifs en 2050

Idéalement, il est toutefois préférable de respecter des valeurs-cibles plus strictes si l'on prend en compte l'énergie grise nécessaire à produire les biens et services que nous utilisons. Ces valeurs-cibles sont décrites dans le Tableau 5.

Année	2005	2050	2100
Puissance annuelle moyenne de l'énergie primaire globale [W/personne.an <sup>-1</sup> ]	6'300	3'200	1'500
Puissance moyenne de l'énergie primaire non renouvelable [W/personne.an <sup>-1</sup> ]	5'800	1'900	410
Puissance moyenne de l'énergie primaire renouvelable [W/personne.an <sup>-1</sup> ]	500	1'300	1'090
Emissions de GES par année [t eq-CO <sub>2</sub> /personne.an <sup>-1</sup> ]	8.6	1.7	0.7

**Tableau 5 :** Valeurs cibles de l'énergie primaire à atteindre pour respecter les valeurs cibles de la consommation d'énergie totale

## 5. POTENTIELS DES GISEMENTS D'ENERGIE EN 2050

### 5.1 GENERALITES

Les gisements d'énergies, notamment renouvelables situés sur le territoire communal sont passés en revue et quantifiés. Dans le potentiel théorique, il est admis que le cadre légal actuel restait inchangé, comme par exemple :

- Eolien : protection de l'environnement et du paysage ;
- Géothermie, eaux de surface, nappes phréatiques : loi sur la protection des eaux ;
- Solaire : les bâtiments patrimoniaux et les sites protégés le restent ;
- Air : ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB) ;
- Bois : ordonnance sur la protection de l'air (OPair).

Le potentiel technique est réduit par les barrières techniques de valorisation. Souvent, il est identique au potentiel théorique. Il peut être réduit par une non adéquation de solutions techniques aux besoins à couvrir.

Le potentiel rentable constitue la partie économiquement compétitive du potentiel technique. Il s'agit de la fraction réalisable à un coût équivalent ou plus bas que les solutions actuelles. Etant donné qu'une étude économique détaillée de chaque gisement pour chaque application dépasse le cadre du présent mandat, la rentabilité est estimée sur la base de valeurs d'expérience de systèmes réalisés, en intégrant les progrès techniques et commerciaux à venir. Pour les conditions-cadres légales au niveau fédéral, cantonal et communal, il est admis que leurs effets sur le marché restent analogues au niveau actuel.

### 5.2 EFFICACITE ENERGETIQUE ET ECONOMIES D'ENERGIES

Comme nous l'avons vu au §1.2, la chaleur représente les deux tiers des besoins énergétiques de la Commune. C'est donc sur ce poste que les efforts d'économies d'énergie doivent être concentrés en première priorité, sans toutefois négliger l'encouragement de la sobriété électrique qui pourrait faire baisser de 10% la consommation électrique hors PAC.

La législation actuelle exige de bonnes performances thermiques pour les bâtiments neufs afin que les dépenses de chauffage et d'ECS des futures constructions soient réduites au minimum. Toutefois, les constructions neuves représentent une part très faible du parc existant, de l'ordre de 1%.

Les plus grandes économies d'énergie à réaliser pour diminuer les besoins sont donc à faire sur le parc construit existant qui est en moyenne très énergivore (dans les cas les plus favorables, les consommations peuvent être réduites d'un facteur 9 !). Or, le taux de rénovation des bâtiments existants (meilleure isolation des murs et de la toiture, changement des fenêtres, traitement des ponts thermiques, etc.) est d'environ 0.5% (moyenne nationale en 2013). Au rythme de rénovation actuel, il faudrait donc plus de 1'000 ans pour rénover le parc dans sa totalité. Les économies d'énergie passent donc essentiellement par un effort de rénovation significatif dans la rénovation des bâtiments, et notamment les plus énergivores d'entre eux.

Le taux de rénovation annuelle de 1% pris en compte dans le Scénario 4 équivaut à la rénovation de 25 bâtiments et induira une économie globale de 10% des besoins de chaleur utile à l'horizon 2050, en prenant en compte l'augmentation du parc de bâtiment, par rapport à une situation avec 0.5% de rénovation annuelle. Ce chiffre pourrait être plus efficace si l'on raisonnait en termes de nombre de bâtiments à rénover chaque année.

L'efficacité énergétique dépend quant à elle essentiellement de la technologie et de l'agent énergétique utilisés pour couvrir chacun des besoins. En effet, chaque combinaison d'agent énergétique et de technologie possède un rendement qui lui est propre. Ce rendement définit alors l'écart entre l'énergie qui devra être fournie par l'émetteur final (par exemple un radiateur) celle que devra produire le producteur de chaleur (par exemple la chaudière à mazout). Tandis que la chaudière à mazout dépensera 110 kWh de combustible pour produire 100 kWh de chaleur (90% d'efficacité), une simple PAC aérothermique dépensera seulement 33 kWh d'électricité pour produire 100 kWh de chaleur (300% d'efficacité). Ce rendement, appelé COPa ou coefficient de performance annuel moyen, dépend également du mode de fonctionnement du producteur de chaleur, et de son adéquation avec la typologie des besoins. Typiquement, un CAD à bois est conçu pour produire de l'énergie « en ruban » : c'est la raison pour laquelle on le couple généralement à une chaudière à combustible fossile, car, bien qu'elle soit plus polluante, elle possède un rendement adéquat pour couvrir les besoins de chaleur aux heures de pointe. De plus, couvrir l'entier de la puissance de pointe avec des chaudières à bois serait économiquement trop onéreux.

En attendant le renouvellement des actuels moyens de production par d'autres moyens plus efficaces, l'optimisation des installations de production de chaleur existantes permettrait de réduire de 5 à 20% la consommation d'énergie finale à besoins utiles constants, grâce à l'optimisation des paramètres de fonctionnement, au remplacement ponctuel d'éléments surdimensionnés ou non efficaces, et au réglage de la distribution de chaleur. Ce potentiel est pris en compte dans les scénarii énergétiques.<sup>5</sup>

Accroître l'efficacité énergétique et les économies d'énergie induit pour l'essentiel trois avantages :

- (i) l'augmentation de l'efficacité économique ;
- (ii) la diminution du risque de pénurie énergétique ;
- (iii) la réduction des émissions de gaz à effet de serre liées à la consommation d'énergie.

Seule la réduction de la consommation engendrée par une meilleure efficacité énergétique permet d'envisager de manière réaliste de couvrir une part substantielle des besoins de Delémont grâce aux énergies renouvelables.

Pour conclure, nous pouvons noter que le potentiel de gisement de l'efficacité énergétique et des économies d'énergie sera maximal si on parvient à encourager les deux actions de façon concomitante. Des actions ambitieuses encourageant les particuliers à engager des « bouquets de travaux » (typiquement, le changement de fenêtres à simple vitrage et de la chaudière à mazout vieillissante) devraient à elles seules permettre de réaliser des économies substantielles d'énergie grâce à l'amélioration de l'enveloppe thermique des bâtiments et à la diminution des pertes relatives au système de production de chaleur.

Les potentiels d'économies d'énergie sont chiffrés dans le Tableau 6. Il s'agit d'économies globales dues à la rénovation de l'enveloppe thermique des bâtiments existants. Ces économies prennent en compte l'augmentation des besoins dus à l'accroissement du parc de bâtiments, ce qui explique la faible valeur des économies réalisées. De plus, ces économies tiennent compte des investissements importants (notamment de la part de privés) qui seront nécessaires pour l'assainissement des bâtiments énergivores. Il s'agit donc d'un minimum qui permet d'atteindre les objectifs et qui pourra être revu selon l'évolution.

<b>EFFICACITE ENERGETIQUE ET ECONOMIES D'ENERGIES</b>	<b>Potentiels théoriques (2050)</b>	<b>Potentiels techniques (2050)</b>	<b>Potentiels rentables (2050)</b>
Economies de chaleur dues à la rénovation de l'enveloppe des bâtiments	65'000 MWh soit 25% d'économies <sup>6</sup>	50'000 MWh soit 20% d'économies <sup>7</sup>	25'000 MWh soit 10% d'économies <sup>8</sup>
Economies d'électricité	26'500 MWh soit 20% d'économies <sup>9</sup>	26'500 MWh soit 20% d'économies <sup>6</sup>	13'250 MWh soit 10% d'économies <sup>10</sup>

**Tableau 6** : Potentiels de gisements de l'efficacité énergétique et des économies d'énergies

L'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments existants est un élément fondamental pour atteindre les objectifs énergétiques de la commune. Ces mesures d'améliorations (isolation, production de chaleur, optimisation des régulations) sont cependant généralement à la charge des propriétaires et donc, difficile à mettre en œuvre. Les objectifs quantitatifs du Tableau 6 sont donc volontairement très prudents et constituent les valeurs cibles minimales pour atteindre tout de même les objectifs communaux de la société à 2'000 Watts.

<sup>5</sup> Hypothèses sous-jacentes : rendement du parc mazout et gaz : 70% en 2013, 75% en 2030 et 80% en 2050 pour le scénario 1. Scénario 2 pas concerné. Scénarii 3 et 4 avec disparition du mazout à l'horizon 2030 et rendement des installations gaz de 90% pour 2030 et 2050.

<sup>6</sup> Réduction des besoins utiles malgré l'accroissement futur du parc de bâtiments grâce à des constructions neuves au standard Minergie-P au lieu de la norme SIA 380/1 Edition 2009 + un taux de rénovation annuel de 1% au standard Minergie au lieu de 0.5% selon SIA 380/1 2009

<sup>7</sup> Réduction des besoins utiles malgré l'accroissement futur du parc de bâtiments grâce à des constructions neuves au standard Minergie au lieu de la norme SIA 380/1 Edition 2009 + un taux de rénovation annuel de 1% au lieu de 0.5% selon SIA 380/1 Edition 2009

<sup>8</sup> Réduction des besoins utiles malgré l'accroissement futur du parc de bâtiments grâce à un taux de rénovation annuel de 1% au lieu de 0.5% d'après SIA 380/1 Edition 2009

<sup>9</sup> Appliqué au Scénario n°2 sur la consommation électrique hors PAC

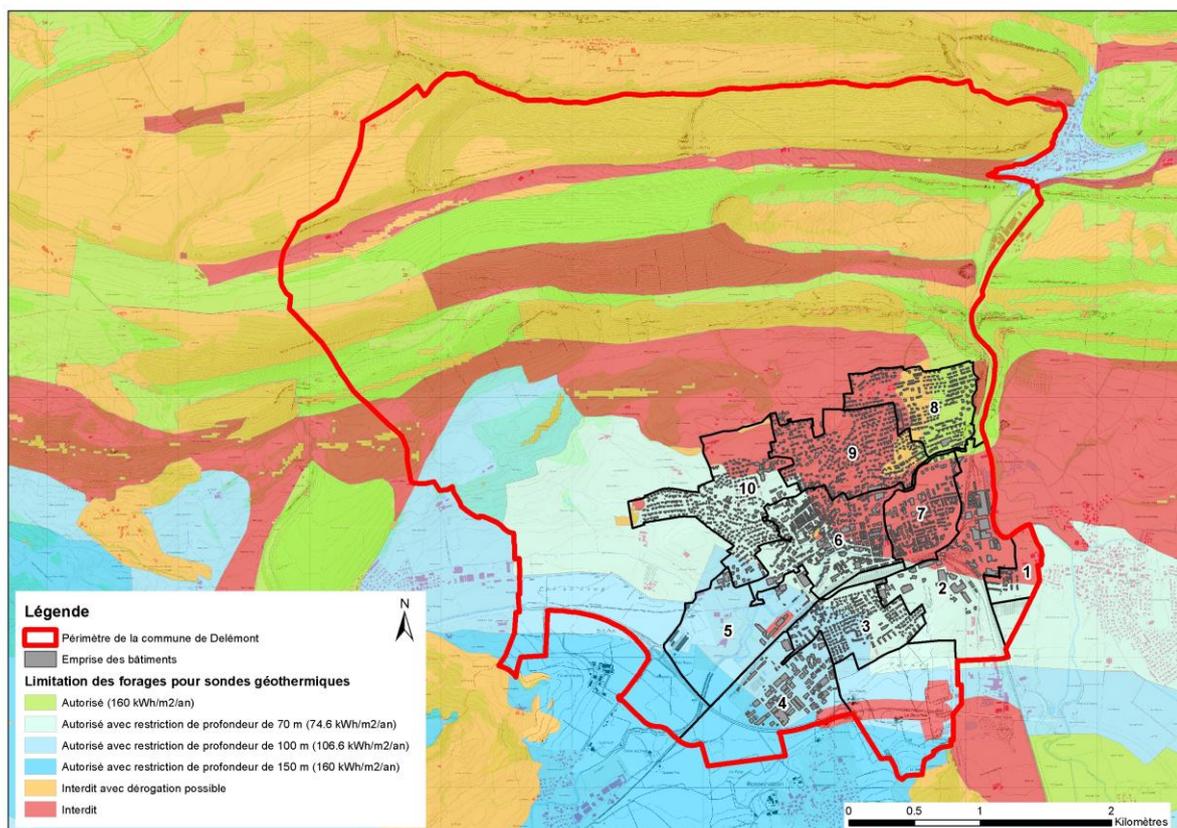
<sup>10</sup> Appliqué aux scénarii n°3 et 4 sur la consommation électrique hors PAC

## 5.3 GEOTHERMIE

### 5.3.1 GEOTHERMIE A FAIBLE PROFONDEUR

La géothermie faible profondeur (inférieure à 400 m) peut être exploitée comme source de chaleur en hiver, moyennant un relèvement de température au moyen d'une pompe à chaleur et comme source de froid en été.

En raison de la présence de sources et puits communaux pour l'approvisionnement en eau potable, la mise en œuvre de sondes géothermiques sur le territoire de la Commune est très contrôlée (Figure 9). La mise en œuvre de sondes géothermiques dans la moitié sud de la ville est autorisée mais avec une restriction de profondeur fixée entre 70 et 150 m.



**Figure 9** : Zones d'autorisation pour l'implantation de sondes géothermiques

L'évaluation du potentiel théorique de production de chaleur est basée sur les zones utilisables, c'est-à-dire dans la zone à bâtir, à l'exclusion des emprises de bâtiments existants et des infrastructures de transport (route/rail).

Les hypothèses considérées pour le dimensionnement des sondes sont :

- Profondeur en fonction de la limite autorisée, dans la limite de 150 m ;
- Superficie occupée de 75 m<sup>2</sup> par sonde (rayon libre de 5 m autour de chaque sonde, soit une distance minimale entre deux sondes de 10 m) ;
- Production de chaleur moyenne de 80 kWh/m de profondeur par an ;
- Coefficient de performance annuel moyen ou COPa de 3.5 ;

Les potentiels théoriques, techniques et rentables de production d'énergie par la géothermie à faible profondeur sur le territoire de Delémont sont résumés dans le Tableau 7.

GEOTHERMIE BASSE PROFONDEUR	Potentiels théoriques (2050)	Potentiels techniques (2050)	Potentiels rentables (2050)
Production de chaleur	285'700 MWh/an	285'700 MWh/an	95'000 MWh/an
Production de froid	200'000 MWh/an	200'000 MWh/an	66'000 MWh/an

**Tableau 7** : Potentiels de gisements géothermiques à faible profondeur

Le potentiel rentable regroupe les installations qui ne nécessitent pas de mise en commun par un réseau de sondes géothermiques. Le potentiel rentable est estimé à 33% du potentiel technique au vu de la configuration des lieux (surfaces non habitées et accessibilité pour procéder au forage notamment).

### 5.3.2 GEOTHERMIE A GRANDE PROFONDEUR

La géothermie à grande profondeur vise à exploiter des gisements d'eau chaude présents à plus de 2 km de profondeur. Elle présente un potentiel beaucoup plus important que la géothermie de faible profondeur puisqu'elle est à même de fournir de l'eau à une température directement exploitable pour l'alimentation électrique (installation Organic Rankine Cycle – ORC) qui peut être distribuée à l'aide d'un réseau de chauffage à distance conventionnel (CAD) jusqu'aux clients à partir d'un échangeur principal.

La réalisation d'un projet de ce type sur la Commune de Delémont devrait être étudiée (un projet pilote expérimental existe déjà à proximité immédiate de Delémont, entre Bassecourt et Glovelier). Le calcul des potentiels théoriques spécifiés dans le Tableau 8 se basent, entre autres, sur une température de 150 °C et un débit de 100 l/s<sup>11</sup>. Ces valeurs correspondent en l'état actuel des connaissances pour un réservoir stimulé (EGS) à une profondeur de 4'500 m environ. Notons que, en ce qui concerne la production de chaleur, il sera nécessaire de mettre en place une centrale d'appoint/secours (fonctionnant vraisemblablement au gaz) afin de garantir la chaleur à distance en cas de panne de la géothermie.

GEOTHERMIE GRANDE PROFONDEUR	Potentiels théoriques (2050)	Potentiels techniques (2050)	Potentiels rentables (2050)
Production d'électricité	22'300 MWh	Dépend du débit réel	Dépend du débit réel
Production de chaleur Haute Température (HT)	20'900 MWh	Dépend du débit réel	Dépend du débit réel
Production de chaleur Basse Température (BT)	41'900 MWh	Dépend du débit réel	Dépend du débit réel
Production de froid	0	0	0

**Tableau 8** : Potentiels théoriques, techniques et rentables d'une installation classique de géothermie à grande profondeur

Le potentiel technique dépend du débit réel qui sera rencontré à grande profondeur. Le débit rentable est identique au potentiel technique. En effet, dans le contexte d'une production d'électricité, chaque unité de chaleur valorisée améliore la rentabilité. Le transport de chaleur en grande quantité à travers des terrains faciles (zone non habitée, fouilles dans les champs) permet d'atteindre des coûts compétitifs.

## 5.4 BOIS

Avec ses 32'000 ha de forêt, le canton du Jura connaît l'un des taux de boisement les plus élevés de Suisse. La forêt jurassienne constitue une source d'énergie considérable. Son potentiel de production globale pourrait permettre de couvrir 20% des besoins en chaleur du canton (couverture de 8% en 2013). En 2013, le canton du Jura compte une vingtaine d'installations de chauffage au bois d'importance (puissance >100 kW). Le réseau de distribution de chaleur à distance de Porrentruy, avec une puissance de 10 MW, ses 6 km de conduites de distribution et ses 130 bâtiments raccordés figure parmi les plus grandes installations de Suisse. Sa centrale produit 18'000 MWh de chaleur à partir du bois-énergie par année permettant ainsi la substitution annuelle de 1,8 million de litres de mazout, quantité de chaleur assurant le chauffage de l'équivalent de 1'000 maisons familiales. Son réseau de distribution, étendu jusqu'à Fontenais, est encore appelé à se déployer et à se densifier à l'intérieur même de la ville de Porrentruy.

La production de bois-énergie au sein de la Commune de Delémont est un des axes majeurs de développement qui permettrait de réduire les émissions de GES et d'améliorer l'autonomie énergétique de la Commune.

La production 2013 de bois-énergie local issue de la Commune de Delémont représente 2'700 MWh/an. Elle alimente notamment le réseau CAD de la bourgeoisie qui fournit la chaleur nécessaire au quartier du Cras des Fourches à l'aide de 1'380 m de conduites distribuant environ 734 MWh de chaleur<sup>12</sup>. Ce CAD est alimenté par deux chaudières :

- Une chaudière aux copeaux de bois sec de 600 kW assurant les besoins de chauffage et d'ECS pour la période de novembre à avril, soit environ 625 MWh de chaleur<sup>13</sup> et 1'100 m<sup>3</sup> de copeaux secs consommés<sup>14</sup> ;
- Une chaudière à gaz de 400 kW assurant les besoins d'ECS pour la période d'avril à novembre, soit environ 110 MWh de chaleur<sup>15</sup> ;

<sup>11</sup> République et Canton du Jura – Groupement d'étude Géothermie profonde Jura – Etude du potentiel cantonal

<sup>12</sup> Energie vendue : 798 MWh de Juin 2012 à Juin 2013 et 669 MWh de Juin 2013 à Juin 2014, source Bourgeoisie Delémont

<sup>13</sup> Energie vendue : 653 MWh de Juin 2012 à Juin 2013 et 599 MWh de Juin 2013 à Juin 2014, source Bourgeoisie Delémont

<sup>14</sup> Consommation de 1'163 m<sup>3</sup> de copeaux pendant l'hiver 2012/2013 et de 1'028 m<sup>3</sup> pendant l'hiver 2013/2014, source Bourgeoisie Delémont

Une production locale supplémentaire de 5'600 mètres cubes apparents de plaquettes (MAP), c'est-à-dire 4'500 MWh, est possible grâce à la forêt présente sur le territoire de la Commune. La production locale totale, résumée dans le Tableau 9, atteindrait alors 7'200 MWh par année.

A l'image de Porrentruy, la construction d'un thermoréseau d'envergure serait possible et souhaitable. En effet, le potentiel de couverture énergétique du bois pourrait couvrir en moyenne nationale 30 à 40% des besoins en chauffage selon l'Office Fédéral de l'Energie (OFEN) grâce à l'exploitation optimale des forêts nationales. Un taux de 45% pour Delémont reste réaliste étant donné que la Commune bénéficie d'importantes zones forestières dans et à proximité de son territoire. Pour Delémont, une couverture des besoins de chaleur à 45% représente donc un potentiel théorique et technique total de 108'000 MWh à l'horizon 2050.

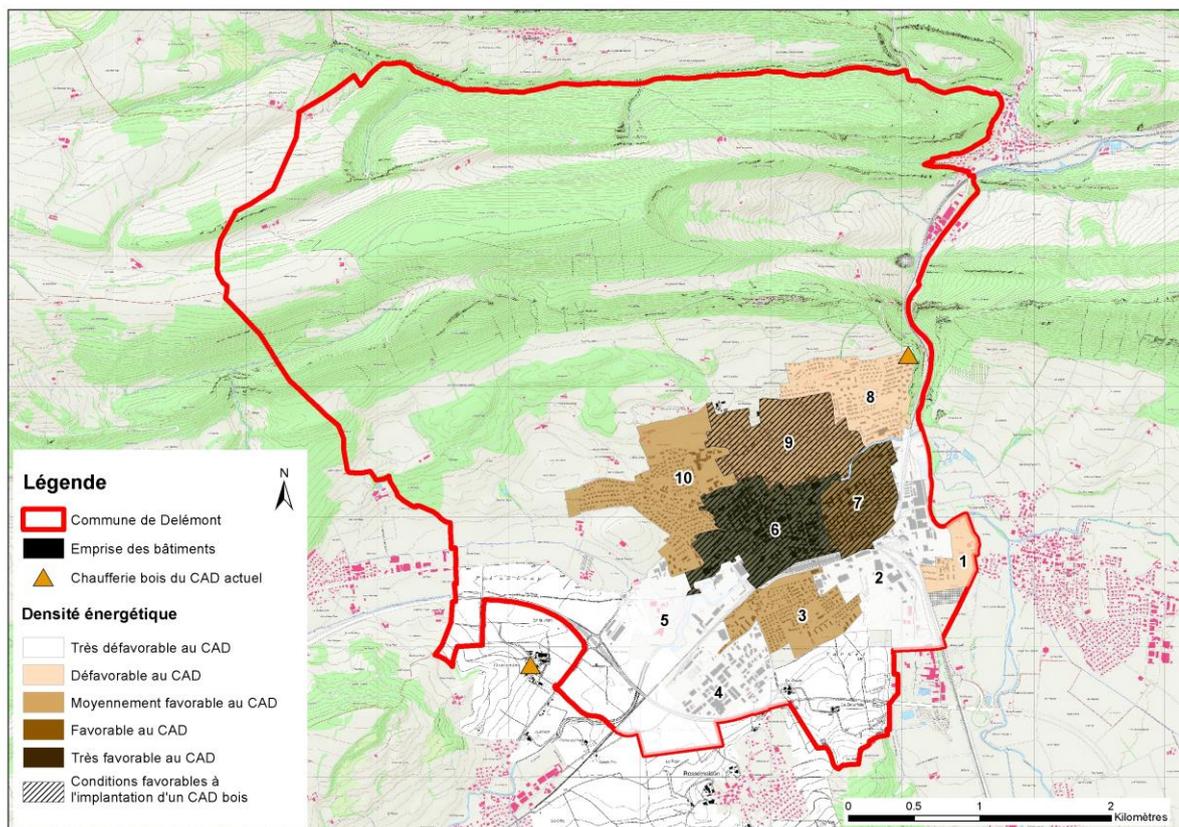


Figure 10 : Potentiels du bois-énergie et opportunité d'implantation d'un CAD au bois

BOIS-ENERGIE	Potentiels théoriques (2050)	Potentiels techniques (2050)	Potentiels rentables (2050)
Production de chaleur (bois local)	7'200 MWh	7'200 MWh	7'200 MWh
Production de chaleur (bois ou pellets importés)	Illimité	200'000 MWh	100'800 MWh
<b>TOTAL CHALEUR</b>	<b>Illimité</b>	<b>Illimité</b>	<b>108'000 MWh</b>

Tableau 9 : Potentiels théoriques, techniques et rentables du bois-énergie

La rentabilité d'un chauffage à distance dépend principalement de la densité énergétique des consommateurs. Elle s'exprime soit en énergie annuelle distribuée par mètre de conduite ou en énergie annuelle consommée par unité de surface.

Les valeurs limites sont fixées par l'expérience acquise dans des réseaux existants. Dans notre cas, la densité des consommateurs serait suffisante dans les zones 6 et 7 et reste discutable dans les zones 3, 9 et 10 (Figure 10 et Tableau 10). La somme des besoins dans ces zones détermine le potentiel rentable.

Notons toutefois que ces valeurs-limites ne sont qu'indicatives puisque basées sur une densité énergétique moyenne pour chaque secteur énergétique. Ainsi, un secteur énergétique dont la densité énergétique semble défavorable peut

<sup>15</sup> Energie vendue : 145 MWh de Juin 2012 à Juin 2013 et 70 MWh de Juin 2013 à Juin 2014, source Bourgeoisie Delémont

abriter un groupe de bâtiments qu'il peut être intéressant de chauffer à l'aide d'un CAD au bois. C'est précisément le cas dans le secteur 8 qui abrite le quartier des Cras des Fourches. La typologie des besoins de ce quartier est en effet compatible avec le CAD qui y est installé et qui alimente plusieurs immeubles.

Notons que les valeurs limites pour la rentabilité se basent sur des coûts de l'énergie de ces 10 dernières années. En 2050, il est fort probable que le prix de référence de l'unité de chaleur soit plus élevé. Le potentiel estimé ci-dessus est donc prudent.

SECTEURS ENERGETIQUES	Besoins de chaleur utile par secteur en 2050 (selon scénario n°4)	Surface du secteur énergétique	Densité énergétique en 2050	Seuil de densité énergétique pour un CAD	Localisation et infrastructures	Opportunité
1	2'875 MWh	14 ha	205 MWh/ha	Défavorable	Défavorable	Non
2	6'436 MWh	77 ha	76 MWh/ha	Très défavorable	Défavorable	Non
3	19'052 MWh	40 ha	476 MWh/ha	Moyen	Défavorable	Non
4	5'137 MWh	70 ha	73 MWh/ha	Très défavorable	Favorable	Non
5	3'012 MWh	63 ha	48 MWh/ha	Très défavorable	Favorable	Non
6	82'417 MWh	63 ha	1'308 MWh/ha	Très favorable	Défavorable	Oui
7	34'234 MWh	35 ha	978 MWh/ha	Très favorable	Favorable	Oui
8	23'515 MWh	68 ha	346 MWh/ha	Défavorable	Défavorable	Non
9	28'566 MWh	45 ha	635 MWh/ha	Moyen	Favorable	Oui
10	34'657 MWh	60 ha	578 MWh/ha	Moyen	Favorable	Non

**Tableau 10** : Densité énergétique des secteurs et opportunité de l'installation d'un CAD<sup>16</sup>

## 5.5 AEROTHERMIE

L'air extérieur représente une ressource thermique accessible présentant peu de contraintes au niveau des infrastructures à mettre en place et des contraintes législatives à considérer. En effet, l'exploitation de la chaleur de l'air ambiant peut être réalisée par la mise en place de pompes à chaleur, constituées d'une prise d'air extérieure sur laquelle un échangeur thermique extrait une partie de la chaleur ambiante et la transmet dans le bâtiment à chauffer, par ventilo-convecteurs, radiateurs ou planchers chauffants.

L'agent énergétique le plus souvent utilisé pour faire fonctionner une PAC aérothermique est l'électricité. Ce mode de fonctionnement permet un gain d'efficacité moyen de 70% par rapport à une chaudière à mazout conventionnelle. Cependant, dans le cas de Delémont qui possède un réseau de gaz étendu et performant, l'installation de PAC à gaz pourra également être un choix judicieux qui complètera les PAC fonctionnant à l'électricité, puisqu'une PAC à gaz permet un gain moyen d'efficacité de 30 à 40% par rapport à une chaudière à mazout conventionnelle.

En définitif, quel que soit l'agent énergétique utilisé, plusieurs limitations sont à prendre en compte lors du choix d'une PAC sur air ambiant comme système de chauffage :

- L'impossibilité d'alimenter en chaleur les bâtiments requérant une puissance supérieure d'environ 30kW, pour des raisons de place (encombrement), de voisinage (débits d'air importants donc problème acoustique notamment dans les secteurs 5 et 6 du centre historique, d'où les potentiels techniques très faibles) et de produits disponibles sur le marché ;
- La nécessité de coupler ce système de chauffage avec un second système de chauffage pour les bâtiments qui requièrent une température maximale de distribution supérieure à 65°C ;
- Selon le type de construction également, la nécessité d'un appoint pour le chauffage permettant d'écarter les pointes de puissances.
- Le COPa dépend de la température extérieure moyenne et (surtout) de la température moyenne annuelle de la distribution du chauffage. Le climat de Delémont permet d'atteindre des valeurs légèrement supérieures à la moyenne suisse, soit un COPa entre 3.0 et 4.0 pour les bâtiments neufs et 2.5 à 3.5 pour les bâtiments existants ;
- Les émissions sonores et le rayon d'action des prises d'air ;

<sup>16</sup> Densité > 800 MWh/an = favorable ; 400 MWh/an < Densité < 800 MWh/an = moyennement favorable ; Densité < 400 MWh/an = défavorable.

Sur cette base, on peut donc considérer les potentiels indiqués dans le Tableau 11 et la Figure 11.

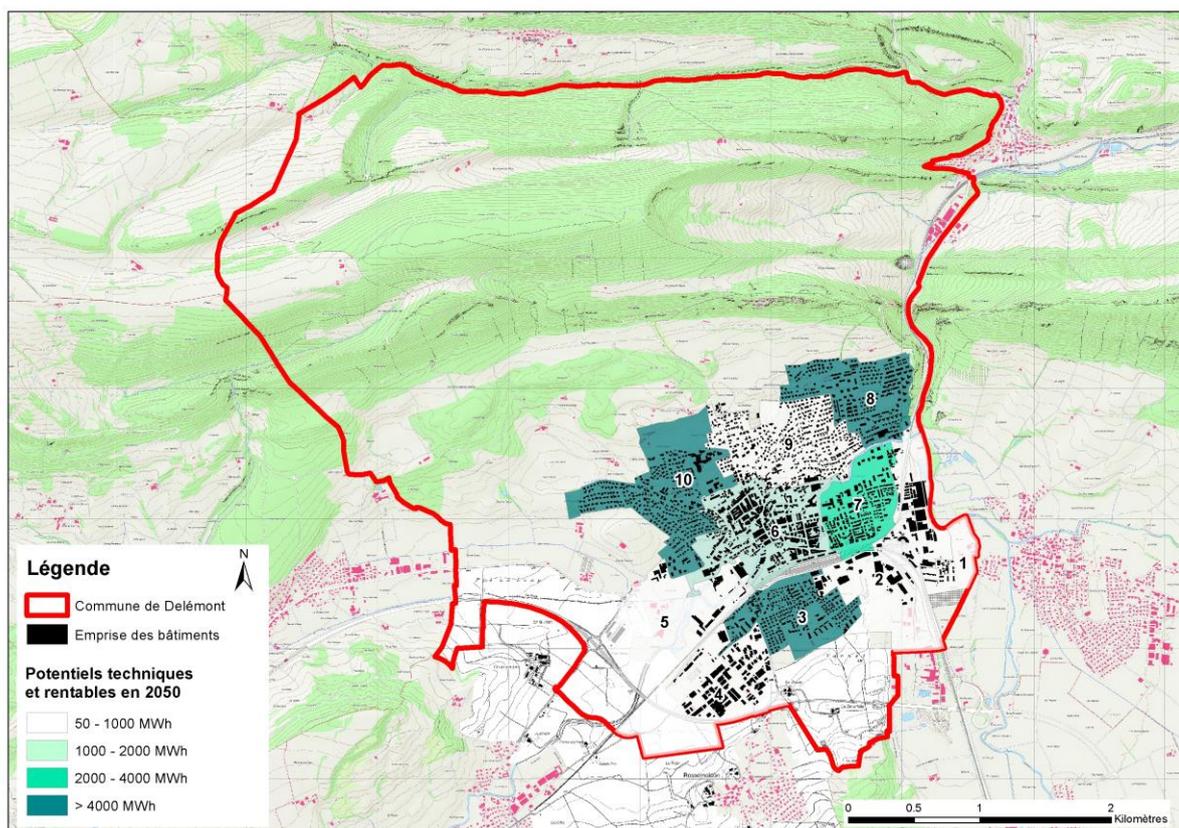


Figure 11 : Potentiels aérothermiques

SECTEURS ENERGETIQUES	Potentiels théoriques en 2050 <sup>17</sup>	Potentiels techniques et rentables en 2050 <sup>18</sup>	Part maximale de couverture des besoins de chauffage par l'aérothermie
1	2'499 MWh	475 MWh	19 %
2	5'727 MWh	172 MWh	3 %
3	16'231 MWh	6'492 MWh	40 %
4	4'518 MWh	181 MWh	4 %
5	2'624 MWh	79 MWh	3 %
6	71'859 MWh	1'006 MWh	1 %
7	29'372 MWh	3'525 MWh	12 %
8	19'894 MWh	7'958 MWh	40 %
9	24'395 MWh	976 MWh	4 %
10	29'760 MWh	8'630 MWh	29 %
<b>TOTAL</b>	<b>206'881 MWh</b>	<b>29'494 MWh</b>	<b>14 %</b>

Tableau 11 : Potentiels théoriques, techniques et rentables de la production de chaleur aérothermique

La rentabilité dépend de la température de distribution maximale (donc de l'efficacité) et du prix de l'électricité par rapport aux autres vecteurs énergétiques. Elle est considérée comme favorable. En effet, si le prix de l'électricité risque bien d'augmenter d'ici à 2050, les prix des énergies concurrentes aussi.

<sup>17</sup> Besoins calculés d'après les besoins utiles de chauffage hors ECS du Scénario n°4 Compatible, c'est-à-dire avec une hypothèse de rénovation annuelle des bâtiments de 1%.

<sup>18</sup> Puissance <30 kW uniquement

## 5.6 HYDRAULIQUE

### 5.6.1 COURS D'EAU

La Sorne, qui traverse Delémont, se caractérise par un débit minimal de 2'500 l/s en période hivernale. Le débit résiduel minimal (Q347) s'élève quant à lui à 1'000 l/s. Le prélèvement de 1'500 l/s avec une différence de température de 1°C entre l'eau extraite et réinjectée permettrait la production de 17'600 MWh de chaleur chaque année en période hivernale. Toutefois, cette production doit être prise avec toutes les précautions d'usage : d'une part, il existe un fort risque de rencontrer des températures extrêmes (20-25°C en été lors d'étiage et 2-4°C en hiver), ce qui ne permet pas de garantir des puissances stables tout au long de l'année.

Concernant la production d'électricité, selon l'« étude de faisabilité de microcentrales hydroélectriques » sur le Ticle réalisé par Pepi Natale SA en 2010, la production possible s'élève à environ 1'720 MWh/an d'électricité. De plus, l'étude menée par les SID Delémont en 2012 démontre qu'il est possible de rentabiliser le projet de centrale hydroélectrique de la Grande Ecluse. La production d'électricité estimée pour ce projet s'élève à environ 540 MWh/an. La totalité des deux projets permettrait donc la production de 2'260 MWh d'électricité chaque année. Les différents potentiels sont spécifiés dans la Figure 12 et le Tableau 12.

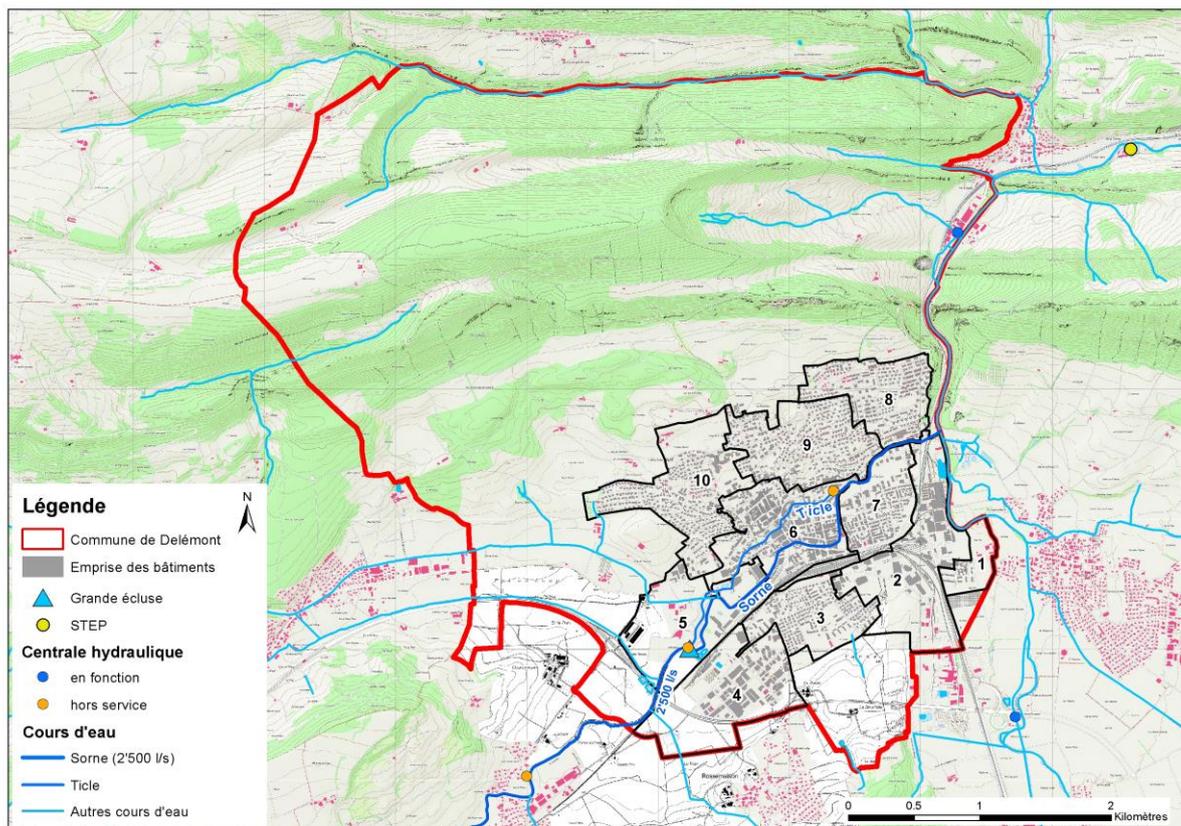


Figure 12 : Potentiels hydrauliques sur cours d'eau

COURS D'EAU	Potentiels théoriques (2050)	Potentiels techniques (2050)	Potentiels rentables (2050)
Production de chaleur	17'600 MWh	17'600 MWh	17'600 MWh
Production de froid	17'000 MWh	0 MWh	0 MWh
Production d'électricité	2'260 MWh	2'260 MWh	2'260 MWh

Tableau 12 : Potentiels théoriques, techniques et rentables de la production de chaleur et d'électricité par les cours d'eaux

La rentabilité dépend du marché et des conditions-cadres. Pour l'électricité, en l'absence d'une mesure du type rétribution à prix coûtant (RPC), la rentabilité sera problématique. A l'opposé, la raréfaction des ressources à l'horizon 2050 laisse présager une augmentation des prix. L'amplitude de ces effets et leur impact sur la rentabilité sont incertains.

Pour la chaleur et le froid, la barrière principale réside dans le fait qu'une part très importante du débit est prélevée dans la rivière pour passer par un échangeur, puis est remise dans le cours d'eau. Entre la prise et la restitution, le

débit est réduit sur une distance de quelques dizaines de mètres. Pour être rentable, cette infrastructure doit donc se situer à proximité des preneurs, donc au centre-ville. Par conséquent, la Sorne verrait donc son débit réduit d'un facteur 2 à 5 entre les mois de septembre à mars. L'impact visuel serait très fort : le niveau d'eau serait abaissé de 30 à 50 cm entre le point de captage et le point de restitution. Il est admis que l'impact visuel est difficilement admissible en plein centre de la ville. En outre, l'intégration des infrastructures au cœur de la ville renchérit notablement les coûts et péjore la rentabilité.

### 5.6.2 NAPPES PHREATIQUES ET RESEAUX D'EAU POTABLE

Il peut être particulièrement intéressant d'exploiter l'énergie (chaleur et électricité) contenue dans l'eau souterraine proche de la surface dans les régions abritant des nappes phréatiques ou des réseaux d'eau potable (Figure 13 et Tableau 13).

La température de l'eau souterraine ne varie que faiblement au cours des saisons et elle se situe entre 10 et 12 °C sur le Plateau et entre 8 et 10 °C dans les vallées alpines. Cette source de chaleur constante convient particulièrement bien pour l'installation de pompes à chaleur eau-eau à fort rendement. Il faut toutefois faire attention à ce que l'eau souterraine ne soit pas polluée lors de son utilisation et que la température de l'eau souterraine ne soit pas modifiée de plus de 3 °C au cours des saisons dans la zone aquifère concernée par l'installation géothermique. Les autorités cantonales sont compétentes pour donner toutes les autorisations nécessaires à la réalisation d'une installation géothermique de pompe à chaleur alimentée par l'eau souterraine.

Les SID possèdent trois forages d'eau potable descendant à 400 m de profondeur (aquifère du Mälm) dans la zone d'activité Communance Sud de Delémont. L'eau y étant à 20°C, le débit maximal exploitable rencontré (33 l/s) permettrait la production de 1'900 MWh de chaleur chaque année.

De plus, selon le rapport « Analyse sommaire du potentiel hydroélectrique » établi par MHyLAB en décembre 2009, le potentiel de turbinage des eaux potables permettrait la production électrique de 70 MWh/an.

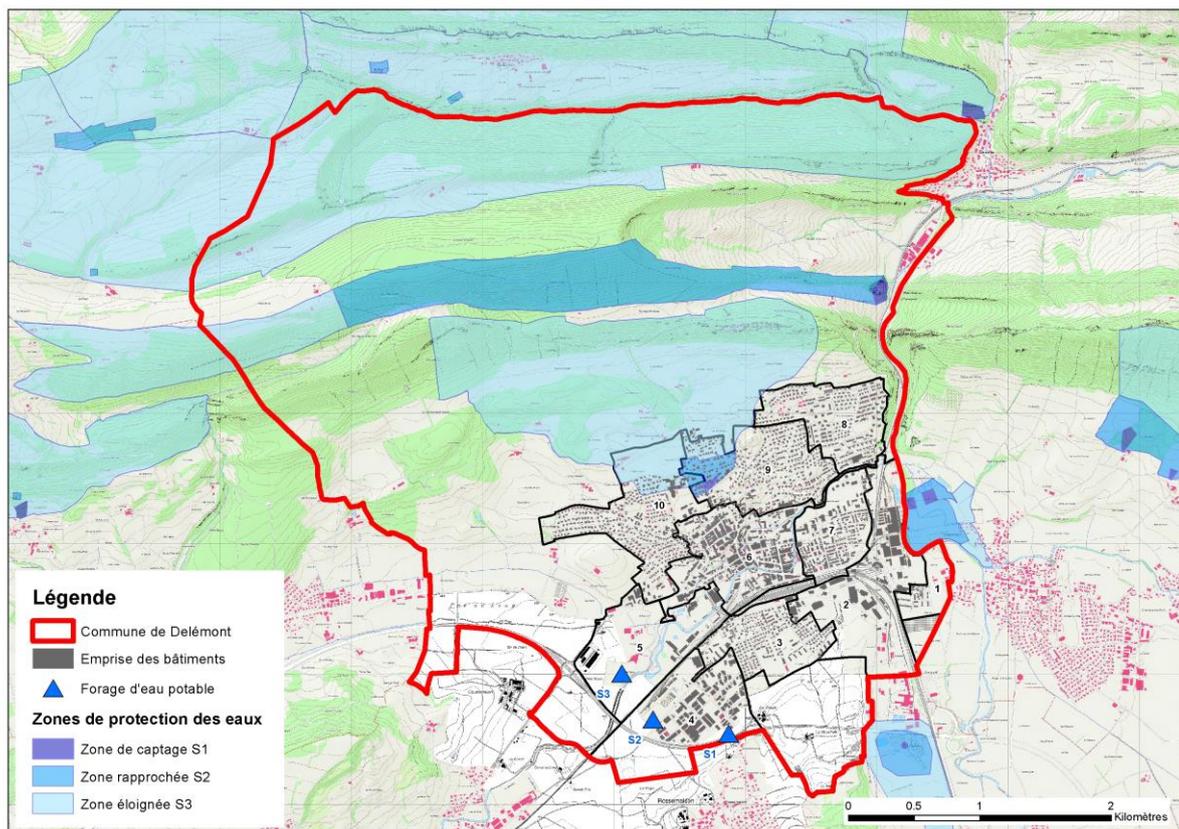


Figure 13 : Potentiels hydrauliques sur nappes phréatiques et réseaux d'eau potable

NAPPES PHREATIQUES ET RESEAU D'EAU POTABLE	Potentiels théoriques (2050)	Potentiels techniques (2050)	Potentiels rentables (2050)
Production de chaleur	1'900 MWh	1'900 MWh	1'900 MWh
Production d'électricité	70 MWh	70 MWh	70 MWh

Tableau 13 : Potentiels théoriques, techniques et rentables de la production de chaleur et d'électricité par les nappes phréatiques et les réseaux d'eau potable

## 5.7 SOLAIRE

Le rayonnement solaire est une source d'énergie abondante et inépuisable à l'échelle humaine : en une heure, il apporte l'énergie qui est consommée par l'humanité en une année. La valorisation de l'énergie solaire peut être envisagée selon les deux principes suivants :

- Les panneaux thermiques, permettant de récupérer la chaleur du soleil et de la transmettre aux utilisateurs via un fluide caloporteur ;
- Les panneaux photovoltaïques, qui captent le rayonnement dans des matériaux semi-conducteurs et le transforment en énergie électrique.

En 2013, la Commune de Delémont est équipée d'environ 4'450 m<sup>2</sup> de panneaux solaires photovoltaïques et de 870 m<sup>2</sup> de panneaux solaires thermiques.

D'après l'étude « Rapport sur l'étude détaillée de 20 sites » du Groupement d'études Delémont Photovoltaïque (GEDELVOLTA) en septembre 2012, le nombre de toitures présentant un intérêt pour la production d'énergie solaire s'élève à près de 2'580, soit une surface de 332'397 m<sup>2</sup>.

Les potentiels de production d'énergie solaire sur l'ensemble de la Commune de Delémont sont résumés dans le Tableau 14 et la Figure 14.

Les valeurs de base servant au calcul des potentiels sont les suivantes :

- Orientation moyenne des panneaux thermiques de 40° induisant l'installation de 1 m<sup>2</sup> de panneau pour 3 m<sup>2</sup> de toiture disponible ;
- Rendement moyen des panneaux thermiques de 500 kWh/m<sup>2</sup>panneau/an ;
- Orientation moyenne des panneaux thermiques de 20° induisant l'installation de 1 m<sup>2</sup> de panneau pour 2 m<sup>2</sup> de toiture disponible ;
- Rendement moyen des panneaux photovoltaïques de 150 kWh/m<sup>2</sup>panneau/an ;

Les potentiels existants en 2014 se calculent de la manière suivante :

- Surface de toiture existante de 332'397 m<sup>2</sup> ;
- Potentiels théoriques, techniques et rentables du solaire photovoltaïque limité au potentiel des 20 plus grandes installations réalisables sur les toitures existantes en 2012 soit 42'040 m<sup>2</sup> de toiture disponible<sup>19</sup> correspondant à 21'020 m<sup>2</sup> de panneaux et une production de 3'150 MWh ;
- Potentiel théorique du solaire thermique basé sur le solde des toitures disponibles soit 290'357 m<sup>2</sup> correspondant à 96'786 m<sup>2</sup> de panneaux ;
- Potentiels techniques et rentables du solaire thermique basé sur une hypothèse de couverture<sup>20</sup> de 66% des besoins en ECS<sup>21</sup> soit une production de 105'050 MWh.

Les potentiels additionnels en 2050 se calculent de la manière suivante :

- Surface de toiture nouvellement construite de 217'462 m<sup>2</sup> (estimation réalisée au prorata de la surface de toiture existante en 2013 par habitant d'après les paramètres démographiques du Tableau 3) ;
- Potentiel additionnel théorique du solaire thermique basé sur la totalité de cette surface disponible correspondant à 72'487 m<sup>2</sup> de panneaux ;
- Potentiels additionnels techniques et rentables du solaire thermique basé sur une hypothèse de couverture<sup>15</sup> de 75% des besoins d'ECS et 20% des besoins de chauffage (estimation CSD INGENIEURS sur la base des valeurs types communiquées par Swissolar et Minergie) venant en supplément des besoins existants soit une production additionnelle de 7'349 MWh ;
- Potentiels additionnels théoriques, techniques et rentables du solaire photovoltaïque limité à la surface additionnelle non couverte par le solaire thermique soit 197'536 m<sup>2</sup> correspondant à 98'768 m<sup>2</sup> de panneaux et une production de 14'656 MWh.

<sup>19</sup> Au-delà des 20 installations identifiées, le développement photovoltaïque avec injection dans le réseau engendre des besoins de renforcement du réseau électrique dont l'impact économique est très important

<sup>20</sup> Estimation CSD INGENIEURS sur la base des valeurs types communiquées par Swissolar et Minergie

<sup>21</sup> À l'exception des secteurs énergétiques 5, 6 et 9 au sein desquels l'installation de panneaux est contrôlée : aucun panneau dans les secteurs 5 et 6, et aucun panneau sur 1/3 de la surface du secteur 9

	SOLAIRE	Potentiel en 2014	Potentiel additionnel en 2050	Potentiel total d'ici 2050
	Surface de toiture suffisamment exposée	332'397 m <sup>2</sup>	217'462 m <sup>2</sup>	549'859 m <sup>2</sup>
SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE	Surface de toiture disponible (potentiel 2014) ou restante (2050)	42'040 m <sup>2</sup>	195'415 m <sup>2</sup>	237'455 m <sup>2</sup>
	Surface de panneaux correspondante	21'020 m <sup>2</sup>	97'708 m <sup>2</sup>	118'728 m <sup>2</sup>
	Production d'électricité théorique correspondante	3'153 MWh <sup>22</sup>	14'656 MWh <sup>23</sup>	<b>17'809 MWh</b>
	Production d'électricité technique correspondante			
	Production d'électricité rentable correspondante			
SOLAIRE THERMIQUE	Surface de toiture restante (potentiel 2014) ou disponible (2050)	290'357 m <sup>2</sup>	217'462 m <sup>2</sup>	507'819 m <sup>2</sup>
	Surface de panneaux correspondante	96'786 m <sup>2</sup>	72'487 m <sup>2</sup>	169'273 m <sup>2</sup>
	Production de chaleur théorique correspondante	48'393 MWh	36'244 MWh	84'637 MWh
	Production de chaleur technique correspondante	10'505 MWh	7'349 MWh	<b>17'854 MWh</b>
	Production de chaleur rentable correspondante			

**Tableau 14** : Potentiels théoriques, techniques et rentables de la production de chaleur et d'électricité solaire

La rentabilité du solaire photovoltaïque dépend des conditions du marché et du cadre légal (rétribution à prix coûtant – RPC ou analogue). La modification attendue de la RPC en 2 étapes durant l'année 2015 devrait inciter les privés à privilégier l'autoproduction, c'est-à-dire la combinaison de pompes à chaleur pour le chauffage et l'ECS et de panneaux photovoltaïques, plutôt que solaire thermique combiné à un autre système de production de chaleur.

Si les auto-producteurs gèrent leurs charges par du stockage, le réseau électrique ne devrait techniquement pas être mis en danger ni subir d'importantes influences. Les auto-producteurs devront prendre à leur charge une contribution de raccordement et une rémunération pour l'utilisation du réseau (RUR) adaptée à ce profil spécifique. Une brève estimation laisse supposer que la perte potentielle maximum d'énergie distribuée se situe entre 15 et 20 GWh. Les tarifs de la RUR devront être adaptés en conséquence mais la progression naturelle par l'arrivée de nouveaux consommateurs, industriels notamment, pourrait rapidement rétablir l'équilibre.

Sur cette base, et sachant que la rentabilité du solaire thermique est généralement acquise sur de nombreuses années moyennant un dimensionnement adéquat réalisé sur une toiture suffisamment bien orientée, il faudra prendre des mesures complémentaires pour favoriser la production de chaleur solaire (notamment pour les consommateurs qui conserveront des systèmes de production de chaleur par chaudière à mazout, gaz ou bois) afin de ne pas mettre le solaire photovoltaïque et le thermique en concurrence.

<sup>22</sup> Avec injection dans le réseau

<sup>23</sup> En autoproduction uniquement

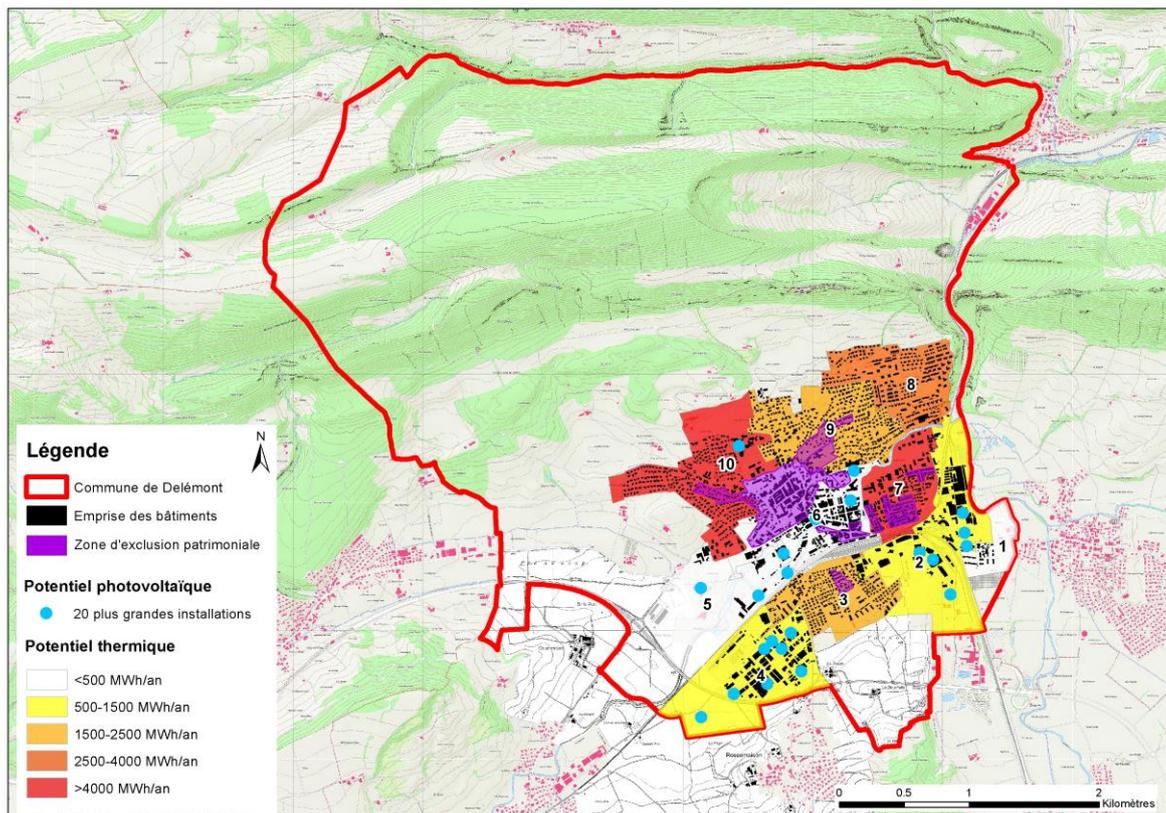


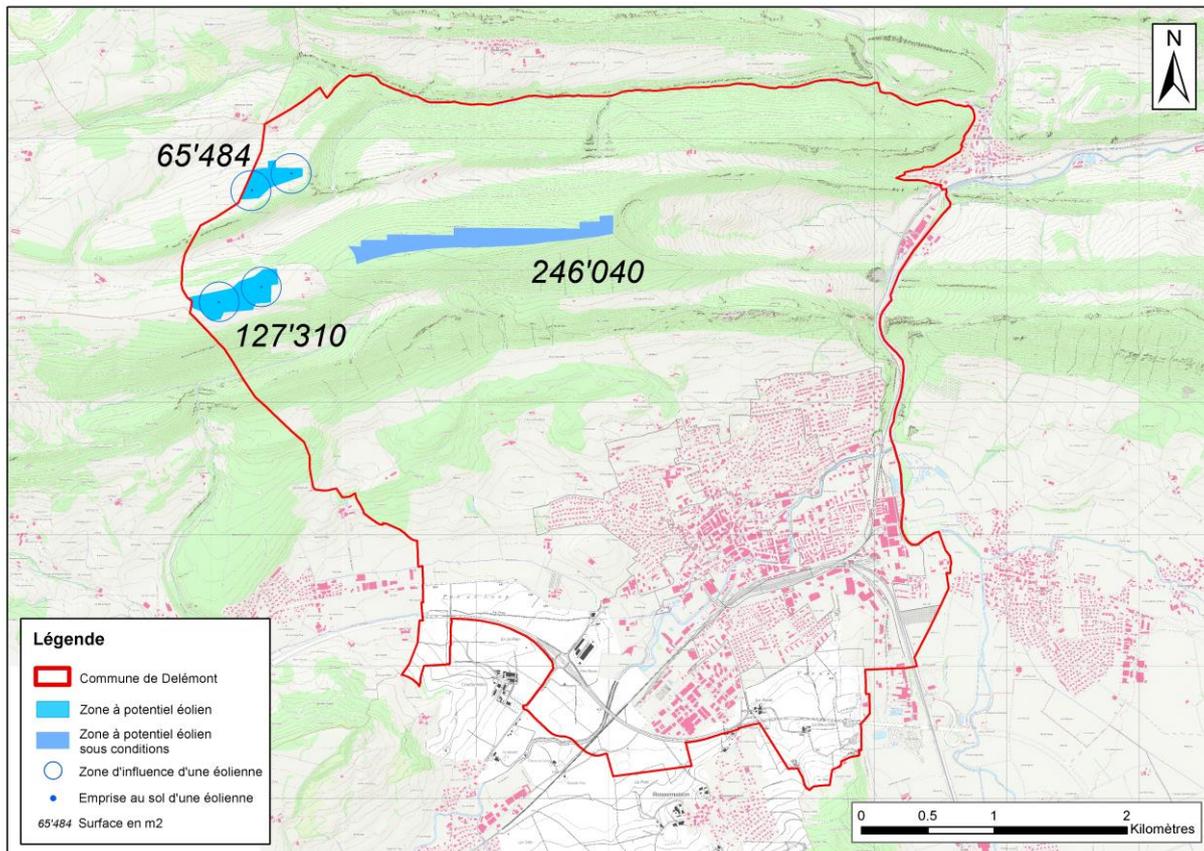
Figure 14 : Potentiels solaires thermiques et photovoltaïques<sup>24</sup>

## 5.8 EOLIEN

L'énergie électrique produite par les éoliennes répond à tous les critères environnementaux : émissions de polluants nulles (hors énergie grise due à la fabrication des éoliennes), emprise sur le sol très réduite, démantèlement aisé des éoliennes en fin de vie. Les projets mis en œuvre sur le territoire communal respecteront l'ensemble des critères définis dans le Plan cantonal sectoriel de l'énergie éolienne. Ils se feront de manière exemplaire, en concertation avec l'ensemble des acteurs concernés, comme ce fût notamment le cas lors de la réalisation du projet hydroélectrique de la Grande Ecluse.

Selon wind-data.ch, le site de Delémont est propice à la production d'énergie électrique par des éoliennes. La Figure 15 illustre le potentiel en termes de nombre d'éoliennes et indique également le potentiel éolien exploitable en zone forestière.

<sup>24</sup> Les potentiels solaires thermiques sont calculés d'après les besoins de chaleur nécessaires au préchauffage de l'ECS (66% pour l'existant et 75% pour le neuf) et au chauffage (20% pour le neuf)



**Figure 15** : Potentiels éoliens

La modélisation des zones à potentiel éolien d'après les informations de wind-data.ch tient compte des critères suivants :

- Protection de la nature et des paysages : exclusion des zones inscrites aux inventaires nationaux des zones protégées et des zones situées à moins de 200 m de celles-ci ;
- Vitesse du vent d'au moins 4.5 m/s à 70 m du sol ;
- Distance minimale à la lisière de la forêt de 50 m ;
- Distance minimum d'au moins 300 m par rapport aux zones habitées et aux habitations isolées ;
- Exclusion des terrains non constructibles (déclivités de plus de 20%, lacs, sols instables, etc.).

Ainsi, le potentiel d'énergie éolienne sur la Commune de Delémont a été estimé à 15'200 MWh/an, soit la production de 4 éoliennes<sup>25</sup>. Le potentiel éolien en forêt, non chiffré dans ce rapport, s'ajoute à ce potentiel.

EOLIEN	Potentiels théoriques (2050)	Potentiels techniques (2050)	Potentiels rentables (2050)
Production d'électricité	15'200 MWh	15'200 MWh	15'200 MWh

**Tableau 15** : Potentiels théoriques, techniques et rentables de la production d'électricité éolienne

La rentabilité dépend du marché et des conditions-cadres. En l'absence d'une mesure du type rétribution à prix coûtant (RPC), la rentabilité sera problématique. A l'opposé, la raréfaction des ressources à l'horizon 2050 laisse présager une augmentation des prix. L'amplitude de ces effets et leur impact sur la rentabilité sont incertains.

## 5.9 DECHETS ORGANIQUES

Suite à plusieurs études menées par le Syndicat d'élimination des ordures et autres déchets des Communes de la région de Delémont (SEOD), le dimensionnement d'une installation de méthanisation pour traiter les déchets organiques de l'ensemble de la région a pu être réalisé. L'emplacement retenu est Courtemelon, à 2 km au sud-ouest

<sup>25</sup> Près de 30 ha avec vent > 4.5 m/s, environ 4'000 MWh/éolienne, 300 m entre chaque éolienne

de Delémont. Bien que celui-ci se trouve hors du territoire communal, on attribue l'énergie des déchets de Delémont à la Commune qui les produit.

Le projet prévu permettrait la production d'énergie indiquée dans la Figure 16 et le Tableau 16.

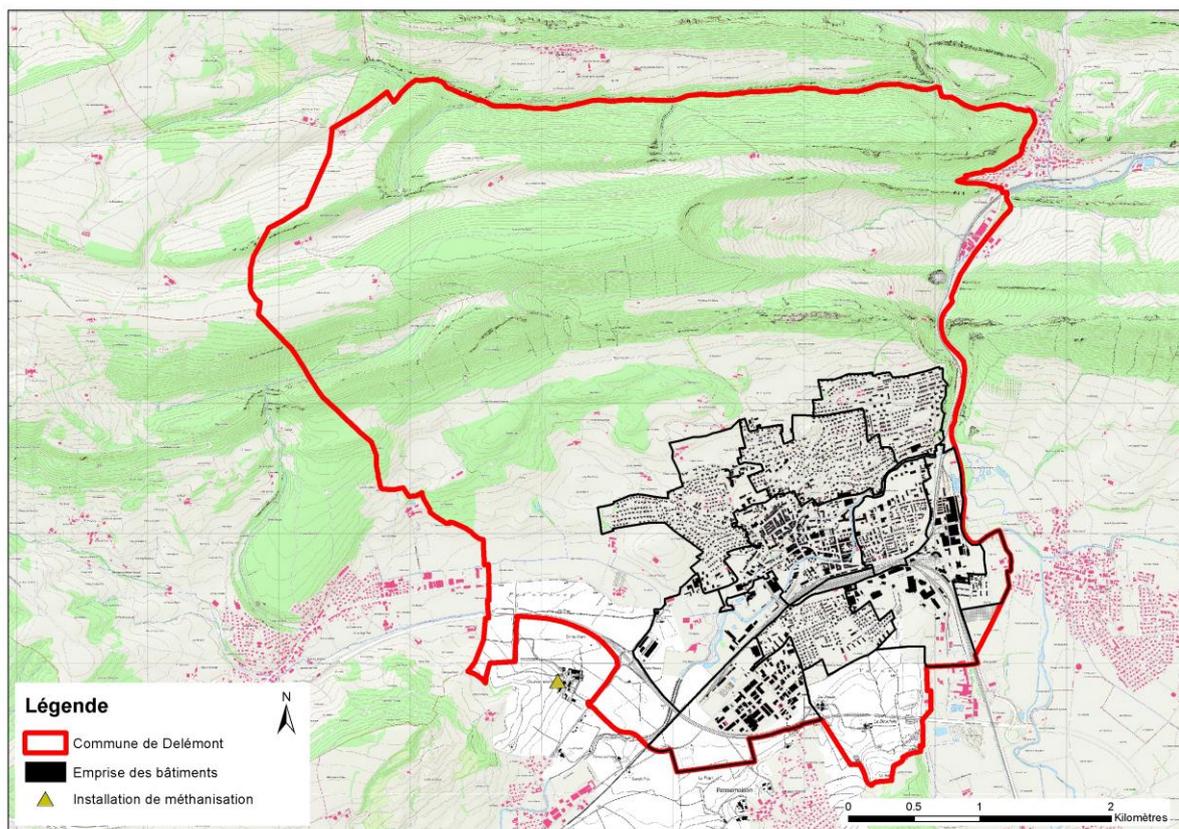


Figure 16 : Potentiels déchets organiques

DECHETS ORGANIQUES	Potentiels théoriques (2050)	Potentiels techniques (2050)	Potentiels rentables (2050)
Production de chaleur	1'400 MWh	1'400 MWh	1'400 MWh
Production d'électricité	1'840 MWh	1'840 MWh	1'840 MWh

Tableau 16 : Potentiels théoriques, techniques et rentables de la production de chaleur et d'électricité issus des déchets organiques à Delémont

Là aussi, la rentabilité est déterminée par les conditions-cadres. Aux conditions actuelles du marché, elle est problématique.

## 5.10 COUPLAGE CHALEUR-FORCE OU COGENERATION

En combinaison avec les PAC électriques, il est possible et efficace de recourir à des installations de couplage chaleur-force implantées dans le réseau de gaz, qui produisent en parallèle :

- (i) de la chaleur utilisée pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire par combustion ;
- (ii) du courant électrique au moyen d'un générateur.

En couplant des installations CCF à des PAC électriques, il est possible de réduire la consommation de gaz par rapport à des chaudières à mazout ou à gaz. Dans le cas d'installations CCF décentralisées, individuelles, appelées aussi micro-cogénération, les rendements électriques sont modestes et la réduction des émissions du système combiné de CCF et de PAC atteint 20 à 30%. Notons enfin que l'état de la technique liée à la micro-cogénération est en cours de maturation et que, comme pour le photovoltaïque, l'implantation d'un nombre important d'unités de production d'électricité nécessiterait des adaptations lourdes du réseau électrique.

Pour ces raisons, entre autres, la stratégie fédérale 2050 ne prévoit pas de mesures d'encouragement pour les installations CCF d'une puissance inférieure à 300 kW électrique.

D'après les données du RegBL à notre disposition, deux bâtiments (l'hôpital situé dans le secteur énergétique 10 et un bâtiment commercial situé dans le secteur énergétique 8) pourraient être concernés par des CCF de cette gamme de puissance.

Le potentiel dépendra des profils hebdomadaires de consommation de ces bâtiments et n'a pas pu être établi dans la CDE.

### 5.11 REJETS THERMIQUES

D'après nos informations, le potentiel lié aux rejets thermiques est actuellement nul. Toutefois, il devra être pris en compte lors des révisions futures de la CDE.

### 5.12 BILAN DES RESSOURCES

L'adéquation entre les besoins énergétiques utiles en 2050 et les potentiels techniques et rentables de production d'énergie issus des différents gisements renouvelables est illustrée par la Figure 17 pour la chaleur, la Figure 18 pour le froid et la Figure 19 pour l'électricité.

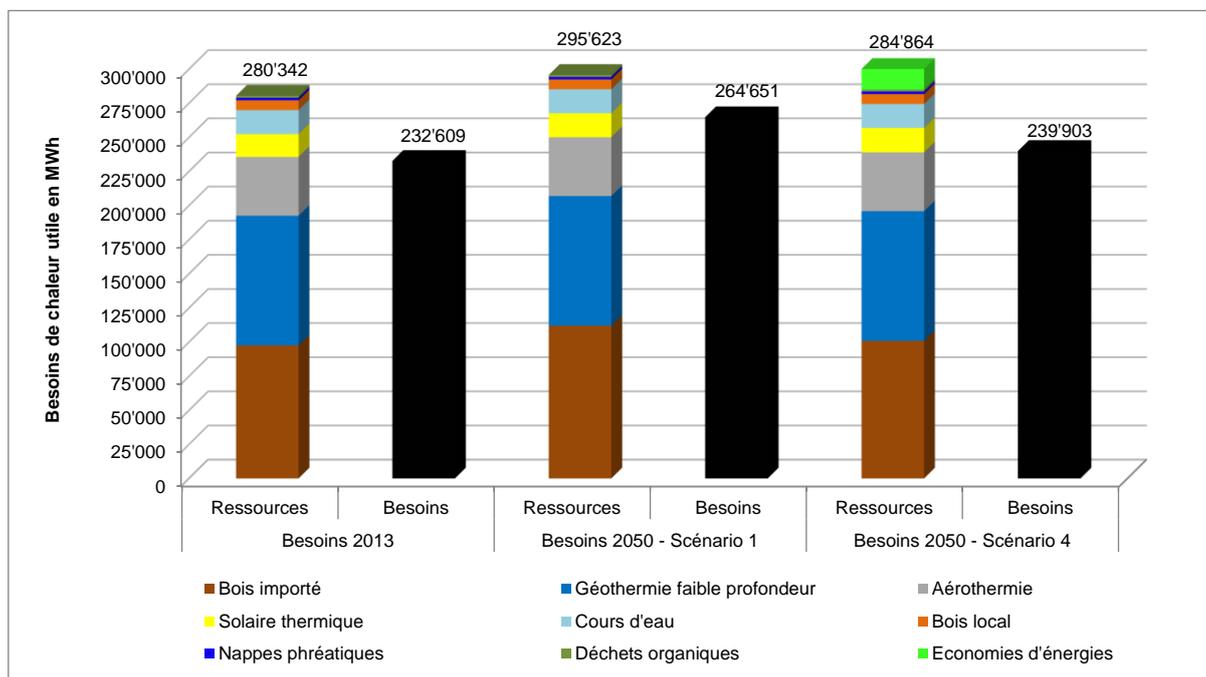
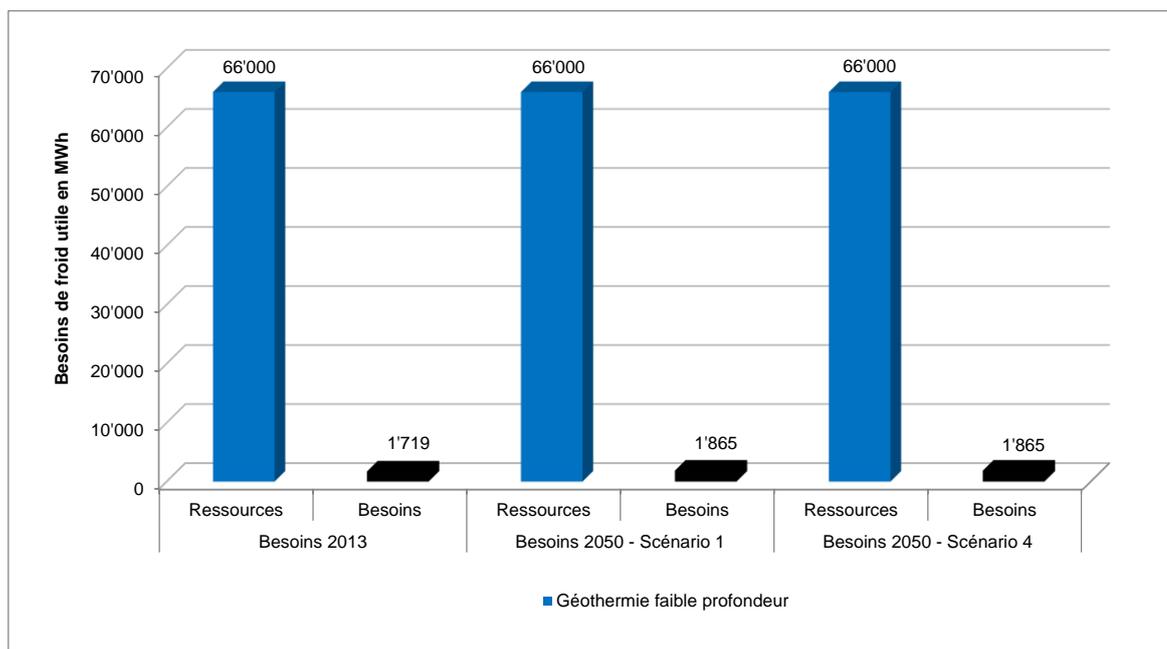
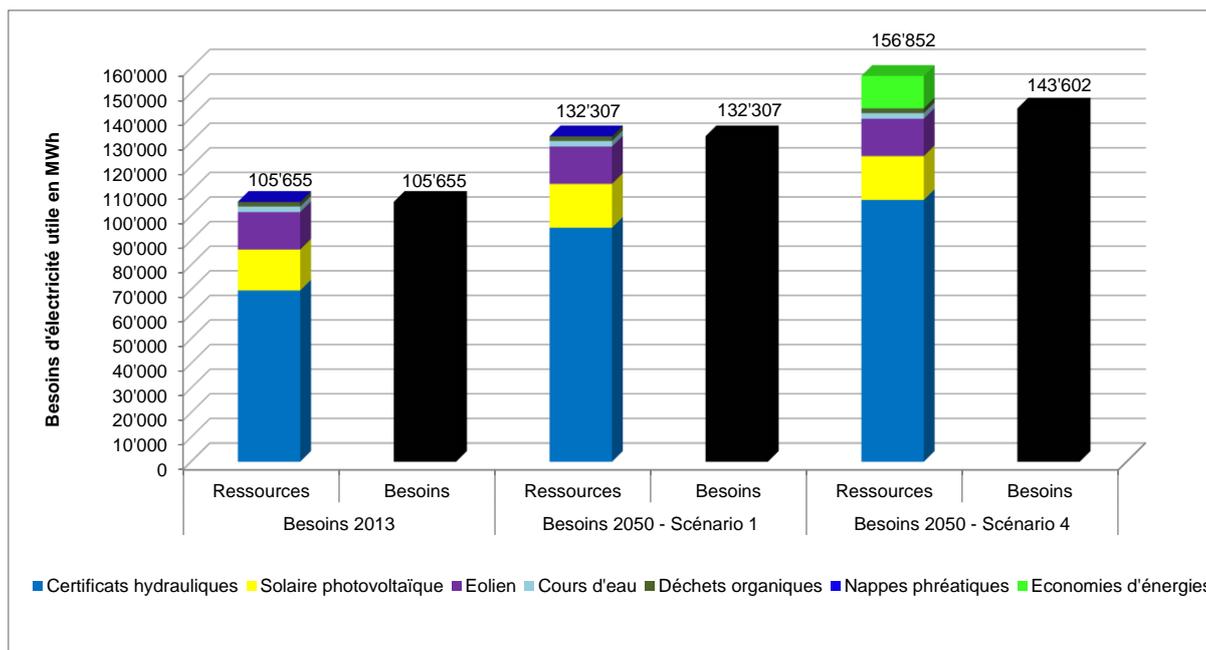


Figure 17 : Potentiels des gisements rentables et besoins utiles de chaleur



**Figure 18 : Potentiels des gisements rentables et besoins utiles de froid**



**Figure 19 : Potentiels des gisements rentables et besoins utiles d'électricité**

De manière générale, on observe que les gisements renouvelables dépassent les besoins pour la chaleur et le froid. Pour la chaleur, le bois et la géothermie constituent les deux piliers, en remplacement du mazout et du gaz actuels. Pour le froid, il n'y a aucune difficulté à couvrir les besoins. Quant à l'électricité, le solde qui ne sera pas produit sur place proviendra de certificats hydrauliques suisses.

## 6. BESOINS ENERGETIQUES ET EMISSIONS DE GES FUTURS

### 6.1 DEFINITION DES SCENARII

Les 4 scénarii définis ci-après ont été élaborés par CSD INGENIEURS et la Commune de Delémont.

Considérant qu'il est nécessaire de situer la marge de manœuvre de la Commune en termes de PET, deux scénarios extrêmes ont été définis. Il caractérise le cadre de travail.

- Le scénario n°1 dit « minimum » permet de caractériser l'état futur dans le cas où aucune action spécifique n'est entreprise, c'est-à-dire le scénario du pire. Ce scénario donne les valeurs des besoins énergétiques et des émissions de CO<sub>2</sub> maximales de la Commune.
- Le scénario n°2 dit « maximum » permet caractériser l'état futur dans le cas d'une situation idéale et utopique induite par un mode de vie 100% renouvelable. Bien que complètement irréaliste techniquement et financièrement, ce scénario permet d'indiquer la valeur seuil minimale relatifs aux besoins humains.

Ce cadre permet de définir la marge de manœuvre de la politique communale en matière énergétique. Le postulat de base est que, quel que soit les actions supplémentaires qui seront menées, les besoins énergétiques et les émissions de CO<sub>2</sub> se situeront entre les extrêmes définis par ces deux scénarii.

Dans un second temps, deux scénarii considérés comme réalistes ont été définis. Le scénario n°3 dit « renouvelable local » a dans un premier temps été défini par CSD comme base de travail.

La Commune et CSD INGENIEURS ont ensuite procédé à différents ajustements pour ajuster ce scénario à la situation technique, économique, sociale de la Commune. Ces différents ajustements ont donné lieu à la définition du scénario 4 dit « compatible ».

## 6.2 SCENARIO N°1 – MINIMUM

### 6.2.1 CONDITIONS CADRES DU SCENARIO N°1- MINIMUM

Les conditions-cadres générales du Scénario n°1 se basent sur une modélisation des besoins énergétiques et des émissions de GES d'après la situation existante en 2013, sans qu'aucune mesure particulière ne soit prise (projection des besoins futurs sur la base de la situation que l'on connaît aujourd'hui, avec une amélioration substantielle mais raisonnable des performances).

Les conditions-cadres et variables du Scénario n°1 sont spécifiées dans le Tableau 17 (les paramètres fixes sont expliqués et décrits dans l'annexe A, §1.4, Tableaux 31 et 32).

L'influence de chaque variable est explicitée selon les 3 lignes directrices possibles :

- réduction des besoins = Réduction ;
- amélioration de l'efficacité = Efficacité ;
- développement des énergies renouvelables = Renouvelable).
- 

Variables dynamiques	Scénario n°1 – « Minimum »	Type d'action
<b>Logements et activités</b>		
Nombre de rénovations de bâtiments à l'année n+1	0.5% du stock non rénové à l'année n	Réduction
Rénovation avec passage du chauffage en basse température	Non	
Nouvelles constructions avec chauffage en basse température	Oui, avec couverture selon état de l'art (60% par gaz, 30% par PAC SID <sup>26</sup> et 10% par mazout)	Réduction Efficacité
Exigences consommation chauffage et ECS bâtiments neufs et rénovés	Norme 380/1	Réduction
Couverture chauffage surfaces existantes et rénovées	Selon répartition 2013 des agents énergétiques avec légère amélioration des COPa moyens (0.75 et 0.80 pour la chaleur HT en 2030 et 2050)	Efficacité
Production locale d'électricité verte	Non, rien de plus	Renouvelable
Economies d'électricité	Non, rien de plus	Réduction
Production non locale d'électricité	Selon situation 2013 80% certificats hydrauliques (SID) et 20% mix suisse prise (hors SID)	Renouvelable
<b>Mobilité</b>		
Amélioration consommation et émissions des véhicules	Oui, selon dynamique progrès actuels et normes à venir	Réduction Efficacité
Développement véhicules électriques	Environ 1.5% du parc d'ici 2030 <sup>27</sup>	Réduction Efficacité Renouvelable
Développement véhicules gaz	Environ 1% du parc d'ici 2030 <sup>28</sup>	Efficacité
Transfert 10% trajets <3 km vers vélos électriques	Non	Réduction Efficacité Renouvelable
Augmentation du taux d'occupation des véhicules de 10% par covoiturage	Non	Réduction
Répartition du parc	78% essences et hybrides, 19.5% Diesel, 1.5% électriques et 1% gaz	

**Tableau 17** : Conditions-cadres et variables dynamiques du Scénario n°1

<sup>26</sup> PAC sur électricité certifiée (certificats hydrauliques)

<sup>27</sup> Hypothèse basée sur le parc suisse existant en 2013 (1'800 véhicules selon TCS) et sur une hypothèse CSD de maintien des ventes actuelles entre 2014 et 2020 (500 véhicules/an en 2013 selon TCS) et de triplement des ventes prévues entre 2020 et 2030 (9'000 véhicules/an contre 3'000 véhicules/an)

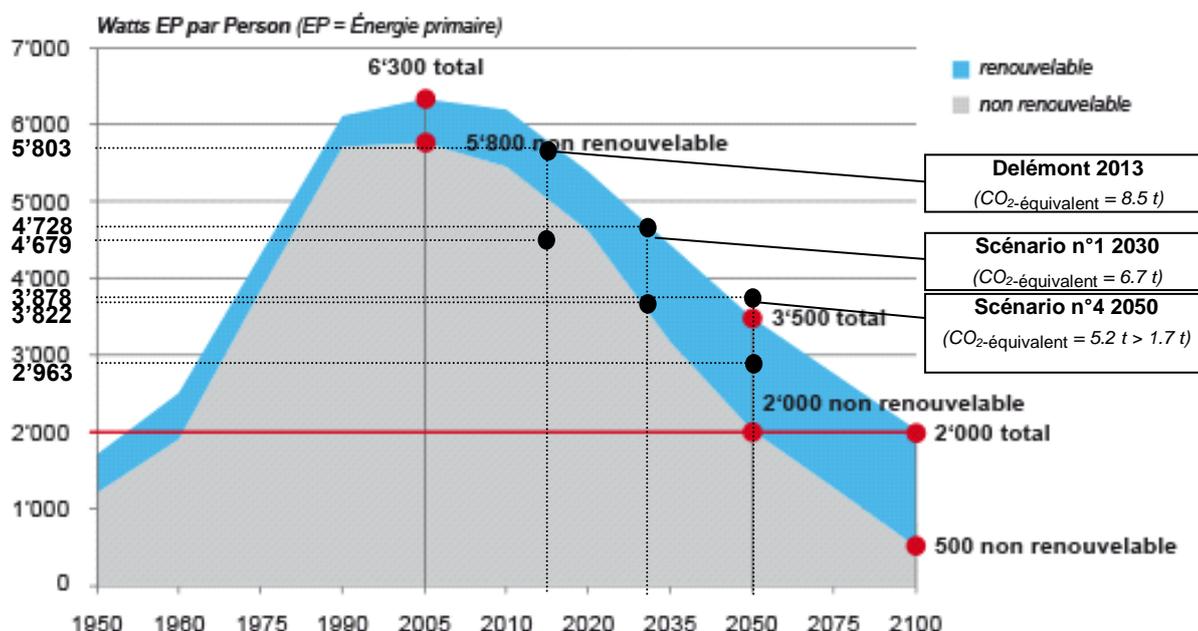
<sup>28</sup> Hypothèse basée sur le parc existant en 2013 (11'500 véhicules selon ASTRA/MOFIS) et sur une hypothèse CSD de triplement des ventes de 2014 à 2030 (3'150 véhicules/an contre 1'050 véhicules/an en 2013 selon ASTRAMOFIS)

### 6.2.2 RESULTATS DU SCENARIO N°1 - MINIMUM

Les bilans des besoins énergétiques primaires et des émissions de CO<sub>2</sub> selon le Scénario n°1 aux horizons 2030 et 2050 sont résumés dans le Tableau 18 et la Figure 20.

Type de besoin	Type d'énergie	EPT 2050 (MWh)	Dont EPR 2050 (MWh)	GES 2050 (t eq-CO <sub>2</sub> )	Bilan EPT 2050 (W/personne/an)	Dont Bilan EPR 2050 (W/personne/an)	Bilan GES 2050 (t eq CO <sub>2</sub> /personne/an)
Logements Activités	Chaleur	587'030	148'075	89'016	3'622	914	4.8
	Froid						
	Electricité						
Mobilité	Mobilité fossile	41'399	137	6'308	255	1	0.3
	Mobilité électrique						
<b>Bilan final</b>					<b>3'878</b>	<b>915</b>	<b>5.2</b>

**Tableau 18** : Détail du bilan énergétique et émissif du Scénario n°1 à l'horizon 2050 (EPT = Energie Primaire Totale ; EPR = Energie Primaire Renouvelable, GES = Emissions de Gaz à Effet de Serre)



**Figure 20** : Bilans énergétiques et émissifs du Scénario n°1 en 2030 et 2050

Les résultats du Scénario n°1 montrent que la politique énergétique delémontaine actuelle permet de remplir les objectifs en termes d'énergie primaire de la Société à 2'000 Watts jusqu'en 2030. En revanche, les efforts actuels ne sont pas suffisants pour remplir les objectifs de 2050.

Il convient également de souligner que l'objectif de réduction des émissions de CO<sub>2</sub>-équivalent constitue le facteur le plus critique. En effet, bien que le bilan émissif par habitant passe de 8.5 tonnes en 2013 à 5.2 tonnes par année en 2050, ce dernier reste 3 fois trop élevé par rapport à la valeur cible abaissée de la Société à 2'000 Watts (prise en compte de l'énergie grise).

### 6.2.3 EVOLUTION DE L'OFFRE EN MATIERE DE CHALEUR POUR LE SCENARIO N°1 - MINIMUM

L'évolution de l'offre en matière de chaleur est illustrée par la Figure n°21. On constate que la part des énergies renouvelables stagne à un niveau négligeable en termes de couverture de chaleur. Les énergies fossiles dominent largement l'approvisionnement.

En l'absence de mesures, l'importance des agents énergétiques dans la couverture des besoins de chaleur stagne de 2014 à 2050.

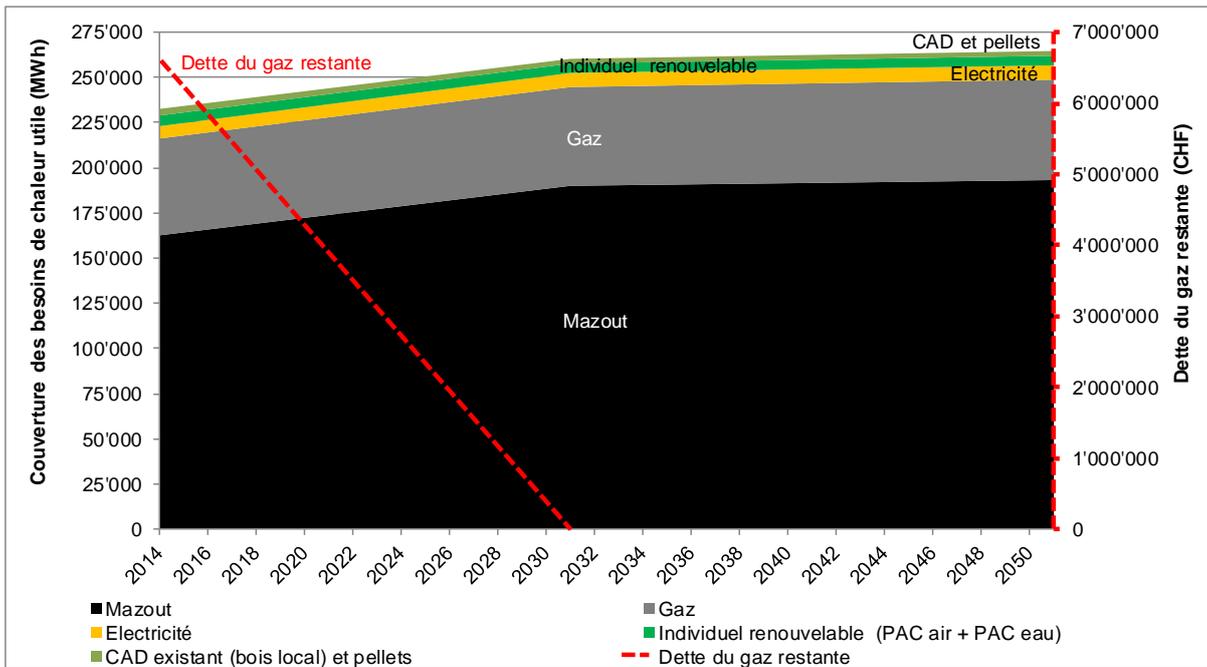


Figure 21 : Stratégie énergétique du Scénario n°1 pour la chaleur

#### 6.2.4 EVOLUTION DE L'OFFRE EN MATIERE D'ELECTRICITE POUR LE SCENARIO N°1 - MINIMUM

L'évolution de l'offre en matière d'électricité est illustrée par la Figure n°22. La situation initiale est maintenue (fourniture de 80% des besoins par les SID via des certificats hydrauliques, solde par les réseaux hors SID via mix suisse).

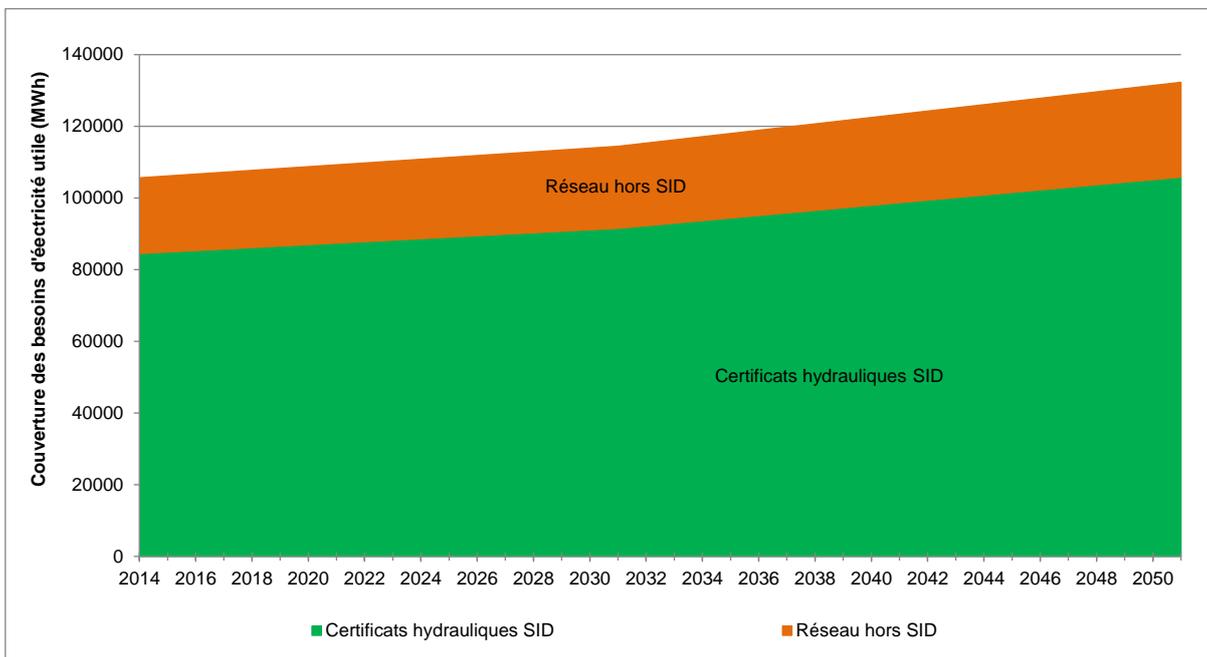


Figure 22 : Stratégie énergétique du Scénario n°1 pour l'électricité

#### 6.2.5 CONCLUSION SUR LES RESULTATS DU SCENARIO N°1 – MINIMUM

Le Scénario n°1 est très éloigné des objectifs de la Société à 2'000 Watts, notamment pour ce qui concerne les objectifs liés aux émissions de CO<sub>2</sub>. Que l'on prenne ou non en compte la composante liée à l'énergie grise, le Scénario n°1 ne satisfait donc pas aux exigences d'une planification énergétique suffisante.

## 6.3 SCENARIO N°2 – MAXIMUM

### 6.3.1 CONDITIONS CADRES DU SCENARIO N°2 - MAXIMUM

Les conditions-cadres générales du Scénario n°2 se basent sur une modélisation des besoins énergétiques et des émissions de GES d'après une situation idéale consistant en une couverture intégrale des besoins à l'aide d'énergies renouvelables. Cette situation n'est pas réaliste mais permet de connaître la limite théorique la plus vertueuse en termes de production d'énergie, en deçà de laquelle il ne sera pas possible d'aller.

Les conditions-cadres et variables dynamiques du Scénario n°2 sont spécifiées dans le Tableau 19 (les paramètres fixes sont expliqués et décrits dans l'annexe A, §1.4, Tableaux 31 et 32).

Variables dynamiques	Scénario n°2 « Maximum »	Type d'action
<b>Logements et activités</b>		
Nombre de rénovations de bâtiments à l'année n+1	1% du stock non rénové à l'année n	Réduction
Rénovation avec passage du chauffage en basse température	Oui	Réduction
Nouvelles constructions avec chauffage en basse température	Oui	Réduction Efficacité
Exigences consommation chauffage + ECS bâtiments neufs	MINERGIE-P ou équivalent	Réduction
Exigences consommation chauffage + ECS bâtiments rénovés	MINERGIE ou équivalent	Réduction
Couverture chauffage + ECS bâtiments neufs et rénovés	PACs géothermiques SID <sup>29</sup> (COPa 4.5)	Efficacité Renouvelable
Couverture chauffage + ECS bâtiments existants	PAC géothermiques SID <sup>29</sup> (COPa 3.0)	Efficacité Transition
Production locale d'électricité verte	Non, rien de plus	
Economies d'électricité	Oui, 20% de la consommation électrique hors PAC <sup>30</sup>	Réduction
Production non locale d'électricité	100% renouvelable (100% certificats hydrauliques SID)	Renouvelable
<b>Mobilité</b>		
Amélioration consommation et émissions des véhicules	Oui, selon dynamique progrès actuels et normes à venir	Réduction Efficacité
Développement véhicules électriques	Très importante (25% du parc dès 2030)	Réduction Efficacité Renouvelable
Développement véhicules gaz	Idem scénario n°1	Efficacité
Transfert 10% trajets <3 km vers vélos électriques	Oui	Réduction Efficacité Renouvelable
Augmentation du taux d'occupation des véhicules de 10% par covoiturage	Oui	Réduction
Répartition du parc	65% essence et hybride, 25% électrique, 9% diesel et 1% gaz	

**Tableau 19** : Conditions-cadres et variables dynamiques du Scénario n°2

<sup>29</sup> PAC sur électricité certifiée (certificats hydrauliques)

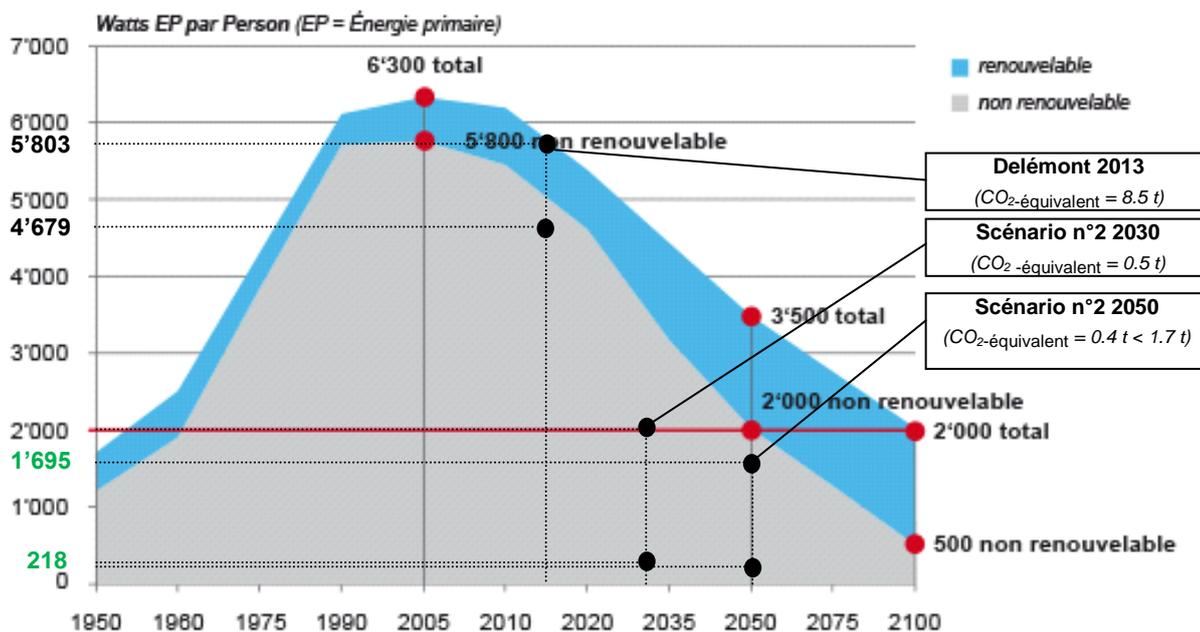
<sup>30</sup> Soit 26'500 MWh

### 6.3.2 RESULTATS DU SCENARIO N°2 - MAXIMUM

Les bilans des besoins énergétiques primaires et des émissions de CO<sub>2</sub> selon le Scénario n°2 aux horizons 2030 et 2050 sont résumés dans le Tableau 20 et la Figure 21.

Type de besoin	Type d'énergie	EPT 2050 (MWh)	Dont EPR 2050 (MWh)	GES 2050 (t eq-CO <sub>2</sub> )	Bilan EPT 2050 (W/personne/an)	Dont Bilan EPR 2050 (W/personne/an)	Bilan GES 2050 (t eq CO <sub>2</sub> /personne/an)
Logements Activités	Chaleur	240'247	240'247	2'757	1'482	1'482	0.1
	Froid						
	Electricité						
Mobilité	Mobilité fossile	34'442	2'276	4'983	213	14	0.3
	Mobilité électrique						
<b>Bilan final</b>					<b>1'695</b>	<b>1'497</b>	<b>0.4</b>

**Tableau 20** : Détail du bilan énergétique et émissif du Scénario n°2 à l'horizon 2050 (EPT = Energie Primaire Totale ; EPR = Energie Primaire Renouvelable, GES = Emissions de Gaz à Effet de Serre)



**Figure 23** : Bilans énergétiques et émissifs du Scénario n°2 en 2030 et 2050

Les objectifs en termes de bilan énergétique et d'émissions de gaz à effet de serre sont nettement dépassés, y compris en prenant en compte les valeurs-cibles de la Société à 2'000 Watts avec la composante de l'énergie-grise. Ce résultat est encourageant, car il laisse à penser que des scénarii plus techniquement et économiquement plus raisonnables pourraient remplir les objectifs de la Société à 2'000 Watts.

### 6.3.3 EVOLUTION DE L'OFFRE EN MATIERE DE CHALEUR POUR LE SCENARIO N°2 - MAXIMUM

L'évolution de l'offre en matière de chaleur est illustrée par la Figure n°24. Le scénario n°2 montre clairement la conversion au tout renouvelable et l'arrêt de la fourniture de chaleur par le mazout et le gaz à l'horizon 2030. Bien qu'étant une énergie renouvelable, le CAD bois existant est arrêté car substitué par des PAC géothermiques fonctionnant sur du courant électrique 100% renouvelable, plus efficaces et écologiques que la combustion du bois. D'après les besoins de gaz à fournir et les données financières à notre disposition, la dette actuelle du gaz ne serait jamais remboursée : une dette résiduelle d'environ CHF 3.7 Mios serait à prévoir dès la fin de l'année 2030<sup>31</sup>.

<sup>31</sup> Sans prise en compte de l'augmentation probable des coûts du gaz.

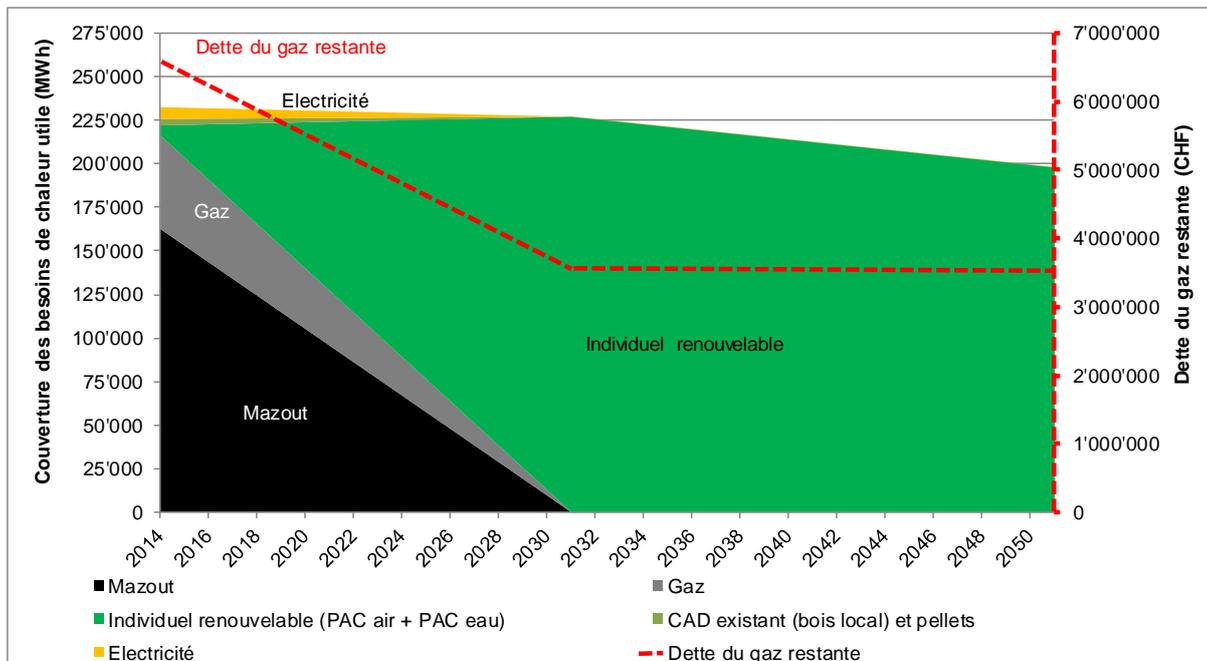


Figure 24 : Stratégie énergétique du Scénario n°2 pour la chaleur

#### 6.3.4 EVOLUTION DE L'OFFRE EN MATIERE D'ELECTRICITE POUR LE SCENARIO N°2 - MAXIMUM

L'évolution de l'offre en matière d'électricité est illustrée par la Figure n°25. La situation initiale évolue pour qu'en 2030, la totalité de l'électricité soit fournie par les SID via des certificats hydrauliques.

Une politique ambitieuse d'économies d'électricité basée sur un objectif de baisse d'environ 20% de la consommation électrique hors PAC devrait permettre de contenir l'augmentation des besoins électriques dû à la couverture intégrale des besoins de chaleur par les PAC dès 2030. L'augmentation de la consommation électrique sera très nette pendant la période 2014-2030 (substitution complète des besoins de chaleur utile par les PAC), et plus contenue à partir de 2030 (seuls les nouveaux bâtiments feront augmenter les besoins électriques).

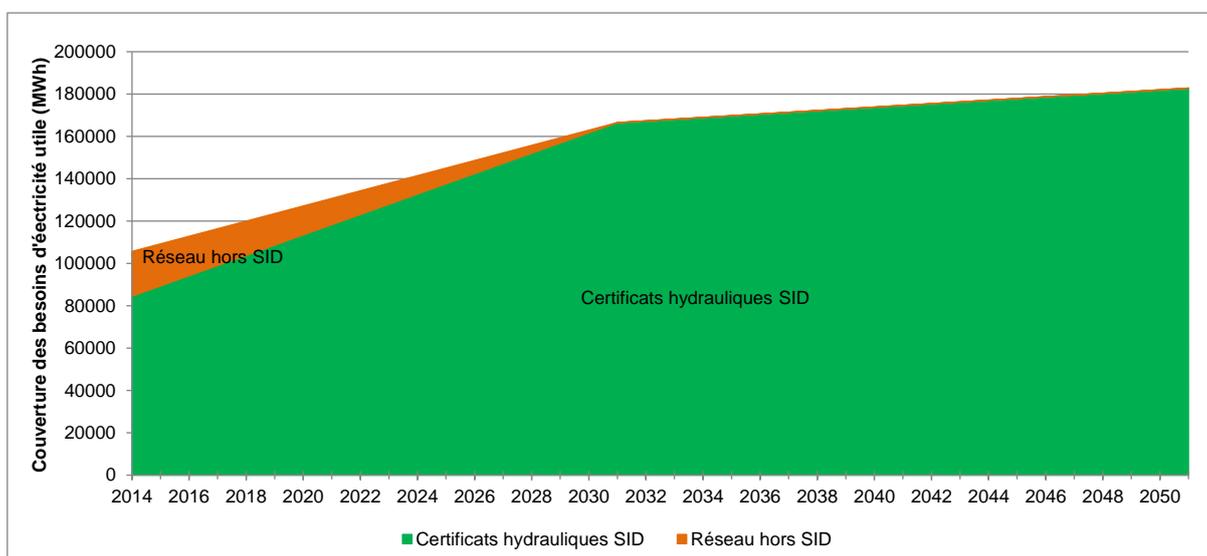


Figure 25 : Stratégie énergétique du Scénario n°2 pour l'électricité

#### 6.3.5 CONCLUSION SUR LES RESULTATS DU SCENARIO N°2 - MAXIMUM

Les résultats du Scénario n°2 montrent qu'une politique du « tout renouvelable » dans la production d'énergie permet de remplir très largement les objectifs d'énergie primaire et de bilan carbone de la Société à 2'000 Watts dès 2030, et ce malgré un parc automobile comprenant 75% de véhicules fonctionnant aux énergies fossiles.

Bien qu'idéal sur le plan environnemental, ce scénario n'est pas réaliste tant il requiert des investissements particulièrement élevés et de surcroît immédiats. L'hypothèse la plus lourde de conséquence réside dans les performances des bâtiments existants. En effet, la rénovation des anciens bâtiments, surtout historiques, au standard

Minergie est extrêmement compliquée sur les plans technique et architectural, et entraîne des investissements très lourds et largement non rentables.

Pour conclure, même si l'ensemble des objectifs de la Société à 2'000 Watts sont largement remplis, le Scénario n°2 ne satisfait pas aux exigences d'une planification énergétique techniquement réalisable et économiquement supportable.

## 6.4 SCENARIO N°3 – RENOUELABLE LOCAL

### 6.4.1 CONDITIONS CADRES DU SCENARIO N°3 – RENOUELABLE LOCAL

Les conditions-cadres générales du Scénario n°3 se basent sur politique énergétique ambitieuse où la couverture des besoins de chaleur par le mazout est réduite à néant d'ici 2030. La stratégie se caractérise également par un développement massif et immédiat des ressources renouvelables locales (géothermie, cours d'eau et bois local) et qui limite fortement les importations de ressources renouvelables non indigènes (bois énergie sous forme de pellets notamment).

Les ressources renouvelables locales n'étant pas en quantité suffisante pour assurer une baisse drastique de l'exploitation des ressources fossiles, ce scénario se caractérise par une densification du réseau de gaz. La couverture du gaz dans les besoins de chaleur évoluerait ainsi de la manière suivante :

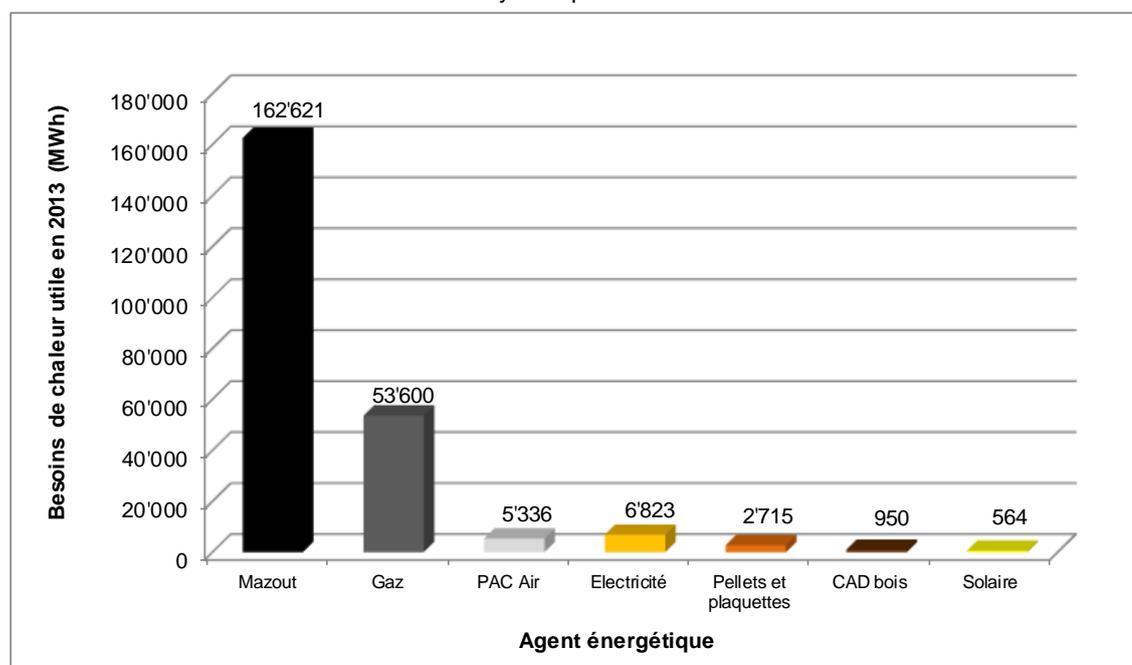
- 23% des besoins de chaleur en 2013 ;
- 52% des besoins de chaleur en 2030 ;
- 43% des besoins de chaleur en 2050.

Les conditions-cadres et variables dynamiques du Scénario n°3 sont spécifiées dans le Tableau 21 (les paramètres fixes sont expliqués et décrits dans l'annexe A, §1.4, Tableaux 31 et 32).

La répartition de la couverture des besoins de chaleur choisie dans le Scénario n°3 est illustrée et comparée à la situation 2013 par les Figures 26 à 28.

Variables dynamiques	Scénario n°3 - « Renouvelable local »	Type d'action
<b>Logements et activités</b>		
Nombre de rénovations de bâtiments à l'année n+1	1% du stock non rénové à l'année n	Réduction
Rénovation avec passage du chauffage en basse température	Non	Réduction
Nouvelles constructions avec chauffage en basse température	Oui	Réduction Efficacité
Exigences consommation chauffage + ECS bâtiments neufs et rénovés	Norme 380/1	Réduction
Couverture chauffage de l'ensemble des bâtiments	Selon couverture des besoins illustrée par les Figures 23 et 24	Efficacité Renouvelable
Production locale d'électricité verte	Oui <sup>32</sup>	
Economies d'électricité	Oui, 10% de la consommation électrique hors PAC <sup>33</sup>	Réduction
Production non locale d'électricité	Selon situation 2013 80% certificats hydrauliques (SID) et 20% mix suisse prise (hors SID)	Renouvelable
<b>Mobilité</b>		
Amélioration consommation et émissions des véhicules	Oui, selon dynamique des progrès actuels et des normes à venir	Réduction Efficacité
Développement véhicules électriques	Importante (10% du parc dès 2030)	Réduction Efficacité Renouvelable
Développement véhicules gaz	Idem scénario n°1	Efficacité
Transfert 10% trajets <3 km vers vélos électriques	Oui	Réduction Efficacité Renouvelable
Augmentation du taux d'occupation des véhicules de 10% par covoiturage	Oui	Réduction
Répartition du parc	73% essence et hybride, 13% diesel, 10% électrique, 3% vélos électrique et 1% gaz	

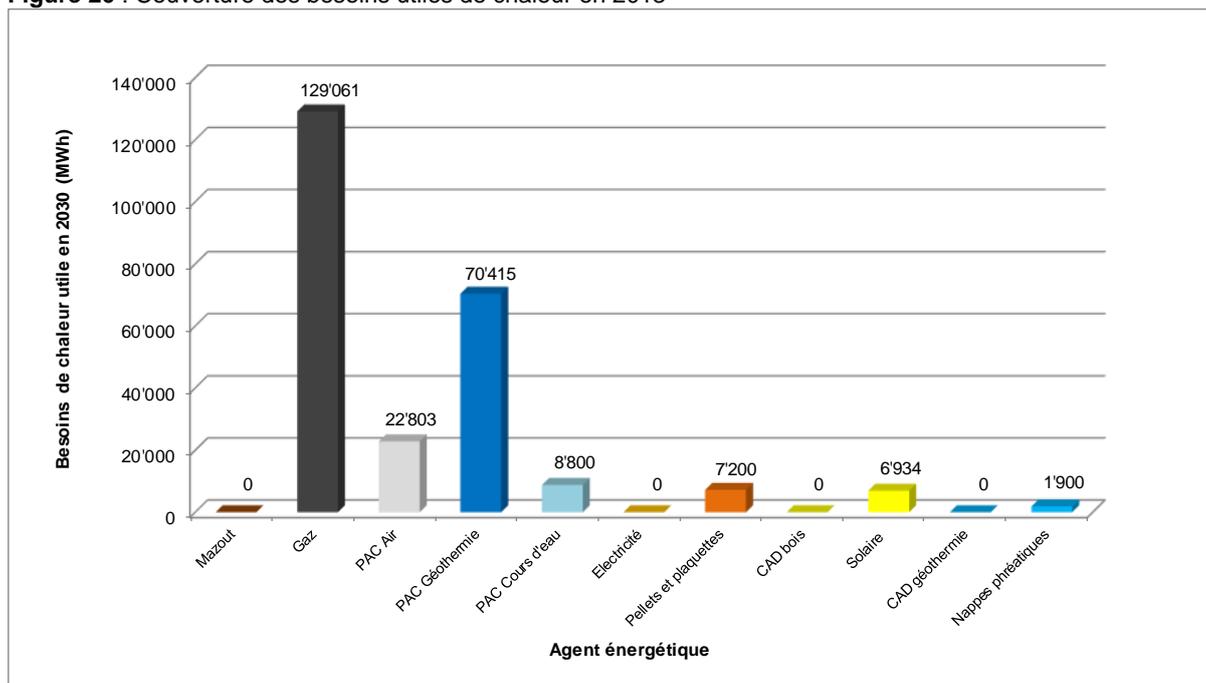
**Tableau 21** : Conditions-cadres et variables dynamiques du Scénario n°3



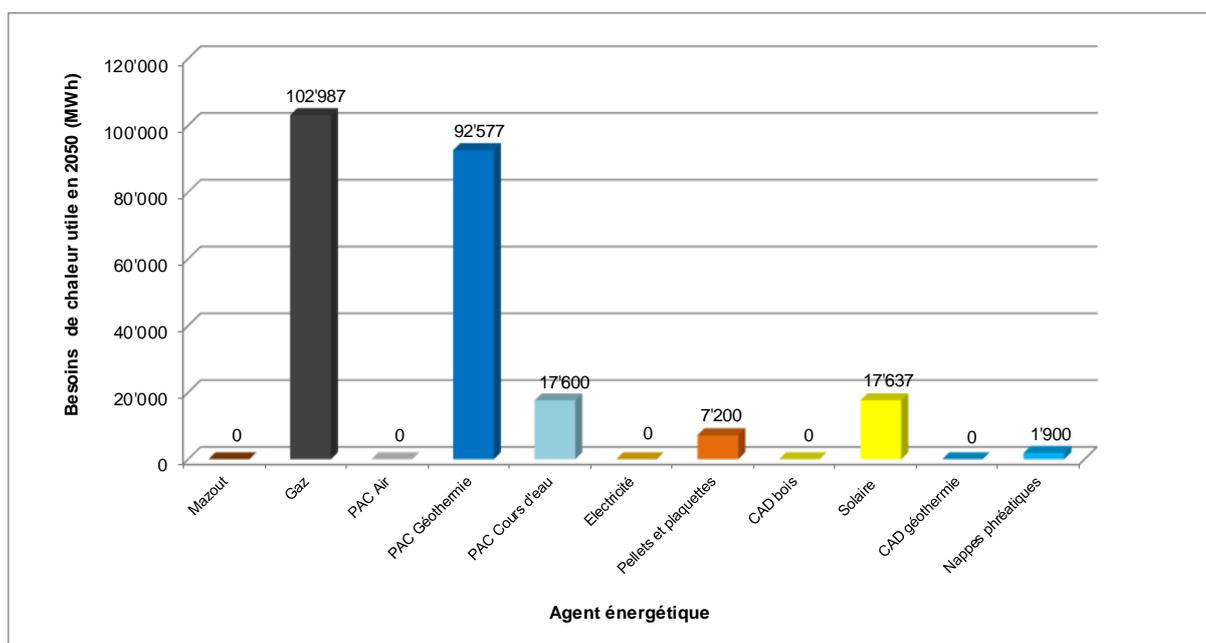
<sup>32</sup> Dès 2014, démarrage de production locale d'électricité verte d'origine photovoltaïque (20 sites les plus prometteurs + 50% du potentiel restant à venir d'ici 2050) et hydraulique (projet de la grande écluse uniquement). Dès 2030, intensification de la production locale d'électricité verte jusqu'à son potentiel rentable maximal (exploitation maximale de l'ensemble des gisements).

<sup>33</sup> Soit 13'250 MWh

**Figure 26 : Couverture des besoins utiles de chaleur en 2013**



**Figure 27 : Couverture des besoins utiles de chaleur à l'horizon 2030 selon le scénario 3**



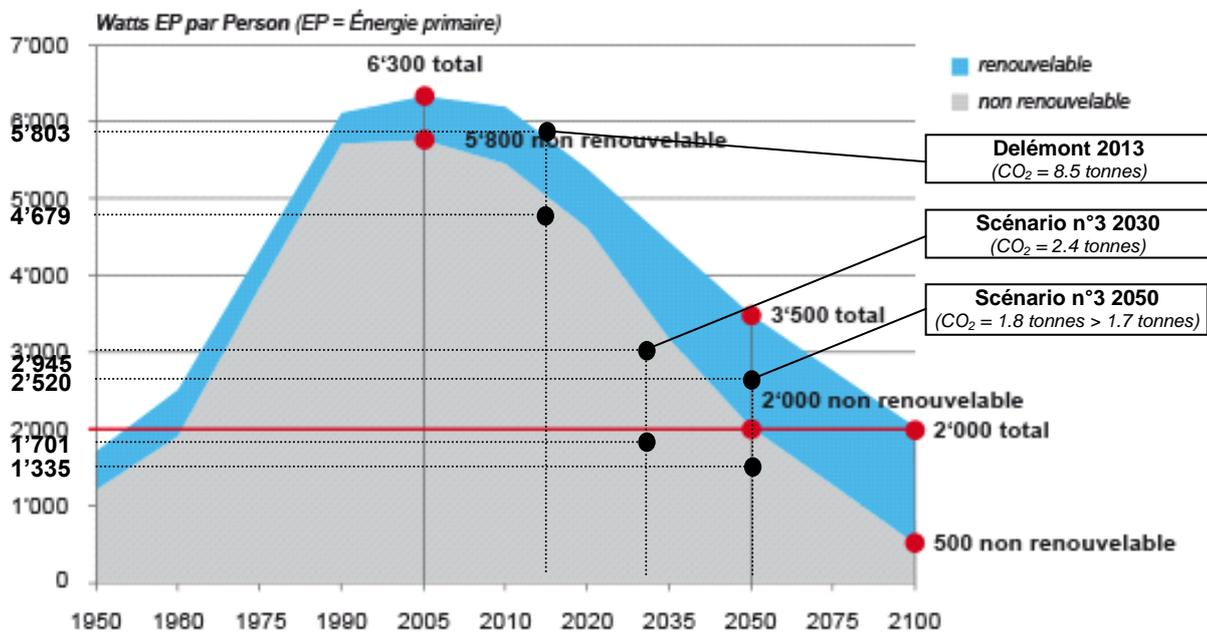
**Figure 28 : Couverture des besoins utiles de chaleur à l'horizon 2050 selon le scénario 3**

#### 6.4.2 RESULTATS DU SCENARIO N°3 – RENEUVABLE LOCAL

Les bilans des besoins énergétiques primaires et des émissions de gaz à effet de serre selon le Scénario n°3 aux horizons 2030 et 2050 sont résumés dans le Tableau 22 et la Figure 29.

Type de besoin	Type d'énergie	EPT 2050 (MWh)	Dont EPR 2050 (MWh)	GES 2050 (t CO <sub>2</sub> -équivalent)	Bilan EPT 2050 (W/personne/an)	Dont Bilan EPR 2050 (W/personne/an)	Bilan GES 2050 (t CO <sub>2</sub> -équivalent /personne/an)
Logements Activités	Chaleur	373'899	191'193	27'737	2'307	1'180	1.5
	Froid						
	Electricité						
Mobilité	Mobilité fossile	34'550	809	5'202	213	5	0.3
	Mobilité électrique						
<b>Bilan final</b>					<b>2'520</b>	<b>1'185</b>	<b>1.8</b>

**Tableau 22** : Détail du bilan énergétique et émissif du Scénario n°3 à l'horizon 2050 (EPT = Energie Primaire Totale ; EPR = Energie Primaire Renouvelable, GES = Emissions de Gaz à Effet de Serre)



**Figure 29** : Bilans énergétiques et émissifs du Scénario n°3 en 2030 et 2050

Les objectifs sont nettement atteints pour l'énergie primaire, y compris en prenant en compte les valeurs-cibles de la Société à 2'000 Watts avec la composante de l'énergie grise. Notons toutefois que le résultat du bilan carbone ne permet pas d'atteindre l'objectif d'émission en 2050 si l'on prend en compte la composante liée à l'énergie grise nécessaire à la production des biens et des services (valeur-cible de 1.7 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> par habitant et par an en 2050, §4.5, Tableau 5).

#### 6.4.3 EVOLUTION DE L'OFFRE EN MATIERE DE CHALEUR POUR LE SCENARIO N°3 – RENEUVABLE LOCAL

L'évolution de l'offre en matière de chaleur est illustrée par la Figure n°30. L'interdiction du recours au mazout induit que la fourniture de chaleur par cet agent énergétique devient nulle à l'horizon 2030.

Pour compenser en partie la couverture des besoins du mazout, le réseau gaz est densifié (et pas étendu !) jusqu'en 2030 (couverture des besoins de chaleur de 23% en 2013, 52% en 2030 et 43% en 2050), ce qui permet d'accélérer très nettement le remboursement de la dette actuelle du gaz. Le gaz continue donc à jouer un rôle important dans la fourniture de chaleur, et la dépendance énergétique de l'étranger est même accentuée par rapport à 2013.

Le solde des besoins est couvert grâce au fort développement des énergies renouvelables individuelles : celles-ci passent de 0% à presque 40% des besoins entre 2013 et 2030.

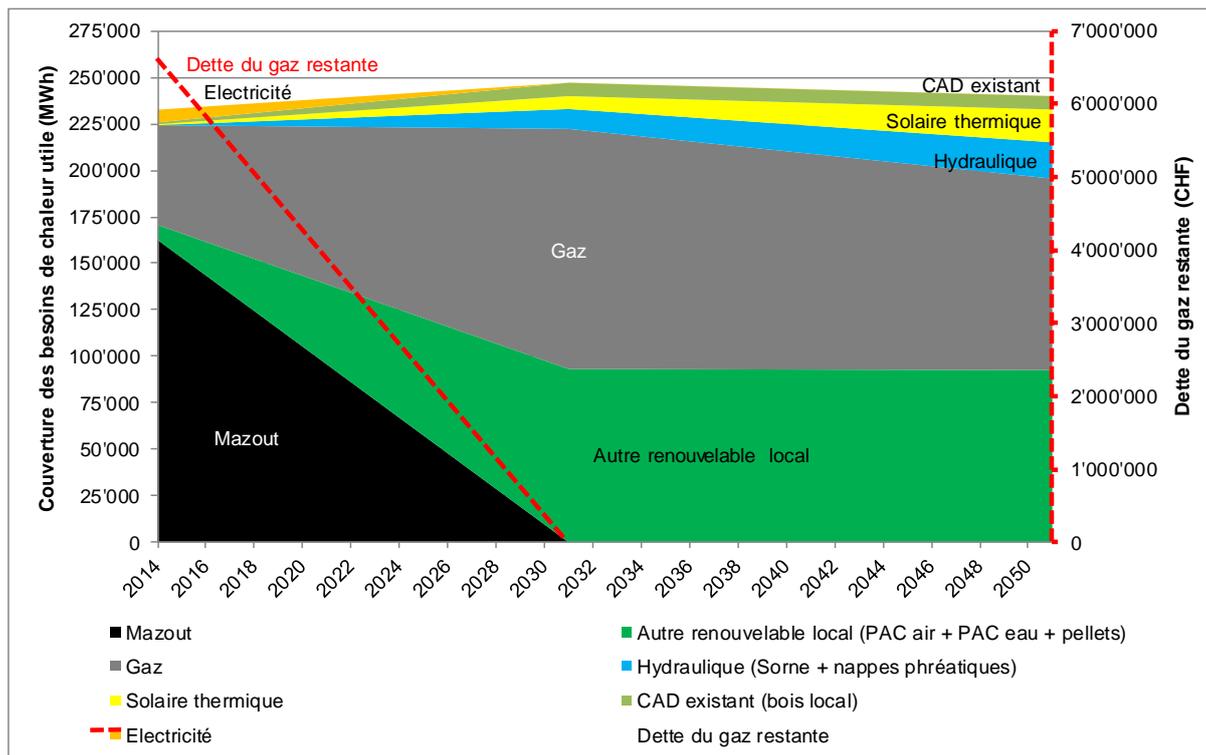


Figure 30 : Stratégie énergétique du Scénario n°3 pour la chaleur

#### 6.4.4 EVOLUTION DE L'OFFRE EN MATIERE D'ELECTRICITE POUR LE SCENARIO N°3 – RENOVELABLE LOCAL

L'évolution de l'offre en matière d'électricité est illustrée par la Figure n°31<sup>34</sup>. Les effets de la libéralisation totale ou pas du marché de l'électricité ne sont pas pris en compte dans cette figure. Selon les décisions politiques, il pourrait être nécessaire de réviser la figure ci-dessous.

Les besoins électriques étant très supérieurs aux ressources, l'achat de certificats hydrauliques est essentiel et devra être maintenu dans le futur pour fournir la majeure partie de l'électricité fournie par le réseau des SID.

Une politique ambitieuse d'économies d'électricité basée sur un objectif de baisse d'environ 10% de la consommation électrique hors PAC (soit 13'250 MWh d'économies) devra être mise en place afin de permettre une augmentation aussi modérée que possible de la consommation d'électricité. En effet, la forte couverture des besoins de chaleur par les PAC (42% en 2030 et 47% en 2050) aura un effet substantiel sur la consommation électrique de la Commune.

D'ici 2030, la consommation électrique de la Commune pourra être couverte à hauteur de 8% (10'481 MWh) par la production des 20 plus grandes installations photovoltaïques potentielles ainsi que par le solde des surfaces disponibles sur les toitures des nouvelles constructions d'ici 2030. Cette couverture sera portée à 12% en 2050.

D'ici 2030, la consommation électrique de la Commune pourra être couverte à hauteur de 0.5% (540 MWh) grâce au potentiel de production du projet de la Grande Ecluse. Cette couverture sera portée à 2% en 2050 grâce à l'exploitation de microcentrales hydroélectriques sur le Ticle et de microturbinage.

D'ici 2050, la consommation électrique de la Commune pourra être couverte à hauteur de 10% par une installation de 3 à 4 éoliennes au Nord-Ouest du territoire de la Commune.

D'ici 2050, la consommation électrique de la Commune pourra être couverte à hauteur de 1% par un projet de valorisation des déchets sur la Commune de Courtemelon.

Le développement de ces potentiels de production locale d'électricité verte à l'horizon 2050 (photovoltaïque et éolien notamment) fait mécaniquement baisser la part de couverture des besoins par les certificats hydrauliques et les réseaux hors SID.

<sup>34</sup> Comme spécifié par la méthode de l'OFEN relative à la Société à 2000 Watts, la production photovoltaïque et éolienne n'est pas incluse dans le bilan puisqu'il s'agit d'installations qui fournissent de l'électricité à des tiers.

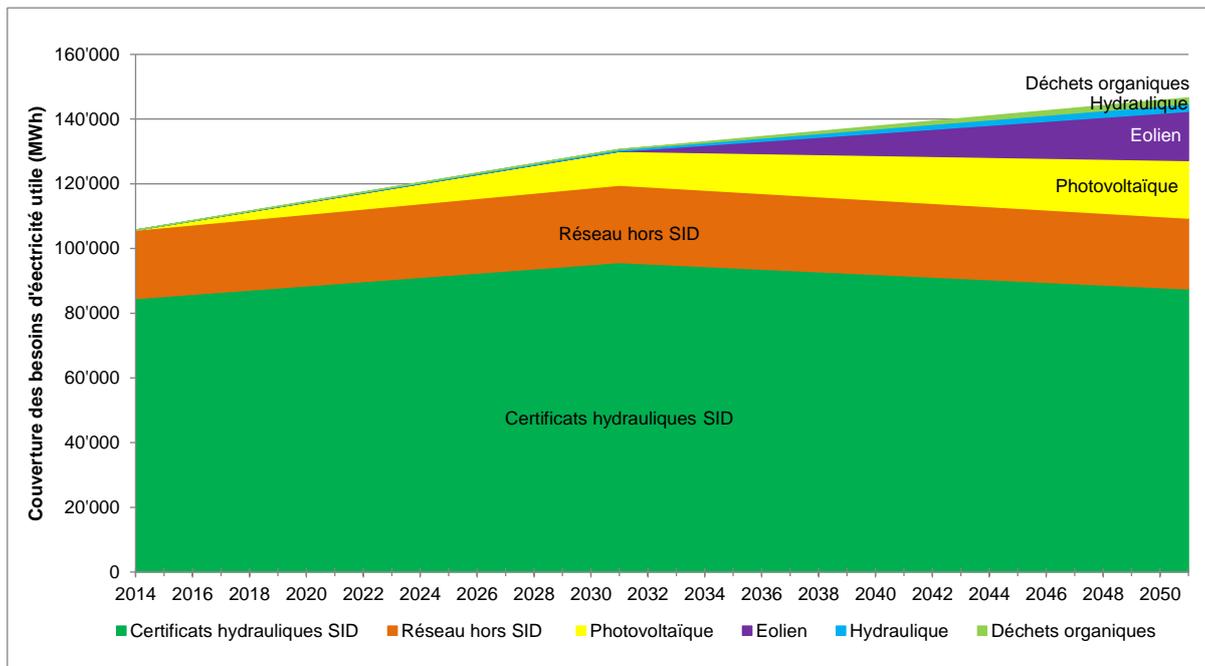


Figure 31 : Stratégie énergétique du Scénario n°3 pour l'électricité

#### 6.4.5 CONCLUSION SUR LES RESULTATS DU SCENARIO N°3 – RENOUELABLE LOCAL

Les résultats du Scénario n°3 montrent qu'une politique de transition énergétique raisonnable mais peu adaptée au contexte local (potentiels rentables maximaux de la géothermie, de l'hydrothermie, du solaire thermique et du bois-énergie local) ne permet pas de remplir l'ensemble des objectifs de la Société à 2'000 Watts.

De plus, bien que techniquement réalisable, ce scénario nécessite des investissements particulièrement lourds. Il reste difficilement réalisable économiquement en raison de :

- la couverture très importante des besoins par la géothermie ;
- la valorisation aérothermique pendant la transition 2030-2050 uniquement ;
- la valorisation thermique maximale de La Sorne qui est politiquement peu réaliste ;
- le lancement d'investissements immédiats et massifs.

Techniquement, il convient également de souligner que le développement de la géothermie telle que prévue par ce scénario requiert la réalisation d'un nombre de forages géothermiques très important : plus de 5'000 sondes de 150 m de profondeur dès 2030, et 1'500 sondes supplémentaires entre 2030 et 2050. Une surface totale de 90 terrains de football serait alors nécessaire, par exemple à l'ouest de la Commune.

Enfin, le Scénario n°3 n'est pas suffisamment optimal au niveau de la couverture des besoins de chaque secteur énergétique.

Pour conclure, le Scénario n°3 n'est économiquement pas supportable, politiquement très difficile et peu adapté au contexte local (typologie des besoins par secteur énergétique).

De plus, le bilan carbone du Scénario n°3 ne permet pas d'atteindre les valeurs-cibles de la Société à 2'000 Watts si l'on prend en compte la composante de l'énergie grise nécessaire à la production des biens et des services (§4.5, Tableau 5).

## 6.5 SCENARIO N°4 – COMPATIBLE

### 6.5.1 CONDITIONS CADRES DU SCENARIO N°4 - COMPATIBLE

Les conditions-cadres générales du Scénario n°4 se basent sur une politique énergétique ambitieuse où la couverture des besoins de chaleur par le mazout est réduite à néant d'ici 2030. Ce scénario est celui qui présente le mix énergétique le plus équilibré et le plus adapté au contexte énergétique et économique local. Les ressources renouvelables sont développées, qu'elles soient locales ou non. De plus, la stratégie développée est plus en accord avec la typologie des besoins de chaque secteur énergétique et est économiquement plus réaliste.

La couverture des besoins en chaleur priorise le recours au bois énergie sous toutes ses formes (CAD + pellets pour chauffages individuels) et permet de tenir compte de l'amortissement des réseaux existants. La couverture des besoins par la géothermie (CAD + individuelle) et l'aérothermie représente une part substantielle des besoins qui reste toutefois plus limitée que dans le scénario n°3.

Le développement des ressources renouvelables n'étant pas suffisant pour assurer une baisse drastique de l'exploitation des ressources fossiles dès 2030, ce scénario prévoit une densification transitoire du réseau de gaz jusqu'en 2030, et ce, sans extension. La couverture du gaz dans les besoins de chaleur évoluerait ainsi de la manière suivante :

- 23% des besoins de chaleur en 2013 ;
- 54% des besoins de chaleur en 2030 ;
- 11% des besoins de chaleur en 2050.

A l'horizon 2050, les ressources renouvelables seraient donc suffisantes pour assurer une baisse drastique de l'exploitation des ressources fossiles.

Les conditions-cadres et variables dynamiques du Scénario n°4 sont identiques à celles du Scénario n°3 à l'exception de la répartition de la couverture des besoins de chaleur choisie dans le Scénario n°4 qui est illustrée et comparée à la situation de 2013 par les Figures 32 à 34.

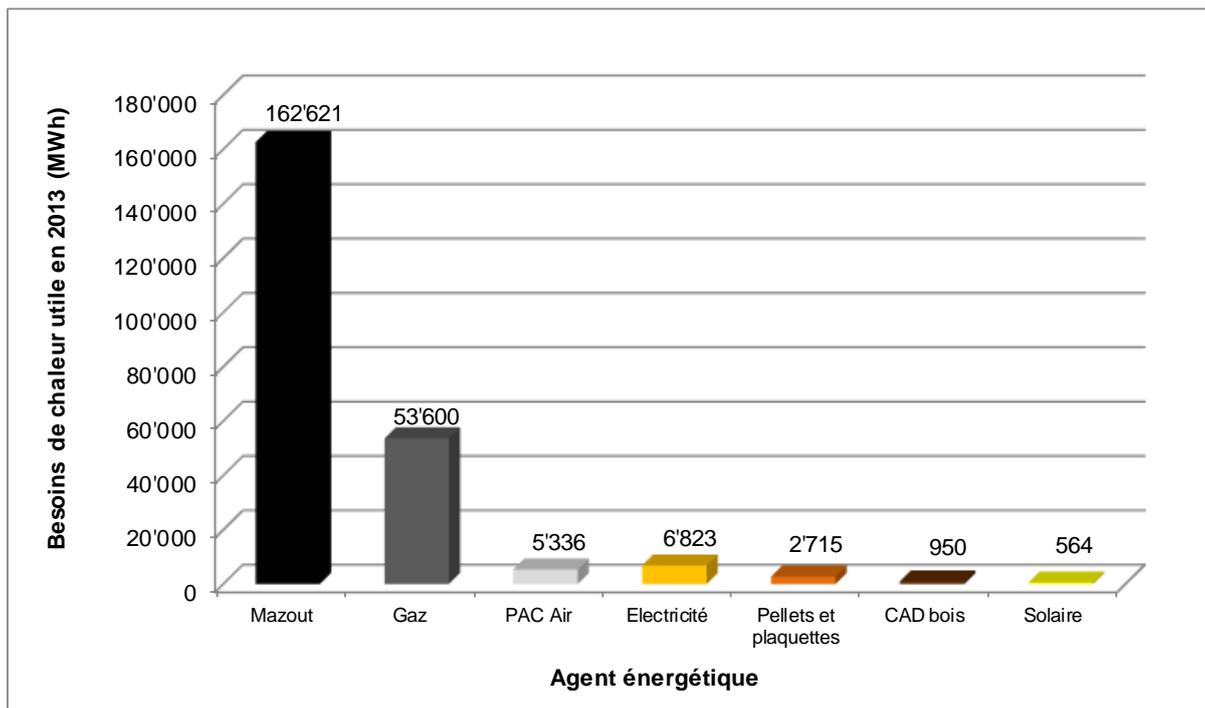
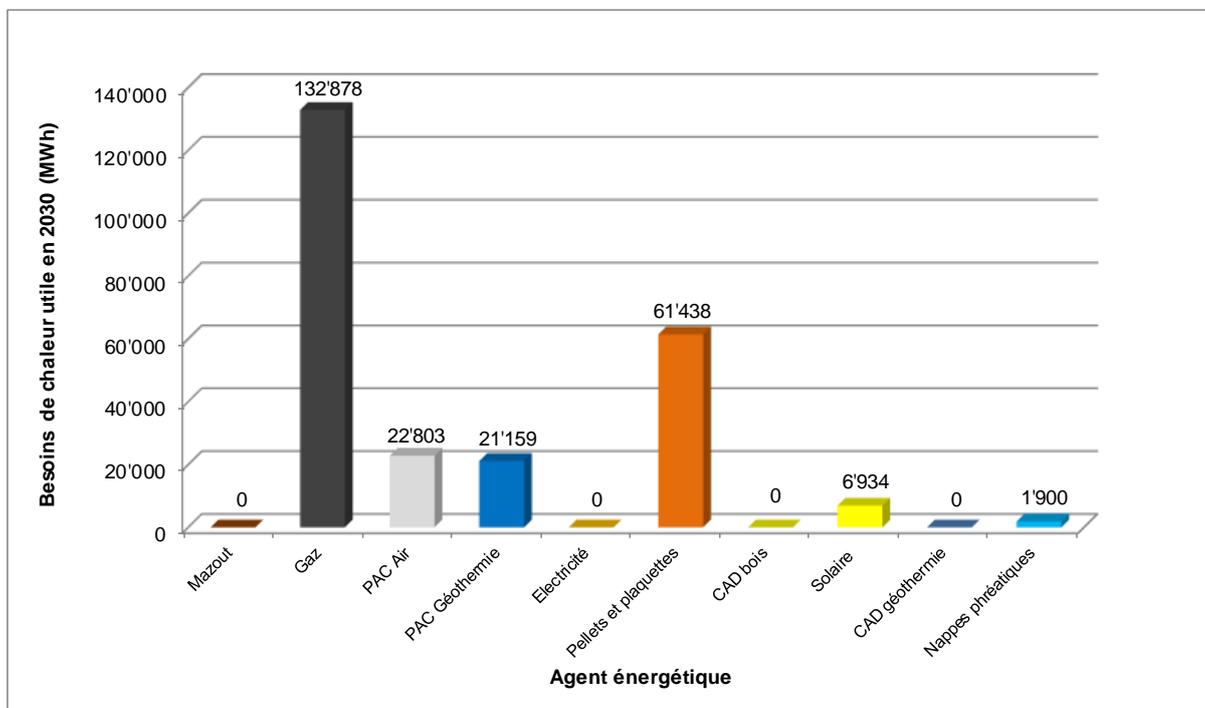
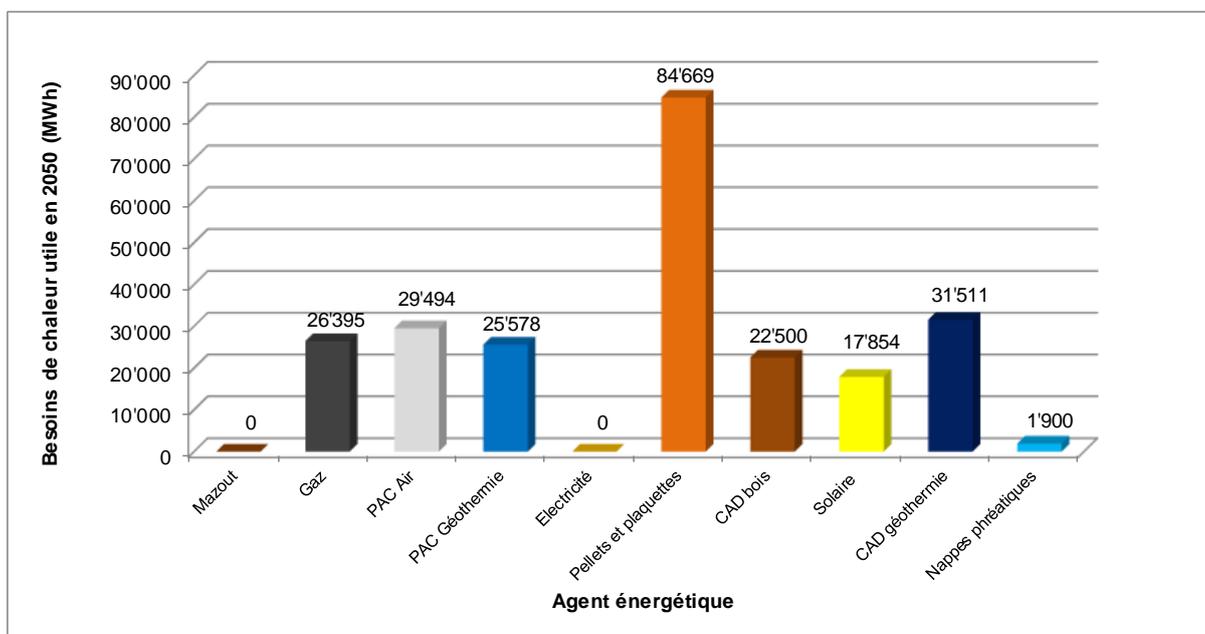


Figure 32 : Couverture des besoins utiles de chaleur en 2013



**Figure 33** : Couverture des besoins utiles de chaleur à l'horizon 2030



**Figure 34** : Couverture des besoins utiles de chaleur à l'horizon 2050

Comme expliqué précédemment, la spécificité du Scénario n° 4 réside dans l'enchaînement de deux transitions énergétiques pour opérer le passage à une chaleur presque entièrement renouvelable en 2050, et ce de manière supportable.

Dans un premier temps jusqu'en 2030, le réseau de gaz actuel sera densifié sans extension, ce qui permettra de l'amortir plus rapidement. Pour remplacer le mazout, le gaz devra permettre de couvrir 54% des besoins de chaleur. Dans le même temps, ce scénario prévoit que les gisements renouvelables soient mis à contribution à hauteur de 70% de leur potentiel rentable, à l'exception du solaire thermique qui n'est exploité qu'à hauteur de 40% parce qu'il ne peut couvrir qu'une partie des besoins d'ECS et presque rien au chauffage.

Sur la période de 2030 à 2050, la couverture des besoins de chaleur par le gaz passe de 54% à 11%. La couverture des besoins est assurée par un bouquet de gisements locaux ou régionaux selon leur potentiel technique et rentable maximal. Il s'agit par ordre d'importance en 2050 : le bois-énergie par pellets, la géothermie par CAD, l'aérothermie, la géothermie individuelle, le bois énergie par CAD, le solaire thermique et enfin la valorisation thermique des nappes

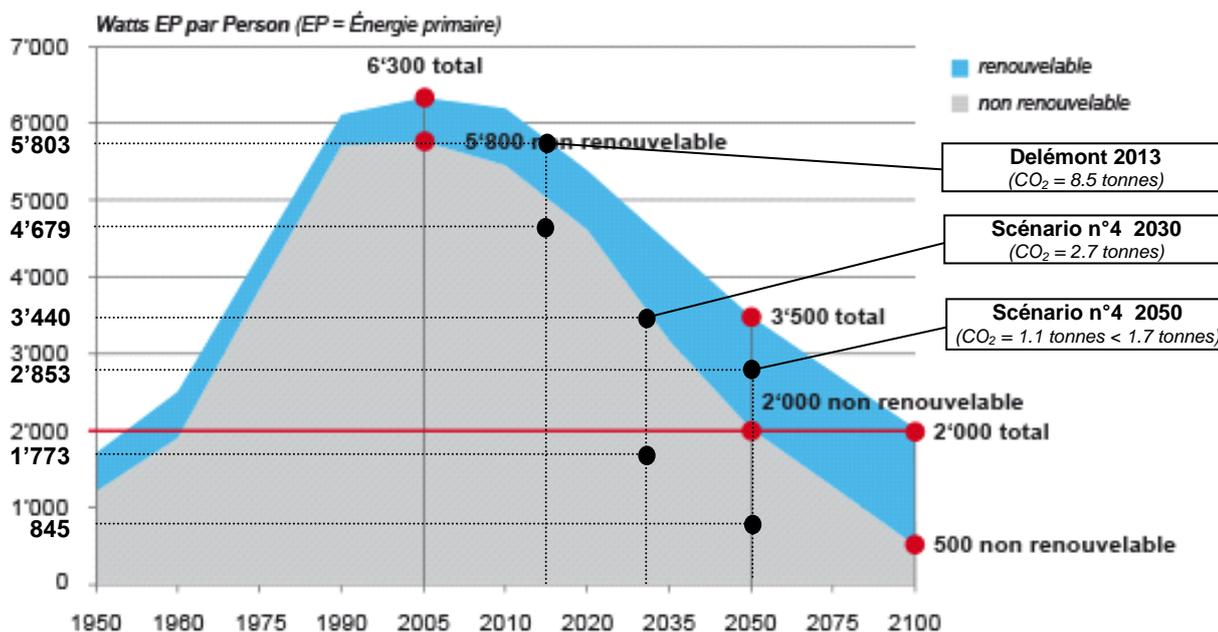
phréatiques. Le gisement de la valorisation thermique de La Sorne n'est pas exploité pour des raisons politiques (risques importants de recours et de blocage du projet).

### 6.5.2 RESULTATS DU SCENARIO N°4 - COMPATIBLE

Les bilans des besoins énergétiques primaires et des émissions de gaz à effet de serre selon le Scénario n°4 aux horizons 2030 et 2050 sont résumés dans le Tableau 23 et la Figure 35.

Type de besoin	Type d'énergie	EPT 2050 (MWh)	Dont EPR 2050 (MWh)	GES 2050 (t CO <sub>2</sub> -équivalent)	Bilan EPT 2050 (W/personne/an)	Dont Bilan EPR 2050 (W/personne/an)	Bilan GES 2050 (t CO <sub>2</sub> -équivalent /personne/an)
Logements Activités	Chaleur	427'878	324'544	14'701	2'640	2'003	0.8
	Froid						
	Electricité						
Mobilité	Mobilité fossile	34'550	809	5'202	213	5	0.3
	Mobilité électrique						
<b>Bilan final</b>					<b>2'853</b>	<b>2'008</b>	<b>1.1</b>

**Tableau 23** : Détail du bilan énergétique et émissif du Scénario n°4 à l'horizon 2050 (EPT = Energie Primaire Totale ; EPR = Energie Primaire Renouvelable, GES = Emissions de Gaz à Effet de Serre)



**Figure 35** : Bilans énergétiques et émissifs du Scénario n°4 en 2030 et 2050

Les résultats du Scénario n°4 montrent que les objectifs d'énergie primaire et de bilan carbone de la Société à 2'000 Watts sont largement remplis dès 2030, et ce y compris en prenant en compte la composante liée à l'énergie grise nécessaire à la production des biens et des services (valeur-cible de 1.7 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> par habitant et par an en 2050).

### 6.5.3 EVOLUTION DE L'OFFRE EN MATIERE DE CHALEUR POUR LE SCENARIO N°4 - COMPATIBLE

L'évolution de l'offre en matière de chaleur est illustrée par la Figure n°36. L'interdiction du recours au mazout induit que la fourniture de chaleur par cet agent énergétique devient nulle à l'horizon 2030. Dans le même temps, le réseau gaz est densifié (et pas étendu !) jusqu'en 2030, ce qui permet d'accélérer très nettement le remboursement de la dette actuelle du gaz : une partie de la chaleur qui n'est plus couverte par le mazout, l'est par le gaz, qui passe d'une part de 20% des besoins en 2013 à 55% en 2030.

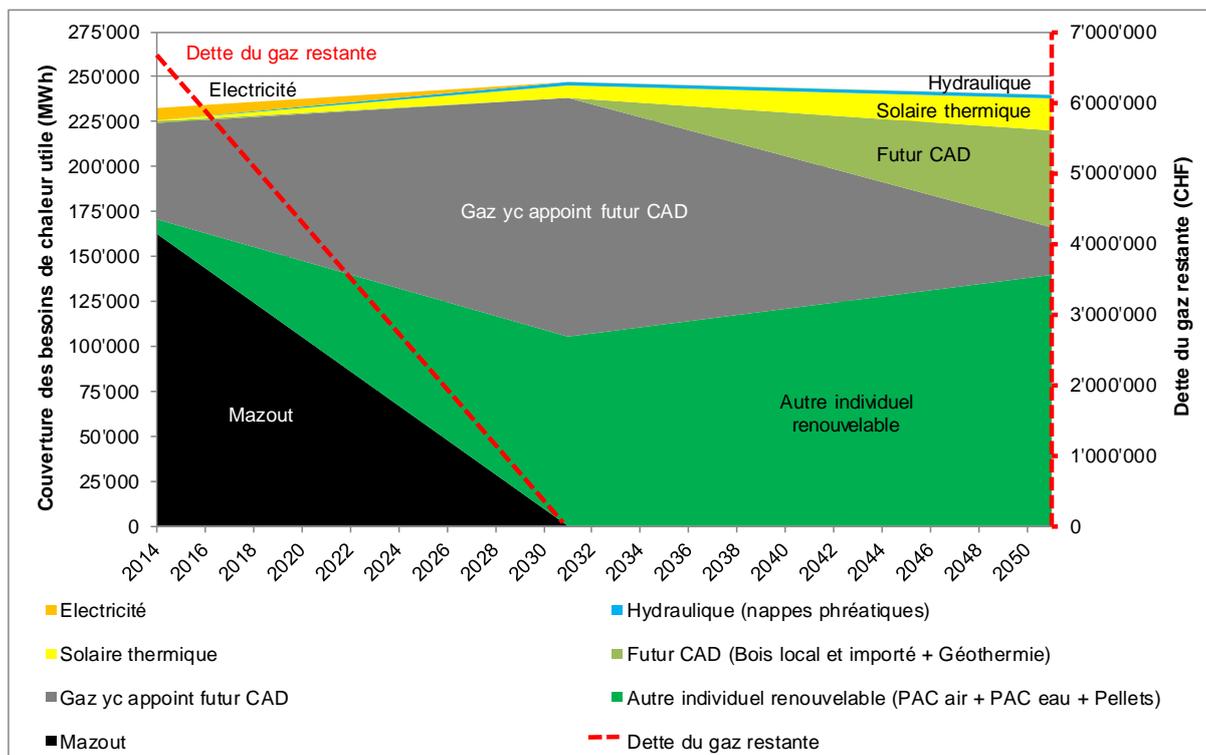


Figure 36 : Stratégie énergétique du Scénario n°4 pour la chaleur

On constate que l'essentiel de l'effort lié à la transition énergétique sera effectué par des privés (lignes « autre renouvelable individuel » et « solaire thermique »).

Les objectifs seront atteints si les pouvoirs publics mettent en place des programmes d'actions (sensibilisation, information, formation, soutien analytique dans le financement, subventions, etc.) qui seront élaborés dans le cadre du plan directeur, couplés à des investissements supportables dans les modes de production renouvelables en réseau.

De cette manière, il sera possible de réduire la part des énergies fossiles dans la couverture des besoins de chaleur de 90% à 11% à l'horizon 2050.

Des objectifs détaillés pour chaque type d'agent énergétique sont détaillés dans les § 6.5.3 à 6.5.9 de développement des ressources renouvelables et, les pistes évoquées ci-après tiennent compte des caractéristiques des 10 secteurs énergétiques de la Commune : besoins énergétiques, disponibilités des gisements renouvelables, présence du réseau gaz, protection du patrimoine, protection des eaux et type de bâtiments. Les aspects économiques et sociaux sont également intégrés dans la réflexion.

#### ■ OBJECTIFS DE COUVERTURE DES BESOINS DE CHALEUR PAR LE BOIS

D'ici 2050, le recours au chauffage individuel aux granulés de bois pourrait fournir environ :

- 5-8% des besoins de chaleur des secteurs 4 et 5 ;
- 25% des besoins de chaleur des secteurs 6 et 10 ;
- 35-40% des besoins de chaleur des secteurs 3, 7 et 8 ;
- Plus de 50% des besoins de chaleur du secteur 2 ;
- 70% des besoins de chaleur du secteur 1 ;
- Plus de 75% des besoins de chaleur du secteur 9.

#### ■ OBJECTIFS DE COUVERTURE DES BESOINS DE CHALEUR PAR UN CAD GEOTHERMIE

D'ici 2050, environ 40% des besoins de chaleur de la zone 6 pourrait être couverte par la géothermie reliée au futur CAD. Deux potentiels sont exploitables :

- La géothermie de faible profondeur, au moyen de champs de sondes géothermique verticales disposées dans le secteur des Prés-Roses - Prés Mochel ;
- A l'image du projet pilote de géothermie profonde pétrothermale de Haute-Sorne, ce type de gisement pourrait être exploité à proximité de Delémont (cf. fiche 5.07.1 du plan directeur cantonal) pour produire de l'électricité et/ou de la chaleur (couverture des besoins non définie à ce stade). Actuellement, un

raccordement au projet-pilote de la Haute Sorne n'est pas à exclure. Cela dépendra notamment de la quantité d'énergie exploitable.

#### ■ OBJECTIFS DE COUVERTURE DES BESOINS DE CHALEUR PAR L'AÉROTHERMIE

D'ici 2050, le recours au chauffage individuel par PAC aérothermiques pourraient fournir environ :

- 1-4% des besoins de chaleur des secteurs 4, 5, 6 et 9 ;
- 10% des besoins de chaleur du secteur 7 ;
- 15% des besoins de chaleur du secteur 1 ;
- 25% des besoins de chaleur du secteur 10 ;
- 35% des besoins de chaleur des secteurs 3 et 8.

#### ■ OBJECTIFS DE COUVERTURE DES BESOINS DE CHALEUR PAR LA GEOTHERMIE INDIVIDUELLE

D'ici 2050, le recours au chauffage individuel par PAC géothermiques pourrait fournir environ :

- 15% des besoins de chaleur des secteurs 3 et 8 ;
- 25% des besoins de chaleur du secteur 2 ;
- 40% des besoins de chaleur des secteurs 4 et 10 ;
- 70% des besoins de chaleur du secteur 5.

#### ■ OBJECTIFS DE COUVERTURE DES BESOINS DE CHALEUR PAR UN CAD BOIS

D'ici 2050, le développement d'un chauffage à distance (CAD) à bois déchiqueté permettrait de desservir les zones 6, 7 et 9 et de couvrir environ :

- 8% des besoins de chaleur du secteur 9 ;
- 15% des besoins de chaleur du secteur 6 ;
- 25% des besoins de chaleur du secteur 7.

Les dimensions de ce CAD seraient analogues à celles de celui de Porrentruy.

#### ■ OBJECTIFS DE COUVERTURE DES BESOINS DE CHALEUR PAR LE SOLAIRE THERMIQUE

D'ici 2050, une couverture partielle des besoins de chaleur par des panneaux solaires thermiques est possible et souhaitable. A l'exception des secteurs 5 et 6 et d'environ 1/3 du secteur 9 (protection du patrimoine), l'ensemble des secteurs pourraient être concernés par les conditions cadres définies ci-dessous :

- 3/4 des besoins en eau chaude sanitaire et 1/5ème des besoins de chauffage des bâtiments neufs et rénovés ;
- 2/3 des besoins en eau chaude sanitaire des bâtiments existants.

#### ■ OBJECTIFS DE COUVERTURE DES BESOINS DE CHALEUR PAR LES NAPPES PHREATIQUES

D'ici 2050, la valorisation de l'eau des nappes phréatiques pourrait fournir un bon tiers des besoins de chaleur du secteur 4.

#### 6.5.4 *EVOLUTION DE L'OFFRE EN MATIERE D'ELECTRICITE POUR LE SCENARIO N°4 - COMPATIBLE*

L'évolution de l'offre en matière d'électricité est illustrée par la Figure n°37<sup>35</sup>. Les effets de la libéralisation totale ou pas du marché de l'électricité ne sont pas pris en compte dans cette figure. Selon les décisions politiques, il pourrait être nécessaire de réviser la figure ci-dessous.

<sup>35</sup> Comme spécifié par la méthode de l'OFEN relative à la Société à 2'000 Watts, la production photovoltaïque et éolienne n'est pas incluse dans le bilan puisqu'il s'agit d'installations qui fournissent de l'électricité à des tiers.

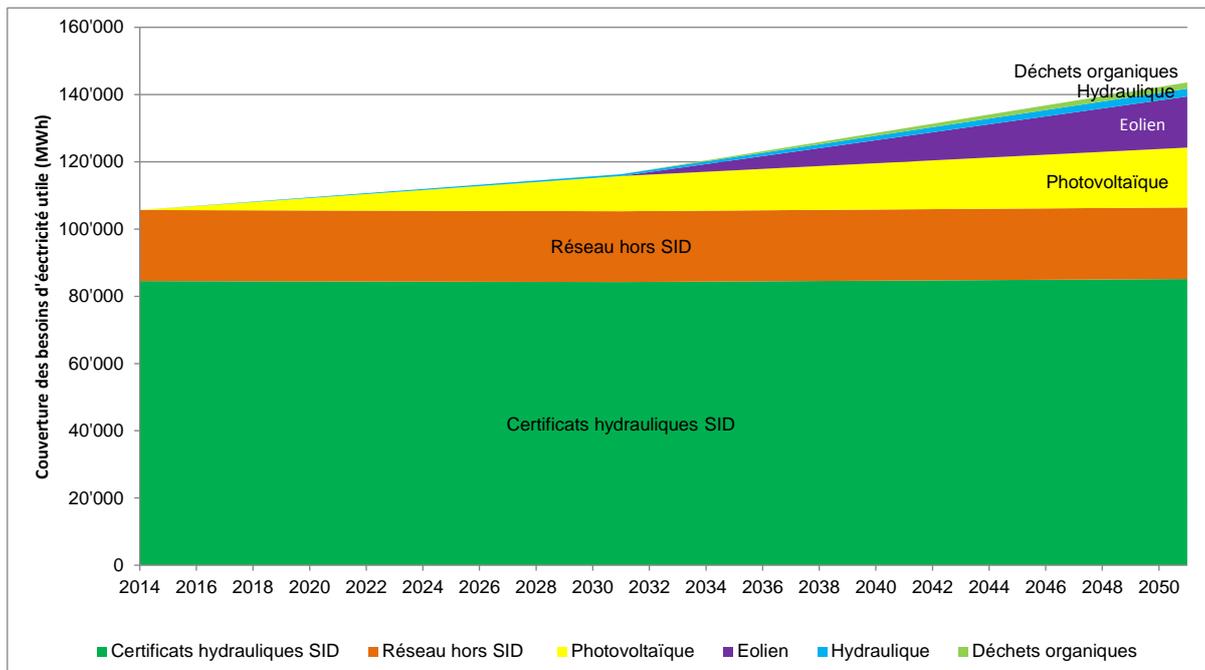


Figure 37 : Stratégie énergétique du Scénario n°4 pour l'électricité

Les besoins électriques étant très supérieurs aux ressources, l'achat de certificats hydrauliques est essentiel et devra être maintenu dans le futur pour fournir la majeure partie de l'électricité fournie par le réseau des SID.

Une politique ambitieuse d'économies d'électricité basée sur un objectif de baisse d'environ 10% de la consommation électrique hors PAC (soit 13'250 MWh d'économies) devra être mise en place afin de permettre une augmentation aussi modérée que possible de la consommation d'électricité. En effet, la forte couverture des besoins de chaleur par les PAC (42% en 2030 et 47% en 2050) aura un effet substantiel sur la consommation électrique de la Commune.

D'ici 2030, la consommation électrique de la Commune pourra être couverte à hauteur de 8% (10'481 MWh) par la production des 20 plus grandes installations photovoltaïques potentielles ainsi que par le solde des surfaces disponibles sur les toitures des nouvelles constructions d'ici 2030. Cette couverture sera portée à 12% en 2050.

D'ici 2030, la consommation électrique de la Commune pourra être couverte à hauteur de 0.5% (540 MWh) grâce au potentiel de production du projet de la Grande Ecluse. Cette couverture sera portée à 2% en 2050 grâce à l'exploitation de microcentrales hydroélectriques sur le Ticle et de microturbinage.

D'ici 2050, la consommation électrique de la Commune pourra être couverte à hauteur de 10% par une installation de 3 à 4 éoliennes au Nord-Ouest du territoire de la Commune.

D'ici 2050, la consommation électrique de la Commune pourra être couverte à hauteur de 1% par un projet de valorisation des déchets sur la Commune de Courtemelon.

Le développement de ces potentiels de production locale d'électricité verte à l'horizon 2050 (photovoltaïque et éolien notamment) fait mécaniquement baisser la part de couverture des besoins par les certificats hydrauliques et les réseaux hors SID.

#### 6.5.5 CONCLUSION SUR LES RESULTATS DU SCENARIO N°4 – COMPATIBLE

Ces résultats montrent qu'une politique de transition énergétique raisonnable mais suffisamment ambitieuse et adaptée au contexte local (potentiels rentables maximaux du bois-énergie, de l'aérothermie, du solaire thermique et de la valorisation thermique des nappes phréatiques) permet de remplir l'ensemble des objectifs de la Société à 2'000 Watts dès 2030. Rappelons que ces résultats sont obtenus malgré un parc automobile comprenant encore 87% de véhicules fonctionnant aux énergies fossiles.

Le Scénario n°4 est proche de l'optimalité. Le recours massif au bois-énergie est facilement réalisable grâce à l'importation de pellets et de plaquettes forestières d'une part, et à la valorisation du potentiel de bois local d'autre part.

Durant la période 2013-2030, des investissements significatifs devront être réalisés afin que les énergies renouvelables couvrent, 45% des besoins de chaleur d'ici 2030. Le solde devra être fourni par le gaz, dont la fourniture devra donc être quasi triplée entre 2013 et 2050.

Dans un second temps, pendant la période 2030-2050, la fourniture de gaz sera réduite jusqu'à ce qu'elle ne couvre que 11% des besoins de chaleur en 2050, au profit du bois-énergie (45%), de la géothermie (25%), de l'aérothermie (12%) et du solaire (7%). Il sera ainsi possible d'investir dans un réseau de chauffage au bois dans les zones économiquement favorables et de développer les énergies renouvelables individuelles ailleurs.

Pour conclure, le Scénario n°4 satisfait aux exigences d'une planification énergétique techniquement réalisable, économiquement supportable, politiquement réaliste et adapté au contexte local et à la typologie des besoins.

De plus, le Scénario n°4 permet de respecter les objectifs de la Société à 2'000 Watts avec la prise en compte l'énergie grise nécessaire à la production des biens et des services (§4.5, Tableau 5), ce que le Scénario n°3 ne permet pas.

## 7. STRATEGIES ET LIGNES DIRECTRICES

### 7.1 GENERALITES

Les stratégies et lignes directrices définies ci-après ne sont basées que sur les scénarii 3 et 4, qui permettent pour le premier le respect des objectifs de la Société à 2'000 Watts sans la composante de l'énergie grise, et pour le 2<sup>ème</sup> le respect total des objectifs avec l'inclusion de cette contrainte supplémentaire.

Le scénario n°1 ne fait pas l'objet de stratégies et lignes directrices étant donné qu'il se définit comme le scénario où aucune action supplémentaire n'est mise en place.

Le scénario n°2 ne fait pas l'objet de stratégies et lignes directrices car il est techniquement et économiquement irréaliste.

Les stratégies et lignes directrices suivantes ont été élaborées par CSD après une étroite collaboration avec la Commune. Elles consistent en un fil rouge exhaustif permettant de mettre en œuvre les scénarii 3 et 4 et de spécifier les points auxquels il faudra être attentif. Ces lignes directrices seront complétées par les fiches d'action du Plan Directeur de l'Energie qui décriront plus précisément quel acteur est partie prenante de quelle action.

### 7.2 SCENARIO N°3 – RENOUELE LOCAL

#### 7.2.1 ECONOMIES D'ENERGIE

Types de besoins	Lignes directrices	Début et fin de la mesure
Logements/activités	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Porter l'effort de rénovation à 1%/an (si possible, définir un nombre de bâtiments à effectuer chaque année), soit 24 bâtiments à rénover chaque année au minimum</li> <li>➤ Détermination d'un IUS (Indice d'utilisation du sol) minimal le plus élevé possible</li> <li>➤ Limitation de l'extension de l'urbanisation (favoriser la densification avec une mixité des activités)</li> <li>➤ Favoriser les constructions en ordre contigu</li> <li>➤ Examiner minutieusement les demandes de permis pour les bâtiments neufs, notamment le respect des exigences thermiques (attention aux surfaces de sous-sol aménagées non isolées !)</li> <li>➤ Information à la population sur les avantages d'une orientation et d'une compacité idéale des bâtiments (architecture bioclimatique)</li> <li>➤ Mettre en place un bonus d'utilisation pour les bâtiments répondant au standard Minergie ou équivalent</li> <li>➤ Pérenniser les systèmes de suivi de consommation pour les bâtiments communaux</li> <li>➤ Information à la population pour la motiver à réduire ses besoins, notamment d'ECS</li> <li>➤ Réglementer l'éclairage nocturne (enseignes allumées la nuit)</li> <li>➤ Assainir l'éclairage public (ampoules à LED)</li> </ul>	<b>2014 – 2050</b>
Mobilité	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Promotion intensive des déplacements à pied et vélo : aménagements, information, itinéraires cyclables, mise en place de bornes « vélostation »</li> <li>➤ Promotion des plans de mobilité d'entreprise</li> <li>➤ Encouragement du recours au covoiturage</li> <li>➤ Subventions pour l'achat de vélos électriques</li> </ul>	

#### 7.2.2 EFFICACITE ENERGETIQUE

Types de besoins	Lignes directrices	Début et fin de la mesure
Logements/activités	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Abandon et soumission à autorisation restreinte du chauffage au mazout</li> <li>➤ Densification du réseau de gaz et multiplication de la fourniture actuelle (2013) par 2.4 (soit 52% des besoins de chaleur en 2050)</li> <li>➤ Diminution de la fourniture de gaz de 20% par rapport à la situation 2030 (soit 43% des besoins de chaleur en 2050)</li> </ul>	<b>2014 – 2050</b> 2014 – 2030 2030 – 2050
Mobilité	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Promotion intensive des déplacements en transports publics</li> <li>➤ Promotion des véhicules au gaz (objectif : triplement des ventes)</li> <li>➤ Encouragement du recours au covoiturage</li> </ul>	2014 – 2050

### 7.2.3 ENERGIES RENOUVELABLES

Types de besoins	Lignes directrices	Début et fin de la mesure
Logements/activités	➤ Assurer 9% des besoins de chaleur par des solutions individuelles aérothermiques d'ici 2030 en attendant la montée en puissance de la géothermie qui les remplacera d'ici 2050.	2014 – 2030
	➤ Assurer 28% des besoins de chaleur par des solutions individuelles géothermiques d'ici 2030 et 39% d'ici 2050.	2014 – 2050
	➤ Assurer 3% des besoins de chaleur par la valorisation du bois-énergie local	2014 – 2050
	➤ Assurer 3% des besoins de chaleur par le solaire thermique d'ici 2030, et 7% d'ici 2050.	2014 – 2050
	➤ Assurer 4% des besoins de chaleur par la valorisation de la Somme d'ici 2030 et 7% d'ici 2050.	2014 – 2050
	➤ Assurer 1% des besoins de chaleur par la valorisation des nappes phréatiques et réseaux d'eau potable d'ici 2030.	2030 – 2050
	➤ Maintien de la fourniture de 80% de la consommation électrique de la ville de Delémont (hors production propre) par des achats de certificats hydrauliques	2030 – 2050
	➤ Assurer 8% de la consommation électrique par les 20 plus grandes installations photovoltaïques potentielles et le solde des surfaces disponibles sur les toitures des nouvelles constructions d'ici 2030, et 12% d'ici 2050.	2014 – 2050
	➤ Assurer 0.5% de la consommation électrique d'ici 2030 grâce au potentiel de production de la Grande Ecluse et 2% d'ici 2050 grâce à l'exploitation de microcentrales hydroélectriques sur le Ticle et de microturbinage.	2014 – 2050
	➤ Assurer 12% de la consommation électrique par un projet éolien d'ici 2050	2014 – 2050
	➤ Assurer 1% de la consommation électrique par la valorisation des déchets d'ici 2050	2030 – 2050 2030 – 2050
Mobilité	➤ Promotion active des moyens de transports alternatifs : vélos, scooter et motos électriques, véhicules hybrides, véhicules électriques (objectif triplement des ventes), pile à combustible, etc.	2014 – 2050

## 7.3 SCENARIO N°4 – COMPATIBLE

### 7.3.1 ECONOMIES D'ENERGIE

Idem Scénario n°3.

### 7.3.2 EFFICACITE ENERGETIQUE

Types de besoins	Lignes directrices	Début et fin de la mesure
Logements/activités	➤ Abandon et soumission à autorisation restreinte du chauffage au mazout	2014 – 2050
	➤ Densification du réseau gaz et multiplication de la fourniture actuelle (2013) par 2.5 (soit 54% des besoins de chaleur en 2050)	2014 – 2030
	➤ Diminution de la fourniture de gaz jusqu'à la moitié de la consommation de 2013 (soit 11% des besoins de chaleur en 2050) par soumission à autorisation restreinte	2030 – 2050
Mobilité	➤ Promotion intensive des déplacements en transports publics ➤ Promotion des véhicules au gaz (objectif : triplement des ventes) ➤ Encouragement du recours au covoiturage	2014 – 2050

### 7.3.3 ENERGIES RENOUVELABLES

Types de besoins	Lignes directrices	Début et fin de la mesure
Logements/activités	➤ Assurer 25% des besoins de chaleur par l'utilisation de chaudières à pellets d'ici 2030, et 35% d'ici 2050.	2014 – 2050
	➤ Assurer 13% des besoins de chaleur par un CAD géothermique d'ici 2050.	2030 – 2050
	➤ Assurer 9% des besoins de chaleur par des solutions individuelles aérothermiques d'ici 2030 et 12% d'ici 2050.	2014 – 2050
	➤ Assurer 9% des besoins de chaleur par des solutions individuelles géothermiques d'ici 2030 et 11% d'ici 2050.	2014 – 2050
	➤ Assurer 9% des besoins de chaleur par un CAD bois d'ici 2050.	2030 – 2050
	➤ Assurer 3% des besoins de chaleur par le solaire thermique d'ici 2030, et 7% d'ici 2050.	2014 – 2050
	➤ Assurer 1% des besoins de chaleur par la valorisation des nappes phréatiques et réseaux d'eau potable d'ici 2030.	2030 – 2050
	➤ Maintien de la fourniture de 80% de la consommation électrique de la ville de Delémont (hors	2014 – 2050

	<ul style="list-style-type: none"> <li>production propre) par des achats de certificats hydrauliques</li> <li>➤ Assurer 9% de la consommation électrique par les 20 plus grandes installations photovoltaïques potentielles et le solde des surfaces disponibles sur les toitures des nouvelles constructions d'ici 2030, et 12% d'ici 2050.</li> <li>➤ Assurer 0.5% de la consommation électrique d'ici 2030 grâce au potentiel de production de la Grande Ecluse et 2% d'ici 2050 grâce à l'exploitation de microcentrales hydroélectriques sur le Ticle et de microturbinage.</li> <li>➤ Assurer 12% de la consommation électrique un projet éolien d'ici 2050</li> <li>➤ Assurer 1% de la consommation électrique par la valorisation des déchets d'ici 2050</li> </ul>	<p>2014 – 2050</p> <p>2014 – 2050</p> <p>2030 – 2050</p> <p>2030 – 2050</p>
Mobilité	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Promotion active des moyens de transports alternatifs : vélos, scooter et motos électriques, véhicules hybrides, véhicules électriques (objectif : triplement des ventes), pile à combustible, etc.</li> </ul>	2014 – 2050

## 8. RESUME DES ATELIERS PARTICIPATIFS

### 8.1 GENERALITES

Par la révision de la planification énergétique territoriale, la Ville de Delémont entend mettre sa stratégie énergétique en adéquation avec les objectifs ambitieux de la Confédération et de la République et Canton du Jura et garantir une vision globale et cohérente des différents processus. Très soucieuses des changements climatiques, les autorités delémontaines entendent atteindre les objectifs de la Société à 2'000 Watts et de participer à la réduction des émissions des gaz à effet de serre d'ici à 2050.

FORUM PUBLIC DU 24 AVRIL 2014

Besoins :

	Qu'ai-je retenu d'intéressant, de neuf en matière de besoins énergétiques ?	Quelles sont les questions encore ouvertes quant à nos besoins énergétiques ?
<b>Chaleur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La part du mazout est beaucoup plus importante que l'on pensait !</li> <li>➤ Les énergies renouvelables sont très faibles.</li> <li>➤ Nous sommes très dépendants des achats à l'étranger</li> <li>➤ Pas assez d'autonomie énergétique !</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Peut-on et comment réduire la part de mazout ?</li> <li>➤ Comment réduire la consommation liée au chauffage en plus des programmes existants dont l'efficacité semble limitée ?</li> </ul>
<b>Froid</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Quantité faible par rapport aux autres consommateurs</li> <li>➤ Peu d'influence sur la consommation globale</li> <li>➤ Peu de choses de neuf, étonné de la faible proportion de MWh de froid</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Y a-t-il un risque que la consommation liée au froid augmente ? (+ 17% ?)</li> <li>➤ Comment faire pour que cela n'augmente pas ?</li> <li>➤ Quels sont les moyens de substitution ?</li> <li>➤ Quels moyens pour dissuader les climatiseurs de confort ?</li> <li>➤ Faire attention à ce que cela n'augmente pas...</li> </ul>
<b>Electricité</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Electricité = ¼ de l'énergie globale</li> <li>➤ Argent à investir en priorité dans le carburant</li> <li>➤ Le prix définit l'énergie que l'on va utiliser.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Quelle est la part d'électricité produite localement ?</li> </ul>
<b>Mobilité</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Beaucoup trop peu de renouvelable dans la mobilité</li> <li>➤ Beaucoup trop d'énergie consommée pour la mobilité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Quelle part de la consommation dans les transports publics ?</li> <li>➤ Quelle part de déplacement pourrait être faite sans consommation d'énergie ?</li> </ul>

---

**Gisements :**

---

	<b>Quelles sont les questions encore ouvertes quant à l'exploitation de ce gisement ?</b>	<b>Quelles sont les chances liées à l'exploitation de ce gisement ?</b>	<b>Quels sont les risques liés à l'exploitation de ce gisement à Delémont ?</b>
<b>Géothermie – chaleur</b>	Développement de sondes géothermiques dans les zones de protection des eaux ? Est-il possible de modifier les zones ?	Disponible à profusion	
<b>Bois – chaleur</b>	Production secondaire d'électricité ?	Ressource locale / cycle économique court Ressource intarissable Bourgeoisie – Grand gisement	Faibles besoins, sauf peut-être en vieille ville/zones industrielles Besoins de grands volumes de stockage
<b>Eau – électricité</b>			Conflits d'utilisation avec l'eau des rivières
<b>Eau - chaleur</b>		Réseau d'échange de chaleur industrielle	Coût de l'infrastructure
<b>Photovoltaïque</b>	Quid des panneaux solaires sur les bâtiments historiques (vieille ville notamment)	Favoriser l'économie locale par l'apport de fonds fédéraux (RPC) Grandes surfaces disponibles et tolérées	Dérèglement du réseau Financement (RPC insuffisante)

---

**Questions abordées :**

---

- Quel est le lien entre le graphique (camembert) de la consommation globale, et le graphique en barre besoins/gisements
- Quel est le potentiel éolien : 2GWh ou plus ? Considérer deux éoliennes seulement, ou également celles qui devraient être construites en zone forestière ?
- Comment prendre en compte la production interne éolienne et la consommation externe de l'énergie ? Comment documenter l'énergie importée et exportée ?
- Qu'en est-il d'une mini centrale hydroélectrique ?
- La valorisation secondaire électrique des centrales bois chaleur est-elle possible ?
- Quel horizon considérer ? 2030, 2035 ? (Horizon PAL, concept énergétique cantonal,...?)
- Bien expliquer la différence entre le besoin effectif et la consommation électrique liée
- Comment prendre en compte l'énergie grise des infrastructures ?

---

**Compte-rendu :**

---

Dans le cadre de la révision du Plan d'aménagement local, la Municipalité de Delémont procède actuellement à la réalisation d'une planification énergétique territoriale afin de garantir une vision globale et cohérente des différents processus.

Par la révision de la planification énergétique territoriale, la Ville de Delémont entend mettre sa stratégie énergétique en adéquation avec les objectifs ambitieux de la Confédération et de la République et Canton du Jura et garantir une vision globale et cohérente des différents processus. Très soucieuses des changements climatiques, les autorités delémontaines entendent atteindre les objectifs de la Société à 2'000 watts et de participer à la réduction des émissions des gaz à effet de serre d'ici à 2050.

Dans le cadre de ce projet, le comité de pilotage a mis sur pied un premier atelier participatif le jeudi 24 avril 2014. Un groupe de personnes composées de membre du groupe de travail, de membre de la commission énergie et du conseil communal ainsi que de citoyens se sont intéressés aux besoins énergétiques actuels de la ville de Delémont, ainsi qu'aux gisements potentiels locaux existant. Les personnes présentes ont découvert l'importance de la dépendance énergétique externe (chauffage et mobilité), et l'utilisation encore faible en proportion d'énergie renouvelables. Surprenant aussi, le fait que le potentiel théorique de gisements énergétiques (bois-chaleur, géothermie - chaleur, bois – chaleur, eau – électricité, eau – chaleur/froid, photovoltaïque, éolien) sur la commune permettrait de couvrir l'ensemble des besoins.

Le choix des gisements à valoriser demande néanmoins une prise en compte fine des paramètres comme la disponibilité dans le temps (météo, saison), la possibilité de production sur demande, le type d'infrastructures (réseaux collectifs ou non), le mode de financement...

La façon dont la Ville de Delémont souhaitera couvrir ses besoins énergétiques (notamment avec quels gisement et infrastructures) sera présentée et discutée lors d'un second atelier participatif (la participation est libre), le jeudi 12 juin 2014 à 18h30. Cette discussion permettra d'identifier les grands enjeux de la révision de la planification énergétique territoriale, et sera la base de développements importants pour les citoyens et entreprises de la Ville.

## 8.2 FORUM PUBLIC DU 12 JUIN 2014

### Quels sont les opportunités et les risques, dans le cas d'un scénario énergétique « minimaliste » ?

#### **Hypothèses retenues dans le scénario :**

#### **Stratégie pour le chauffage :**

Chauffage actuel	Remplacé par	Effet sur coût kWh
Mazout	gaz et solaire thermique	+/-
Gaz	gaz et solaire thermique	+/-
Electricité	Pompe à chaleur	+

#### **Stratégie pour l'efficacité énergétique des bâtiments**

Standard énergétique : minimum légal « MOPEC »

Taux de rénovation << 1%/an

#### **Stratégie pour l'électricité**

Statu quo

#### **Stratégie pour le froid**

Principe : éviter froid actif mais favoriser le froid naturel

#### **Stratégie pour la mobilité**

Principe « Trend » : uniquement amélioration technique des véhicules / augmentation de la proportion de véhicules au gaz naturel

Opportunités	Risques
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Les énergies renouvelables augmenteront même sans mesures particulières</li> <li>➤ Les acteurs des énergies fossiles conservent leur marché</li> <li>➤ Pérennisation de Regiogaz, société en mains publiques</li> <li>➤ Facilité pour les propriétaires (pas de changement nécessaire)</li> <li>➤ Coûts directs à court et moyen termes limités</li> <li>➤ Sans contrainte (mobilité)</li> <li>➤ Réduction des investissements collectifs</li> <li>➤ Exploitation des gisements renouvelables locaux (air-eau, PAC, solaire thermique)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Individualisation des solutions, perte de synergies</li> <li>➤ Objectifs 2050 non atteints</li> <li>➤ Développement de moyen de compensation plutôt que de diminution de la production de CO<sub>2</sub></li> <li>➤ Dépendance vis-à-vis des producteurs de gaz</li> <li>➤ Report partiel du problème quant au CO<sub>2</sub></li> <li>➤ Dépendance énergétique et perte de maîtrise publique</li> <li>➤ Apport d'énergies étrangères sans contrôle sur le prix</li> <li>➤ Augmentation du coût de la vie (facture énergétique)</li> <li>➤ Coûts indirects dus au changement climatique</li> <li>➤ Epuisement des ressources actuelles</li> </ul>

**Quels sont les opportunités et les risques, dans le cas d'un scénario énergétique « Priorité aux énergies renouvelables » ?**

**Hypothèses retenues dans le scénario :**

**Stratégie pour le chauffage**

Chauffage actuel	Remplacé par	Effet sur coût kWh	
Mazout	> Chauffage à distance au bois	++	
	> Solaire thermique et pompe à chaleur géoth ou air	+++	
	> Solaire thermique et pellets	+++	
	> Solaire thermique et gaz		+
	> Solaire thermique et mazout	+	
Gaz	> Favoriser pompe à chaleur à gaz et solaire thermique	++	

**Stratégie pour l'efficacité énergétique des bâtiments**

Standard énergétique : > Minergie  
Taux de rénovation = 1%/an

**Stratégie pour l'électricité**

Production d'un maximum d'énergie électrique indigène  
Solde = certificats renouvelable CH

**Stratégie pour le froid**

Principe : éviter froid actif mais favoriser le froid naturel  
La géothermie permet de garantir l'ensemble des besoins de froid

**Stratégie pour la mobilité**

Amélioration technique (hybrides, gaz)  
10% électrique : remplacement du 10% des voitures à combustion par des voitures électriques  
Mobilité douce électrique. : transfert du 10% des trajets <3km avec des voitures à combustion sur des vélos électriques  
Covoiturage : augmentation du taux d'occupation des véhicules de 10%

Opportunités	Risques
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Diminution des émanations de CO<sub>2</sub>, voire stabilisation</li> <li>➤ Exploitation efficace des gisements locaux</li> <li>➤ Création d'emplois locaux « cleantech »</li> <li>➤ Economies réalisées à long terme</li> <li>➤ Autonomie énergétique</li> <li>➤ Diversification des ressources énergétiques locales</li> <li>➤ Modèles économiques collectifs (maîtrise des coûts publics)</li> <li>➤ Proactivité</li> <li>➤ Augmentation de la qualité du cadre de vie par réduction du trafic notamment</li> <li>➤ Lien social, solidarité (travail « en réseau » plus qu'individuellement)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Risque, acceptation politique</li> <li>➤ Refus lié à l'atteinte à la liberté individuelle</li> <li>➤ Conservatisme</li> <li>➤ Coûts d'investissement importants</li> <li>➤ Pression sur prix des loyers</li> <li>➤ Amortissement des investissements publics passés à terminer</li> <li>➤ Manque d'équité devant l'énergie</li> <li>➤ Délocalisation face à la contrainte ; émigration énergétique</li> <li>➤ Concurrence entre les différents réseaux (technologique et économique)</li> <li>➤ Concurrence entre communes (contraintes légales différentes)</li> </ul>

---

## Conditions, mesures d'accompagnement pour rendre possible le scénario n°2

---

### Conditions, mesures d'accompagnement pour rendre possible le scénario n°2

- Volonté politique affichée
- Législation minimale à mettre en place
- Mécanismes incitatifs
- Mesures incitatives : subventions / bonus
- Equité collective et territoriale
- Solution économique viable pour tous
- Sensibilisation de la population dès l'école
- Information globale sur questions énergétiques
- Intéresser les milieux économiques à ce changement
- Information/ conseil / diagnostic pour propriétaires concernés
- Formation professionnelle
- Travail de formation des artisans, architectes, diff. Corps de métiers aux standards énergétiques
- Règlements clairs, précis, spatialisés
- Incitations et soutiens financiers nécessaires
- Systèmes de financement spécifiques
- Fiscalité écologique
- Instauration du standard Minergie comme norme de base
- Harmonisation régionale des contraintes légales
- Etendre à un territoire plus large
- Efforts d'information, de sensibilisation, d'éducation > changement d'esprit dans la population
- Actions coup de poing (mise en évidence d'événements particuliers (Fukushima))
- Effort financier avec une vision à long terme

---

### Compte-rendu :

---

Dans le cadre de la révision du Plan d'aménagement local, la Municipalité de Delémont procède actuellement à la réalisation d'une planification énergétique territoriale afin de garantir une vision globale et cohérente des différents processus.

Par la révision de la planification énergétique territoriale, la Ville de Delémont entend mettre sa stratégie énergétique en adéquation avec les objectifs ambitieux de la Confédération et de la République et Canton du Jura et garantir une vision globale et cohérente des différents processus. Très soucieuses des changements climatiques, les autorités delémontaines entendent atteindre les objectifs de la Société à 2'000 watts et de participer à la réduction des émissions des gaz à effet de serre d'ici à 2050.

Dans le cadre de ce projet, le comité de pilotage a mis sur pied un premier atelier participatif le jeudi 24 avril 2014. Un groupe de personnes composées de membre du groupe de travail, de membre de la commission énergie et du conseil communal ainsi que de citoyens se sont intéressés aux besoins énergétiques actuels de la ville de Delémont, ainsi qu'aux gisements potentiels locaux existant. Les personnes présentes ont découvert l'importance de la dépendance énergétique externe (chauffage et mobilité), et l'utilisation encore faible en proportion d'énergie renouvelables. Surprenant aussi, le fait que le potentiel théorique de gisements énergétiques (bois-chaleur, géothermie - chaleur, bois – chaleur, eau – électricité, eau – chaleur/froid, photovoltaïque, éolien) sur la commune permettrait de couvrir l'ensemble des besoins.

Le choix des gisements à valoriser demande néanmoins une prise en compte fine des paramètres comme la disponibilité dans le temps (météo, saison), la possibilité de production sur demande, le type d'infrastructures (réseaux collectifs ou non), le mode de financement...

Lors d'un second atelier le jeudi 12 juin 2014 à 18h30 les participant-e-s de la commune ont pu identifier les chances et les risques liés à un scénario énergétique peu ambitieux et maintenant un statu quo, et ceux liés à un scénario maximal promouvant au maximum les sources d'énergie renouvelable. La discussion a montré que les deux variantes avaient leurs défauts et leurs avantages, mais qu'une stratégie respectant les objectifs de la société à 2'000 watts était possible à Delémont, à condition d'une mise en œuvre d'une série de mesures d'accompagnement : sensibilisation, information, mesures incitatives et réglementaires, ainsi que des mécanismes financiers évitant l'exclusion des plus mal lotis pour des raisons énergétiques.

### 8.3 FORUM GAPAL DU 17 JUIN 2014

Le forum GAPAL du 17 juin 2014 est le point de départ de l'élaboration des scénarii n°3 et 4 et de leurs conditions-cadres, qui, rappelons-le, sont les mêmes.

Notons toutefois qu'il est davantage fait mention d'une forte valorisation du bois-énergie pour couvrir les besoins de chaleur plutôt qu'un recours massif par la géothermie (celle-ci est évoquée mais moins mise en avant).

Le Scénario n°4 élaboré, davantage orienté bois-énergie, est donc dans la droite ligne des orientations discutées pendant le forum du GAPAL. De plus, il répond davantage à un souhait de réalisme économique et politique, qui est peu compatible avec le développement massif de la géothermie et la valorisation de la Sorne prévu par le Scénario n°3.

## 9. POSSIBILITES DE REVISION

### 9.1 DEGRE D'INCERTITUDE DE LA CDE

Les modélisations réalisées dans le cadre de la CDE ont requis un travail documentaire exigeant et l'établissement d'hypothèses les plus réalistes, raisonnables et précises possibles.

Toutefois, des incertitudes de différents types et de différente amplitude se conjuguent. Celles-ci sont listées ci-après avec leurs conséquences qualitatives et quantitatives (impact faible = +, impact modéré = ++, impact fort = +++):

- Incertitudes liées à l'imperfection des données de base (RegBL notamment) ;
  - Incertitudes sur l'évaluation des besoins énergétiques en 2013, et, de par la méthodologie, sur les modélisations de ces besoins en 2030 et 2050 (+).
- Incertitudes liées aux hypothèses et aux variables prises en compte dans les modélisations (besoins de chaleur moyens par affectation et par période de construction, COPa moyens des différents agents énergétiques, consommations et émissions moyennes du parc de véhicules en 2030 et part de chaque type de moteur, facteur d'énergie primaire, voir Tableaux 26 à 30 et Tableau 32 de la méthodologie en Annexe A) ;
  - Incertitudes sur l'évaluation des besoins énergétiques en 2013, 2030 et 2050 (+).
- Incertitudes liées aux paramètres fixes pris en compte dans les modélisations (voir Tableau 31 la méthodologie en Annexe A, démographie, places de travail, surfaces chauffées).
  - Incertitudes sur l'évaluation des besoins énergétiques en 2013, 2030 et 2050 (+++).

La conjugaison de ces incertitudes induit une marge d'erreur des bilans énergétiques et émissifs qui est estimée à  $\pm 25\%$ , sur la base de la méthodologie utilisée.

Les impacts qualitatifs liés aux paramètres fixes, dont la robustesse est faible, sont définis ci-après (§9.2 à 9.4).

### 9.2 PARAMETRES DEMOGRAPHIQUES

Les paramètres démographiques pris en compte dans les modélisations sont explicités dans le Tableau 3. La valeur de ces paramètres influence fortement l'ensemble des calculs réalisés puisqu'ils interviennent dans les formules de calcul de plusieurs estimations (voir Tableau n°31). Or, les estimations étant souvent dépendantes les unes des autres, le changement des paramètres démographiques entraîne des réactions en chaîne.

Les estimations dépendantes des valeurs démographiques sont valables pour chacun des scénarii et sont listées ci-après :

- Les surfaces de construction neuves d'ici 2030 et 2050 ;
  - Les besoins utiles de chaleur aux horizons 2030 et 2050 ;
  - Les potentiels solaires photovoltaïques et thermiques d'ici 2030 et 2050 ;
  - Les besoins utiles en électricité aux horizons 2030 et 2050 ;
  - Les besoins utiles en froid aux horizons 2030 et 2050 ;
    - Les besoins énergétiques utiles aux horizons 2030 et 2050 ;
      - ❖ Les besoins énergétiques finaux aux horizons 2030 et 2050 ;
      - ❖ Les besoins énergétiques primaires aux horizons 2030 et 2050 ;
- Le bilan énergétique primaire par personne et par an aux horizons 2030 et 2050 ;
- Le bilan énergétique primaire renouvelable par personne et par an aux horizons 2030 et 2050 ;
- Le bilan émissif par personne et par an aux horizons 2030 et 2050.

Bien qu'il n'ait pas été quantifié précisément, l'impact des valeurs démographiques est considéré comme important.

Ainsi, dans le cas où on observerait une déviation importante de la démographie par rapport aux prévisions prises en compte dans ce rapport, la CDE devra être révisée.

### 9.3 TAUX DE RENOVATION DES BÂTIMENTS

Les taux de rénovation des bâtiments pris en compte dans les modélisations sont explicités dans les Tableaux 17, 19 et 21.

Le taux de rénovation s'exprime à l'année n sur le parc non rénové à l'année n-1. Le parc ancien non rénové se calcule grâce à l'équation **parc ancien non rénové<sub>n</sub> = [(parc de départ<sub>n-1</sub>) × (1-R)<sup>n</sup>]** avec R = taux de rénovation et n le nombre d'année de rénovation. Le fait que la variable n soit en position d'exposant est importante : c'est cela qui induit qu'à un taux de rénovation de 0.5%, plus de 1'000 ans soient nécessaires pour rénover le parc de bâtiments dans sa totalité.

Le parc de bâtiments non rénovés se réduit donc à un rythme très lent au cours du temps puisque, chaque année, le pourcentage de rénovation s'applique sur un parc diminué des rénovations réalisées lors de l'année précédente.

Les estimations dépendantes des valeurs de rénovation sont valables pour chacun des scénarii et sont listées ci-après :

- Les surfaces de construction rénovées et non rénovées d'ici 2030 et 2050 ;
  - Les potentiels solaires thermiques d'ici 2030 et 2050 ;
  - Les besoins de chaleur utiles aux horizons 2030 et 2050 ;
    - Les besoins énergétiques utiles aux horizons 2030 et 2050 ;
      - ❖ Les besoins énergétiques finaux aux horizons 2030 et 2050 ;
        - Les besoins énergétiques primaires aux horizons 2030 et 2050 ;
          - Le bilan énergétique primaire par personne et par an aux horizons 2030 et 2050 ;
          - Le bilan énergétique primaire renouvelable par personne et par an aux horizons 2030 et 2050 ;
          - Le bilan émissif par personne et par an aux horizons 2030 et 2050 ;

Malgré le fait que l'effet de la rénovation « s'essouffle » en termes de nombre de bâtiments concernés au fur et à mesure que le temps passe, les économies réalisées sont toutefois substantielles. En effet, la situation à Delémont montre que la rénovation d'un bâtiment diminue en moyenne de 68% les besoins de chaleur utiles de chauffage + ECS du même bâtiment sans rénovation. Or, ces économies s'additionnent pour l'ensemble des surfaces rénovées.

Au final, on estime que l'impact des taux de rénovation sur les besoins énergétiques des bâtiments à Delémont est notable. En effet, selon les données à disposition, le passage d'un taux de rénovation de 0.5% à 1.0% induit une réduction des besoins de chaleur utiles de l'ordre de 10% à l'horizon 2050.

Ainsi, dans le cas où l'on observerait une déviation importante du taux de rénovation par rapport aux hypothèses prises dans les différents scénarii, les résultats des modélisations devront être révisés.

### 9.4 PRIX DE L'ENERGIE

Le prix des énergies à substituer – mazout et gaz – constitue un paramètre très important. Le prix moyen TTC du mazout extra-léger dans l'année de référence 2013 est donné dans le Tableau 24 tandis que le prix moyen du gaz pour l'année de référence 2013 est donné dans le Tableau 25.

Quantité	CHF TTC pour 100 litres
1501 - 3'000 litres	104.-
3001 - 6'000 litres	100.-
6001 - 9'000 litres	99.-
9001 – 14'000 litres	98.-
14001 – 20'000 litres	97.-
Plus de 20'000 litres	96.-

**Tableau 24** : Prix moyen TTC du mazout extra-léger en 2013<sup>36</sup>

<sup>36</sup> Source : OFS, indice des prix à la consommation, mazout, prix moyen TTC en francs pour 100 litres, 2013

Quantité	CHF TTC par kWh
Type 2 : Maison familiale, chaudière 12 kW	11,48
Type 3 : Maisons jumelées ou petit immeuble locatif, chaudière 29 kW	10,94
Type 4 : Immeuble locatif, chaudière 55 kW	10,76
Type 5 : Grande construction, chaudière 270 kW	10,54
Type 6 : Grande entreprise artisanale, chaudière 350 kW	9,60
Type 7 : Grande entreprise artisanale, chaudière 725 kW	9,49

**Tableau 25** : Prix moyen TTC du gaz en 2013<sup>37</sup>

En cas de variation de ces prix de plus de 10% perdurant plus d'une année à la hausse comme à la baisse, la CDE devra être adaptée. Pour mémoire, en été 2008, les prix pour les quantités ci-dessus allait de 130.- à 140.- et avait provoqué une vague de rénovation de chauffage.

## 9.5 ASPECTS JURIDIQUES

Il existe plusieurs aspects juridiques pouvant influencer notablement les estimations des bilans énergétiques et émissifs. Les aspects futurs relatifs à la protection de la nature devront être particulièrement surveillés (zones compatibles avec l'éolien, valorisation thermique des eaux souterraines). De la même manière, on prêtera une attention particulière à la future révision de la loi sur l'énergie du Canton ou à une évolution de la législation fédérale dans ce domaine.

D'éventuelles modifications dans ces deux champs d'action pourraient en effet requérir de réviser la CDE afin de mettre à jour les potentiels des gisements d'énergie renouvelables ou de réévaluer la pertinence de certaines mesures.

## 9.6 INTERVALLE DE REVISION

A la vue de ce qui précède, il est recommandé de réviser la CDE tous les 5 ans, c'est-à-dire aux horizons de temps 2020, 2025 et 2030.

Dans le cas où une innovation technologique majeure pouvant avoir une forte incidence sur la baisse des besoins énergétiques et des émissions de GES ou le potentiel de gisements d'énergies renouvelables (faisabilité d'un projet de géothermie profonde par exemple) était découverte pendant cette période, la révision de la CDE serait fortement recommandée.

# 10. CONCLUSION

Fort de ses expériences et réalisations en matière d'efficacité énergétique, d'économie d'énergie et de production d'énergie renouvelable, couronné par le label Cité de l'Energie : eea@GOLD, Delémont, dans le cadre de la révision de son plan directeur de l'énergie datant de 2004, entend coordonner sa planification énergétique territoriale pour s'engager sur la voie de la société à 2'000 Watts.

Pour atteindre ce but ambitieux, et après analyse de plusieurs variantes, la Commune a retenu le scénario 4 « Compatible ». Celui-ci répond aux critères de développement durable et tient compte des investissements dans les réseaux actuels, dont principalement le remboursement de la dette actuelle du service du gaz. Les solutions préconisées sont à considérer comme objectifs minimum pour atteindre les buts fixés par la stratégie énergétique fédérale 2050. Toute initiative individuelle, en matière de chaleur notamment, sera saluée par les autorités.

La solution compatible priorise les économies d'énergie (chaleur et électricité), l'efficacité énergétique ainsi que le développement des énergies renouvelables indigènes. Elle offre également une certaine flexibilité en cas d'évolution des technologies par exemple.

Une planification aussi ambitieuse à l'horizon 2050 nécessite impérativement des marges de manœuvres pour s'adapter constamment aux évolutions des conditions cadres.

<sup>37</sup> Source : Prix du gaz fourni par Regiogaz à Delémont, <http://prixgaz.monsieur-prix.ch/web/index.asp?z=4>,



## CSD INGENIEURS SA



**Grégoire MONIN**  
*Directeur de succursale*



**pp. Fabrice ROGNON**  
*Responsable Domaine Energie Suisse romande*

### Collaborateurs chargés de l'étude

Louise GILBERT, ingénieure en environnement dipl. EPFL

Elodie KUHNERT, ingénieure / biologiste naturaliste dipl. UNIL

Phidias MARCO, ingénieur en environnement dipl. Université Aix-Marseille III

Fabrice ROGNON, ingénieur mécanicien dipl. EPFZ

## **ANNEXE A**

### **METHODOLOGIE APPLIQUEE POUR LE CALCUL DES BESOINS**

## 1.1 CALCUL DES BESOINS UTILES EN 2013

### 1.1.1 DEFINITION DES BESOINS UTILES

Dans ce rapport, on utilise le terme d'énergie utile pour spécifier les besoins d'énergie réellement utiles à l'utilisateur. Il s'agit par exemple de l'énergie que le radiateur doit fournir pour assurer les besoins de chauffage d'un bâtiment grâce à l'action de la chaudière ou de l'énergie effectivement transmise aux roues d'un véhicule (couple) pour qu'il se déplace.

### 1.1.2 BESOINS DE CHALEUR

En 2013, les besoins de chaleur utile des bâtiments ont été quantifiés sur la base du Registre Fédéral des Bâtiments (RegBL) qui renseigne, dans la plupart des cas<sup>38</sup>, la surface au sol de chaque bâtiment ainsi que le nombre de niveaux. La Surface Brute de Plancher (SBP) de chaque bâtiment est donc obtenue par la formule suivante :

$$(4) \text{ SBP [m}^2\text{]} = \text{Surface au sol [m}^2\text{]} \times \text{Nombre de niveaux}$$

La Surface de Référence Energétique (SRE) est calculée par la formule suivante :

$$(5) \text{ SRE [m}^2\text{]} = \text{SBP [m}^2\text{]} \times 0.8$$

On estime les besoins de chaleur de chaque bâtiment ( $Q_{\text{hwwbâtiment}}$ ) en appliquant à sa SRE une valeur de consommation en chauffage ( $Q_h$ ) ainsi qu'une valeur de consommation d'Eau Chaude Sanitaire (ECS,  $Q_{\text{ww}}$ ) selon les hypothèses des Tableaux 26 et 27.

$$(6) \text{ } Q_{\text{hwwbâtiment}} [\text{kWh/an}] = (Q_h + Q_{\text{ww}}) [\text{kWh/m}^2/\text{an}] \times \text{SRE}_{\text{bâtiment}} [\text{m}^2]$$

Les surfaces situées au sous-sol des bâtiments sont considérées comme non chauffées et sont donc ignorées dans le calcul. Les bâtiments ne disposant pas de chauffage et/ou ne disposant pas de point d'eau chaude (renseignements issus du RegBL) ont une valeur nulle pour le besoin de chaleur ECS ( $Q_{\text{ww}} = 0$ ). Les bâtiments chauffés en basse température représentant un pourcentage très faible du parc existant en 2013, l'hypothèse est faite que les besoins de chaleur sont distribués intégralement en haute température : les besoins de chaleur en basse température sont donc considérés comme nuls en 2013.

Type d'affectation	T°C de consigne	≤1900	1920	1960	1970	1980	1990	2000	2007	2009 et +
Habitation, Administration, Bureaux et Commerces	20	250	260	240	180	160	140	100	90	60
Habitation mixte (80% logements, 20% commerces)	20	250	260	240	180	160	140	100	90	60
Industrie (6% par °C)	18	221	230	212	159	141	124	88	80	53
Dépôt (6% par °C)	16	195	203	187	141	125	103	78	70	47

**Tableau 26** : Hypothèses des besoins de chaleur en chauffage ( $Q_h$  en kWh/m<sup>2</sup>/an) selon l'affectation des bâtiments et leur année de construction

Type d'affectation	≤1900	1920	1960	1970	1980	1990	2000	2007	2009 et +
Habitation	28	28	28	28	28	28	28	21	21
Administration, Bureaux et Commerces	8	8	8	8	8	8	8	7	7
Habitation mixte (80% logements, 20% commerces)	24	24	24	24	24	24	24	18	18
Industrie	8	8	8	8	8	8	8	7	7
Dépôts	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Tableau 27** : Hypothèses des besoins de chaleur en eau chaude sanitaire ( $Q_{\text{ww}}$  en kWh/m<sup>2</sup>/an) selon l'affectation des bâtiments et leur année de construction.

<sup>38</sup> Lorsque le nombre de niveau est inconnu, celui-ci est estimé en divisant la hauteur en mètre de chaque bâtiment (donnée issue du SIBAT) par 3 m pour les logements et 4 m pour les autres affectations.

### 1.1.3 BESOINS DE FROID

En 2013, les besoins de froid utile ont été quantifiés sur la base de la norme SIA 2024 – Demande annuelle en énergie de refroidissement. Compte tenu que le RegBL ne renseigne pas l'affectation des bâtiments de manière aussi précise que la SIA 2024, des valeurs moyennes ont été utilisées pour les bâtiments commerciaux, hospitaliers et industriels (Tableau 28).

Affectation selon SIA 2024	Consommation selon SIA 2024	Affectation issue du RegBL	Consommation moyenne
Bureau individuel/collectif	0 kWh/m <sup>2</sup>	Administration	0 kWh/m <sup>2</sup>
Salle d'école	0 kWh/m <sup>2</sup>		
Magasin d'alimentation	6 kWh/m <sup>2</sup>	Commerce	12 kWh/m <sup>2</sup>
Supermarché	18 kWh/m <sup>2</sup>		
Chambre d'hôpital	0 kWh/m <sup>2</sup>	Hôpital	20 kWh/m <sup>2</sup>
Bureau de service hospitalier	41 kWh/m <sup>2</sup>		
Locaux médicaux	17 kWh/m <sup>2</sup>		
Production (travail lourd)	2 kWh/m <sup>2</sup>	Industrie	15 kWh/m <sup>2</sup>
Production (travail fin)	27 kWh/m <sup>2</sup>		

**Tableau 28** : Besoins moyens de froid ( $F_{moyen}$ ) selon l'affectation des bâtiments

Ainsi, les besoins de froid ont été calculés par la formule suivante :

$$(7) F_{bâtiment} [kWh/an] = F_{moyen} [kWh/m^2/an] \times SRE_{bâtiment} [m^2]$$

### 1.1.4 BESOINS EN ELECTRICITE

En 2013, les besoins d'électricité utile ont été fournis par les SID, selon 4 catégories distinctes : les bâtiments agricoles, les ménages, les industries/activités et les services publics. Les données de consommation des gros consommateurs industriels (réseaux hors SID) étaient également disponibles et intégrées dans les besoins relatifs aux industries/activités.

### 1.1.5 BESOINS RELATIFS A LA MOBILITE

En 2013, les besoins utiles relatifs à la mobilité n'ont que peu de sens puisqu'ils représentent les besoins énergétiques effectivement utilisés au niveau du couple transmis à la roue. Or, compte tenu des pertes liées à la transmission et qu'un moteur à explosion fonctionne le plus souvent à une puissance de l'ordre de 10 à 20 % de la puissance maximale, des périodes d'arrêt, de l'alimentation des accessoires et des périodes de mises en chauffe, le rendement moyen aux roues est non seulement faible (maximum 25%) mais en plus fortement variable et donc difficilement quantifiable. En effet, celui-ci reste très dépendant du style de conduite, de la typologie des trajets et des différentes catégories de véhicules. Pour ces différentes raisons, les besoins utiles liés à la mobilité n'ont pas été chiffrés.

Pour la méthodologie afférente aux calculs des besoins 2013 finaux liés à la mobilité (énergie consommée à la pompe quantifiable grâce à la consommation moyenne des véhicules), voir le § 1.2.4.

## 1.2 CALCUL DES BESOINS FINAUX ET DES EMISSIONS DE GES EN 2013

### 1.2.1 DEFINITION DES BESOINS FINAUX

Dans ce rapport, on utilise le terme d'énergie finale pour spécifier les besoins d'énergie que les systèmes de production d'énergie décentralisés (chaudières, moteurs des véhicules, pompes à chaleur, etc.) doivent consommer pour produire les besoins en énergie utile. L'énergie finale est alors définie par la formule suivante :

$$(8) \text{Energie finale} [kWh/an] = \sum \text{Energie utile}_{\text{agent énergétique}} [kWh/an] \times \text{Part}_{\text{agent énergétique}} / COPa$$

Lorsque le rendement est inférieur à 1 (chaudière à mazout, chaudière à gaz, chaudière à bois, moteur à combustion, etc.), il faut plus d'énergie finale que d'énergie utile pour assurer tel ou tel besoin. En revanche, dans le cas des pompes à chaleur (PAC), c'est l'inverse : l'énergie finale est plus faible que l'énergie utile puisque, pour 1kWh d'énergie électrique consommée, elle sera capable de fournir 2 à 5 kWh d'énergie thermique utile.

### 1.2.2 LIEN ENTRE BESOINS FINAUX ET EMISSIONS DE GES

Les émissions de GES sont induites par les besoins finaux (consommation de combustible d'une chaudière, consommation de carburant d'un moteur à explosion). Celles-ci ont été calculées grâce à la formule suivante :

$$(9) \text{ Emissions GES [kg CO}_2\text{-équivalent /an]} = \text{Energie finale [kWh/an]} \times \text{Coefficient GES [kg CO}_2\text{-équivalent /kWh]}$$

### 1.2.3 BESOINS DE CHALEUR, DE FROID ET D'ELECTRICITE

En 2013, les besoins finaux de chaleur, de froid et d'électricité pour les logements et activités ont été calculés selon l'équation n°8.

Les paramètres pris en compte dans les calculs sont résumés dans le Tableau 27.

### 1.2.4 BESOINS RELATIFS A LA MOBILITE

En 2013, les besoins finaux relatifs à la mobilité ont été calculés sur la base de la territorialité : seuls les kilomètres effectivement réalisés dans la Commune sont comptabilisés dans le bilan. Bien qu'elle ne reflète pas la consommation d'énergie due à l'ensemble des déplacements, cette méthode permet de modéliser plus fidèlement des scénarii futurs et de ne prendre en compte que les aspects mobilité sur lesquels la Commune peut influencer.

Concrètement, les données de trafic sont issues du plan directeur des déplacements de la Commune de Delémont, réalisé par Transitec en octobre 2013. Cette étude renseigne notamment le Trafic Journalier Moyen (TJM) par tronçon. Le nombre de kilomètres parcourus sur la Commune sur une année a été calculé en multipliant le TJM par la longueur de chaque tronçon et par 365 jours.

Ce nombre de km est ensuite réparti dans 2 catégories : les véhicules légers (97.8% du trafic) et les poids lourds (2.2% du trafic). Enfin, on répartit le nombre de kilomètres réalisés par les véhicules légers dans 4 sous-catégories : les véhicules essence et hybrides (78% du parc suisse selon les statistiques de l'OFS), les véhicules Diesel (21.6% du parc), les véhicules au gaz (0.2%) et enfin les véhicules électriques (0.2%).

En 2013, les véhicules au gaz et électriques sont ignorés étant donné qu'ils ne représentent qu'une part infime du parc.

Les poids-lourds sont considérés comme fonctionnant exclusivement au Diesel.

La méthode de calcul des besoins en énergie finale est donnée par la formule suivante :

$$(10) \text{ Energie finale [kWh/an]} = \text{Quantité de carburant [l/an]} \times \text{PCI combustible (kWh/l)}$$

La méthode de calcul des besoins des émissions de gaz à effet de serre de chaque catégorie est donnée par la formule suivante :

$$(11) \text{ Quantité gaz à effet de serre [tonnes CO}_2\text{-équivalent /an]} = \text{Coefficient CO}_2 \text{ [g CO}_2\text{-équivalent /km]} \times \text{Kilomètres [km/an]} \times 10^{-6}$$

La méthode de calcul des besoins des émissions de NO<sub>x</sub> de chaque catégorie est donnée par la formule suivante :

$$(12) \text{ Quantité NO}_x \text{ [tonnes NO}_x\text{/an]} = \text{Coefficient NO}_x \text{ [g eq- NO}_x\text{/km]} \times \text{Kilomètres [km/an]} \times 10^{-6}$$

Les variables prises en compte pour les calculs liés à la mobilité sont résumées dans le Tableau 28.

## 1.3 CALCUL DES BESOINS PRIMAIRES EN 2013

### 1.3.1 DEFINITION DES BESOINS PRIMAIRES

Dans ce rapport, on utilise le terme d'énergie primaire l'énergie qui résulte de la première transformation au niveau de la centrale de production (ainsi la chaleur nucléaire, l'électricité éolienne ou l'électricité hydraulique sont considérées comme électricité primaire).

La méthode de calcul des besoins en énergie primaire est donnée par la formule suivante :

$$(13) \text{ Energie primaire [kWh/an]} = \sum \text{Energie finale}_{\text{agent énergétique}} \text{ [kWh/an]} \times \text{Facteur énergie primaire}$$

### 1.3.2 BESOINS DE CHALEUR, DE FROID ET D'ELECTRICITE

En 2013, les besoins finaux de chaleur, de froid et d'électricité pour les logements et activités ont été calculés selon l'équation n°13.

Les paramètres pris en compte dans les calculs sont résumés dans le Tableau 29.

Type d'énergie	Agent énergétique	Part agent énergétique <sup>39,40</sup> (%)	COPa <sup>41</sup> (estimation CSD)	Coefficient GES (g/kWh) <sup>42</sup>	Facteur d'énergie primaire <sup>38</sup>
Chauffage HT	Mazout	73%	0.70	295	1.24
	Gaz	21%	0.70	241	1.15
	Electricité	3%	1.0	14	1.22
	PAC SID	2%	3.0	14	1.22
	Bois	1%	0.85	14	1.14
Froid	PAC SID	80%	3.0	14	1.22
	PAC mix Suisse (hors SID)	20%	3.0	133	2.9
Electricité	SID	80%	1.0	14	1.22
	Mix Suisse (hors SID)	20%	1.0	133	2.9

**Tableau 29** : Paramètres pris en compte dans les calculs des besoins énergétiques en 2013 et des émissions de GES pour la chaleur, le froid et l'électricité des logements et activités

<sup>39</sup> D'après SID

<sup>40</sup> Les 4% des besoins relatifs aux agents énergétiques inconnus ont été répartis au prorata de l'importance de chacun des autres catégories

<sup>41</sup> Estimation CSD

<sup>42</sup> D'après OFEN, bases de calcul des équivalents essence et des équivalents essence d'énergie primaire dans le cadre de l'étiquette énergie révisée

### 1.3.3 BESOINS RELATIFS A LA MOBILITE

En 2013, les besoins finaux liés à la mobilité ont été calculés selon les équations n°10 à 12.

Les variables prises en compte pour les calculs liés à la mobilité sont résumées dans le Tableau 30. Pour plus de réalisme, celles-ci sont évaluées sur la totalité du parc des véhicules (et non sur les nouvelles immatriculations).

MOBILITE 2013	ENERGIE FOSSILE				ENERGIE ELECTRIQUE
	Véhicules légers			Poids lourds	Véhicules légers
	Essence et Hybride	Gaz	Diesel	Diesel	Electrique
Part admise du parc pour la catégorie <sup>43</sup>	78.0 %	0.2%	21.6%	100%	0.2%
Age moyen du parc automobile déterminant la consommation moyenne <sup>39</sup>	8.2	NC	8.2	6.7	NC
Consommation moyenne d'un véhicule du parc [l/100 km]	8.09 <sup>44</sup>	7.36 <sup>45</sup>	6.63 <sup>40</sup>	16.0 <sup>46</sup>	NA
Coefficient GES [gCO <sub>2</sub> -équivalent /km]	193 <sup>40</sup>	132 <sup>47</sup>	176 <sup>40</sup>	738 <sup>48</sup>	NC
Coefficient NO <sub>x</sub> [gNO <sub>x</sub> /km] <sup>44</sup>	0.35	0.35	0.70	3.5	NC
Consommation moyenne [kWh/100 km] type Renault Zoé <sup>49</sup>	NA	NA	NA	NA	11.8
Facteur d'énergie primaire <sup>50</sup>	1.37	1.29	1.16	1.29	1.22

**Tableau 30** : Variables prises en compte pour les calculs des besoins énergétiques en 2013 et des émissions de GES relatifs à la mobilité

<sup>43</sup> Mobilité et transports 2013, Etude OFS, Neuchâtel

<sup>44</sup> D'après : <http://www.bfe.admin.ch/energie/00588/00589/00644/?lang=fr&msg-id=5467>

<sup>45</sup> Hypothèse CSD = Moyenne entre consommation essence et diesel

<sup>46</sup> Hypothèse CSD : 50% de la consommation d'un 40 Tonnes

<sup>47</sup> D'après gazmobile et SuisseEnergie, l'industrie gazière suisse offre depuis 2007 un mix qui comprend en moyenne 20% de biogaz (mix 80/20), permettant de réduire ainsi les émissions de gaz à effet de serre de 40% par rapport à l'essence.

<sup>48</sup> D'après : <http://www.airparif.asso.fr/etat-air/air-et-climat-quelques-chiffres>

<sup>49</sup> D'après <http://www.cnetfrance.fr/cartech/renault-zoe-12l-aux-100-km-39790638.htm>

<sup>50</sup> D'après OFEN, bases de calcul des équivalents essence et des équivalents essence d'énergie primaire dans le cadre de l'étiquette énergie révisée

## 1.4 CALCUL DES BESOINS FUTURS

### 1.4.1 BESOINS DE CHALEUR ET DE FROID

Les besoins futurs de chaleur et de froid ont été calculés pour 4 scénarii différents, et aux horizons 2030 et 2050 pour chaque scénario. Les scénarii divergent les uns des autres d'une part selon certaines variables dynamiques et d'autre part selon la répartition des agents énergétiques dans la production de chaleur. Globalement, les besoins futurs sont calculés par la formule générale suivante :

$$(14) \text{ Besoins futurs} = \text{Besoins constructions non rénovées} + \text{Besoins constructions rénovées} + \text{Besoins constructions neuves}$$

Les paramètres fixes pris en compte dans le calcul des besoins futurs de chaleur et de froid pour l'ensemble des scénarii et pour chaque horizon de temps sont résumés dans le Tableau 31.

Paramètres fixes Logements et activités	Scénario n°1 Minimaliste	Scénario n°2 Tout renouvelable	Scénario n°3 Suffisant	Scénario n°4 Optimal
Démographie 2030 par rapport à 2013	+ 2'983 habitants			
Démographie 2050 par rapport à 2013	+ 6'500 habitants			
Occupation logement	2.11 habitants/logement			
SBP moyenne par logement	180 m <sup>2</sup>			
SRE d'habitation et semi-habitation à construire <sup>51</sup> en 2030 par rapport à 2013	+ 203'600 m <sup>2</sup>			
SRE d'habitation et semi-habitation à construire <sup>3</sup> en 2050 par rapport à 2013	+ 443'600 m <sup>2</sup>			
Emplois 2030 par rapport à 2013	+ 400 emplois			
Emplois 2050 par rapport à 2013	+ 800 emplois			
SRE à construire liées aux emplois <sup>3</sup> en 2030 par rapport à 2013	+ 4'900 m <sup>2</sup>			
SRE à construire liée aux emplois <sup>3</sup> en 2050 par rapport à 2013	+ 9'700 m <sup>2</sup>			

**Tableau 31** : Paramètres fixes pour les calculs des besoins énergétiques futurs de chaleur et de froid

### 1.4.2 BESOINS EN ELECTRICITE

Les besoins futurs d'électricité ont été calculés en ajoutant aux besoins 2013 les besoins nécessaires aux futures constructions.

La connaissance de la SRE des bâtiments existants pour les 4 catégories définies par les SID et les consommations d'électricité correspondantes permettent en effet de calculer la consommation moyenne d'électricité par m<sup>2</sup> pour chacune de ces catégories. Appliquée aux surfaces de références énergétiques attendues respectivement aux horizons 2030 et 2050 (Tableau 29), il est ainsi possible de quantifier les consommations électriques induites par les nouvelles constructions.

<sup>51</sup> Les surfaces de constructions neuves pour chaque affectation sont calculées d'après la répartition actuelle des surfaces au sein de ces affectations et de chaque secteur énergétique (prorata).

### 1.4.3 BESOINS RELATIFS A LA MOBILITE

Les paramètres fixes pris en compte pour les calculs des besoins futurs liés à la mobilité sont résumés dans le Tableau 32. Ces paramètres sont les mêmes pour les horizons 2030 et 2050 car il n'est pas judicieux de spéculer sur la technologie qui équipera la majorité du parc automobile d'ici 35 ans.

Paramètres fixes Mobilité	ENERGIE FOSSILE				ENERGIE ELECTRIQUE
	Véhicules légers			Poids lourds	Véhicules légers
	Essence et Hybride	Gaz	Diesel	Diesel	Electrique
Type de modélisation 2030	Territoriale (km parcourus au sein de la Commune)				
Augmentation annuelle du nombre de km parcourus dans la Commune	0.6% <sup>52</sup> (Selon étude de Transitec d'octobre 2013)				
Age moyen du parc automobile déterminant la consommation moyenne <sup>53</sup>	8.2	NC	8.2	6.7	NC
Consommation moyenne d'un véhicule du parc [l/100 km] <sup>54</sup>	5	4.5	4	10	NA
Coefficient GES [gCO <sub>2</sub> -équivalent /km] <sup>55</sup>	95	64	86	361	NC
Coefficient NO <sub>x</sub> [gNO <sub>x</sub> /km] <sup>56</sup>	0.045	0.045	0.06	0.06	NC
Consommation moyenne [kWh/100 km] type Renault Zoé <sup>57</sup>	NA	NA	NA	NA	11.8
Facteur d'énergie primaire <sup>58</sup>	1.37	1.29	1.16	1.29	1.22
Type de modélisation 2050	Modélisation 2030 + 0.6%/an de km en plus				

**Tableau 32** : Paramètres fixes pris en compte pour les calculs des besoins énergétiques futurs et des émissions de GES relatifs à la mobilité

<sup>52</sup> Selon l'étude de Transitec d'octobre 2013

<sup>53</sup> Hypothèse CSD : conservation de l'âge du parc moyen entre 2013 et 2030

<sup>54</sup> Hypothèses CSD d'après progrès de l'industrie automobile d'ici 2022

<sup>55</sup> Estimation CSD

<sup>56</sup> Hypothèse CSD : anticipation de la future norme Euro 7 (-25% des valeurs-limites de la norme Euro 6) pour tous les véhicules

<sup>57</sup> D'après <http://www.cnefrance.fr/cartech/renault-zoe-12l-aux-100-km-39790638.htm>

<sup>58</sup> D'après OFEN, bases de calcul des équivalents essence et des équivalents essence d'énergie primaire dans le cadre de l'étiquette énergie révisée