Delémont, le 13.05.2015

**Agglomération de Delémont**

**Concept et planification de l'approvisionnement énergétique pour le Plan Directeur Régional**

# TABLE DES MATIERES

**LEXIQUE** ..... **5**

**CONCEPT ET PLANIFICATION DE L'APPROVISIONNEMENT ENERGETIQUE POUR LE PLAN DIRECTEUR REGIONAL** ..... **6**

**1. CONTEXTE** ..... **6**
*1.1 PLAN DIRECTEUR REGIONAL* ..... *6*
*1.2 CONCEPT* ..... *6*
*1.3 OBJECTIFS DE LA PLANIFICATION ENERGETIQUE TERRITORIALE* ..... *6*

**2. METHODOLOGIE ET DONNEES MANQUANTES** ..... **7**

**3. BESOINS ENERGETIQUES ET EMISSIONS DE $CO_2$ DE L'AGGLOMERATION EN 2013** ..... **8**
*3.1 SECTORISATION ENERGETIQUE DE L'AGGLOMERATION* ..... *8*
*3.2 BESOINS ENERGETIQUES DE L'AGGLOMERATION EN 2013* ..... *10*
*3.3 EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE DE L'AGGLOMERATION EN 2013* ..... *11*
*3.4 SYNTHESE DES BESOINS ENERGETIQUES ET DES EMISSIONS DE $CO_2$ DE L'AGGLOMERATION EN 2013* ..... *11*

**4. POTENTIELS DES GISEMENTS D'ENERGIE EN 2050** ..... **13**
*4.1 GENERALITES* ..... *13*
*4.2 EFFICACITE ENERGETIQUE ET ECONOMIES D'ENERGIES* ..... *13*
*4.2.1 MESURES D'ECONOMIES* ..... *13*
*4.2.2 MESURES D'EFFICACITE* ..... *14*
*4.2.3 CONCLUSION SUR LES POTENTIELS* ..... *14*
*4.3 GEOTHERMIE A FAIBLE PROFONDEUR* ..... *15*
*4.4 BOIS-ENERGIE* ..... *17*
*4.4.1 GENERALITES* ..... *17*
*4.4.2 BOIS-ENERGIE A DELEMONT* ..... *17*
*4.4.3 BOIS-ENERGIE POUR LE RESTE DE L'AGGLOMERATION* ..... *18*
*4.5 AEROTHERMIE (AIR AMBIANT)* ..... *19*
*4.6 SOLAIRE THERMIQUE ET PHOTOVOLTAÏQUE* ..... *21*
*4.7 EOLIEN* ..... *24*
*4.8 HYDRAULIQUE* ..... *27*
*4.8.1 GENERALITES* ..... *27*
*4.8.2 VALORISATION ELECTRIQUE DES COURS D'EAU* ..... *27*
*4.8.3 VALORISATION THERMIQUE DES COURS D'EAU* ..... *28*
*4.8.4 VALORISATION THERMIQUE DES EAUX SOUTERRAINES* ..... *29*
*4.8.5 VALORISATION ELECTRIQUE DES EAUX SOUTERRAINES* ..... *30*
*4.9 DECHETS ORGANIQUES (BIOGAZ)* ..... *30*
*4.10 BILAN DES GISEMENTS RENOUVELABLES* ..... *32*

**5. BESOINS ENERGETIQUES ET EMISSIONS DE $CO_2$ DE L'AGGLOMERATION D'ICI 2050** ..... **33**
*5.1 STRATEGIE GLOBALE POUR LES BESOINS DE CHALEUR* ..... *33*
*5.2 STRATEGIES SPECIFIQUES DES COMMUNES POUR LA CHALEUR* ..... *34*
*5.3 EVOLUTION DE L'OFFRE EN MATIERE DE CHALEUR* ..... *39*
*5.4 STRATEGIE GLOBALE POUR LES BESOINS ELECTRIQUES* ..... *40*
*5.5 STRATEGIES SPECIFIQUES DES COMMUNES POUR L'ELECTRICITE* ..... *40*
*5.6 EVOLUTION DE L'OFFRE EN MATIERE D'ELECTRICITE* ..... *43*
*5.7 OBJECTIFS ATTEINTS PAR LA STRATEGIE FUTURE* ..... *46*

**6. STRATEGIES ET LIGNES DIRECTRICES** ..... **48**
*6.1 GENERALITES* ..... *48*
*6.2 ECONOMIES D'ENERGIE* ..... *48*
*6.3 EFFICACITE ENERGETIQUE* ..... *48*
*6.4 ENERGIES RENOUVELABLES* ..... *49*
*6.5 PRINCIPES D'AMENAGEMENT* ..... *49*

*6.5.1 PRIORITE ENTRE LES TECHNOLOGIES ..... 49*
*6.5.2 CONSTRUCTION DE CHAUFFAGES A DISTANCE ..... 49*
*6.5.3 RECOMMANDATIONS D'AMENAGEMENT ..... 49*

**7. POSSIBILITES DE REVISION ..... 54**
*7.1 DEGRE D'INCERTITUDE DE LA STRATEGIE ENERGETIQUE ..... 54*
*7.2 PARAMETRES DEMOGRAPHIQUES ..... 54*
*7.3 TAUX DE RENOVATION DES BÂTIMENTS ..... 55*
*7.4 PRIX DE L'ENERGIE ..... 55*
*7.5 ASPECTS JURIDIQUES ..... 56*
*7.6 INTERVALLE DE REVISION ..... 56*

**ANNEXE A ..... 57**

**METHODOLOGIE APPLIQUEE POUR LE CALCUL DES BESOINS ..... 57**
*1.1 CALCUL DES BESOINS UTILES EN 2013 ..... 58*
*1.1.1 DEFINITION DES BESOINS UTILES ..... 58*
*1.1.2 BESOINS DE CHALEUR ..... 58*
*1.1.3 BESOINS EN ELECTRICITE ..... 59*
*1.1.4 BESOINS RELATIFS A LA MOBILITE ..... 59*
*1.2 CALCUL DES BESOINS FINAUX ET DES EMISSIONS DE GES EN 2013 ..... 59*
*1.2.1 DEFINITION DES BESOINS FINAUX ..... 59*
*1.2.2 LIEN ENTRE BESOINS FINAUX ET EMISSIONS DE GES ..... 59*
*1.2.3 BESOINS DE CHALEUR ET D'ELECTRICITE ..... 60*
*1.2.4 BESOINS RELATIFS A LA MOBILITE ..... 60*
*1.3 CALCUL DES BESOINS PRIMAIRES EN 2013 ..... 60*
*1.3.1 DEFINITION DES BESOINS PRIMAIRES ..... 60*
*1.3.2 BESOINS DE CHALEUR ET D'ELECTRICITE ..... 60*
*1.3.3 BESOINS RELATIFS A LA MOBILITE ..... 61*
*1.4 CALCUL DES BESOINS FUTURS ..... 61*
*1.4.1 BESOINS DE CHALEUR ..... 61*
*1.4.2 BESOINS EN ELECTRICITE ..... 62*
*1.4.3 BESOINS RELATIFS A LA MOBILITE ..... 63*

## TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Présence du gaz naturel dans l'Agglomération delémontaine ..... 9
Figure 2 : Bilan des objectifs 2050 et bilans énergétiques et émissifs en 2013 ..... 12
Figure 3 : Potentiels géothermiques de l'Agglomération delémontaine ..... 16
Figure 4 : CAD bois existants dans l'Agglomération delémontaine ..... 18
Figure 5 : Potentiels techniques et rentables de l'aérothermie ..... 20
Figure 6 : Potentiels solaire thermiques et photovoltaïques techniques et rentables ..... 22
Figure 8 : Potentiels éoliens techniques et rentables ..... 25
Figure 9 : Vue générale des potentiels théoriques hydrauliques ..... 27
Figure 10 : Potentiels déchets organiques ..... 31
Figure 11 : Potentiels des gisements rentables et besoins utiles de chaleur ..... 32
Figure 12 : Potentiels des gisements rentables et besoins utiles d'électricité ..... 32
Figure 13 : Stratégie de couverture des besoins de chaleur de l'Agglomération entre 2013 et 2050 ..... 39
Figure 14 : Stratégie de couverture des besoins d'électricité de l'Agglomération hors RPC entre 2013 et 2050 ..... 43
Figure 15 : Stratégie de couverture des besoins d'électricité de l'Agglomération avec RPC entre 2013 et 2050 ..... 44
Figure 16 : Bilans énergétiques et émissifs en 2050 ..... 46

# TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Méthodes de consolidation et d'extrapolation des données inconnues ..... 7
Tableau 2 : Besoins énergétiques actuels (2014) de l'Agglomération delémontaine par Commune ... 11
Tableau 3 : Emissions de CO2 actuelles (2013) de l'Agglomération delémontaine par commune ..... 11
Tableau 4 : Bilans énergétiques et émissifs actuels de l'Agglomération (2013) ..... 11
Tableau 5 : Valeurs cibles de l'énergie primaire à atteindre pour respecter les valeurs cibles de la consommation d'énergie totale ..... 12
Tableau 6 : Potentiels de gisements de l'efficacité énergétique et des économies d'énergies ..... 15
Tableau 7 : Potentiels théoriques, techniques et rentables de la géothermie ..... 17
Tableau 8 : Potentiels théoriques, techniques et rentables du bois-énergie ..... 19
Tableau 9 : Potentiels théoriques, techniques et rentables de l'aérothermie ..... 21
Tableau 10 : Potentiels techniques et rentables du solaire thermique et photovoltaïque ..... 23
Tableau 11 : Potentiels théoriques, techniques et rentables de la production d'électricité éolienne .... 26
Tableau 12 : Potentiels techniques et rentables de l'hydraulique électrique en surface ..... 28
Tableau 13 : Potentiels techniques et rentables de l'hydraulique électrique en surface ..... 29
Tableau 14 : Potentiels techniques et rentables de l'hydraulique thermique en surface ..... 30
Tableau 15 : Potentiels techniques et rentables de l'hydraulique électrique souterrain ..... 30
Tableau 16 : Potentiels théoriques, techniques et rentables de la production de chaleur et d'électricité issus des déchets organiques dans l'Agglomération ..... 31
Tableau 17 : Rappel des avantages et inconvénients des agents énergétiques utilisés dans la stratégie énergétique de l'Agglomération ..... 33
Tableau 18 : Couverture des besoins de chaleur des communes de l'Agglomération en 2013 ..... 37
Tableau 19 : Couverture des besoins de chaleur des communes de l'Agglomération en 2030 ..... 38
Tableau 20 : Couverture des besoins de chaleur des communes de l'Agglomération en 2050 ..... 38
Tableau 21 : Couverture des besoins d'électricité utiles des communes de l'Agglomération en 2013 hors RPC ..... 41
Tableau 22 : Couverture des besoins d'électricité utiles des communes de l'Agglomération hors RPC en 2030 ..... 42
Tableau 23 : Couverture des besoins d'électricité utiles des communes de l'Agglomération hors RPC en 2050 ..... 42
Tableau 24 : Bilans énergétiques et émissifs en 2050 ..... 46
Tableau 25 : Principes d'aménagement généraux pour les secteurs raccordés au gaz sans restriction géothermie ..... 50
Tableau 26 : Principes d'aménagement généraux pour les secteurs raccordés au gaz avec restriction géothermie ..... 51
Tableau 27 : Principes d'aménagement généraux pour les secteurs non raccordés au gaz sans restriction géothermie ..... 52
Tableau 28 : Principes d'aménagement généraux pour les secteurs non raccordés au gaz avec restriction géothermie ..... 53
Tableau 29 : Prix moyen TTC du mazout extra-léger en 2013 ..... 56
Tableau 30 : Prix moyen TTC du gaz en 2013 ..... 56
Tableau 31 : Hypothèses des besoins de chaleur en chauffage selon l'affectation des bâtiments et leur année de construction ..... 58
Tableau 32 : Hypothèses des besoins de chaleur en eau chaude sanitaire selon l'affectation des bâtiments et leur année de construction. ..... 59
Tableau 33 : Paramètres pris en compte dans les calculs des besoins énergétiques en 2013 et des émissions de GES pour la chaleur et d'électricité des logements et activités ..... 61
Tableau 34 : Variables prises en compte pour les calculs des besoins énergétiques en 2013 et des émissions de GES relatifs à la mobilité ..... 61
Tableau 35 : Paramètres pris en compte dans les calculs des besoins énergétiques en 2030 et 2050 et des émissions de GES pour la chaleur et d'électricité des logements et activités ..... 62
Tableau 36 : Paramètres fixes pour les calculs des besoins énergétiques futurs de chaleur ..... 62
Tableau 37 : Paramètres fixes pris en compte pour les calculs des besoins énergétiques futurs et des émissions de GES relatifs à la mobilité ..... 63

# 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.

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

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

**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 à 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 grande quantités d'énergie sous forme de chaleur pour fournir une énergie électrique suffisante aux besoins.

**Energie utile** : Besoins d'énergie réellement utiles à l'usager. 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 t-eq $CO_2$** : 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 ($CO_2$, $CH_4$, $N_2O$, $CCl_2F_2$, $CHClF_2$, $CF_4$ et $SF_6$). 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 à un impact sur l'effet de serre 25 fois plus fort qu'un kilogramme de $CO_2$. L'équivalent $CO_2$ 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 $CO_2$.

**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 des Energies.

**PET** : Planification Energétique Territoriale

# CONCEPT ET PLANIFICATION DE L'APPROVISIONNEMENT ENERGETIQUE POUR LE PLAN DIRECTEUR REGIONAL

## 1. CONTEXTE

### 1.1 PLAN DIRECTEUR REGIONAL

Le plan directeur régional est un nouvel instrument de planification situé à un niveau intermédiaire entre le plan directeur cantonal et l'aménagement local. Son objectif principal est particulièrement ambitieux : coordonner toutes les politiques sectorielles en lien avec le territoire au-delà des limites communales, dans un espace fonctionnel.

Le Parlement jurassien a décidé d'ancrer cet échelon intermédiaire dans la législation cantonale. Depuis le 1er janvier 2010, la Loi sur les constructions et l'aménagement du territoire (LCAT) fixe le contenu minimal du plan directeur régional et définit les 5 domaines du plan directeur cantonal qui doivent être traités.

La planification énergétique territoriale est une étude de base du plan directeur régional. Elle définit les principes applicables à l'approvisionnement énergétique.

Par la signature de la Charte de l'Agglomération en 2007, les Communes de l'Agglomération delémontaine se sont engagées à faire le nécessaire pour respecter les objectifs de la Société à 2'000 W à l'horizon 2050.

Le respect des objectifs de la Société à 2'000 W requiert que le bilan 2013 en énergie primaire passe de 6'349 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 d'un facteur 2 d'ici 2050 (Tableau 5).

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 8,7 tonnes d'émissions d'équivalent CO2 à 1,7 tonnes par habitant, les émissions devront être réduites de 80% d'ici 2050 (Tableau 5).

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.

### 1.2 CONCEPT

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

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'un territoire 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.

### 1.3 OBJECTIFS DE LA PLANIFICATION ENERGETIQUE TERRITORIALE

De façon générale, la PET permet d'ancrer politiquement l'engagement de la collectivité sur la voie de la Société à 2'000 W, 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, cette PET dresse le bilan énergétique des 11 communes de l'Agglomération de Delémont, identifiant les besoins de même que les ressources disponibles et leur localisation. Sur la base de la stratégie énergétique retenue dans le cadre de la PET de la Commune de Delémont, une stratégie cohérente a été définie pour l'ensemble de l'Agglomération aux horizons 2030 et 2050, permettant d'orienter les choix à venir en terme d'approvisionnement énergétique.

Cette stratégie prend évidemment en compte les particularités de chaque commune au sein de l'Agglomération, en matière d'aménagement du territoire, de possibilités techniques, économiques et sociales (solution acceptables, réalistes et supportables).

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. METHODOLOGIE ET DONNEES MANQUANTES

La précision de l'estimation des besoins énergétiques de l'Agglomération se trouve affectée d'un manque de données conséquent au niveau du Registre Fédéral des Bâtiments (RegBL) pour certaines communes de l'Agglomération.

La première solution a consisté à consolider les données des 7 communes possédant de faibles taux de données inconnues. Les données inconnues des bâtiments ont ainsi été extrapolées sur la base des caractéristiques moyennes des bâtiments connus appartenant à une classe de bâtiment identique. Une seconde méthode d'extrapolation a considéré que l'échantillon connu était représentatif de l'échantillon total (en d'autre terme, cela signifie que les besoins totaux sont proportionnels aux besoins connus multipliés par le degré d'inconnues). Les résultats des deux extrapolations ayant montré que les deux estimations étaient très proches (variation de ± 3% à l'exception de Vellerat), l'extrapolation sur la base des caractéristiques moyennes a été conservé car jugée plus fine.

Par la suite, les données de 3 communes possédant des taux d'inconnus trop importants (Courroux, Develier, Val Terbi) ont été extrapolées sur la base des ratios par habitant de la Commune de Courrendlin. En effet, du point de vue des photos aériennes actuelles, la typologie des besoins de ces 3 communes semble similaire avec celle de Courrendlin. De son côté, la Commune de Vellerat a été extrapolée sur la base de la Commune de Châtillon. Une vérification a été faite selon la 2ème méthode d'extrapolation et a montré que, pour ces 4 communes, il aurait été erroné de considérer que l'échantillon connu était représentatif de l'échantillon total.

Soulignons que l'analyse du registre des ramoneurs n'a pas permis de remettre en question d'une façon certaine le calcul des besoins de chaleur selon notre méthode. En effet, le registre des ramoneurs renseigne les puissances de chauffe des installations, et non des besoins de consommation. Il aurait été particulièrement arbitraire de remettre en question l'estimation des données de base sur la base d'un ratio fixe entre puissance et consommation. De plus, le registre des ramoneurs n'inventorie pas les chaudières à bois dont la puissance est <70 kW.

Les données relatives à la fiabilité des données initiales, consolidées et extrapolées sont résumées dans le Tableau 1.

| Commune | Besoins de chaleur initialement connus | Après consolidation selon classe de bâtiment | Différence avec consolidation proportionnelle | Après extrapolation d'après Courrendlin | Après extrapolation d'après Châtillon | Différence avec consolidation proportionnelle |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Châtillon | 96.1 % | **100 %** | +3% | NA | | |
| Courrendlin | 86.9 % | **100 %** | +2% | | | |
| Courroux | 17.4 % | NA | | **100 %** | NA | +31% |
| Courtételle | 85.0 % | **100 %** | -3 % | NA | | |
| Delémont | **Selon PET de la Commune de Delémont** | | | | | |
| Develier | 17.2 % | NA | | **100 %** | NA | +86% |
| Rebeuvelier | 86.6 % | **100 %** | -1 % | NA | | |
| Rossemaison | 91.1 % | **100 %** | +3 % | | | |
| Soyières | 88.3 % | **100 %** | -2 % | | | |
| Val Terbi | 11.2 % | NA | | **100 %** | NA | +77% |
| Vellerat | 70.1 % | **100 %** | -30 % | NA | 100 % | -46% |

**Tableau 1** : Méthodes de consolidation et d'extrapolation des données inconnues (en gras et souligné : méthode retenue pour l'estimation des besoins)

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

L'imprécision des données de base ainsi que le budget alloué à l'étude implique que l'état des lieux énergétique et les objectifs chiffrés liés à la stratégie retenue soient réalisés à l'échelle de chaque commune, sans que des secteurs énergétiques ne soient délimités. Toutefois, des recommandations spécifiques liées à l'aménagement du territoire sont faites dans le chapitre 6, dans l'Annexe B et dans la carte du Plan Directeur établir par Urbaplan.

La réalisation d'une planification énergétique territoriale plus fine, prenant en compte un état des lieux et des objectifs chiffrés ciblés par secteur énergétique pour chacune des communes, devrait faire l'objet d'une étude complémentaire. Pour qu'elle soit possible, le RegBL devra au préalable être complété par les Communes possédant un registre incomplet.

# 3. BESOINS ENERGETIQUES ET EMISSIONS DE $CO_2$ DE L'AGGLOMERATION EN 2013

## 3.1 SECTORISATION ENERGETIQUE DE L'AGGLOMERATION

Etant donné le cadre régional de l'étude et le manque de données relatives à la géolocalisation et à la typologie de nombreux bâtiments, l'Agglomération n'a pas pu être sectorisée en véritables secteurs énergétique comme cela a été possible pour Delémont. En effet, il n'est actuellement pas possible de connaître les besoins énergétiques d'un secteur spécifique pour chaque Commune.

Les besoins énergétiques sont donc chiffrés individuellement pour chacune des Communes, sans rentrer dans le détail des besoins de secteurs énergétiques à l'intérieur d'une même commune.

Les Communes de l'Agglomération disposant d'un réseau de gaz sont les suivantes : Courrendlin, Courroux, Courtételle, Delémont et Rossemaison (Figure 1).

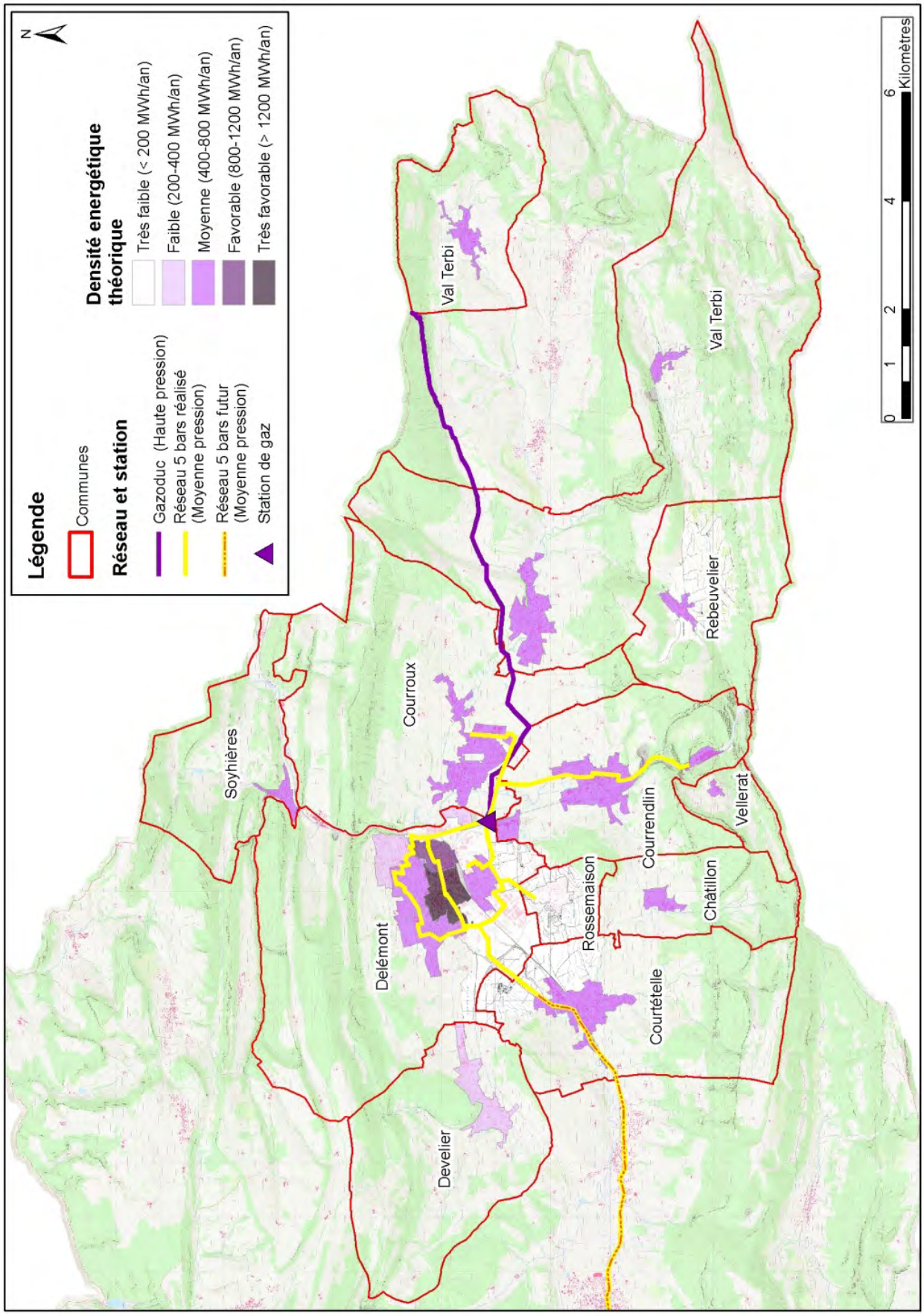


**Figure 1** : Présence du gaz naturel dans l'Agglomération delémontaine

## 3.2 BESOINS ENERGETIQUES DE L'AGGLOMERATION EN 2013

Les habitants de l'Agglomération delémontaine requièrent actuellement environ 1'475'000 MWh (1'475 GWh) 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 6'400 W par habitant et par an.

Environ 11% de ces besoins sont assurés par des énergies renouvelables grâce à :

- La fourniture d'une électricité 100% renouvelable (valable uniquement pour la Commune de Delémont et Develier par le biais de certificats hydrauliques) ;
- La part des besoins de chaleur fournie par des pompes à chaleur, du bois-énergie et de l'énergie solaire, à des taux variables selon les Communes.

Cette part de 11% est à comparer à la part suisse qui s'élève à 10%[1].

Les besoins primaires se répartissent à 55% pour le chauffage des logements/activités, 34% pour les besoins électriques des logements/activités (industries et éclairage publics notamment) et 11% pour les besoins relatifs à la mobilité. La production de froid industriel n'a pas été étudiée dans cette étude, mais, au vu des résultats de la Commune de Delémont (0.1% des besoins), celle-ci est négligeable dans les besoins totaux.

La production de chaleur utile est assurée à 70% par le mazout et à 12% par le gaz sur l'ensemble de l'Agglomération. Le solde se répartit, par ordre d'importance, sur les chauffages électriques (7%), le bois (6%) et les pompes à chaleur (5%). L'énergie solaire est négligeable dans la couverture des besoins de chaleur.

Le détail des besoins utiles de chaleur pour chacune des Communes est donné dans le Tableau 2.

Les besoins de chaleur sont calculés soit sur la base du RegBL, soit sur la base d'une extrapolation par rapport à une Commune similaire (cf. méthode §2).

Les besoins d'électricité sont calculés sur la base des consommations de Delémont par $m^2$ de surface, en fonction de leur affectation.

Pour la commune de Soyhières, les besoins de chaleur liés à la STEP de Soyhières sont ajoutés (1'111 MWh thermique et 1'173 MWh électrique). Ces besoins sont partiellement couverts par la production de biogaz, qui permet une autonomie thermique de 76% et une autonomie électrique de 64%.

Le bilan énergétique élevé de la Commune de Vellerat s'explique par le fait que, rapportées au nombre d'habitant, les surfaces construites sont environ deux fois plus importantes que dans les autres Communes. De plus, les bâtiments construits y sont sensiblement plus anciens, engendrant des besoins de chauffage supérieurs.

| Commune | Besoins utiles de chaleur (MWh) | Besoins finaux de chaleur (MWh) | Besoins primaires de chaleur (MWh) | Besoins utiles et finaux d'électricité (MWh) | Besoins primaires d'électricité (MWh) | Besoins finaux de mobilité (MWh) | Besoins primaires de mobilité (MWh) | Bilan d'énergie primaire par habitant (W/habitant) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Châtillon | 9'722 | 10'328 | 12'412 | 5'171 | 14'995 | 2'521 | 3'403 | 7'764 |
| Courrendlin | 54'048 | 69'889 | 84'948 | 16'607 | 48'161 | 15'120 | 20'409 | 6'450 |
| Courroux[2] | 62'642 | 80'001 | 98'454 | 19'248 | 55'818 | 17'524 | 23'654 | 6'450 |
| Courtételle | 51'102 | 57'273 | 70'338 | 28'278 | 82'007 | 13'918 | 18'787 | 7'811 |
| Delémont | 232'609 | 323'626 | 394'572 | 105'655 | 164'399 | 37'804 | 51'015 | 5'795 |
| Develier[3] | 28'247 | 31'675 | 38'971 | 11'035 | 13'463 | 7'902 | 10'666 | 5'073 |
| Rebeuvelier | 8'452 | 10'083 | 12'278 | 2'759 | 8'000 | 2'098 | 2'832 | 6'998 |
| Rossemaison | 13'903 | 15'964 | 19'458 | 6'275 | 18'199 | 3'339 | 4'507 | 8'022 |
| Soyhières | 13'586 | 16'441 | 19'156 | 5'546 | 15'614 | 2'827 | 3'816 | 9'293 |
| Val Terbi[3] | 52'118 | 58'437 | 71'898 | 20'354 | 58'795 | 14'581 | 19'680 | 6'552 |
| Vellerat | 2'939 | 2'970 | 3'585 | 1'218 | 3'533 | 401 | 541 | 12'112 |
| **Total Agglomération** | **529'368** | **677'597** | **826'099** | **222'147** | **482'984** | **118'035** | **159'310** | **6'349** |

[1] La part renouvelable ne tient pas compte de la part renouvelable contenue dans le mix électrique suisse.
[2] Mix énergétique pris en compte : Courrendlin
[3] Mix énergétique pris en compte : Courtételle

**Tableau 2** : Besoins énergétiques actuels (2014) de l'Agglomération delémontaine par Commune

## 3.3 EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE DE L'AGGLOMERATION EN 2013

Les habitants de l'Agglomération delémontaine émettent un peu moins de 230'000 tonnes d'équivalent $CO_2$ chaque année dans l'atmosphère, ce qui correspond à un bilan de 8,6 tonnes par habitant et par an. Les besoins de chaleur sont responsables de 78% des émissions de $CO_2$. Le solde des émissions est dû à la mobilité (13%) et à la consommation d'électricité (8%).

Le détail des émissions de $CO_2$ pour chacune des Communes est donné dans le Tableau 3.

| **Commune** | **Emissions de $CO_2$ dues à la chaleur (t eq-$CO_2$)** | **Emissions de $CO_2$ dues à l'électricité (t eq-$CO_2$)** | **Emissions de $CO_2$ dues à la mobilité (t eq-$CO_2$)** | **TOTAL (t eq-$CO_2$)** | **TOTAL par habitant (t eq-$CO_2$/habitant)** |
|---|---|---|---|---|---|
| Châtillon | 2'227 | 688 | 650 | 3'565 | 7.9 |
| Courrendlin | 18'351 | 2'209 | 3'901 | 24'461 | 9.0 |
| Courroux[2] | 21'268 | 2'560 | 4'522 | 28'350 | 9.0 |
| Courtételle | 15'291 | 3'761 | 3'591 | 22'643 | 9.1 |
| Delémont | 88'536 | 3'994 | 9'784 | 102'314 | 8.5 |
| Develier[3] | 8'483 | 154 | 2'039 | 10'676 | 7.5 |
| Rebeuvelier | 2'341 | 367 | 541 | 3'249 | 8.6 |
| Rossemaison | 4'219 | 835 | 862 | 5'916 | 9.9 |
| Soyhières | 3'829 | 704 | 729 | 5'262 | 11.1 |
| Val Terbi[3] | 15'652 | 2'691 | 3'762 | 22'105 | 8.4 |
| Vellerat | 561 | 162 | 103 | 826 | 11.5 |
| **Total Agglomération** | **180'758** | **18'124** | **30'484** | **229'366** | **8.7** |

**Tableau 3** : Emissions de $CO_2$ actuelles (2013) de l'Agglomération delémontaine par commune

## 3.4 SYNTHESE DES BESOINS ENERGETIQUES ET DES EMISSIONS DE $CO_2$ DE L'AGGLOMERATION EN 2013

Les bilans des besoins énergétiques primaires et des émissions de $CO_2$ de l'Agglomération en 2013 sont résumés dans le Tableau 4 et la Figure 2.

| **Type de besoin** | **Type d'énergie** | **EPT** *(MWh)* | **Dont ERT** *(MWh)* | **GES** *(t eq-$CO_2$)* | **Bilan EPT** *(W/personne/an)* | **Dont Bilan ERT** *(W/personne/an)* | **Bilan GES** *(t eq $CO_2$/personne/an)* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Logements Activités** | Chaleur | 1'309'083 | 162'721 | 198'762 | 5'660 | 704 | 7.6 |
| | Electricité | | | | | | |
| **Mobilité** | Mobilité fossile | 159'310 | 43 | 30'485 | 689 | <1 | 1.1 |
| | Mobilité électrique | | | | | | |
| **Bilan final** | | | | | **6'349** | **705** | **8.7** |

**Tableau 4** : Bilans énergétiques et émissifs actuels de l'Agglomération (2013)
(EPT = Energie Primaire Totale, ERT = Energie Renouvelable Totale, GES = Emissions de Gaz à Effet de Serre)

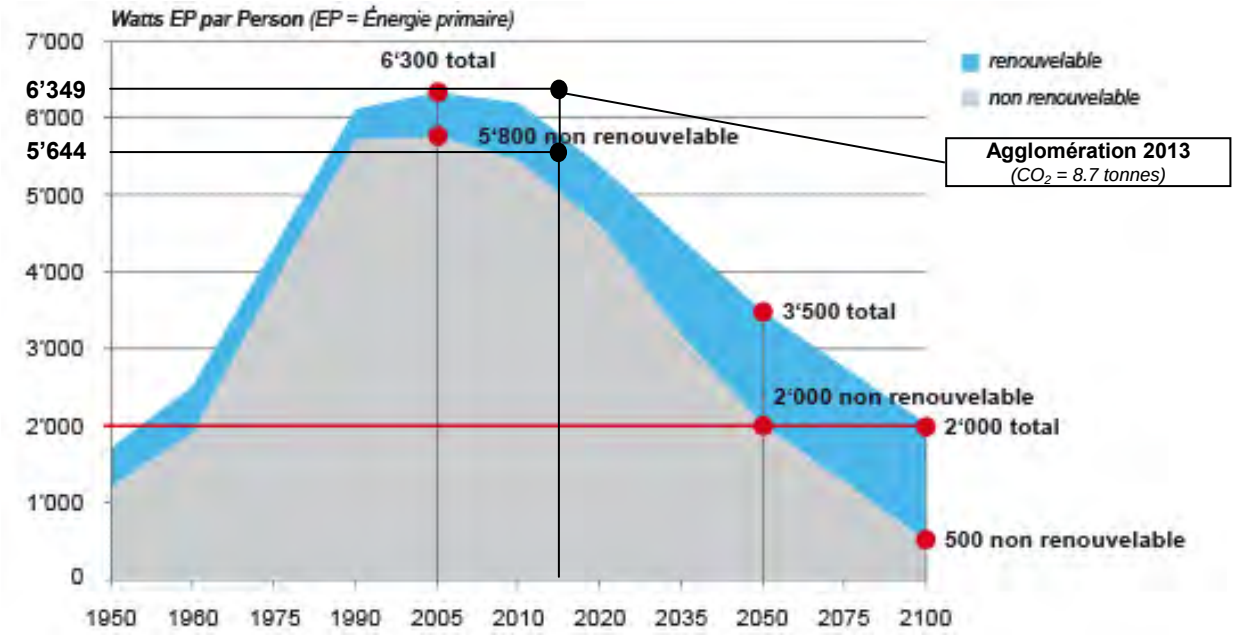


**Figure 2** : Bilan des objectifs 2050 et bilans énergétiques et émissifs en 2013

La Société à 2'000 W prévoit que la puissance continue nécessaire aux besoins humaines baisse jusqu'à une valeur de 2'000 W par personne et par an. Ces 2'000 W 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 W 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 Tableau 5, soit un bilan énergétique de 3'200 W et des émissions de 1.7 tonnes en 2050.**

| Année | 2005 | 2050 | 2100 |
|---|---|---|---|
| Puissance annuelle moyenne de l'énergie primaire globale [W/personne/an] | 6'300 | 3'200 | 1'500 |
| Puissance moyenne de l'énergie primaire non renouvelable [W/personne/an] | 5'800 | 1'900 | 410 |
| Puissance moyenne de l'énergie primaire renouvelable [W/personne/an] | 500 | 1'300 | 1'090 |
| Emissions de GES par année [t/eq-$CO_2$/personne/an] | 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

Le respect des objectifs de la Société à 2'000 W requiert donc que le bilan 2013 en énergie primaire passe de 6'349 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 50% 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 8.7 tonnes d'émissions d'équivalent $CO_2$ à 1,7 tonnes par habitant, 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 d'ici 2050.

En outre, des actions devront également être entreprises pour minimiser les bilans énergétiques et émissifs liés à la mobilité.

La stratégie énergétique proposée pour l'Agglomération se base sur celle retenue dans le cadre de la PET de la Commune de Delémont. Cette stratégie tient compte des besoins énergétiques futurs ainsi que les émissions de GES y associées.

# 4. POTENTIELS DES GISEMENTS D'ENERGIE EN 2050

## 4.1 GENERALITES

Les gisements d'énergies, notamment les gisements renouvelables situés sur le territoire de l'Agglomération sont passés en revue et quantifiés. Dans le potentiel théorique, nous avons admis que le cadre légal actuel restait inchangé, comme par exemple:

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

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 aux niveaux fédéral, cantonal et communal, nous admettons que leurs effets sur le marché restent analogues au niveau actuel.

## 4.2 EFFICACITE ENERGETIQUE ET ECONOMIES D'ENERGIES

### *4.2.1 MESURES D'ECONOMIES*

Comme nous l'avons vu au §3.2, la production de chaleur représente 60% des besoins énergétiques primaires 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.

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 chaque année une part très faible du parc existant, de l'ordre du pourcent.

Les plus grandes économies d'énergie à réaliser pour diminuer les besoins sont donc à faire sur les besoins de chaleur du parc construit existant qui est en moyenne très énergivore (dans les cas les plus favorables et en théorie, les consommations peuvent être réduites d'un facteur 9 !). Or, le taux de rénovation annuel 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). A ce rythme, 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 annuel de 1% pris en compte dans la stratégie énergétique proposé au §5 équivaut à la rénovation de 43 bâtiments au niveau de l'Agglomération. Il pourrait induire une économie globale de 48'000 MWh, soit 8% des besoins de chaleur utiles à l'horizon 2050 par rapport à la situation qui prévaut actuellement (0.5% de rénovation annuelle). Notons que cette économie prend en compte les besoins des

nouvelles surfaces construites d'ici cet horizon de temps. Notons enfin que l'économie pourrait être plus grande si l'on raisonnait en terme de nombre de bâtiments à rénover chaque année en lieu et place d'un pourcentage[4].

Concernant les besoins électriques, nous estimons qu'un potentiel d'économies de 9% de la consommation électrique est réaliste, et ce dès 2030. Ceci est un minimum qui pourrait correspondre au changement rapide des appareils électroménagers, ampoules et autres appareils électroniques obsolètes, mais également à un changement de comportement progressif de la part des consommateurs, notamment sur des actions n'impactant pas le confort, comme par exemple l'extinction plus systématique des appareils en veille.

### *4.2.2 MESURES D'EFFICACITE*

L'efficacité énergétique dépend 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 défini 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, une simple optimisation des installations existantes de production de chaleur (et notamment des chaudières à mazout et gaz) permettrait de réduire de 5 à 20% les besoins finaux de chaleur actuels (et ce à besoins utiles constants), grâce à l'optimisation des paramètres de fonctionnement, au remplacement ponctuel d'éléments surdimensionnés ou non efficients, et au réglage de la distribution de chauffage. Cette économie est intégrée de manière intrinsèque au niveau des besoins finaux de chaleur de la stratégie énergétique future du §5 puisque les coefficients de performances du parc des chaudières fossiles hors PAC gaz est amélioré dès 2030 (passage d'un COP de 0.7 à 0.9).

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 l'Agglomération delémontaine grâce aux énergies renouvelables.

### *4.2.3 CONCLUSION SUR LES POTENTIELS*

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 techniques relatives aux systèmes 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 dû à l'accroissement du parc de bâtiments, ce qui explique la faible valeur des économies réalisées. De plus, ces mesures d'améliorations sont 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 à atteindre pour respecter les objectifs de la société à 2000 Watts. Ces objectifs pourront

[4] raisonner en pourcentage équivaut à diminuer mathématiquement chaque année le stock de bâtiment non rénovés, et donc le nombre de bâtiments à rénover

être revus selon l'évolution.

| EFFICACITE ENERGETIQUE ET ECONOMIES D'ENERGIES | Potentiels théoriques (2050) | Potentiels techniques (2050) | Potentiels rentables (2050) |
|---|---|---|---|
| Economies de chaleur dues à la rénovation de l'enveloppe des bâtiments | 165'000 MWh soit 25% d'économies | 130'000 MWh soit 20% d'économies | 48'000 MWh soit 8% d'économies [5] |
| Economies d'électricité | 70'000 MWh soit 20% d'économies | 50'000 MWh soit 15% soit d'économies | 27'000 MWh soit 9% d'économies [6] |

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

## 4.3 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 l'Agglomération est très contrôlé (Figures 2 à 6).

Dans certaines communes, l'environnement géologique est karstique, avec un niveau des eaux souterraines se situant probablement à environ 150 m de la surface. Dans ce contexte, avec des vides karstiques remplis d'air, il peut exister des problèmes de fonctionnement si la sonde est mal posée, notamment mal cimentée. Toutefois, l'expérience locale a montré que plusieurs dizaines de sondes ont été réalisées dans les Franches-Montagnes, qui est un environnement comparable, la plupart du temps avec succès.

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 m² 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 par mètre linéaire de profondeur par an ;
- Coefficient de performance annuel moyen ou COPa de 4.

Les potentiels théoriques, techniques et rentables de production d'énergie par la géothermie à faible profondeur sur le territoire de l'agglomération delémontaine sont résumés dans la Figure 3 et le Tableau 7.

[5] 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

[6] Appliqué à la stratégie énergétique future sur la consommation électrique hors PAC

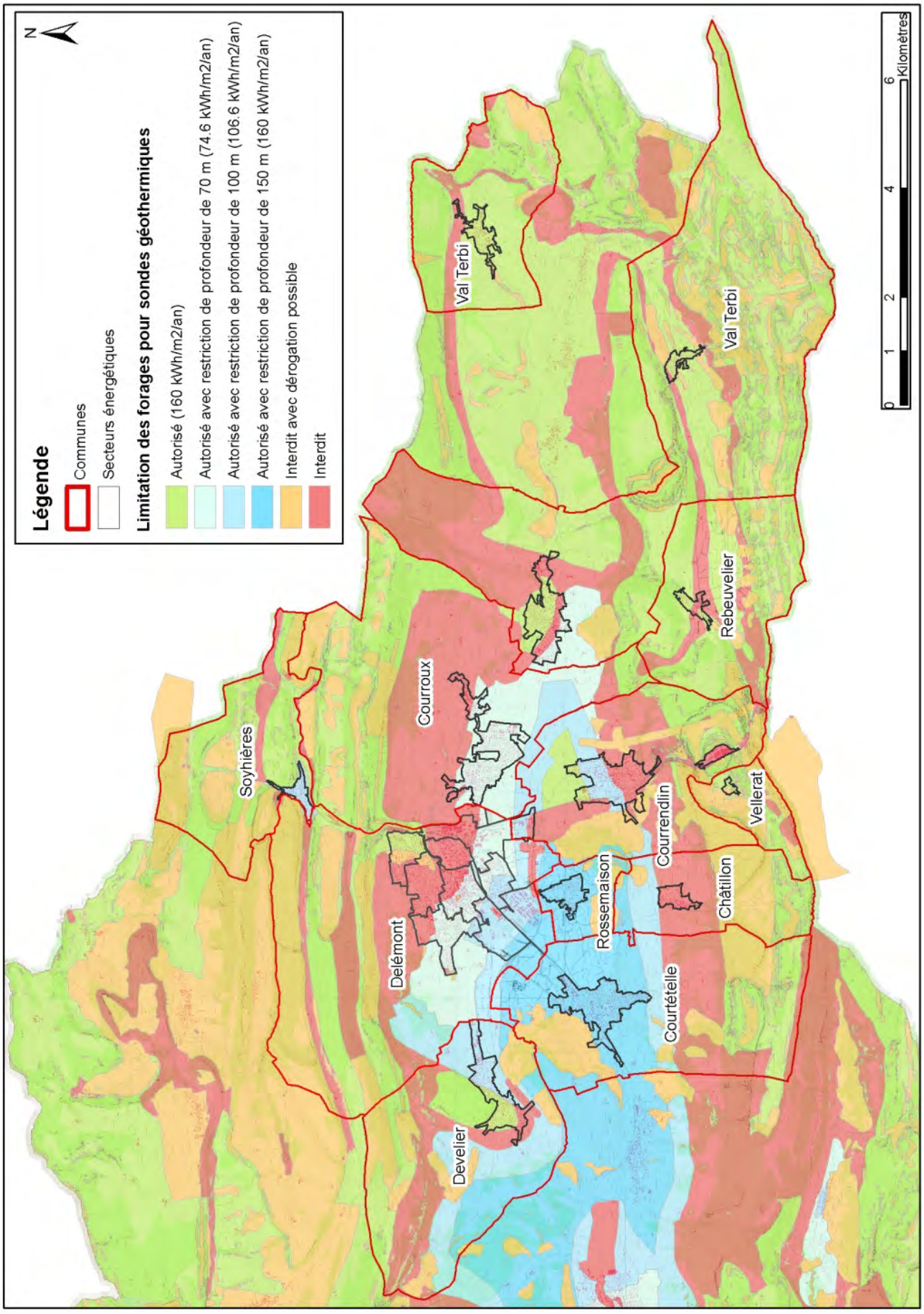


**Figure 3 :** Potentiels géothermiques de l'Agglomération delémontaine

| GEOTHERMIE BASSE PROFONDEUR | Potentiels théoriques et techniques (2050) | Potentiels rentables (2050) | Part maximale de couverture des besoins de chaleur utiles |
|---|---|---|---|
| Production de chaleur Châtillon | 80 MWh/an | 25 MWh/an | < 1% |
| Production de chaleur Courrendlin | 74'300 MWh/an | 24'500 MWh/an | 49% |
| Production de chaleur Courroux | 76'800 MWh/an | 25'400 MWh/an | 44% |
| Production de chaleur Courtételle | 155'800 MWh/an | 51'400 MWh/an | 107% |
| Production de chaleur Delémont | 285'700 MWh/an | 95'000 MWh/an | 40% |
| Production de chaleur Develier | 87'400 MWh/an | 28'800 MWh/an | 110% |
| Production de chaleur Rebeuvelier | 17'600 MWh/an | 5'800 MWh/an | 72% |
| Production de chaleur Rossemaison | 55'500 MWh/an | 18'300 MWh/an | 138% |
| Production de chaleur Soyhières | 21'100 MWh/an | 6'900 MWh/an | 55% |
| Production de chaleur Val Terbi | 148'300 MWh/an | 48'900 MWh/an | 101% |
| Production de chaleur Vellerat | 5'500 MWh/an | 1'800 MWh/an | 68% |
| **TOTAL CHALEUR** | **928'080 MWh/an** | **306'825 MWh/an** | **59%** |

**Tableau 7** : Potentiels théoriques, techniques et rentables de la géothermie

On constate que, à l'exception de Châtillon, les Communes de l'Agglomération possèdent un fort potentiel de valorisation par la géothermie à faible profondeur, et cela même si l'on considère un potentiel rentable représentant uniquement 33% du potentiel théorique. D'ici 2050, la géothermie permettrait ainsi de couvrir près de 60% des besoins de chaleur utiles de l'Agglomération.

La géothermie pourra et devra faire partie du mix énergétique proposé pour couvrir les besoins de chaleur de l'Agglomération. Elle devra être exploitée de façon intelligente pour qu'elle soit rentable. Ainsi, le potentiel exploitable proposé dans la stratégie devra être bien inférieure au potentiel rentable estimé ici (en fonction de la Commune, le potentiel exploitable proposé représente de 27% à 60% du potentiel rentable).

## 4.4 BOIS-ENERGIE

### *4.4.1 GENERALITES*

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.

### *4.4.2 BOIS-ENERGIE A DELEMONT*

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[7]. 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[8] et 1'100 $m^3$ de copeaux secs consommés[9] ;

[7] Energie vendue : 798 MWh de Juin 2012 à Juin 2013 et 669 MWh de Juin 2013 à Juin 2014, source Bourgeoisie Delémont
[8] Energie vendue : 653 MWh de Juin 2012 à Juin 2013 et 599 MWh de Juin 2013 à Juin 2014, source Bourgeoisie Delémont

- 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[10] ;

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 atteindrait alors 7'200 MWh par année. A l'image de Porrentruy, la construction d'un thermoréseau d'envergure serait possible et souhaitable à Delémont. 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.

### *4.4.3 BOIS-ENERGIE POUR LE RESTE DE L'AGGLOMERATION*

Des chauffages à distance au bois existent déjà dans l'Agglomération, telle que l'illustre la Figure 4.

A l'exception de Délémont pour laquelle la PET a été réalisée au niveau de secteurs énergétiques bien définis, un tel niveau de précision n'est pas possible pour les autres Communes de l'Agglomération. Rappelons que les situations locales favorables au CAD (quartiers denses) sont définies par rapport aux valeurs seuils suivantes :

- Densité > 1'200 MWh/ha/an = très favorable au CAD, étude de faisabilité recommandée ;
- Densité > 800 MWh/ha/an = favorable au CAD, étude de faisabilité fortement recommandée ;
- Densité comprise entre 400 MWh/ha/an et 800 MWh/ha/an = moyennement favorable au CAD, étude de faisabilité obligatoire ;
- Densité < 400 MWh/ha/an = défavorable au CAD, étude de faisabilité inutile.

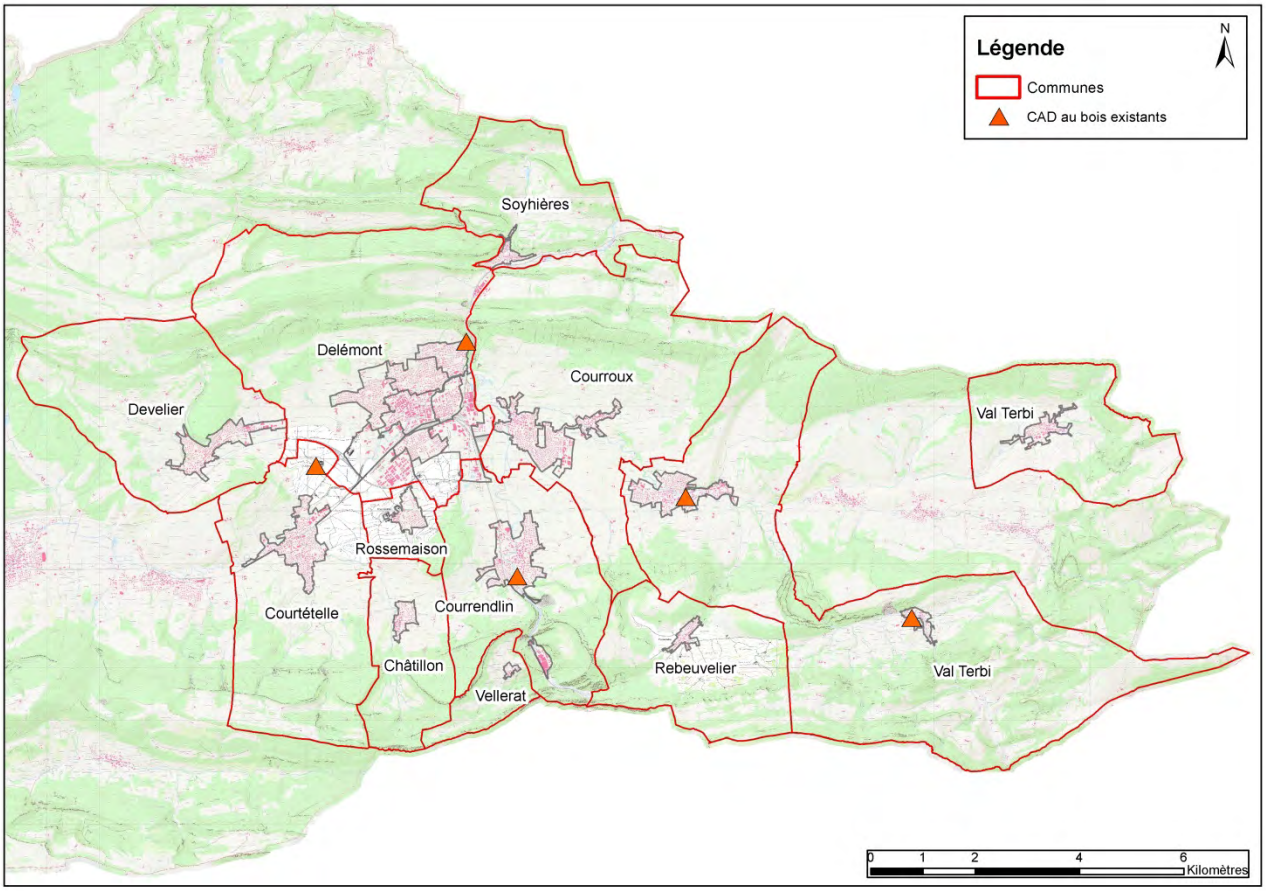


**Figure 4 :** CAD bois existants dans l'Agglomération delémontaine

Ici, un taux de couverture des besoins de chaleur de 45%[11] est réaliste étant donné que les territoires bénéficient d'importantes zones forestières dans et à proximité de leurs territoires. Pour l'Agglomération

[9] Consommation de 1'163 m3 de copaux pendant l'hiver 2012/2013 et de 1'028 m$^3$ pendant l'hiver 2013/2014, source Bourgeoisie Delémont

[10] Energie vendue : 145 MWh de Juin 2012 à Juin 2013 et 70 MWh de Juin 2013 à Juin 2014, source Bourgeoisie Delémont

delémontaine, ce taux de couverture représente un potentiel théorique et technique total de 232'800 MWh à l'horizon 2050.

Sur cette base, les potentiels théoriques, techniques (85% des besoins) et rentables (45% des besoins de chaleur) sont résumés dans le Tableau 8.

| BOIS-ENERGIE (BOIS LOCAL ET PELLETS) | Potentiels théoriques (2050) | Potentiels techniques (2050) | Potentiels rentables (2050) | Part maximale de couverture des besoins de chaleur |
|---|---|---|---|---|
| Production de chaleur Châtillon | Illimité | 7'900 MWh | 4'200 MWh | 45 % |
| Production de chaleur Courrendlin | Illimité | 42'600 MWh | 22'600 MWh | |
| Production de chaleur Courroux | Illimité | 49'400 MWh | 26'200 MWh | |
| Production de chaleur Courtételle | Illimité | 41'000 MWh | 21'700 MWh | |
| Production de chaleur Delémont | Illimité | 200'000 MWh | 108'000 MWh | |
| Production de chaleur Develier | Illimité | 22'300 MWh | 11'800 MWh | |
| Production de chaleur Rebeuvelier | Illimité | 6'800 MWh | 3'600 MWh | |
| Production de chaleur Rossemaison | Illimité | 11'300 MWh | 6'000 MWh | |
| Production de chaleur Soyhières | Illimité | 10'700 MWh | 5'700 MWh | |
| Production de chaleur Val Terbi | Illimité | 41'100 MWh | 21'800 MWh | |
| Production de chaleur Vellerat | Illimité | 2'300 MWh | 1'200 MWh | |
| **TOTAL CHALEUR** | **Illimité** | **435'400 MWh** | **232'800 MWh** | |

**Tableau 8** : Potentiels théoriques, techniques et rentables du bois-énergie

On constate que le bois-énergie est un gisement permettant de couvrir près de la moitié des besoins de chaleur de l'Agglomération. Il pourra et devra faire partie du mix énergétique proposé pour couvrir les besoins de chaleur de l'Agglomération. Toutefois, il sera nécessaire de prêter une attention particulière au potentiel du seul bois local. Le solde du bois-énergie devant être importé (pellets), sa provenance devra être étudiée afin de ne pas péjorer le bilan environnemental par de trop forte émissions dues à son transport.

## 4.5 AEROTHERMIE (AIR AMBIANT)

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, Courroux et Courrendlin qui possèdent 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 :

[11] Valeur de couverture moyenne possible des besoins de chaleur par le bois énergie pour la Suisse selon l'OFEN

- 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'écrêter 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.

Sur cette base, on peut donc considérer les potentiels indiqués dans la Figure 5 et le Tableau 9.

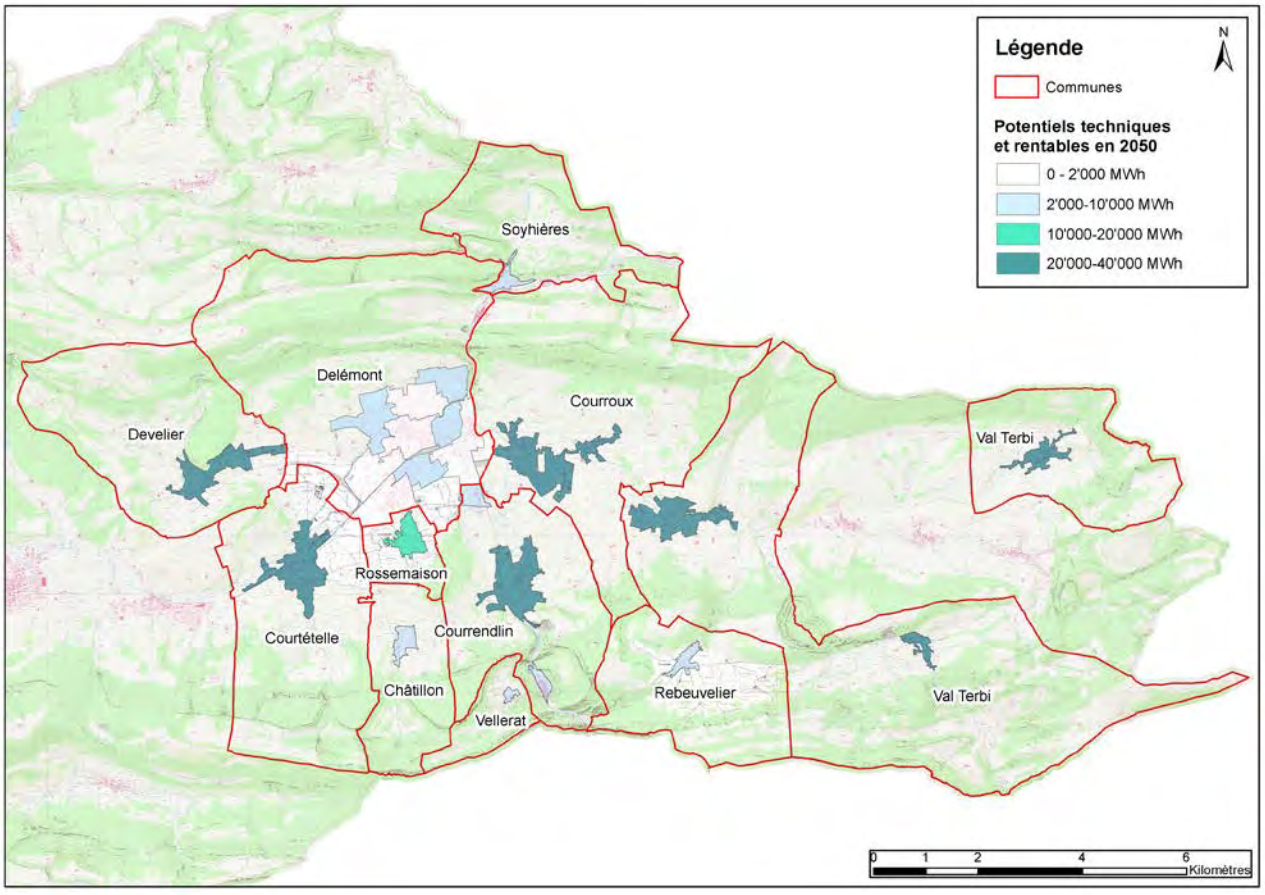


**Figure 5 :** Potentiels techniques et rentables de l'aérothermie

| AEROTHERMIE | Potentiels théoriques en 2050[12] | Potentiels techniques et rentables en 2050[13] | Part maximale de couverture des besoins de chaleur utiles |
|---|---|---|---|
| Production de chaleur Châtillon | 8'565 MWh | 7'916 MWh | 86 % |
| Production de chaleur Courrendlin | 48'050 MWh | 40'184 MWh | 80 % |
| Production de chaleur Courroux | 55'689 MWh | ~ 44'500 MWh[14] | ~80 %[12] |
| Production de chaleur Courtételle | 45'161 MWh | 37'576 MWh | 78 % |
| Production de chaleur Delémont | 207'362 MWh | 29'494 MWh | 12 % |
| Production de chaleur Develier | 25'112 MWh | ~ 20'000 MWh[12] | ~ 80 %[12] |
| Production de chaleur Rebeuvelier | 7'406 MWh | 7'406 MWh | 93 % |
| Production de chaleur Rossemaison | 12'181 MWh | 11'490 MWh | 87 % |
| Production de chaleur Soyhières | 11'105 MWh | 9'835 MWh | 78 % |
| Production de chaleur Val Terbi | 46'334 MWh | ~ 37'000 MWh[12] | ~ 80 %[12] |
| Production de chaleur Vellerat | 2'637 MWh | 2'283 MWh | 78 % |
| **TOTAL CHALEUR** | **469'603 MWh** | **247'684 MWh** | **53 %** |

**Tableau 9** : Potentiels théoriques, techniques et rentables de l'aérothermie

A l'exception de Delémont, on constate que l'air est un agent énergétique particulièrement adapté pour couvrir la majeure partie des besoins de chaleur de l'ensemble de l'Agglomération.

Delémont fait exception en raison de sa densité énergétique plus élevée : de nombreux bâtiments excèdent la limite de chauffage de 30 kW, ce qui ne permet pas à l'air de pouvoir couvrir une part très importante des besoins de chauffage. Les potentiels techniques et rentables de Courroux, Develier et Val Terbi sont estimés d'après la moyenne des potentiels des autres Communes. En effet, l'imprécision des données du RegBl empêche de calculer un potentiel réaliste.

L'air, source de chauffage universelle par excellence, pourra et devra donc jouer un rôle significatif dans la couverture des besoins de chaleur de l'Agglomération.

## 4.6 SOLAIRE THERMIQUE ET PHOTOVOLTAÏQUE

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.

L'étude des potentiels thermiques et photovoltaïque menée dans le cadre de la PET de Delémont a mis en avant les éléments suivants :

- Le potentiel de valorisation thermique par le solaire n'est pas limité par les surfaces de toiture mais par les possibilités techniques de couverture des besoins de chaleur (pour l'existant non rénové, on ne peut couvrir que 66% des besoins d'ECS, pour l'existant rénové 75% des besoins d'ECS, pour le neuf 75% des besoins d'ECS + 20% des besoins de chauffage) ;
- Le potentiel de valorisation électrique par les panneaux photovoltaïques est sensiblement égal au potentiel de valorisation thermique si l'on couvre la totalité des surfaces de toiture correctement ensoleillées non couvertes par les panneaux thermiques ;

[12] Besoins calculés d'après les besoins utiles de chauffage (hors ECS)
[13] Puissance <30 kW uniquement sur la base du RegBl
[14] Potentiel et part de couverture estimés sur la base des résultats des autres Communes en raison de l'imprécision des données issues du RegBl

- Le potentiel de valorisation électrique est limité si l'on injecte le courant produit par les panneaux photovoltaïques dans le réseau, car cela demande des investissements massifs pour renforcer le réseau électrique existant ;
- En revanche, la production photovoltaïque est fortement encouragée dans le cadre d'une autoconsommation.

Sur cette base, les hypothèses suivantes ont été prises :

- Pour la chaleur : surface de toiture suffisantes pour couvrir 66% des besoins d'ECS sur les bâtiments non rénovés, 75% des besoins d'ECS sur les bâtiments rénovés, et 75% des besoins d'ECS + 20% des besoins de chauffage sur les bâtiments neufs ;
- Pour l'électricité : surfaces de toiture suffisantes pour un potentiel de production électrique identique au potentiel thermique ;
- Réduction du potentiel technique et rentable en raison des surfaces de restrictions patrimoniale : 43% à Châtillon, 32% à Courrendlin, 26% à Courroux, 21% à Courtételle, 29% à Delémont[15], 20% à Develier, 36% à Rebeuvelier, 29% à Rossemaison, 49% à Soyhières, 32% à Val Terbi et 75% à Vellerat (ratio entre la surface de protection patrimoniale et la surface urbanisée calculé sur Arcgis).

Les potentiels techniques et rentables de production d'énergie solaire sur le territoire de l'agglomération delémontaine sont résumés dans la Figure 6 et le Tableau 10.

Il s'agit de potentiels minimaux étant donné que des panneaux solaires peuvent être implantés sous certaines conditions dans les zones de protection patrimoniales qui ne sont pas classés dans la zone de protection A (zone où les restrictions sont les plus importantes).

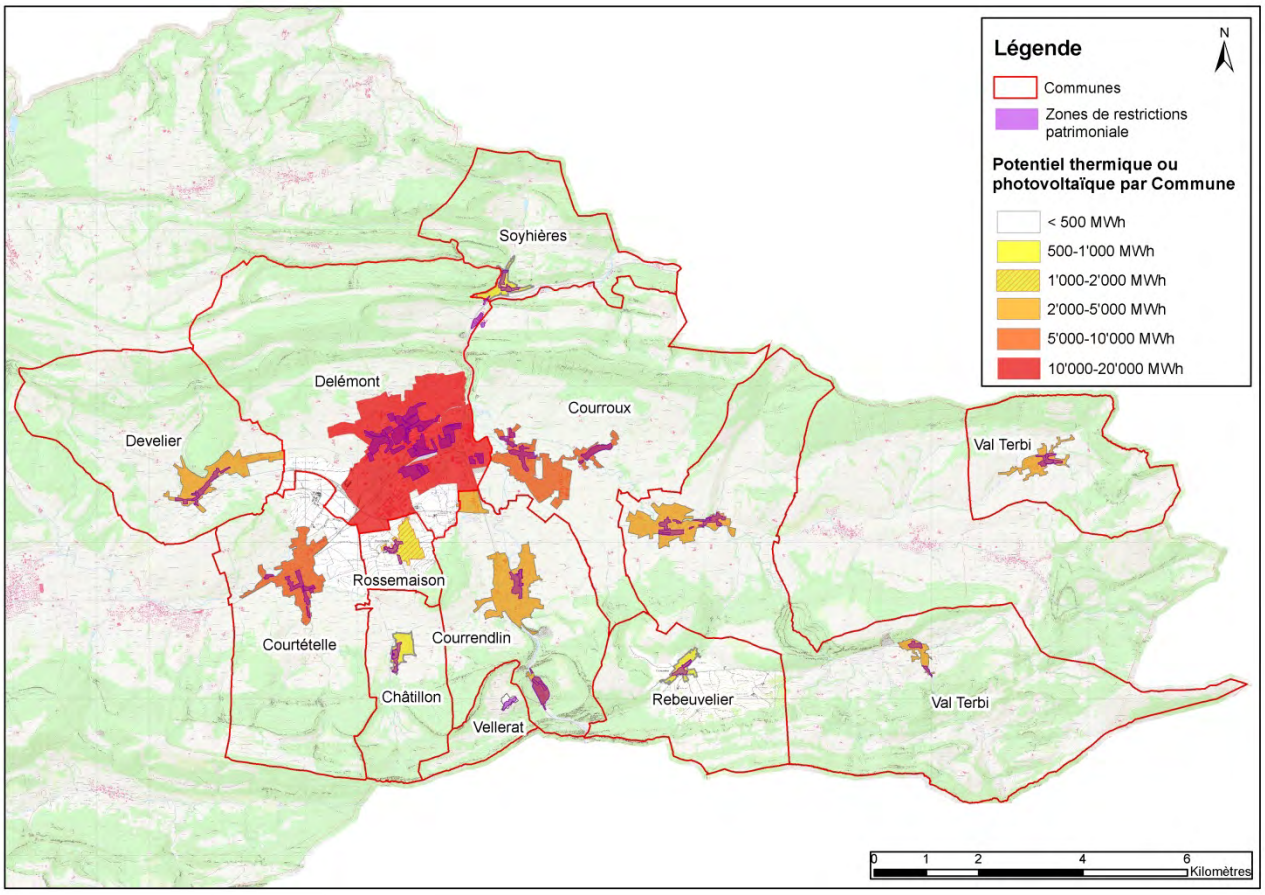


**Figure 6** : Potentiels solaire thermiques et photovoltaïques techniques et rentables[16]

[15] protection des secteurs énergétiques 5, 6 et d'un tiers du secteur 9
[16] Les potentiels sont à lire par Commune et non par secteur, et sont à doubler si l'on veut tenir compte du potentiel thermique ET photovoltaïque

| SOLAIRE THERMIQUE ET PHOTOVOLTAÏQUE | Potentiels techniques et rentables basés sur les besoins utiles de chaleur pour l'ECS (2050) | Part maximale de couverture des besoins utiles | |
|---|---|---|---|
| | | Chaleur | Electricité[17] |
| Production Châtillon | Solaire thermique : 775 MWh<br>Solaire photovoltaïque : 775 MWh | 8% | 14% |
| Production Courrendlin | Solaire thermique : 4'811 MWh<br>Solaire photovoltaïque : 4'811 MWh | 10% | 20% |
| Production Courroux | Solaire thermique : 7'527 MWh<br>Solaire photovoltaïque : 7'527 MWh | 10% | 22% |
| Production Courtételle | Solaire thermique : 6'067 MWh<br>Solaire photovoltaïque : 6'067 MWh | 12% | 17% |
| Production Delémont | Solaire thermique :17'854 MWh<br>Solaire photovoltaïque : 17'809 MWh | 8% | 12% |
| Production Develier | Solaire thermique : 2'958 MWh<br>Solaire photovoltaïque : 2'958 MWh | 11% | 23% |
| Production Rebeuvelier | Solaire thermique : 778 MWh<br>Solaire photovoltaïque : 778 MWh | 10% | 22% |
| Production Rossemaison | Solaire thermique : 1'435 MWh<br>Solaire photovoltaïque : 1'435 MWh | 11% | 20% |
| Production Soyhières | Solaire thermique : 823 MWh<br>Solaire photovoltaïque : 823 MWh | 7% | 11% |
| Production Val Terbi | Solaire thermique : 4'639 MWh<br>Solaire photovoltaïque : 4'639 MWh | 10% | 20% |
| Production Vellerat | Solaire thermique : 78 MWh<br>Solaire photovoltaïque : 78 MWh | 3% | 6% |
| **TOTAL CHALEUR** | **Solaire thermique : 45'782 MWh** | **9%** | - |
| **TOTAL ELECTRICITE** | **Solaire photovoltaïque : 45'737 MWh** | - | **16%** |

**Tableau 10** : Potentiels techniques et rentables du solaire thermique et photovoltaïque

On constate que le potentiel solaire thermique permettrait de couvrir environ 9% des besoins de chaleur utiles totaux (chauffage + ECS) de l'Agglomération. Les communes de l'Agglomération bénéficient d'un taux de couverture de leurs besoins de chaleur plus ou moins important selon la part d'habitat résidentiel et le pourcentage de la surface urbanisée classée en zone de protection patrimoniale.

De la même manière, on remarque que le solaire photovoltaïque pourrait potentiellement couvrir plus de 15% des besoins électriques de l'Agglomération. Ici, la part de couverture varie en fonction du ratio de surfaces de toiture par habitant, et du pourcentage de la surface urbanisée classée en zone de protection patrimoniale.

[17] Compte tenu de la stratégie future du §5, c'est-à-dire avec les besoins utiles électriques relatifs au fonctionnement des PAC air et eau

## 4.7 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 de l'Agglomération 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, l'Agglomération delémontaine est propice à la production d'énergie électrique par des éoliennes (Figure 8) :

- Région 1 ; Nord de la commune de Develier et Nord-Ouest de la commune de Delemont (un total de 10 éoliennes sur une surface de 325'000 $m^2$) ;
- Région 2 ; Nord Est de la commune de Courroux (1 éolienne sur une surface de 15'000 $m^2$) ;
- Région 3 ; Sud de la commune de Courtételle (5 éoliennes sur une surface de 280'000 $m^2$) ;
- Région 4 ; Partie Nord et Ouest de la commune de Rebeuvelier et partie centrale de la commune de Val Terbi, au Sud de l'ancienne commune de Vicques (un total de 9 éoliennes sur 233'000 $m^2$) ;
- Région 5 ; Sud-Est de la commune de Val Terbi , au Sud-Est de l'ancienne commune de Vermes (5 éoliennes sur une surface de 100'800 $m^2$).

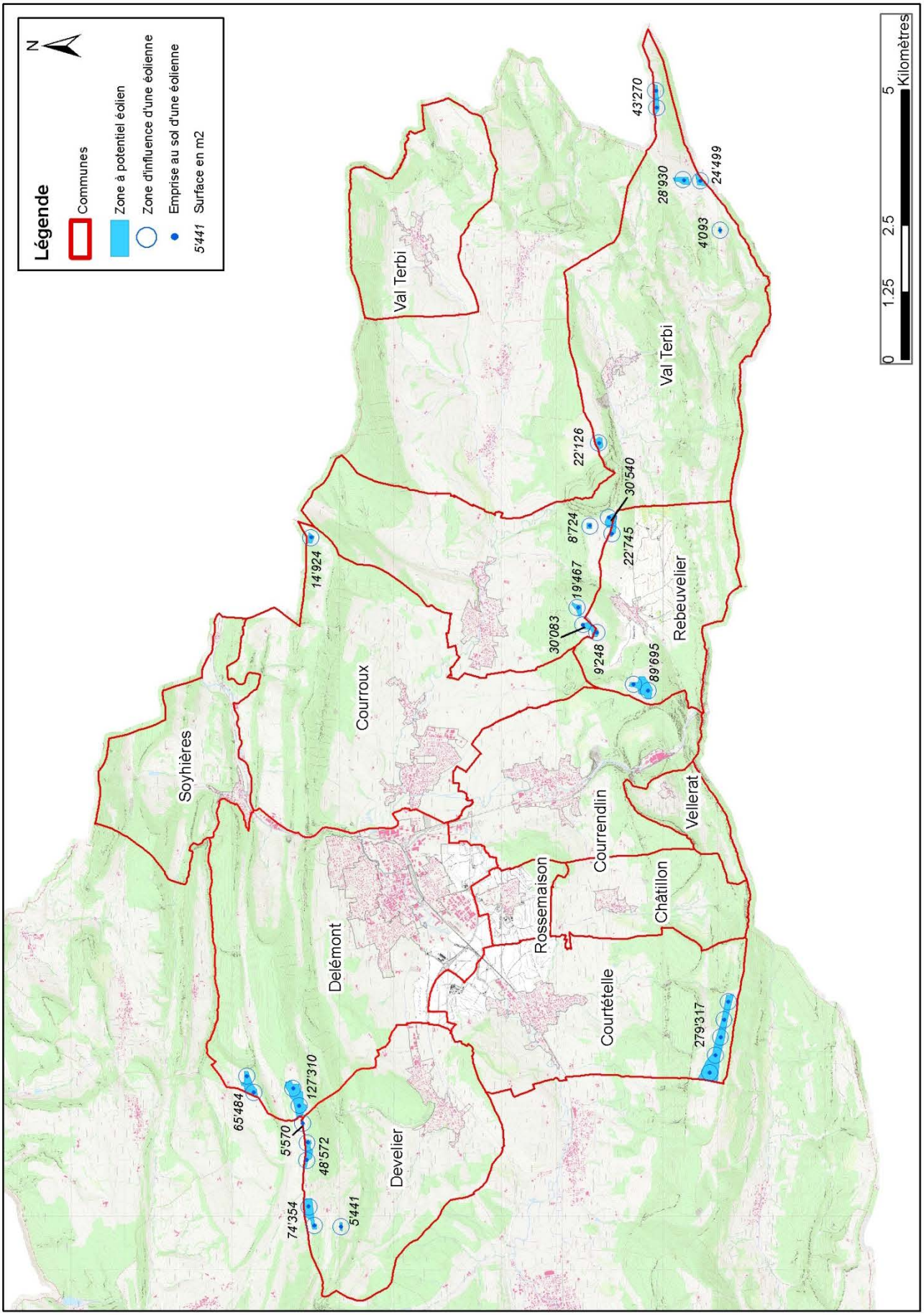


**Figure 7** : Potentiels éoliens techniques et rentables

La modélisation des zones à potentiel éolien sur 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 l'Agglomération a été estimé à 114'000 MWh/an, soit la production de 30 éoliennes[18].

| EOLIEN | Potentiels théoriques, techniques et rentables (2050) | Part maximale de couverture des besoins électriques[19] |
|---|---|---|
| Production Châtillon | 0 MWh | 0 % |
| Production Courrendlin | 0 MWh | 0 % |
| Production Courroux | 3'800 MWh, 1 éolienne | 14 % |
| Production Courtételle | 19'000 MWh, 5 éoliennes | 56 % |
| Production Delémont | 15'200 MWh, 4 éoliennes | 11 % |
| Production Develier | 22'800 MWh, 6 éoliennes | 185 % |
| Production Rebeuvelier | 15'200 MWh, 4 éoliennes | 443 % |
| Production Rossemaison | 0 MWh | 0 % |
| Production Soyhières | 0 MWh | 0 % |
| Production Val Terbi | 38'800 MWh, 10 éoliennes | 174 % |
| Production Vellerat | 0 MWh | 0 % |
| **TOTAL ELECTRICITE** | **114'000 MWh, 30 éoliennes** | **40 %** |

**Tableau 11 :** Potentiels théoriques, techniques et rentables de la production d'électricité éolienne

On constate que l'éolien serait en mesure de fournir près 40% des besoins électriques de l'Agglomération.

Plusieurs communes possèdent un très fort potentiel couverture de leurs besoins électriques par l'éolien. Le potentiel éolien est particulièrement fort à Develier, Rebeuvelier et Val Terbi, qui bénéficient de potentiels éoliens exceptionnel : les installations potentielles leur permettrait de couvrir l'intégralité de leurs besoins électriques d'en exporter aux alentours.

De son côté, Courtételle serait en mesure de couvrir 55% de ses besoins électriques grâce à l'éolien.

Pour Courroux et Delémont, le potentiel se limite dans une fourchette de 10% à 15% des besoins.

Enfin, la situation est défavorable à Châtillon, Courrendlin, Rossemaison, Soyhières et Vellerat où aucun potentiel n'a pu être mis en évidence.

Le potentiel éolien pourra être développé en fonction des échéances du Plan sectoriel de l'énergie éolienne, selon la volonté des Communes, de l'Agglomération et du Canton. Il devra être exploité de façon intelligente de manière à être rentable. La rentabilité dépend en effet 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 donc actuellement incertains. Le plan sectoriel cantonal fixera le cadre à respecter dans tout le canton, et donc dans l'Agglomération.

[18] Près de 100 ha avec vent > 4.5 m/s, 3'800 MWh/éolienne, 300 m entre chaque éolienne.
[19] Compte tenu de la stratégie future du §5, c'est-à-dire avec les besoins utiles électriques relatifs au fonctionnement des PAC air et eau

## 4.8 HYDRAULIQUE

### *4.8.1 GENERALITES*

La Figure 9 et les Tableaux 12 à 15 résument les potentiels de production d'énergie hydraulique. Il existe 4 type de potentiels :

- La valorisation électrique des cours d'eau ;
- La valorisation thermique des cours d'eau ;
- La valorisation thermique des nappes phréatiques ;
- La valorisation électrique des nappes phréatiques.

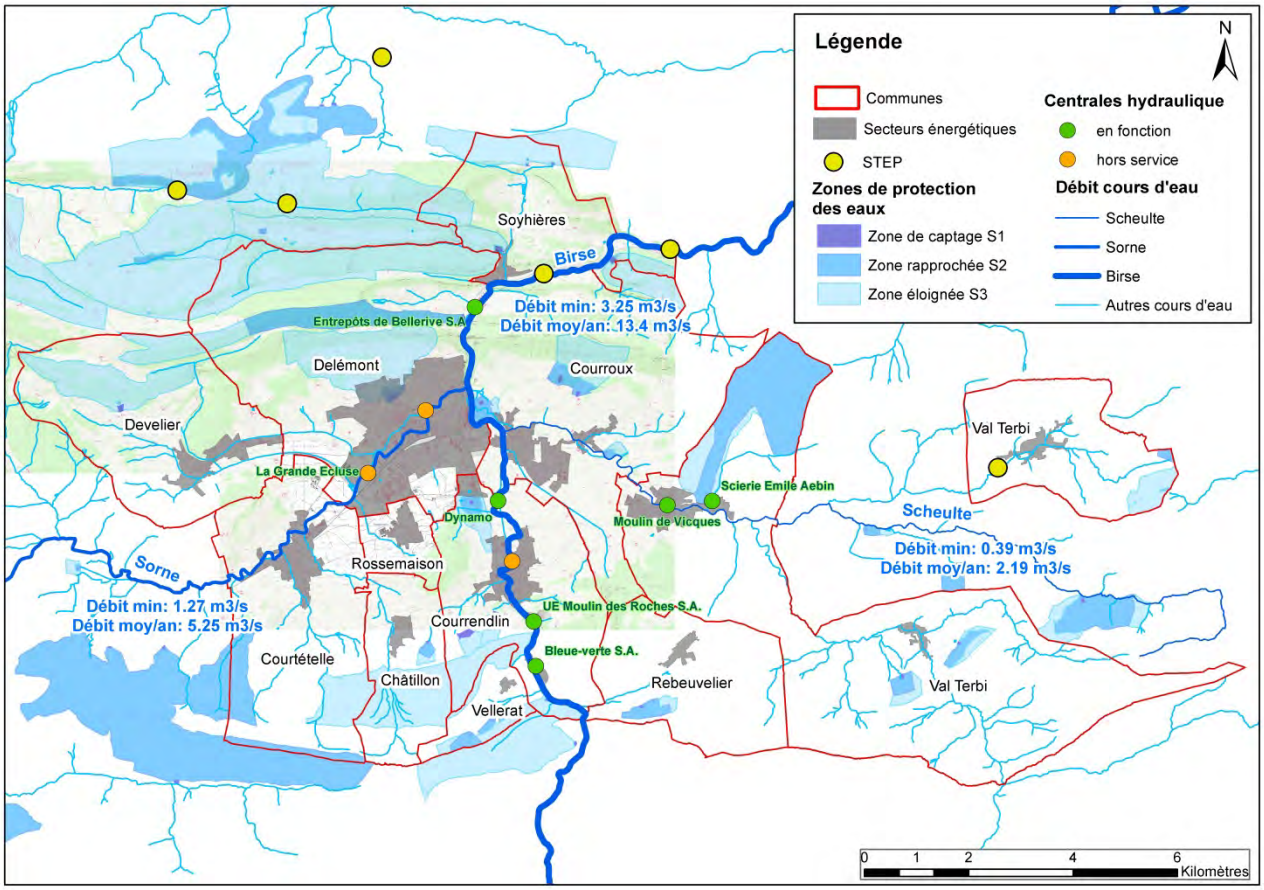


**Figure 8** : Vue générale des potentiels théoriques hydrauliques

### *4.8.2 VALORISATION ELECTRIQUE DES COURS D'EAU*

A Delémont, l'étude de faisabilité de microcentrales hydroélectriques sur le Ticle réalisé par Pepi Natale SA en 2010 a montré que la production électrique possible s'élevait à environ 1'720 MWh/an. 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.

Dans le reste de l'Agglomération, les centrales hydrauliques en fonction permettent d'ores et déjà une production électrique locale sur les sites suivants[20] :

- Sur la Birse à Courrendlin - barrage de Choindez : concessionnaire Bleue-Verte SA, puissance de 550 kW, débit de 3.2 $m^3$/s, production de 3'200 MWh/an réinjectée à 100% dans le réseau par RPC ;
- Sur la Birse à Courrendlin - Moulin des Roches : concessionnaire UE Moulin des Roches SA, puissance de 175 kW, débit de 2.7 $m^3$/s, production de 1'000 MWh/an ;

[20] Données de l'Office de l'Environnement du Canton du Jura, Novembre 2014

- Sur la Birse à Courrendlin – Dynamo, derrière l'ancien Casino : concessionnaire UE Moulin des Roches SA, puissance de 280 kW, débit de 2.6 $m^3$/s, production de 1'800 MWh/an ;
- Sur la Sorne à Soyières-Bellerive, concessionnaire Entrepôts de Bellerive SA, puissance de 158 kW, débit de 3.5 $m^3$/s, production de 2'800 MWh/an réinjectée à 90% dans le réseau par RPC ;
- Sur le Scheulte à Val Terbi – Vicques, Scierie Aebin : concessionnaire Emile Aebin, puissance de 19 kW, débit de 0.6 $m^3$/s, production de 167 MWh/an réinjectée à 75% dans le réseau par RPC ;
- Sur le Scheulte à Val Terbi – Vicques, Moulin chamillot : concessionnaire Moulin de Vicques, puissance de 22 kW, débit de 0.6 $m^3$/s, production de 193 MWh/an réinjectée à 50% dans le réseau par RPC ;

Ces différents potentiels sont spécifiés dans le Tableau 12.

| HYDRAULIQUE ELECTRIQUE EN SURFACE | Potentiels techniques et rentables (2050) | Part maximale de couverture des besoins électriques[21] |
|---|---|---|
| Production Châtillon | 0 MWh/an | 0 % |
| Production Courrendlin | 6'000 MWh/an | 26 % |
| Production Courroux | 0 MWh/an | 0 % |
| Production Courtételle | 0 MWh/an | 0 % |
| Production Delémont | 2'260 MWh | 1.6 % |
| Production Develier | 0 MWh/an | 0 % |
| Production Rebeuvelier | 0 MWh/an | 0 % |
| Production Rossemaison | 0 MWh/an | 0 % |
| Production Soyhières | 2'800 MWh/an | 37 % |
| Production Val Terbi | 360 MWh/an | 1.6 % |
| Production Vellerat | 0 MWh/an | 0 % |
| **TOTAL ELECTRICITE** | 11'420 MWh/an | 4 % |

**Tableau 12** : Potentiels techniques et rentables de l'hydraulique électrique en surface

On constate que le potentiel actuel est déjà bien exploité. La rentabilité dépend toutefois du marché et des conditions-cadres. En l'absence du maintien de la rétribution à prix coûtant (RPC), la rentabilité sera problématique. A l'opposé, la raréfaction des ressources à l'horizon 2050 et l'électrification croissante du parc laisse présager une augmentation des prix de l'électricité. L'amplitude de ces effets et leur impact sur la rentabilité sont incertains.

### *4.8.3 VALORISATION THERMIQUE DES COURS D'EAU*

La barrière technique principale relative à la valorisation thermique des cours d'eau 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, les cours d'eaux ainsi thermiquement valorisés verraient donc leurs débits 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. Nous admettons donc que l'impact visuel est difficilement admissible en plein centre des Communes de l'Agglomération. En outre, l'intégration des infrastructures au cœur de la ville renchérit notablement les coûts et péjore la rentabilité.

Dans le cadre de la stratégie énergétique retenue à Delémont, même si la Sorne était en mesure de fournir près de 17'600 MWh de chaleur chaque année[22] (Tableau 13), il a été démontré que ce type de projet était

[21] Compte tenu de la stratégie future du §5, c'est-à-dire avec les besoins utiles électriques relatifs au fonctionnement des PAC air et eau
[22] 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 une production annuelle de 17'600 MWh en période hivernale

difficilement acceptable par la population et n'a donc pas été retenu dans le cadre de la stratégie énergétique retenue. Ce type de valorisation thermique n'est donc pas chiffré pour l'Agglomération.

| HYDRAULIQUE THERMIQUE DES COURS D'EAU | Potentiels techniques et rentables (2050) | Part maximale de couverture des besoins de chaleur utiles |
|---|---|---|
| Production Châtillon | Non évalué | - |
| Production Courrendlin | | |
| Production Courroux | | |
| Production Courtételle | | |
| Production Delémont | 17'600 MWh | 7.3 % |
| Production Develier | Non évalué | - |
| Production Rebeuvelier | | |
| Production Rossemaison | | |
| Production Soyhières | | |
| Production Val Terbi | | |
| Production Vellerat | | |
| **TOTAL CHALEUR** | 17'600 MWh | 3.4 % |

**Tableau 13** : Potentiels techniques et rentables de l'hydraulique électrique en surface

### *4.8.4 VALORISATION THERMIQUE DES EAUX SOUTERRAINES*

Il peut être particulièrement intéressant d'exploiter la chaleur contenue dans l'eau souterraine proche de la surface dans les régions abritant des nappes phréatiques ou des réseaux d'eau potable.

La température de l'eau souterraine ne varie en effet 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'installations 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.

A Delémont, 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 (Tableau 14).

Faute de données, ce potentiel n'a pas été chiffré pour le reste de l'Agglomération.

| HYDRAULIQUE THERMIQUE SOUTERRAIN | Potentiels techniques et rentables (2050) | Part maximale de couverture des besoins de chaleur utiles |
|---|---|---|
| Production Châtillon | Non évalué | - |
| Production Courrendlin | | |
| Production Courroux | | |
| Production Courtételle | | |
| Production Delémont | 1'900 MWh | 0.8 % |
| Production Develier | Non évalué | - |
| Production Rebeuvelier | | |
| Production Rossemaison | | |
| Production Soyhières | | |
| Production Val Terbi | | |
| Production Vellerat | | |
| **TOTAL CHALEUR** | 1'900 MWh | 0.4 % |

**Tableau 14** : Potentiels techniques et rentables de l'hydraulique thermique en surface

### *4.8.5 VALORISATION ELECTRIQUE DES EAUX SOUTERRAINES*

Il peut également être intéressant d'exploiter l'énergie cinétique contenue dans le mouvement de l'écoulement de l'eau des nappes phréatiques ou des réseaux d'eau potable.

Le rapport « Analyse sommaire du potentiel hydroélectrique » établi par MHyLAB en décembre 2009 a ainsi établir qu'un potentiel de turbinage des eaux potables permettrait la production électrique de 70 MWh/an (Tableau 15).

Ce potentiel n'a pas été chiffré pour le reste de l'Agglomération. Toutefois, les projets de turbinages des nappes phréatiques et des réseaux d'eau potable est à encourager partout où cela est rentable.

| HYDRAULIQUE ELECTRIQUE SOUTERRAIN | Potentiels techniques et rentables (2050) | Part maximale de couverture des besoins électriques[23] |
|---|---|---|
| Production Châtillon | Non évalué | - |
| Production Courrendlin | | |
| Production Courroux | | |
| Production Courtételle | | |
| Production Delémont | 70 MWh | 0.05 % |
| Production Develier | Non évalué | - |
| Production Rebeuvelier | | |
| Production Rossemaison | | |
| Production Soyhières | | |
| Production Val Terbi | | |
| Production Vellerat | | |
| **TOTAL ELECTRICITE** | 70 MWh | 0.02 % |

**Tableau 15** : Potentiels techniques et rentables de l'hydraulique électrique souterrain

## 4.9 DECHETS ORGANIQUES (BIOGAZ)

[23] Compte tenu de la stratégie future du §5, c'est-à-dire avec les besoins utiles électriques relatifs au fonctionnement des PAC air et eau

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 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.

De son côté, le CCF installé sur la STEP de Soyhières permet de produire chaque année 840 MWh de chaleur et 750 MWh d'électricité.

Ces deux projets permettraient la production d'énergie indiquée dans la Figure 10 et le Tableau 16.

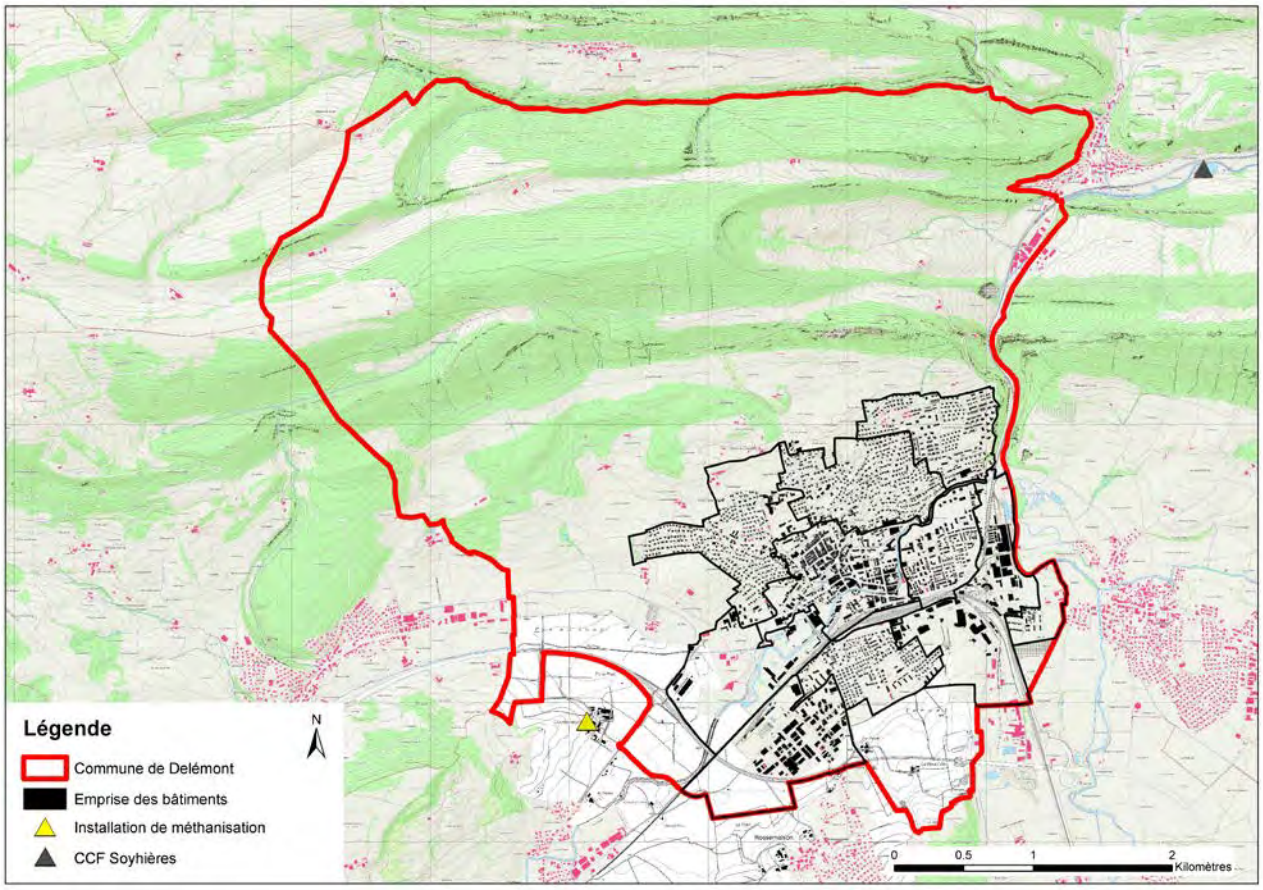


**Figure 9** : Potentiels déchets organiques

| DECHETS ORGANIQUES | Potentiels théoriques (2050) | Potentiels techniques et rentables (2050) | Part maximale de couverture des besoins utiles | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Chaleur | Electricité |
| Delémont[24] | Production de chaleur : 1'400 MWh | Production de chaleur : 1'400 MWh | 0.6 % | - |
| | Production d'électricité : 1'975 MWh | Production d'électricité : 1'975 MWh | - | 1.4 % |
| Soyhières | Production de chaleur : 840 MWh | Production de chaleur : 840 MWh | 6.6 % | - |
| | Production d'électricité : 750 MWh | Production d'électricité : 750 MWh | - | 11.9 % |

**Tableau 16** : Potentiels théoriques, techniques et rentables de la production de chaleur et d'électricité issus des déchets organiques dans l'Agglomération

[24] Le site du SEOD se trouve sur la Commune de Courtételle mais incinère les déchets de Delémont. Il compte donc dans le bilan de Delémont puisque la plus-value est apportée à Delémont.

On constate que le potentiel actuel est déjà bien exploité. Ces projets financièrement rentables permettent en outre d'augmenter significativement l'autonomie énergétique des industries concernées et de se chauffer « gratuitement » à l'aide de nos déchets ménagers

## 4.10 BILAN DES GISEMENTS RENOUVELABLES

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 11 pour la chaleur et la Figure 12 pour l'électricité.

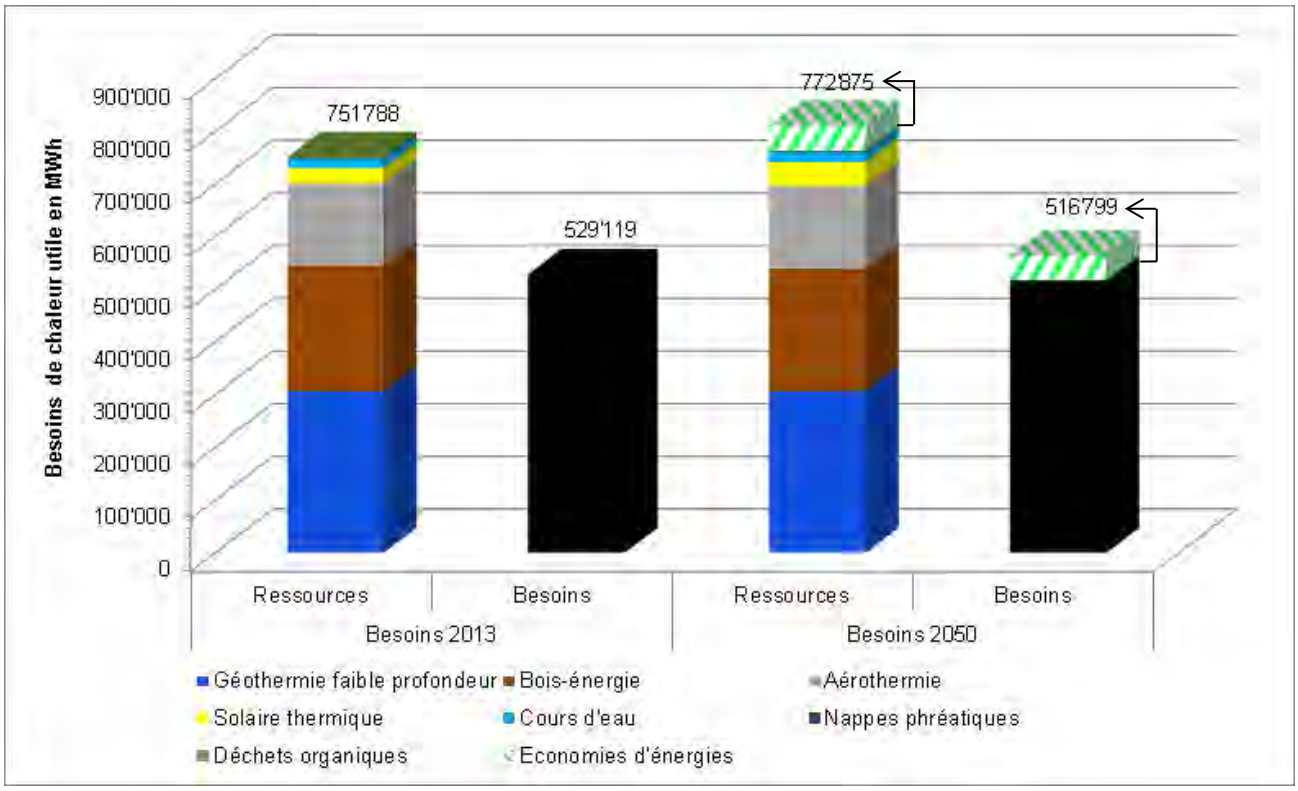


**Figure 10 :** Potentiels des gisements rentables et besoins utiles de chaleur

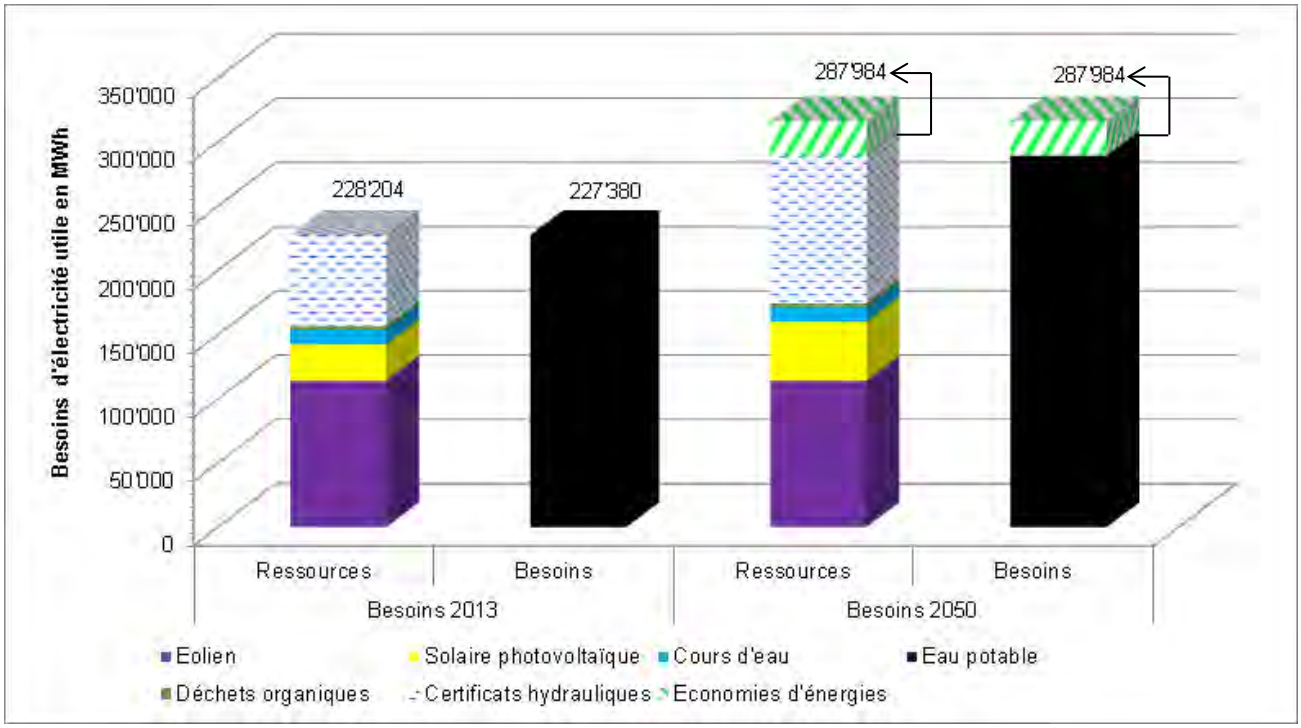


**Figure 11 :** Potentiels des gisements rentables et besoins utiles d'électricité

On observe que les gisements renouvelables permettraient en théorie de couvrir environ 140% des besoins de chaleur utiles actuels de l'Agglomération et jusqu'à 160% à l'horizon 2050. La géothermie et le bois-énergie constituent les deux sources majeures de valorisation thermique puisqu'ils permettent à eux deux de couvrir plus de l'intégralité des besoins de chaleur. La valorisation de l'air apporte de son côté un potentiel appréciable (au moins 30% des besoins 2050). Le solaire thermique et les autres sources renouvelables représentent des potentiels plus restreints. Il faut toutefois garder à l'esprit que, certains gisements renouvelables n'ayant pas été étudiés de façon approfondie, leur potentiel de couverture est probablement sous-estimé.

En ce qui concerne l'électricité, on constate tout d'abord que les gisements renouvelables sont insuffisants pour produire l'équivalent de l'entier des besoins électriques. Développé entièrement (30 éoliennes), l'éolien permettrait de couvrir 40% des besoins électriques d'ici 2050, tandis que le photovoltaïque en couvrirait 20% supplémentaires. Le potentiel hydraulique couvre une part réduite mais toutefois non négligeable des besoins 2050 (4%). Les besoins électriques non couvert par une production locale et autoconsommée sur place devra provenir de l'achat d'électricité verte (par exemple des certificats hydrauliques suisses), comme c'est déjà le cas à Delémont et Develier. En effet, dans le cas d'installations éoliennes, photovoltaïques et hydrauliques injectant du courant par RPC (courant produit pas directement autoconsommé), il est nécessaire de souligner que leur production ne sera pas prise en compte dans le bilan Société à 2'000 W de l'Agglomération. Ainsi, il sera toujours nécessaire de recourir à l'achat d'électricité verte pour une bonne partie des besoins électriques de l'Agglomération, et ce même si des projets éoliens et photovoltaïques d'envergure voient le jour.

# 5. BESOINS ENERGETIQUES ET EMISSIONS DE $CO_2$ DE L'AGGLOMERATION D'ICI 2050

## 5.1 STRATEGIE GLOBALE POUR LES BESOINS DE CHALEUR

La stratégie proposée présente un mix énergétique aussi simple que possible et aussi diversifié que nécessaire. Celui-ci se veut équilibré et adapté au contexte énergétique et économique de chaque commune de l'Agglomération. La stratégie proposée anticipe 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.

La mesure phare de cette stratégie consiste à limiter la couverture des besoins de chaleur de l'Agglomération par des énergies fossiles à environ 10% d'ici 2050. En fonction de la présence ou non du réseau de gaz sur chacune des communes, la couverture du mazout dans cette part de 10% sera plus ou moins importante.

En 2050, à l'exception de Delémont qui requiert une planification proposant un mix énergétique très diversifié, une part importante des besoins de chaleur des communes de l'Agglomération pourront être couverts par des solutions individuelles utilisant les énergies renouvelables. En effet, à l'exception de certains quartiers, la faible densité des preneurs de chaleur des 10 autres communes de l'Agglomération (peu d'immeubles résidentiels) plaide pour de petites unités de production individuelles.

Cette situation favorable est renforcée par le fait que la typologie des besoins de ces communes est compatible avec une fourniture de chaleur par le bois-énergie (déjà développée à hauteur d'environ 6% des besoins) et par le solaire thermique (part des besoins d'ECS importants dans les besoins de chaleur totaux).

Pour rappel, les principaux avantages (+) et inconvénients (-) de chaque agent énergétique sont rappelés dans le Tableau 17.

| Agent énergétique | Efficacité | Fiabilité | Coût actuel | Coût en 2050 | Facilité de réglage | Economies d'énergie |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Chaudière bois/pellets | ++ | ++ | +++ | ++ | + | + |
| PAC à air | + | ++ | ++ | +++ | ++ | ++ |
| Mazout | ++ | +++ | ++ | - | +++ | - |
| Gaz | ++ | +++ | ++ | -- | +++ | + |
| PAC sol-eau ou eau-eau | +++ | ++ | + | +++ | + | +++ |
| Solaire thermique | +++ | +++ | + | +++ | ++ | +++ |

**Tableau 17** : Rappel des avantages et inconvénients des agents énergétiques utilisés dans la stratégie énergétique de l'Agglomération

## 5.2 STRATEGIES SPECIFIQUES DES COMMUNES POUR LA CHALEUR

Les stratégies spécifiques proposées des différentes Communes de l'Agglomération pour la couverture des besoins de chaleur sont décrites pour chaque horizon de temps dans les Tableaux 17, 18 et 19.

De manière générale, les priorités suivantes ont été appliquées dans le but de couvrir les besoins de chaleur de manière réaliste, rentable, efficiente et fiable.

Les priorités sont présentée dans l'ordre de priorité recommandé.

- **Priorité n°1 : Réduction de la couverture du mazout dans les besoins de chaleur**

Les objectifs de la Société à 2'000 W d'ici 2050 requièrent de faire baisser le bilan énergétique primaire actuel de l'Agglomération de 50%. A cela s'ajoute un objectif de réduction des émissions de $CO_2$ de 80% d'ici 2050. Ces objectifs semblent au premier abord extrêmement ambitieux, voir irréalistes lorsqu'on méconnait le contexte énergétique actuel.

En effet, au niveau de l'Agglomération, 70% des besoins utiles de chaleur sont actuellement couverts par le mazout. Sachant qu'il est le plus polluant et l'un des moins efficient de tous les agents énergétiques utilisés (rendement de 70 à 90% selon l'âge et le fonctionnement de la chaudière), une stratégie volontaire de désengagement du mazout laisse percevoir que les objectifs précités ne sont pas finalement pas si irréalistes.

Cette appréciation est corroborée par les projections énergétiques réalisées. Le désengagement du mazout est une action décisive qui permet de réduire très rapidement le bilan énergétique et émissif par habitant. En outre, il permet, en s'affranchissant des pays producteurs étrangers, d'augmenter l'autonomie énergétique du territoire et de réduire les risques de pénuries qui augmentent en cas de crise ou d'évènement géopolitique majeur. Les efforts de la future politique énergétique de l'Agglomération doivent être concentrés sur cette action prioritaire.

Sur cette base, il est proposé de réduire la part du mazout dans les besoins de chaleur utiles de l'Agglomération à 8% d'ici 2030. Cette réduction passera essentiellement par la soumission à autorisation de toute nouvelle installation fonctionnant au mazout. Par ce biais et par le remplacement progressif des chaudières à mazout existantes, cet objectif serait atteignable. A l'horizon 2050, le mazout devrait être cantonné à la couverture des besoins de chaleur spécifiques, notamment pour certains industriels (vapeur et autres procédés).

Pour fonctionner et permettre l'atteinte des objectifs précités, cette action prioritaire doit être complétée par l'application des priorités suivantes, en suivant leur ordre d'importance.

- **Priorité n°2 : Réduction de la couverture du chauffage électrique dans les besoins de chaleur**

Le chauffage à l'électricité directe (convecteurs électriques) est très peu efficient. En effet, si 100% du courant électrique consommé sert effectivement au chauffage de la résistance, c'est loin d'être le cas au niveau de la chaîne de production électrique située en amont. La production d'électricité par les centrales nucléaires suisses et étrangères, offrent en effet un rendement de 33% (1 kWh d'énergie contenue dans le combustible radioactif permet la production de 0.33 kWh d'électricité). Etant donné que la Suisse consomme 25% de ses besoins électriques via le nucléaire, le chauffage électrique est une hérésie énergétique.

Etant donné sa part non négligeable dans le mix « chaleur » actuel de l'Agglomération, il convient de le remplacer de manière prioritaire par d'autres agents énergétiques.

- **Priorité n°3 : développement des énergies renouvelables**

  - **Priorité n°3.1 : développement du solaire thermique**

Bien qu'il ne s'agisse pas du potentiel le plus important en terme de quantité, le potentiel solaire thermique est loin d'être négligeable. D'après nos calculs, il pourrait couvrir environ 5% des besoins thermique d'ici 2030. Il pourrait être doublé d'ici 2050, représentant plus de 10% des besoins de chaleur utiles.

Ces dernières années, la rentabilité des installations solaires thermiques s'est significativement améliorée : le temps de retour sur investissement s'est réduit à la faveur de l'augmentation du coût de l'énergie et de la baisse de prix des panneaux solaires. De plus, la technologie est fiable et ne nécessite de couvrir qu'environ 1.5 $m^2$ de surface de toiture par occupant d'un logement pour couvrir les 2/3 des besoins d'ECS. Les installations solaires récentes permettent de couvrir une part supplémentaire des besoins de chauffage (en général jusqu'à 20%) dès lors que le chauffage requiert une basse température (planchers chauffants dans les habitations et bâtiments administratifs, piscines, wellness, centre aquatiques, etc). Enfin, le recours au

solaire thermique, technologie locale par excellence, permet de réduire la dépendance du territoire aux producteurs d'énergie étrangers.

De manière générale, les installations solaires thermiques peuvent être développées quel que soit la densité énergétique du quartier considéré et quel que soit la consommation énergétique des bâtiments.

De faible et moyennes densités énergétiques, de forts besoins en ECS, des besoins de chauffage à basse température et un couplage à des PAC sur sondes géothermiques augmente leur intérêt et leur rentabilité.

A l'inverse, les fortes densités énergétiques, les affectations purement destinées aux activités avec de faibles besoins d'ECS, les toitures faiblement ensoleillées et la présence de zones de protection patrimoniales diminuent leur intérêt ou réduisent le potentiel à zéro.

- **Priorité n°3.2 : développement de la géothermie à faible profondeur**

L'exploitation du potentiel géothermique à faible profondeur de l'Agglomération est une priorité importante dans le cadre du développement des énergies renouvelables. En effet, cette technologie possède de nombreux avantages. En matière de bilan tout d'abord, son très haut rendement permet de baisser de manière très importante les besoins de chaleur primaires. En effet, alors que la plupart des technologies de chauffage actuelles possèdent des rendements inférieurs à 100% (mazout, gaz, électrique, bois-énergie), la valorisation de la chaleur du sol permet un rendement jusqu'à 400% puisque, pour chaque kWh électrique consommé par une PAC eau-eau, on produit en général environ 4 kWh de chaleur[25] (1 kWh électrique + 3 kWh soutiré au sous-sol). La technologie géothermique permet donc, lorsque l'environnement géologique et la typologie des besoins s'y prêtent, de couvrir des besoins de chaleur d'une manière très efficiente. La rentabilité financière se situe en général autour de 20 ans pour les nouveaux quartiers, et plus tôt dans le cas de bâtiments administratifs neufs qui demandent des besoins de froid en été (en actionnant uniquement les pompes de circulation, les sondes géothermiques permettent de rafraîchir les bâtiments d'activités en été par échange de chaleur direct, sans faire fonctionner la PAC). Enfin, le recours à la géothermie permet de réduire la dépendance du territoire aux producteurs d'énergie étrangers.

Ce type de technologie est idéale dans le cadre de construction de nouveaux quartiers, de maisons individuelles ou de bâtiments administratifs peu énergivores fonctionnant à basse température. De plus, la technologie des PAC sur sondes géothermiques est d'autant plus intéressante que le courant nécessaire au fonctionnement des PAC est fourni par de l'électricité certifiée (certificats hydrauliques) ou produits sur place (panneaux solaires photovoltaïques). Enfin, pour optimiser leur durabilité, les champs de sondes géothermiques ont avantage à être dimensionnées de manière raisonnable et à être couplées à des installations solaires thermiques : celle-ci permettront en effet de réduire les besoins de chaleur à retirer du sous-sol, la consommation électrique des PAC et de reconstituer le gisement sous-terrain chaque été avec le surplus de chaleur capté.

A l'inverse, les fortes densités énergétiques, les surfaces fortement bétonnées, les besoins de chauffage importants à haute température et les environnements géologiques et hydrogéologiques délicats (notamment zones de protection des eaux Au et S) diminuent nettement leur intérêt voir interdit leur usage.

- **Priorité n°3.3 : développement du chauffage au bois**

L'exploitation du potentiel du bois-énergie de l'Agglomération est une priorité importante dans le cadre du développement des énergies renouvelables. L'avantage principal de cette technologie réside dans la disponibilité des ressources locales (les forêts suisses, et plus généralement européennes, sont en expansion et sont loin d'être exploitées à leur plein potentiel), sa simplicité (notamment pour les petites puissances), sa fiabilité, son acceptation auprès de la population, et son bilan carbone extrêmement bas. En effet, se chauffer au bois fait partie du cycle du $CO_2$ de la nature. La combustion du bois libère autant de $CO_2$ que les arbres en absorbent au cours de leur croissance. De plus, l'exploitation durable des forêts tempérées est bien maîtrisée par la Suisse comme par ses partenaires européens, et, contrairement aux idées reçues, contribue à augmenter la productivité des forêts. Le chauffage au bois est de ce fait neutre en termes de $CO_2$ et ne participe pas à l'effet de serre qui en engendre les changements climatiques observés ces dernières années. Au contraire: pour chaque kilo de mazout remplacé par du bois, ce sont 3 kilos de $CO_2$ en moins dans l'atmosphère. L'usage du chauffage au bois permet donc d'agir essentiellement sur le bilan carbone.

Economiquement, le bois-énergie est également une énergie particulièrement vertueuse : l'énergie bois génère 100% de valeur ajoutée à l'intérieur du pays et crée des emplois au plus près des consommateurs, y compris dans les zones rurales. La plus-value ainsi créée sert donc à payer des salaires suisses, qui servent eux-mêmes à soutenir la consommation et la fiscalité locale, qui, à son tour soutien les politiques publiques.

[25] Requiert un chauffage de type basse température

En revanche, le rendement du bois-énergie est relativement proche des chaudières fossiles (de 80% à 99% selon la technologie, la puissance et l'usage) : ce « défaut » de performance ne lui permet pas de faire baisser significativement le bilan énergétique, raison pour laquelle sa part dans la couverture des besoins de chaleur doit rester raisonnable : en Suisse, il est admis que le potentiel durablement exploitable des forêts locales ne doit excéder 45% des besoins de chaleur utiles. Bien qu'il s'agisse d'une moyenne et que l'Agglomération delémontaine pourrait être en position de couvrir plus de 50% de ses besoins de chaleur par le bois-énergie, il est proposé dans la stratégie énergétique de se limiter à une part d'environ 35%. La raison principale réside dans le nécessité de faire appel, pour une part importante des besoins de chaleur, à des technologies à hauts rendement (PAC sur sondes géothermique : voir Priorité n°3.2 et PAC sur air ambiant : voir Priorité n°3.4) pour baisser le bilan énergétique de l'Agglomération.

La technologie du bois-énergie est peu dépendante de la densité énergétique. Pour les faibles et moyennes densités, l'exploitation du bois-énergie a avantage à prendre la forme de chaudières individuelles performantes. Pour les fortes densités, il est rentable de densifier, d'étendre ou de construire des chauffages à distance. L'affectation est également peu restrictive : le bois-énergie peut chauffer avantageusement tout type de bâtiments même s'il se destine plus particulièrement à l'habitat individuel ou collectif.

A l'inverse, les besoins spécifiques de chaleur liés par exemple aux procédés industriels, à des besoins très irréguliers et/ou à un impératif absolu de fourniture de chaleur limitent le potentiel du bois-énergie dans certaines situations.

De la même manière, on prêtera attention à ce que les grosses installations fasse l'objet d'une planification minutieuse en terme de logistique d'approvisionnement (emplacement des silos et périodicité des livraisons), de traitement des fumées (installations d'électrofiltres pour satisfaire aux exigences OPair) mais aussi de dimensionnement (couverture des besoins en ruban par le bois-énergie et couverture des besoins de pointe par une chaudière d'appoint modulante fonctionnant souvent au gaz).

- **Priorité n°3.4 : développement de la valorisation de chaleur sur l'air ambiant (aérothermie)**

Parmi les gisements renouvelables à exploiter pour couvrir les besoins de chaleur, il est proposé de recourir à la valorisation sur l'air ambiant en 4ème priorité après le solaire thermique, la géothermie faible profondeur et le bois-énergie.

La valorisation de chaleur sur l'air ambiant possède un potentiel quantitatif très important. Nos calculs montrent que ce gisement pourrait couvrir près de 80% des besoins des chaleur de l'Agglomération à lui seul. De plus, cette technologie possède de nombreux avantages. En matière de bilan tout d'abord, son haut rendement permet de baisser de manière importante les besoins de chaleur primaires. En effet, la valorisation de la chaleur sur l'air ambiant permet un rendement jusqu'à 300% puisque, pour chaque kWh électrique consommé par une PAC air-eau ou air-air, on produit en général environ 3 kWh de chaleur[26] (1 kWh électrique + 2 kWh soutiré à l'air ambiant). La technologie des PAC à air permet de couvrir des besoins de chaleur d'une manière efficiente. Les investissements de départ étant relativement faibles, la rentabilité financière est également assez rapide. Enfin, le recours à l'aérothermie permet de réduire la dépendance du territoire aux producteurs d'énergie étrangers.

L'aérothermie est toutefois très dépendante de la densité énergétique, de l'affectation et de la typologie des besoins. Seules les faibles à moyenne densités affectées à de l'habitat sont envisageables. La puissance de chauffage ne doit pas excéder 30 kW, ce qui disqualifie en général les grands bâtiments administratifs mais également les plus petites unités énergivores. De plus, des restrictions patrimoniales existent quant à l'installation de PAC à air à l'extérieur. Des contraintes relatives au bruit peuvent également être mentionnées. Enfin, à l'instar des PAC sur sondes géothermiques, le recours à l'aérothermie est surtout intéressant lorsque le courant nécessaire au fonctionnement des PAC est fourni par de l'électricité certifiée (certificats hydrauliques) ou produits sur place (panneaux solaires photovoltaïques).

Ces réserves émises, l'exploitation raisonnable de la chaleur sur l'air ambiant (15% des besoins utiles de chaleur) permettra de compléter le mix énergétique et d'abaisser les bilans énergétiques et émissifs sans augmenter déraisonnablement l'électrification croissante du mix énergétique.

- **Priorité n°3.5 : développement des gisements de chaleur alternatifs**

L'exploitation des gisements de chaleur alternatifs, c'est-à-dire la valorisation de chaleur des nappes phréatiques et des réseaux d'eau potable (notamment à Delémont), ainsi que la valorisation des déchets (notamment via la CCF de la STEP de Soyhières) est la dernière priorité relative au développement des gisements renouvelables.

[26] Requiert un chauffage de type basse température

Leur impact sur le bilan énergétique et émissif est faible étant donné qu'ils ne représente que 1% des besoins de chaleur.

- **Priorité n°3.6 : densification transitoire du réseau de gaz**

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.

Le développement des ressources renouvelables n'étant pas suffisant pour assurer une baisse drastique de l'exploitation de toutes les ressources fossiles dès 2030, la stratégie générale consiste à choisir de diminuer le plus fortement possible l'agent énergétique fossile le plus polluant : le mazout.

Dans le même temps, une densification transitoire du réseau de gaz jusqu'en 2030, et ce sans extension serait opportune. En effet, cette densification permet d'accompagner le développement des énergies renouvelables avec l'agent fossile le moins polluant.

La réduction de la part du mazout dans la couverture des besoins de chaleur ne peut être la même pour toutes les Communes de l'Agglomération.

Dans les Communes disposant d'un réseau gaz suffisamment présent, il est possible de réduire au minimum la part du mazout dès 2030 : selon les situations, l'exploitation raisonnable des gisements renouvelables permet de subvenir dès 2030 à une bonne part besoins (de 45% à 80% selon la Commune considérée, et 59% en moyenne sur l'Agglomération). La densification du réseau de gaz permettra quant à elle de fournir la quasi-totalité des besoins restants (33%). Le mazout fournira quant à lui le solde final des besoins s'élevant à 8%. A chaque fois qu'il sera nécessaire de recourir à un approvisionnement au gaz, il sera avantageux d'utiliser les PAC à gaz, notamment lorsque le potentiel géothermique est présent.

Après 2030 et jusqu'en 2050, la couverture des besoins de chaleur par le gaz devra à son tour être fortement réduite puisque les ressources renouvelables seront suffisantes pour assurer une baisse drastique de l'exploitation des ressources fossiles. D'ici 2050, la part des énergies fossiles dans les besoins de chaleur devront donc se limiter à 11% (essentiellement par le gaz, le mazout étant réduit quasiment à néant, cf. Tableau 20).

| **Commune** | **Couverture des besoins de chaleur utiles en 2013 (%)** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | *Chaudières mazout* | *Chaudières et PAC gaz* | *Chauffages électriques*[27] | *Renouvelable individuel* | *CAD bois et géothermie* |
| Châtillon | 53% | - | 14% | 33% | - |
| Courrendlin | 66% | 17% | 5% | 12% | <1% |
| Courroux | *Hypothèse : idem Courrendlin* | | | | |
| Courtételle | 70% | 1% | 12% | 17% | <1% |
| Delémont | 73% | 21% | 3% | 3% | <1% |
| Develier | *Hypothèse : idem Courtételle* | | | | |
| Rebeuvelier | 65% | - | 8% | 28% | - |
| Rossemaison | 62% | 11% | 14% | 12% | - |
| Soyières | 62% | - | 9% | 20% | - |
| Val Terbi | *Hypothèse : idem Courtételle* | | | | |
| Vellerat | 43% | 2% | 8% | 47% | - |
| **TOTAL** | **70%** | **13%** | **7%** | **10%** | **<1%** |

**Tableau 18** : Couverture des besoins de chaleur des communes de l'Agglomération en 2013

[27] Hors PAC

| Commune | Couverture des besoins de chaleur utiles en 2030 (%) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | *Chaudières mazout* | *Chaudières et PAC gaz* | *Chauffages électriques*[28] | *Renouvelable individuel* | *CAD bois et géothermie* |
| **Priorité** | **+++** ↓ | **++** ↑ | **+++** ↓ | **+++** ↑ | **+** → |
| Châtillon | 35% ↓ | - | - | 65% ↑ | - |
| Courrendlin | - | 35% ↑ | - | 65% ↑ | <1% → |
| Courroux | - | 25% ↑ | - | 75% ↑ | - |
| Courtételle | 30% ↓ | 5% ↑ | - | 65% ↑ | <1% → |
| Delémont | - | 54% ↑ | - | 46% ↑ | <1% → |
| Develier | 25% ↓ | - | - | 75% ↑ | - |
| Rebeuvelier | 25% ↓ | - | - | 75% ↑ | - |
| Rossemaison | - | 35% ↑ | - | 65% ↑ | - |
| Soyières | 30% ↓ | - | - | 70% ↑ | - |
| Val Terbi | 25% ↓ | - | - | 75% ↑ | <1% → |
| Vellerat | 20% ↓ | - | - | 80% ↑ | - |
| **TOTAL** | **8%** ↓ | **33%** ↑ | **-** | **59%** ↑ | **<1%** → |

**Tableau 19** : Couverture des besoins de chaleur des communes de l'Agglomération en 2030

↑ ↓ →

| Commune | Couverture des besoins de chaleur utiles en 2050 (%) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | *Chaudières mazout* | *Chaudières et PAC gaz* | *Chauffages électriques*[29] | *Renouvelable individuel* | *CAD bois et géothermie* |
| **Priorité** | **++** ↓ | **+++** ↑ | **-** ↓ | **+++** → | **+++** ↑ |
| Châtillon | 11% ↓ | - | - | 89% ↑ | - |
| Courrendlin | - | 11% ↓ | - | 74% ↑ | 15% ↑ |
| Courroux | - | 11% ↓ | - | 79% ↑ | 10% ↑ |
| Courtételle | 6% ↓ | 5% → | - | 74% ↑ | 15% ↑ |
| Delémont | - | 11% ↓ | - | 66% ↑ | 23% ↑ |
| Develier | 11% ↓ | - | - | 84% ↑ | 5% ↑ |
| Rebeuvelier | 11% ↓ | - | - | 89% ↑ | - |
| Rossemaison | - | 11% ↓ | - | 89% ↑ | - |
| Soyières | 11% ↓ | - | - | 89% ↑ | - |
| Val Terbi | 11% ↓ | - | - | 74% ↓ | 5% ↑ |
| Vellerat | - | - | - | 100% ↑ | - |
| **TOTAL** | **3%** ↓ | **8%** ↓ | **-** | **73%** ↑ | **16%** ↑ |

**Tableau 20** : Couverture des besoins de chaleur des communes de l'Agglomération en 2050

[28] Hors PAC
[29] Hors PAC

## 5.3 EVOLUTION DE L'OFFRE EN MATIERE DE CHALEUR

Ces stratégies aboutissent à une évolution globale de l'offre de l'ensemble de l'Agglomération en matière de chaleur qui est illustrée par la Figure 13.

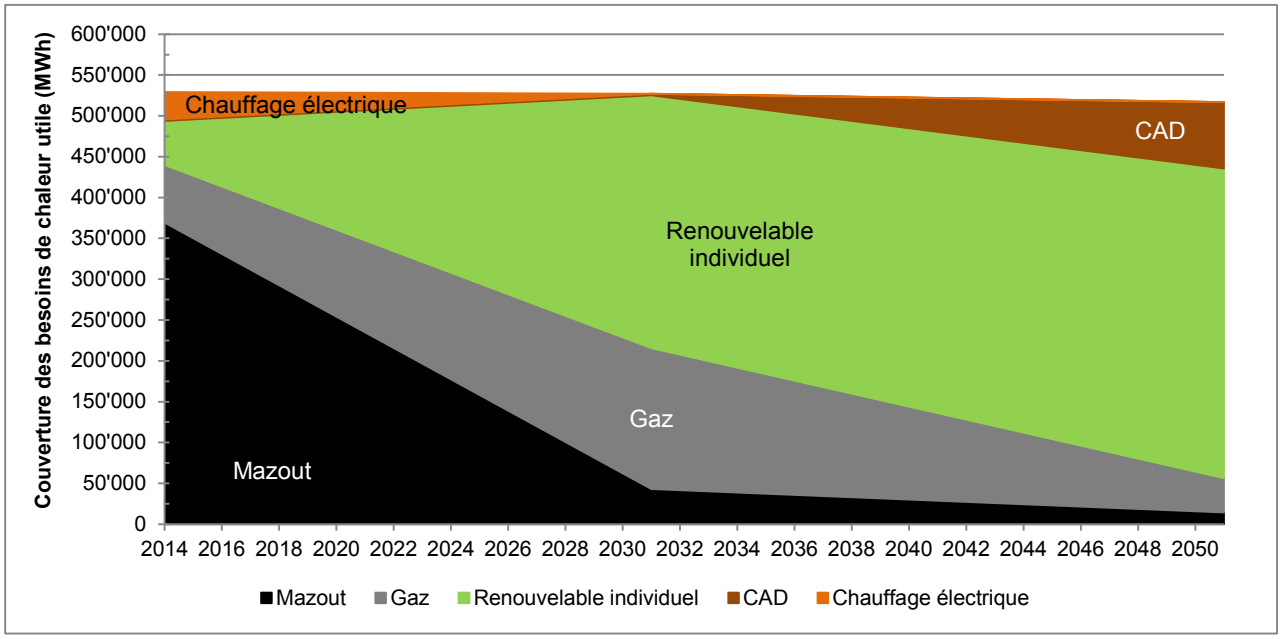


**Figure 12** : Stratégie de couverture des besoins de chaleur de l'Agglomération entre 2013 et 2050

On constate que la couverture de chaleur par le mazout est rapidement réduite. La part de couverture des besoins de chaleur par le mazout passe ainsi de 70% en 2013 à 8% en 2030. Cela est essentiellement dû à la politique énergétique que souhaite suivre Delémont, où le mazout devrait être soumis à autorisation dès 2030. L'action des autres communes, qui devraient également réduire la couverture de leurs besoins par cet agent énergétique fossile participe aussi à cette forte baisse. De 2030 à 2050, la baisse de couverture se poursuit, mais à un rythme moins important. Dans la présente stratégie énergétique, l'ensemble de l'Agglomération conserve une couverture de 11% de ses besoins de chaleur utiles par les agents fossiles d'ici 2050. Cette couverture est partagée entre le gaz et, en dernier recours, par le mazout (lorsque le réseau de gaz n'est pas présent dans la Commune). A l'horizon 2050, le mazout ne représenterait qu'une part marginale de la couverture des besoins (3%).

On remarque que, pendant la période 2013 à 2030, la fourniture de gaz s'accroît pour compenser une partie des besoins de chaleur qui ne sont plus fournis par le mazout. La fourniture de gaz considérée se caractérise par une fourniture à 50% par des chaudières et à 50% pour des PAC à gaz. Cet accroissement se traduit par une densification du réseau, mais sans extension. Cela est particulièrement le cas à Delémont, qui, en raison de la typologie de ses besoins et des gisements renouvelables en présence, doit suivre une période de transition avec une part de fossile relativement importante. La fourniture de gaz s'accroît également dans les Communes traversées par le réseau existant, mais dans des proportions bien plus faibles. Cette stratégie aboutit à ce que la part de couverture des besoins dans l'Agglomération par le gaz passe de 13% en 2013 à 33% en 2030. Suite à la montée en puissance de l'exploitation des gisements renouvelables, la fourniture de gaz pourra baisser continuellement jusqu'à ce qu'elle représente 8% des besoins de chaleur de l'Agglomération en 2050.

Le chauffage électrique, qui représente tout de même 7% des besoins de chaleur en 2013, devra être interdit dès 2030 en raison de son inefficience totale.

La stratégie proposée se focalise sur le développement des énergies renouvelables individuelles représentées par la géothermie, l'aérothermie, le bois-énergie et le solaire thermique. La géothermie semble être une excellente solution pour couvrir une part significative des besoins dans les Communes disposant d'un fort potentiel en la matière. La fourniture de chaleur géothermique est également très efficiente et rentable, bien que plus onéreuse que les autres solutions en terme d'investissement de départ. De son côté, l'aérothermie est une solution parfaitement adaptable aux Communes de l'Agglomération hors Delémont, en raison du faible nombre de bâtiments requérant une puissance supérieure à 30 kW. Ainsi, ces deux agents énergétiques verraient leur part augmenter de 4% en 2013 à 28% en 2030 puis 43% en 2050. Dans un futur proche, ces solutions pourront être couplées avec une couverture solaire par des panneaux photovoltaïques, de façon à couvrir les besoins d'électricité nécessaires au fonctionnement des PAC à air et à eau.

Concernant le bois, notre stratégie prévoit que la part de couverture des besoins de chaleur passe de 6% en 2013 à 27% en 2030 et 37% en 2050.

Enfin, le solaire thermique, plus limité par les besoins d'eau chaude et les zones de restrictions patrimoniales que par les surfaces de toiture, pourra se développer continuellement. Au fur et à mesure des nouvelles constructions et rénovations, il pourra à l'avenir représenter une part plus importante des besoins de chaleur. On passe ainsi d'une couverture non significative en 2013 à 4% en 2030 et 9% en 2050.

En 2050, la stratégie proposée consisterait donc à couvrir les besoins de chaleur des communes de l'Agglomération à l'aide des agents énergétiques suivants :

- Bois : 37% des besoins (chaudières individuelles et CAD bois) ;
- Géothermie : 27% des besoins (PACs sol-eau, PACs eau-eau et CAD Géothermie) ;
- Aérothermie : 16% des besoins (PACs à air) ;
- Solaire thermique : 9% des besoins (panneaux solaires thermiques) ;
- Combustibles fossiles : 11% des besoins (chaudières mazout et/ gaz et PAC à gaz en fonction de la présence ou non du réseau gaz dans la commune considérée).

## 5.4 STRATEGIE GLOBALE POUR LES BESOINS ELECTRIQUES

A l'état actuel, les Services Industriels de Delémont (SID) produisent déjà une électricité à 100% d'origine renouvelable via l'achat de certificats hydrauliques. Ainsi, 80% de l'électricité consommée à Delémont est d'origine renouvelable (les 20% restants le sont par les grands consommateurs non reliés au réseau des SID). Il en est de même pour Develier qui achète l'intégralité de sa consommation électrique via des certificats hydrauliques.

D'ici 2050, la stratégie énergétique future propose que les autres communes de l'Agglomération couvrent de 75% à 100% de l'électricité consommée par l'achat d'électricité certifiée.

Le soldes des besoins électriques de l'Agglomération serait fourni par du mix suisse, pour environ 18% des besoins, et de gisements électriques locaux autoconsommés pour environ 2%.

Cet objectif est cohérent et réalisable avec la stratégie fédérale, jurassienne et delémontaine.

## 5.5 STRATEGIES SPECIFIQUES DES COMMUNES POUR L'ELECTRICITE

Les stratégies spécifiques proposées des différentes Communes de l'Agglomération pour la couverture des besoins électriques sont décrites pour chaque horizon de temps dans les Tableaux 21, 22 et 23.

- **Priorité n°1 : Réduire la part du mix électrique suisse par l'augmentation de la part de l'électricité certifiée**

La première priorité consiste à réduire de façon importante la part du mix suisse dans la consommation d'électricité de l'Agglomération. En effet, bien que meilleur que la plupart des pays européens, le mix électrique suisse ne peut être considéré comme renouvelable.

La sortie annoncée du nucléaire et l'électrification croissante du parc requièrent que des actions soient menées pour que la future consommation d'électricité soit couverte en majorité par des énergies renouvelables.

Pour cela, l'action prioritaire à mener nécessite que l'ensemble des Communes de l'Agglomération achètent de l'électricité certifiée à hauteur d'environ 40% de leur consommation d'ici 2030, et 80% d'ici 2050. Notons que Delémont et Develier, qui atteignent déjà un taux de couverture supérieur à 80% ne sont évidemment pas concernées par cette mesure.

- **Priorité n°2 : Développer les gisements renouvelables électriques locaux par autoconsommation**

L'achat d'électricité certifiée est une possibilité intéressante et immédiate permettant à une entité (agglomération, commune, quartier, foyer…) d'augmenter la part d'électricité renouvelable dans le mix consommé.

Toutefois, il faut bien produire l'électricité ainsi certifiée quelque part. Bien que les producteurs d'électricité soient en mesure d'augmenter la part de renouvelable dans leur production, il est nécessaire que les collectivités locales soutiennent leurs efforts. A ce titre, l'une des meilleures manières consiste à encourager la production d'électricité renouvelable locale autoconsommée, ce qui passe principalement par un encouragement aux installations photovoltaïques dont l'électricité produite est consommée directement sur

site. Cela est d'autant plus intéressant pour les surfaces chauffées par des pompes à chaleur sur air ou sur sondes géothermiques.

Rappelons à ce titre que la Confédération a rendu obligatoire une part d'autoconsommation dans le cadre de la RPC (voir Priorité n°3).

Sur cette base, la stratégie propose que 20% du potentiel photovoltaïque de chaque Commune soit réservé à de l'autoconsommation.

- **Priorité n°3 : Développer les gisements renouvelables électriques locaux par RPC**

Le troisième levier permettant d'augmenter la part de renouvelable dans le mix consommé par l'Agglomération consiste à développer des projets de production électriques rétribués par RPC.

Cela concerne non seulement les petites installations mises en œuvre par les particuliers (typiquement la part de photovoltaïque non autoconsommée) comme les grosses usines de production d'électricité hydrauliques ou éoliennes appartenant aux industriels.

Cette production n'apparaît pas dans les Tableaux 21 à 23. En effet, le bilan Société à 2'000 W ne prend pas en compte les installations de tiers qui réinjectent de l'électricité dans le réseau puisqu'il n'est pas garanti que le courant produit soit effectivement consommé à proximité. Ainsi, le courant photovoltaïque produit par les installations de l'Agglomération delémontaine et rétribué par la Confédération via la RPC contribue à alléger le mix électrique de la Suisse en général, et non celui de l'Agglomération.

Ce détail méthodologique ne retire toutefois pas aux projets RPC leurs avantages en terme de rentabilité financière, d'image et de contribution à une production électrique respectueuse de l'environnement.

| **Commune** | **Couverture des besoins d'électricité utiles en 2013 hors RPC (%)** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Mix Suisse* | *Certificats hydrauliques* | *Hydraulique autoconsommé* | *Photovoltaïque autoconsommé* | *Déchets autoconsommé* | *Eolien autoconsommé* |
| Châtillon | 100% | - | - | - | - | - |
| Courrendlin | 100% | - | - | - | - | - |
| Courroux | 100% | - | - | - | - | - |
| Courtételle | 100% | - | - | - | - | - |
| Delémont | 20% | 80% | <1% | - | - | - |
| Develier | - | 100% | - | - | - | - |
| Rebeuvelier | 100% | - | - | - | - | - |
| Rossemaison | 100% | - | - | - | - | - |
| Soyières | 95% | - | 5% | - | - | - |
| Val Terbi | 98% | - | 1% | - | - | - |
| Vellerat | 100% | - | - | - | - | - |
| **TOTAL** | **58%** | **42%** | **<1%** | **-** | **-** | **-** |

**Tableau 21** : Couverture des besoins d'électricité utiles des communes de l'Agglomération en 2013 hors RPC

| Commune | Couverture des besoins d'électricité utiles en 2030 hors RPC (%) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Mix Suisse* | *Certificats hydrauliques* | *Photovoltaïque autoconsommé* | *Hydraulique autoconsommé* | *Déchets autoconsommé* | *Eolien autoconsommé* |
| **Priorité** | **++++** ↓ | **++++** ↑ | **+++** ↑ | **+** ↑ | **0** → | **0** → |
| Châtillon | 59% ↓ | 39% ↑ | 2% ↑ | - | - | - |
| Courrendlin | 58% ↓ | 39% ↑ | 3% ↑ | - | - | - |
| Courroux | 58% ↓ | 39% ↑ | 3% ↑ | - | - | - |
| Courtételle | 59% ↓ | 39% ↑ | 2% ↑ | - | - | - |
| Delémont | 20% → | 80% → | - | <1% → | - | - |
| Develier | - | 97% ↓ | 3% ↑ | - | - | - |
| Rebeuvelier | 58% ↓ | 39% ↑ | 3% ↑ | - | - | - |
| Rossemaison | 59% ↓ | 39% ↑ | 2% ↑ | - | - | - |
| Soyières | 57% ↓ | 38% ↑ | 1% ↑ | 4% → | - | - |
| Val Terbi | 58% ↓ | 39% ↑ | 3% ↑ | <1% → | - | - |
| Vellerat | 60% ↓ | 40% ↑ | - ↑ | - | - | - |
| **TOTAL** | **37%** ↓ | **62%** ↑ | **1%** ↑ | **<1%** → | **-** | **-** |

**Tableau 22** : Couverture des besoins d'électricité utiles des communes de l'Agglomération hors RPC en 2030

| Commune | Couverture « comptable » des besoins d'électricité utiles en 2050 hors RPC (%) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Mix Suisse* | *Certificats hydrauliques* | *Photovoltaïque autoconsommé* | *Hydraulique autoconsommé* | *Déchets autoconsommé* | *Eolien autoconsommé* |
| **Priorité** | **++++** ↓ | **++++** ↑ | **+++** ↑ | **+** ↑ | **0** ↑ | **0** → |
| Châtillon | 19% ↓ | 78% ↑ | 3% ↑ | - | - | - |
| Courrendlin | 19% ↓ | 77% ↑ | 4% ↑ | - | - | - |
| Courroux | 19% ↓ | 77% ↑ | 4% ↑ | - | - | - |
| Courtételle | 19% ↓ | 77% ↑ | 3% ↑ | - | - | - |
| Delémont | 19% → | 78% → | - | 2% ↑ | 1% ↑ | - |
| Develier | - | 95% ↓ | 5% ↑ | - | - | - |
| Rebeuvelier | 19% ↓ | 76% ↑ | 5% ↑ | - | - | - |
| Rossemaison | 19% ↓ | 77% ↑ | 4% ↑ | - | - | - |
| Soyières | 19% ↓ | 75% ↑ | 2% ↑ | 4% → | - | - |
| Val Terbi | 19% ↓ | 76% ↑ | 4% ↑ | 1% → | - | - |
| Vellerat | 20% ↓ | 79% ↑ | 1% ↑ | - | - | - |
| **TOTAL** | **18%** ↓ | **78%** ↑ | **2%** ↑ | **1%** ↑ | **<1%** ↑ | **-** |

**Tableau 23** : Couverture des besoins d'électricité utiles des communes de l'Agglomération hors RPC en 2050

## 5.6 EVOLUTION DE L'OFFRE EN MATIERE D'ELECTRICITE

Ces stratégies spécifiques aboutissent à une évolution globale de l'offre de l'ensemble de l'Agglomération en matière d'électricité qui est illustrée par la Figure 14. C'est cette couverture qui fait foi pour les calculs relatifs aux objectifs de la Société à 2'000 W : le courant produit par RPC n'entre pas en ligne de compte.

A titre d'information et de visibilité toutefois, le même graphique prenant en compte cette fois la production d'électricité par les projets RPC est identifié par la Figure 15.

La différence entre la Figure 14 et la Figure 15 réside dans le fait que la Figure 15 prend en compte l'ensemble du potentiel photovoltaïque de l'Agglomération (part autoconsommé de 20% + part RPC de 80%), la réalisation du projet éolien de Delémont (4 éoliennes) ainsi que la totalité de la production hydraulique et de valorisation des déchets actuelle et projetée de l'Agglomération (production autoconsommé + production RPC).

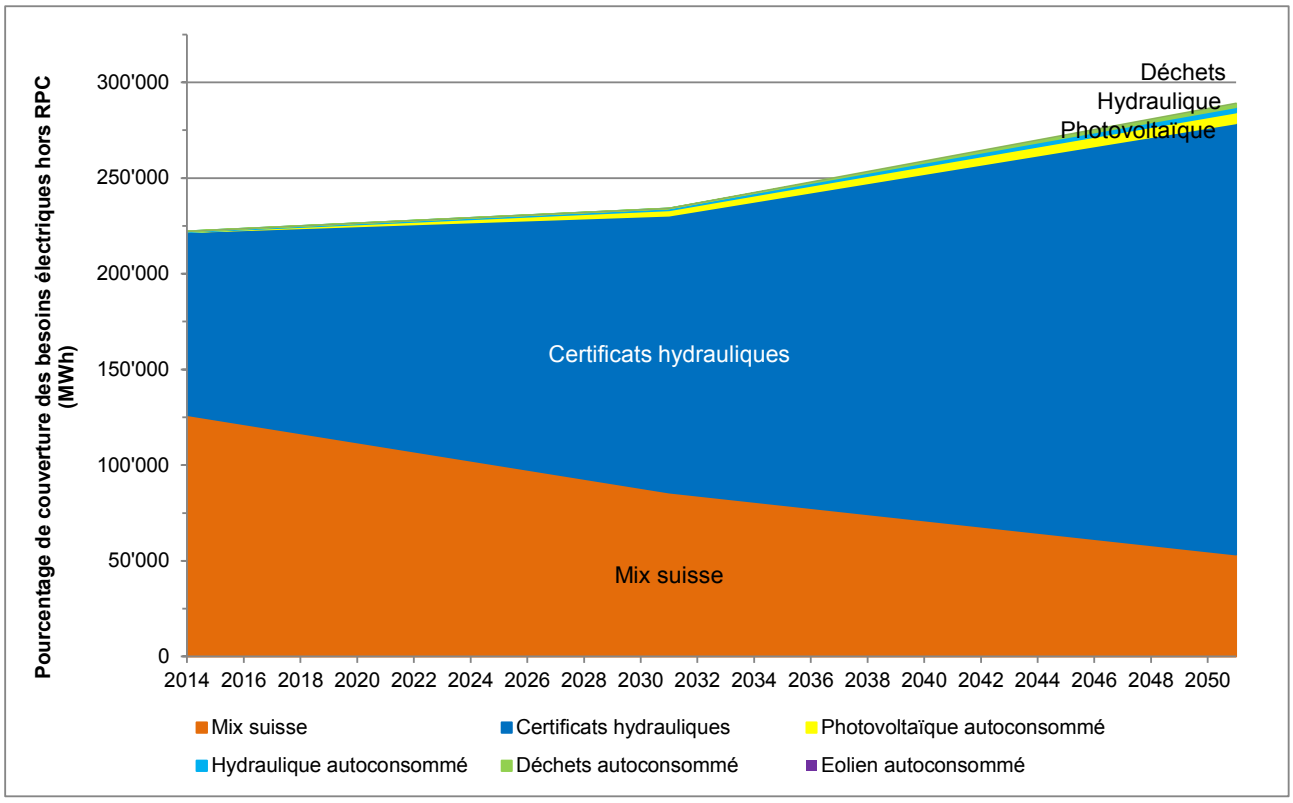


**Figure 13** : Stratégie de couverture des besoins d'électricité de l'Agglomération hors RPC entre 2013 et 2050

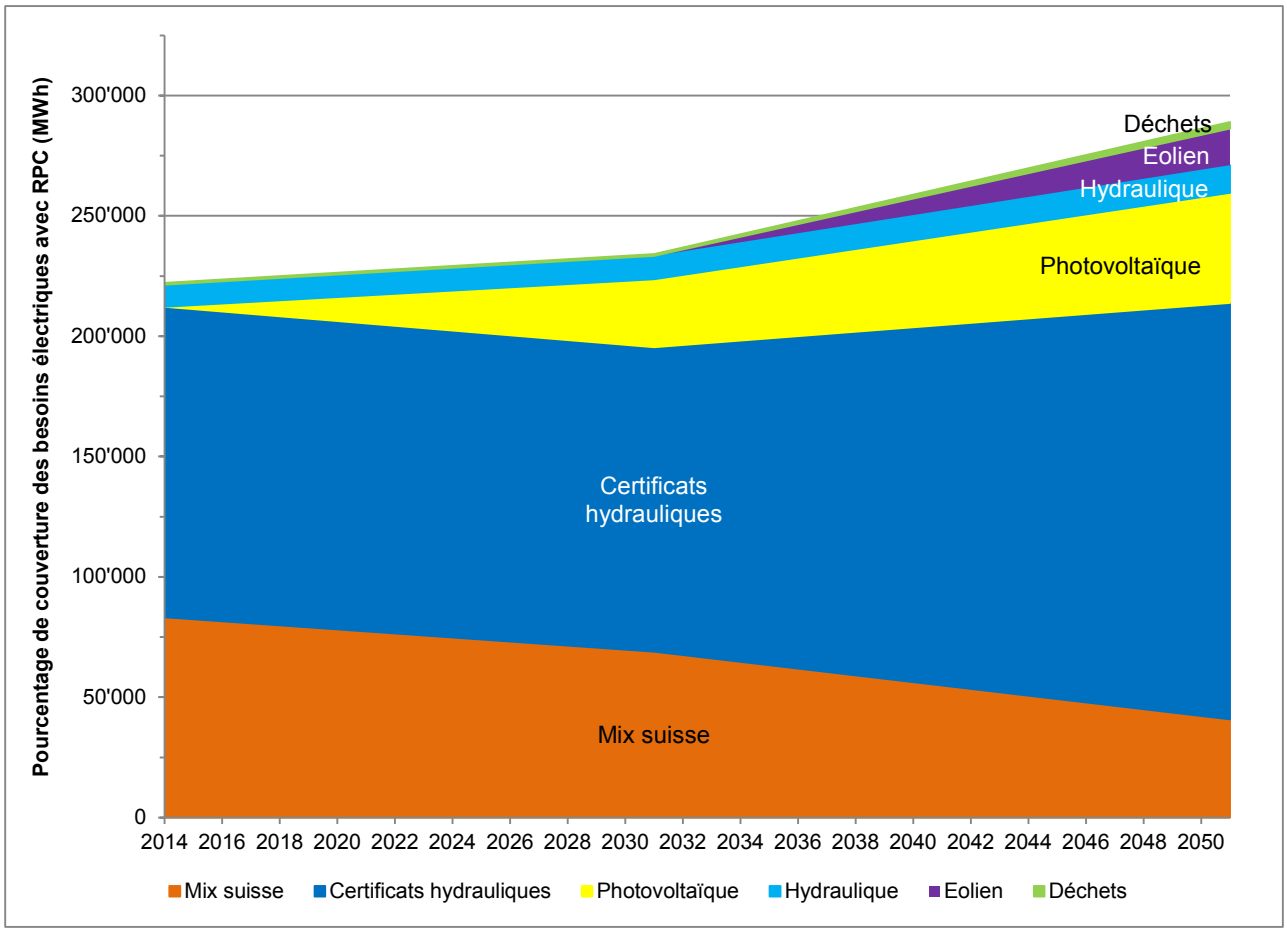


**Figure 14** : Stratégie de couverture des besoins d'électricité de l'Agglomération avec RPC entre 2013 et 2050

La Figure 14 montre que la couverture d'électricité par le mix suisse non certifié se réduit continuellement au bénéfice de la part couverte par les certificats hydrauliques. La part de couverture des besoins électriques par le mix suisse passe ainsi de 58% en 2013 à 37% en 2030 et 18% en 2050. Cela serait dû à la politique énergétique que pourraient suivre les Communes autres que Delémont et Develier qui fournissent déjà 80% à 100% de leur consommation électrique à l'aide de certificats hydrauliques. Pour rattraper leur retard, les autres Communes de l'Agglomération fourniraient d'ici 2030 environ 40% du courant consommé par des certificats hydrauliques. En 2050, ces Communes rejoindraient Delémont et Develier en portant à environ 80% la part de courant consommé issu de certificats hydrauliques.

On remarque que les productions locales d'électricité renouvelables et autoconsommées sont marginales dans la couverture des besoins électriques (moins de 1% en 2013, 2% en 2030 et 4% en 2050).

Au niveau de la consommation globale, on constate que la consommation électrique est relativement contenue entre 2013 et 2030 (5% d'augmentation) mais qu'elle s'accroit nettement entre 2030 et 2050 (+23%).

La faible augmentation de 5% entre 2013 et 2030 s'explique par le fait que l'interdiction des chauffages électriques couplée aux économies d'électricité compensent plus ou moins l'augmentation des besoins dus aux nouvelles surfaces construites et au fonctionnement des pompes à chaleur.

En revanche, la forte augmentation observée entre 2030 et 2050 s'explique par le fait que les économies d'énergies ne sont plus couplée à une baisse de la demande d'électricité, les chauffages électriques étant considérés comme inexistants dès 2030. Ces économies ne permettent plus de compenser l'augmentation des besoins exposée plus haut. Soulignons à ce titre que la mise en place du CAD Bois/Géothermie de Delémont entre 2030 et 2050 requiert à lui seul 7'800 MWh d'électricité supplémentaire, soit 15% de l'augmentation électrique prévue entre 2030 et 2050.

En 2050 et hors RPC, la stratégie proposée consisterait donc à couvrir les besoins électriques des communes de l'Agglomération à l'aide des agents énergétiques suivants :

- Certificats hydrauliques : 78% des besoins ;
- Mix suisse : 18% des besoins ;
- Solaire photovoltaïque autoconsommé : 2% des besoins ;
- Hydraulique autoconsommé : 1% des besoins ;
- Déchets autoconsommé : <1% des besoins.

Notons enfin que l'électrification des besoins énergétiques, souvent décriée, n'est pas un problème en soit à partir du moment où cette augmentation est due au remplacement de chaudières à gaz ou au mazout par des pompes à chaleur sur air ou sur sondes géothermiques. Au contraire, même dans un cas non idéal (PAC alimentée par du mix suisse remplaçant une chaudière au gaz ou au mazout), le recours à l'électricité permet de réduire la consommation d'énergie primaire de l'installation de 65 à 80 %. Dans le même temps, les émissions de $CO_2$ sont réduites mécaniquement par la baisse des besoins et par le meilleur bilan carbone du mix suisse par rapport aux énergies fossiles : cette réduction atteint alors 80 à 90%.

Le recours aux PAC dans la réduction du bilan énergétique et dans les émissions de $CO_2$ est donc très important. Bien évidemment, dans la perspective de l'abandon du nucléaire et de l'exploitation déjà très importante des gisements renouvelables hydrauliques suisses, il est nettement préférable que l'augmentation des besoins électriques soit couverte par une production électrique renouvelable, ce qui réduire encore davantage les impacts environnementaux de notre consommation énergétique.

## 5.7 OBJECTIFS ATTEINTS PAR LA STRATEGIE FUTURE

La mise en place de la stratégie énergétique définie dans le §5 permettrait d'atteindre les bilans énergétiques et émissifs résumés dans le Tableau 24 et illustrés par la Figure 16.

| Type de besoin | Type d'énergie | EP *(MWh)* | Dont ER *(MWh)* | GES *(t eq-$CO_2$)* | Bilan énergie *(W/personne/an)* | Dont ER *(W/personne/an)* | Bilan GES *(t eq $CO_2$/personne/an)* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Logements Activités** | Chaleur | 815'315 | 600'819 | 32'340 | **2'424** | **1'786** | **0.8** |
| | Electricité | | | | | | |
| **Mobilité** | Mobilité fossile | 109'902 | 1'859 | 16'496 | **327** | **6** | **0.4** |
| | Mobilité électrique | | | | | | |
| **Bilan final** | | | | | 2'751 | 1'792 | 1.3 |

**Tableau 24** : Bilans énergétiques et émissifs en 2050 (EP = Energie Primaire, ER = Energie renouvelable, GES = Emission de Gaz à Effet de Serre)

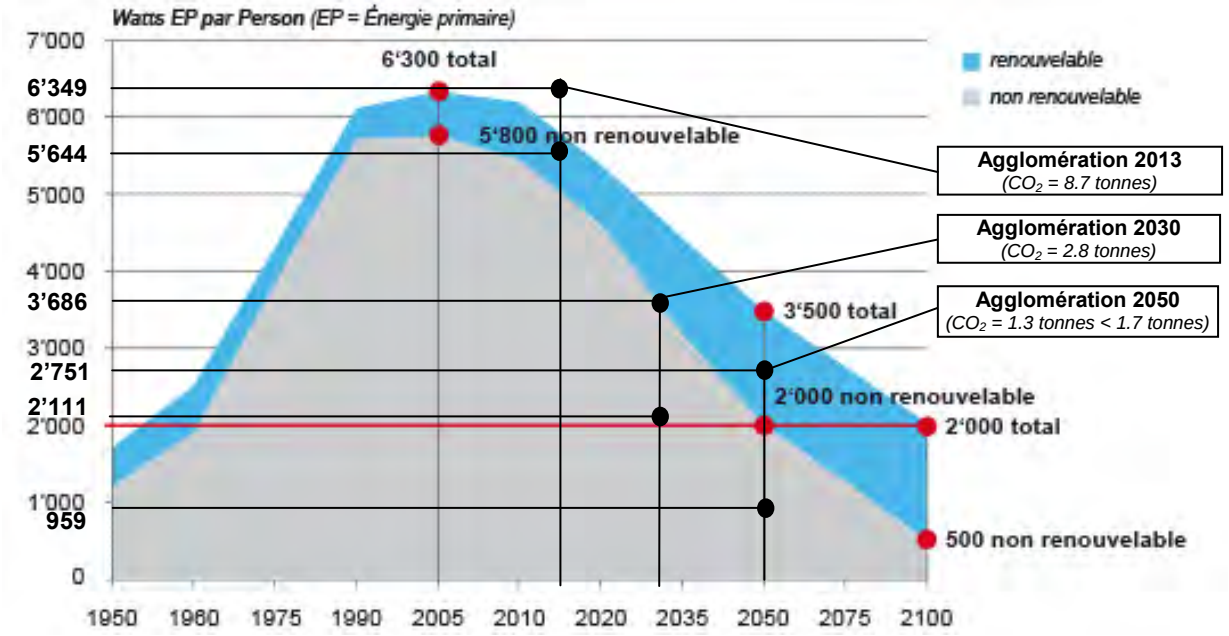


**Figure 15** : Bilans énergétiques et émissifs en 2050

Ces résultats montrent qu'une politique de transition énergétique raisonnable mais suffisamment ambitieuse et adaptée au contexte régional permet de remplir les objectifs de la Société à 2'000W pour l'année 2050 (3'200 W et 2 tonnes de $CO_2$).

Cette stratégie est proche de l'optimalité. Le mix énergétique est adapté aux potentiels spécifiques de chacune des Communes.

Des investissements significatifs devront être réalisés afin que les énergies renouvelables couvrent, dès 2030, plus de la moitié des besoins de chaleur. A cet horizon de temps, le solde des besoins devra être prioritairement fourni par le gaz (33%), ce qui impliquera un accroissement de la fourniture actuelle, et en dernier recours, un reliquat de couverture par le mazout (8%).

Dans un second temps, la fourniture de gaz et de mazout sera réduite jusqu'à ce qu'elle ne couvre que 11% des besoins de chaleur en 2050, au profit du bois-énergie (37%), de la géothermie (27%), de l'aérothermie (16%) et du solaire thermique (9%). Notons qu'une exploitation plus importante des potentiels géothermiques et aérothermiques permettraient d'améliorer encore le bilan énergétique, mais également émissif si les besoins électrique des PAC sont couverts par une production renouvelable. Dans ce cas, l'électrification des besoins énergétique sera plus évidemment plus importante.

Dans la stratégie proposée, la fourniture d'électricité augmentera nécessairement compte tenu de la consommation des PAC et des besoins liés aux nouvelles surfaces construites. Cette augmentation de la consommation devra être couverte essentiellement par l'achat de certificats hydrauliques et, dans une moindre mesure, par le solaire photovoltaïque autoconsommé. Notons que la part du potentiel photovoltaïque autoconsommé prise en compte dans la stratégie (20% du potentiel photovoltaïque total) est vraisemblablement amenée à augmenter au fur et à mesure des progrès technologiques en matière de gestion du stockage, du chargement et de la régulation des installations combinées solaires/PAC. A titre d'exemple, des scientifiques américains ont par exemple mis au point, grâce à l'aluminium, une batterie moins chère, plus écologique, plus endurante, plus sûre mais également rechargeable beaucoup plus rapidement[30]. Ce type de découverte laisse penser que des applications industrielles pourront voir le jour d'ici quelques années, notamment dans le contexte du stockage de l'électricité qui n'est actuellement pas développé à grande échelle. Or, ce type de stockage permettrait de s'affranchir du problème lié au décalage entre production photovoltaïque de pointe (à midi) et pic des besoins (le matin et le soir).

Pour conclure, la stratégie énergétique proposée satisfait aux exigences d'une planification énergétique techniquement réalisable, économiquement supportable, politiquement réaliste et adapté au contexte régional et à la typologie des besoins.

De plus, cette stratégie permet de respecter avec une marge de 15% les objectifs de la Société à 2'000 W en 2050 avec la prise en compte l'énergie grise nécessaire à la production des biens et des services (Bilan énergétique ≤ 3'200 W/personne/an, Puissance moyenne de l'énergie primaire renouvelable > 1'300 W/personne/an et Emissions de GES < 1.7 tonnes eq-$CO_2$/personne/an).

[30] Meng-Chang Lin, Ming Gong, Bingan Lu, Yingpeng Wu, Di-Yan Wang, Mingyun Guan, Michael Angell, Changxin Chen, Jiang Yang, Bing-Joe Hwang & Hongjie Dai, An ultrafast rechargeable aluminium-ion battery, *Nature*, 6 avril 2015.

# 6. STRATEGIES ET LIGNES DIRECTRICES

## 6.1 GENERALITES

Les stratégies et lignes directrices suivantes ont été élaborées par CSD après une étroite collaboration avec l'Agglomération. Elles consistent en un fil rouge exhaustif permettant de mettre en œuvre la stratégie énergétique retenue et de spécifier les points auxquels il faudra être attentif.

Ces lignes directrices sont complétées par les principes d'aménagement (Cf. §6.5) qui décrivent plus précisément les technologies à développer d'ici 2030, en fonction de l'affectation de chaque zone urbanisée.

## 6.2 ECONOMIES D'ENERGIE

| Types de besoins | Lignes directrices | Début et fin de la mesure |
|---|---|---|
| Logements/activités | ➢ Porter l'effort de rénovation à 1%/an (si possible, définir un nombre de bâtiments à effectuer chaque année)<br>➢ Déterminer un IUS (Indice d'utilisation du sol) minimal le plus élevé possible<br>➢ Limiter l'extension de l'urbanisation (favoriser la densification avec une mixité des activités)<br>➢ Favoriser les constructions en ordre contigu<br>➢ Examiner minutieusement les déposes d'autorisation pour les bâtiments neufs, notamment le respect des exigences thermiques (attention aux surfaces de sous-sol aménagées non isolées !)<br>➢ Informer la population sur les avantages d'une orientation et d'une compacité idéale des bâtiments (architecture bioclimatique)<br>➢ Mettre en place un bonus d'utilisation pour les bâtiments répondant au standard Minergie ou équivalent<br>➢ Encourager l'équilibrage hydraulique des installations technique de production de chaleur, vecteur important d'économies d'énergie électrique et thermiques, y compris sur les bâtiments rénovés[31]<br>➢ Mettre en place des systèmes de suivi de consommation pour les bâtiments communaux<br>➢ Informer la population pour la motiver à réduire ses besoins, notamment d'ECS | 2014 – 2050 |
| Mobilité | ➢ Promouvoir de façon intensive des déplacements à pied et vélo : aménagements, information, itinéraires cyclables, mise en place de bornes « vélostation »<br>➢ Promouvoir des plans de mobilité d'entreprise<br>➢ Encourager le recours au covoiturage<br>➢ Prévoir des subventions ou des déductions d'impôts pour l'achat de vélos électriques | |

## 6.3 EFFICACITE ENERGETIQUE

| Types de besoins | Lignes directrices | Début et fin de la mesure |
|---|---|---|
| Logements/activités | ➢ **A Delémont**, soumettre à autorisation restreinte le chauffage au mazout.<br>➢ **A Delémont**, densifier le réseau gaz selon Tableau 19 (page 40).<br>➢ **A Delémont**, diminuer la fourniture de gaz selon Tableau 20 (page 40) par soumission à autorisation restreinte<br>➢ **Dans les autres communes**, réduire fortement le chauffage à mazout dans la couverture des besoins de chaleur selon Tableaux 19 et 20.<br>➢ **Dans les autres communes**, augmenter légèrement la part du gaz dans les besoins de chaleur totaux d'ici 2030 selon Tableau 19 à l'aide d'une densification des réseaux sans extension. | 2014 – 2050<br>2014 – 2030<br>2030 – 2050<br>2014 – 2050<br>2014 – 2030 |
| Mobilité | ➢ Promouvoir de façon intensive des déplacements en transports publics<br>➢ Promouvoir l'achat de véhicules au gaz (objectif de triplement des ventes dès 2030)<br>➢ Encourager le recours au covoiturage | 2014 – 2050 |

[31] Selon les spécialistes de la discipline, 95% des installations techniques existantes en Suisse ne sont pas équilibrées et mises en service selon le réglage par défaut défini en usine.

## 6.4 ENERGIES RENOUVELABLES

| Types de besoins | Lignes directrices | Début et fin de la mesure |
|---|---|---|
| Logements/activités | ➢ Voir Tableaux 19 et 20 pour la chaleur.<br>➢ Voir Tableau 22 et 23 pour l'électricité (page 44). | 2014 – 2050<br>2014 – 2050 |
| Mobilité | ➢ Promouvoir de façon 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 |

## 6.5 PRINCIPES D'AMENAGEMENT

### *6.5.1 PRIORITE ENTRE LES TECHNOLOGIES*

Les tableaux 25 à 29 ci-après présentent les principes généraux d'approvisionnement en chaleur en fonction de la zone considérée. Les technologies sont citées dans l'ordre de préférence pour atteindre ou dépasser les objectifs fixés. L'ordre de priorité est un souhait du point de vue écologique et non le choix de la technologie qui sera vraisemblablement la plus adaptée : cela signifie qu'il est nécessaire d'éliminer en premier lieu les solutions les plus durables avant de se reporter sur des technologies utilisant des énergies fossiles.

Notons également que la LEN cantonale permettra sous peu de trancher sur les priorités à respecter.

### *6.5.2 CONSTRUCTION DE CHAUFFAGES A DISTANCE*

La rentabilité liée à la construction de nouveaux CAD (centrale de chauffe avec distribution de chaleur) dépend surtout de la densité énergétique (> 800 MWh/an = favorable ; de 400 MWh/an à 800 MWh/an = moyennement favorable ; < 400 MWh/an = défavorable[32]), mais également de la distance du CAD par rapport au groupe de preneur (distance en mètres inférieure à la puissance à fournir en kW).

Lorsque la densité énergétique est inférieure à 800 MWh/an et que le potentiel géothermique est significatif, il peut toutefois s'avérer judicieux de mettre en œuvre un réseau collectif de source géothermique qui alimente des pompes à chaleur individuelles. Dans ce cas, le réseau en question est alimenté par un nombre de sondes géothermiques restreint mais plus profondes que des sondes géothermiques individuelles, ce qui permet des économies importantes liées aux forages. De plus, ce type de réseau recourt à des technologies moins coûteuses que les réseaux dits « chauds » (tubes en polyéthylène non isolés au lieu de conduites en acier isolées). Ainsi, le seuil de densité énergétique est réduit de 20 à 40%, notamment dans le cas de nouveaux quartiers d'habitation.

### *6.5.3 RECOMMANDATIONS D'AMENAGEMENT*

Mis à part les restrictions dues à la géothermie et à la présence ou non du réseau de gaz qui sont renseignées dans les Tableaux 25 à 29, notons que la technologie des PAC air est incompatible avec tout bâtiment requérant une puissance de chauffage supérieure d'environ 30kW, pour des raisons de place (encombrement), de voisinage (débits d'air importants entrainants des problèmes acoustiques) et de produits disponibles sur le marché. Dans les secteurs protégés, l'installation de PAC à air est envisageable si celle-ci est placée à l'intérieur et que les prises et rejet d'air ont une apparence compatible avec le bâtiment (l'idéal étant d'utiliser des sauts de loup).

Notons également que la Commune de Delémont n'est pas directement concernée par les principes définis ci-après étant donné que le PDCom et le PDE spécifiques à la Commune prévoient des objectifs chiffrés par secteur énergétique.

[32] Seuils définis de manière à ce que le prix de la chaleur issue du CAD soit inférieure à celles des solutions individuelles fossiles.

**Secteur raccordé au gaz naturel**

| Affectation et année de construction ou rénovation | Sans restriction géothermie | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | *Jusqu'à 1980* | *1980-1999* | *2000-2015* | *2016-2030* | *après 2030* |
| Zone centre ISOS A | RENOVATION THERMIQUE + Bois ou PAC gaz ou Chaudière condensation gaz | RENOVATION THERMIQUE + Bois ou SGV ou PAC gaz | SGV ou Bois ou PAC air* ou PAC gaz | SGV ou Bois ou PAC air* | |
| Autre zone centre | RENOVATION THERMIQUE + Bois + ST ou PAC air* + ST ou PAC gaz + ST | RENOVATION THERMIQUE + Bois + ST ou SGV + ST ou PAC air* + ST ou PAC gaz + ST | SGV + ST ou Bois + ST ou PAC air* + ST ou PAC gaz + ST | SGV + ST ou Bois + ST ou PAC air* + ST | SGV + ST+ PV ou Bois + ST + PV ou PAC air* + ST + PV |
| Zone d'habitation faible densité | RENOVATION THERMIQUE + SGV + ST ou PAC air + ST ou Bois + ST | | SGV + ST ou PAC air + ST ou Bois + ST | | SGV + ST + PV ou PAC air + ST + PV |
| Zone d'habitation densité élevée | RENOVATION THERMIQUE + SGV + ST ou Bois + ST ou PAC gaz + ST ou Chaudière condensation gaz + ST | | SGV + ST ou PAC air** + ST ou Bois + ST ou PAC gaz + ST ou Chaudière condensation gaz + ST | | SGV + ST + PV ou PAC air** + ST + PV ou Bois + ST + PV |
| Zone mixte faible densité | RENOVATION THERMIQUE + SGV + ST ou PV ou PAC air + ST ou PV ou Bois + ST ou PV | | SGV + ST ou PV ou PAC air + ST ou PV ou Bois + ST ou PV | | SGV + ST + PV ou PAC air + ST + PV |
| Zone mixte densité élevée | RENOVATION THERMIQUE + SGV + ST ou PV ou Bois + ST ou PV ou PAC gaz + ST ou PV ou Chaudière condensation gaz + ST ou PV | | SGV + ST ou PV ou PAC air** + ST ou PV ou Bois + ST ou PV ou PAC gaz + ST ou PV ou Chaudière condensation gaz + ST ou PV | | SGV + ST + PV ou PAC air** + ST + PV ou Bois + ST + PV |
| Zone d'activités "lourdes" | RENOVATION THERMIQUE + Bois + ST ou PV ou PAC gaz + ST ou PV ou Chaudière gaz + ST ou PV ou Chaudière condensation mazout*** + ST ou PV | | Bois + ST ou PV ou PAC gaz + ST ou PV ou Chaudière gaz + ST ou PV | | SGV + ST ou PV ou PAC air + ST ou PV ou Bois + ST ou PV ou PAC gaz + ST ou PV |
| Zone d'activités "artisanat" | idem zone mixte densité élevée | | | | SGV + ST et/ou PV ou PAC air + ST et/ou PV ou Bois + ST et/ou PV |
| Zone d'utilité publique et sport et loisirs | idem zone mixte densité élevée | | | | |

*Traiter l'intégration des conduits d'entrée et de sortie d'air afin qu'ils soient invisibles, et prévoir la PAC à l'intérieur du bâtiment
** Dans ce cas, attention au respect de l'Ordonnance sur la protection contre le bruit
***Rénovation thermique d'envergure obligatoire si mazout

**Tableau 25** : Principes d'aménagement généraux pour les secteurs raccordés au gaz **sans** restriction géothermie

**Secteur raccordé au gaz naturel**

| **Affectation et année de construction ou rénovation** | **Avec restriction géothermie** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | *Jusqu'à 1980* | *1980-1999* | *2000-2015* | *2016-2030* | *après 2030* |
| Zone centre ISOS A | RENOVATION THERMIQUE<br>+<br>Bois<br>ou<br>Chaudière condensation gaz<br>ou<br>Chaudière condensation mazout | | Bois<br>ou<br>PAC air*<br>ou<br>Chaudière condensation gaz | Bois<br>ou<br>PAC air* | |
| Autre zone centre | RENOVATION THERMIQUE<br>+<br>Bois + ST<br>ou<br>PAC air* + ST<br>ou<br>Chaudière condensation gaz + ST | | Bois + ST<br>ou<br>PAC air* + ST<br>ou<br>Chaudière condensation gaz + ST | Bois + ST<br>ou<br>PAC air* + ST | Bois + ST+ PV<br>ou<br>PAC air* + ST + PV |
| Zone d'habitation faible densité | RENOVATION THERMIQUE<br>+<br>PAC air + ST<br>ou<br>Bois + ST<br>ou<br>Chaudière condensation gaz + ST | | PAC air + ST<br>ou<br>Bois + ST<br>ou<br>Chaudière condensation gaz + ST | | PAC air + ST + PV<br>ou<br>Bois + ST + PV |
| Zone d'habitation densité élevée | RENOVATION THERMIQUE<br>+<br>Bois + ST<br>ou<br>Chaudière condensation gaz + ST<br>ou<br>Chaudière condensation mazout*** + ST | | PAC air** + ST<br>ou<br>Bois + ST<br>ou<br>Chaudière condensation gaz + ST | | PAC air** + ST + PV<br>ou<br>Bois + ST + PV |
| Zone mixte faible densité | RENOVATION THERMIQUE<br>+<br>PAC air + ST ou PV<br>ou<br>Bois + ST ou PV<br>ou<br>Chaudière condensation gaz + ST ou PV | | PAC air + ST ou PV<br>ou<br>Bois + ST ou PV<br>ou<br>Chaudière condensation gaz + ST ou PV | | PAC air + ST + PV<br>ou<br>Bois + ST + PV |
| Zone mixte densité élevée | RENOVATION THERMIQUE<br>+<br>Bois + ST ou PV<br>ou<br>Chaudière condensation gaz + ST ou PV<br>ou<br>Chaudière condensation mazout*** + ST ou PV | | PAC air** + ST ou PV<br>ou<br>Bois + ST ou PV<br>ou<br>Chaudière condensation gaz + ST ou PV | | PAC air** + ST + PV<br>ou<br>Bois + ST + PV |
| Zone d'activités "lourdes" | RENOVATION THERMIQUE<br>+<br>Bois + ST ou PV<br>ou<br>Chaudière gaz + ST ou PV<br>ou<br>Chaudière condensation mazout*** + ST ou PV | | Bois + ST ou PV<br>ou<br>Chaudière gaz + ST ou PV<br>ou<br>Chaudière condensation mazout*** + ST ou PV | PAC air + ST ou PV<br>ou<br>Bois + ST ou PV | |
| Zone d'activités "artisanat" | idem zone mixte densité élevée | | | | PAC air + ST et/ou PV<br>ou<br>Bois + ST et/ou PV |
| Zone d'utilité publique et sport et loisirs | idem zone mixte densité élevée | | | | |

*Traiter l'intégration des conduits d'entrée et de sortie d'air afin qu'ils soient invisibles, et prévoir la PAC à l'intérieur du bâtiment
** Dans ce cas, attention au respect de l'Ordonnance sur la protection contre le bruit
***Rénovation thermique d'envergure obligatoire si mazout

**Tableau 26** : Principes d'aménagement généraux pour les secteurs raccordés au gaz **avec** restriction géothermie

**Secteur non raccordé au gaz naturel**

| **Affectation et année de construction ou rénovation** | **Sans restriction géothermie** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | *Jusqu'à 1980* | *1980-1999* | *2000-2015* | *2016-2030* | *après 2030* |
| Zone centre ISOS A | RENOVATION THERMIQUE + Bois ou Chaudière condensation mazout*** | RENOVATION THERMIQUE + Bois ou SGV ou Chaudière condensation mazout*** | | SGV ou Bois ou PAC air* | |
| Autre zone centre | RENOVATION THERMIQUE + Bois + ST ou PAC air* + ST ou Mazout** + ST | RENOVATION THERMIQUE + Bois + ST ou SGV + ST ou PAC air* + ST ou Mazout** + ST | SGV + ST ou Bois + ST ou PAC air* + ST | | SGV + ST + PV ou Bois + ST + PV ou PAC air* + ST + PV |
| Zone d'habitation faible densité | RENOVATION THERMIQUE + SGV + ST ou PAC air + ST ou Bois + ST | | SGV + ST ou PAC air + ST ou Bois + ST | | SGV + ST + PV ou PAC air + ST + PV |
| Zone d'habitation densité élevée | RENOVATION THERMIQUE + SGV + ST ou Bois + ST ou Chaudière condensation mazout*** + ST | | SGV + ST ou PAC air** + ST ou Bois + ST ou Chaudière condensation mazout*** + ST | | SGV + ST + PV ou PAC air** + ST + PV ou Bois + ST + PV |
| Zone mixte faible densité | RENOVATION THERMIQUE + SGV + ST ou PV ou PAC air + ST ou PV ou Bois + ST ou PV | | SGV + ST ou PV ou PAC air + ST ou PV ou Bois + ST ou PV | | SGV + ST + PV ou PAC air + ST + PV |
| Zone mixte densité élevée | RENOVATION THERMIQUE + SGV + ST ou PV ou Bois + ST ou PV ou Chaudière condensation mazout*** + ST ou PV | | SGV + ST ou PV ou PAC air** + ST ou PV ou Bois + ST ou PV ou Chaudière condensation mazout*** + ST ou PV | | SGV + ST + PV ou PAC air** + ST + PV ou Bois + ST + PV |
| Zone d'activités "lourdes" | RENOVATION THERMIQUE + Bois + ST ou PV ou Chaudière condensation mazout*** + ST ou PV | | Bois + ST ou PV ou Chaudière condensation mazout*** + ST ou PV | | SGV + ST ou PV ou PAC air + ST ou PV ou Bois + ST ou PV |
| Zone d'activités "artisanat" | idem zone mixte densité élevée | | | | SGV + ST et/ou PV ou PAC air + ST et/ou PV ou Bois + ST et/ou PV |
| Zone d'utilité publique et sport et loisirs | idem zone mixte densité élevée | | | | |

*Traiter l'intégration des conduits d'entrée et de sortie d'air afin qu'ils soient invisibles, et prévoir la PAC à l'intérieur du bâtiment
** Dans ce cas, attention au respect de l'Ordonnance sur la protection contre le bruit
***Rénovation thermique d'envergure obligatoire si mazout

**Tableau 27** : Principes d'aménagement généraux pour les secteurs **non** raccordés au gaz **sans** restriction géothermie

**Secteur non raccordé au gaz naturel**

| **Affectation et année de construction ou rénovation** | *Jusqu'à 1980* | *1980-1999* | **Avec restriction géothermie** *2000-2015* | *2016-2030* | *après 2030* |
|---|---|---|---|---|---|
| Zone centre ISOS A | RENOVATION THERMIQUE<br>+<br>Bois<br>ou<br>Chaudière condensation mazout*** | | Bois<br>ou<br>PAC air*<br>ou<br>Chaudière condensation mazout*** | Bois<br>ou<br>PAC air* | |
| Autre zone centre | RENOVATION THERMIQUE<br>+<br>Bois + ST<br>ou<br>PAC air* + ST<br>ou<br>Mazout** + ST | | Bois + ST<br>ou<br>PAC air* + ST<br>ou<br>Mazout** + ST | Bois + ST<br>ou<br>PAC air* + ST | Bois + ST + PV<br>ou<br>PAC air* + ST + PV |
| Zone d'habitation faible densité | RENOVATION THERMIQUE<br>+<br>PAC air + ST<br>ou<br>Bois + ST<br>ou<br>Mazout** + ST | | PAC air + ST<br>ou<br>Bois + ST<br>ou<br>Mazout** + ST | PAC air + ST<br>ou<br>Bois + ST | PAC air + ST + PV<br>ou<br>Bois + ST + PV |
| Zone d'habitation densité élevée | RENOVATION THERMIQUE<br>+<br>Bois + ST<br>ou<br>Chaudière condensation mazout*** + ST | | PAC air** + ST<br>ou<br>Bois + ST<br>ou<br>Chaudière condensation mazout*** + ST | PAC air** + ST<br>ou<br>Bois + ST | PAC air** + ST + PV<br>ou<br>Bois + ST + PV |
| Zone mixte faible densité | RENOVATION THERMIQUE<br>+<br>PAC air + ST ou PV<br>ou<br>Bois + ST ou PV<br>ou<br>Mazout** + ST ou PV | | PAC air + ST ou PV<br>ou<br>Bois + ST ou PV<br>ou<br>Mazout** + ST ou PV | PAC air + ST ou PV<br>ou<br>Bois + ST ou PV | PAC air + ST + PV<br>ou<br>Bois + ST + PV |
| Zone mixte densité élevée | RENOVATION THERMIQUE<br>+<br>Bois + ST ou PV<br>ou<br>Chaudière condensation mazout*** + ST ou PV | | PAC air**+ ST ou PV<br>ou<br>Bois + ST ou PV<br>ou<br>Chaudière condensation mazout*** + ST ou PV | PAC air** + ST ou PV<br>ou<br>Bois + ST ou PV | PAC air** + ST + PV<br>ou<br>Bois + ST + PV |
| Zone d'activités "lourdes" | RENOVATION THERMIQUE<br>+<br>Bois + ST ou PV<br>ou<br>Chaudière condensation mazout*** + ST ou PV | | Bois + ST ou PV<br>ou<br>Chaudière condensation mazout*** + ST ou PV | PAC air + ST ou PV<br>ou<br>Bois + ST ou PV | |
| Zone d'activités "artisanat" | idem zone mixte densité élevée | | | | PAC air + ST et/ou PV<br>ou<br>Bois + ST et/ou PV |
| Zone d'utilité publique et sport et loisirs | idem zone mixte densité élevée | | | | |

*Traiter l'intégration des conduits d'entrée et de sortie d'air afin qu'ils soient invisibles, et prévoir la PAC à l'intérieur du bâtiment
** Dans ce cas, attention au respect de l'Ordonnance sur la protection contre le bruit
***Rénovation thermique d'envergure obligatoire si mazout

**Tableau 28** : Principes d'aménagement généraux pour les secteurs **non** raccordés au gaz **avec** restriction géothermie

# 7. POSSIBILITES DE REVISION

## 7.1 DEGRE D'INCERTITUDE DE LA STRATEGIE ENERGETIQUE

Les modélisations réalisées dans le cadre de la stratégie énergétique de l'Agglomération 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 de chaleur en 2013 qui ont nécessité de consolider et extrapoler les données par diverses méthodes, et incertitudes liées à la méthodologie sur les modélisations de ces besoins en 2030 et 2050 (++).
  - Incertitudes sur l'évaluation des besoins d'électricité en 2013, les consommations n'ayant pas été fournies par les Communes, ce qui a nécessité d'extrapoler les données sur la base des valeurs type de Delémont, et incertitudes liées à la méthodologie sur les modélisations de ces besoins en 2030 et 2050 (++).
  - Incertitudes sur l'évaluation des besoins de mobilité en 2013 et incertitudes liées à 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 7 à 10 et Tableau 12 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 35 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 ± 35%, 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).

## 7.2 PARAMETRES DEMOGRAPHIQUES

Les paramètres démographiques pris en compte dans les modélisations sont explicités dans le Tableau 36. La valeur de ces paramètres influents fortement sur l'ensemble des calculs réalisés puisqu'ils interviennent dans les formules de calcul de plusieurs estimations (voir Tableau 36). Or, les estimations étant souvent dépendantes les unes des autres, le changement des paramètres démographiques entraîne des réactions en chaine.

Les estimations dépendantes des valeurs démographiques 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 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 stratégie énergétique devra être révisée.

## 7.3 TAUX DE RENOVATION DES BÂTIMENTS

Les taux de rénovation des bâtiments pris en compte dans la stratégie énergétique est de 1%.

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 $parc\ ancien\ non\ rénové_n = [(parc\ de\ départ_{n-1}) \times (1-R)^n]$ 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 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 terme 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 dans l'Agglomération delémontaine est notable. En effet, selon les données que nous avons 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 la stratégie énergétique, les résultats des modélisations devront être révisés.

## 7.4 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 29 tandis que le prix moyen du gaz pour l'année de référence 2013 est donné dans le Tableau 30.

| 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 29** : Prix moyen TTC du mazout extra-léger en 2013[33]

| 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 30** : Prix moyen TTC du gaz en 2013[34]

En cas de variation de ces prix de plus de 10%, vers le haut ou le bas, la stratégie énergétique 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.

## 7.5 ASPECTS JURIDIQUES

Il existe plusieurs aspects juridiques pouvant influer 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 cantonale 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 stratégie énergétique afin de mettre à jour les potentiels des gisements d'énergie renouvelables ou de réévaluer la pertinence de certaines mesures.

## 7.6 INTERVALLE DE REVISION

A la vue de ce qui précède, nous recommandons de réviser la stratégie énergétique 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 stratégie énergétique serait fortement recommandée.

**CSD INGENIEURS SA**

**Jean-Marc LAVANCHY**
*Directeur de succursale*

**er. Fabrice ROGNON**
*Responsable domaine énergie Suisse romande*

Collaborateurs chargés de l'étude

Elodie KUHNERT, ingénieure / biologiste naturaliste dipl. UNIL

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

Fabrice ROGNON, ingénieur mécanicien dipl. EPFZ

Vincent VUILLEUMIER, ingénieur forestier dipl. EPFZ, CAS Energies renouvelables

[33] Source : OFS, indice des prix à la consommation, mazout, prix moyen TTC en francs pour 100 litres, 2013

[34] Source : Prix du gaz fourni par Regiogaz à Delémont, http://prixgaz.monsieur-prix.ch/web/index.asp?z=4,

# 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'usager. 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 véhicules (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[35], 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 :

***(1) SBP [$m^2$] = Surface au sol [$m^2$] x Nombre de niveaux***

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

***(2) SRE [$m^2$] = SBP [$m^2$] x 0.8***

On estime les besoins de chaleur de chaque bâtiment ($Q_{hwwbâtiment}$) en appliquant à sa SRE une valeur de consommation en chauffage (Qh) ainsi qu'une valeur de consommation d'Eau Chaude Sanitaire (ECS, $Q_{ww}$) selon les hypothèses des Tableaux 7 et 8.

***(3) $Q_{hwwbâtiment}$ [kWh/an] = ($Q_h$ + $Q_{ww}$) [kWh/$m^2$/an] x $SRE_{bâtiment}$ [$m^2$]***

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 issu du RegBl) ont une valeur nulle pour le besoin de chaleur ECS ($Q_{ww}$ = 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 31** : Hypothèses des besoins de chaleur en chauffage ($Q_h$ en kWh/$m^2$/an) selon l'affectation des bâtiments et leur année de construction

[35] Lorsque le nombre de niveau est inconnu, celui-ci est estimé en divisant la hauteur en mètres de chaque bâtiment (donnée issu du SIBAT) par 3 m pour les logements et 4 m pour les autres affectations.

| 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 32** : Hypothèses des besoins de chaleur en eau chaude sanitaire ($Q_{ww}$ en kWh/m$^2$/an) selon l'affectation des bâtiments et leur année de construction.

### *1.1.3 BESOINS EN ELECTRICITE*

Les consommations réelles d'électricité n'ayant pas été fournies, les besoins d'électricité utile en 2013 ont été estimés sur la base des consommations moyennes calculées pour Delémont par m$^2$, d'après leur affectation.

### *1.1.4 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 :

***(4) Energie finale [kWh/an] = ∑ Energie utile $_{agent\ énergétique}$ [kWh/an] x Part $_{agent\ énergétique}$ ⁄ 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 :

***(5) Emissions GES [kg eq-$CO_2$/an] = Energie finale [kWh/an] x Coefficient GES [kg eq-$CO_2$/kWh]***

### *1.2.3 BESOINS DE CHALEUR ET D'ELECTRICITE*

En 2013, les besoins finaux de chaleur et d'électricité pour les logements et activités ont été calculés selon l'équation n°4.

Les paramètres pris en compte dans les calculs sont résumés dans le Tableau 33.

### *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 influer.

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 réparti 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.

Pour les autres Communes de l'Agglomération, aucune étude spécifique par Commune n'était disponible. Les besoins sont donc estimés sur la base du microrecensement de l'année 2010 pour l'Agglomération delémontaine.

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

***(6) Energie finale [kWh/an] = Quantité de carburant [l/an] x PCI combustible (kWh/l)***

La méthode de calcul des besoins des émissions de $CO_2$ de chaque catégorie est donnée par la formule suivante :

***(7) Quantité $CO_2$ [tonnes eq-$CO_2$/an] = Coefficient $CO_2$ [g eq-$CO_2$/km] x Kilomètres [km/an] x $10^{-6}$***

La méthode de calcul des besoins des émissions de $NO_x$ de chaque catégorie est donnée par la formule suivante :

***(8) Quantité $NO_X$ [tonnes $NO_x$/an] = Coefficient $NO_x$ [g eq- $NO_x$/km] x Kilomètres [km/an] x $10^{-6}$***

Les variables prises en compte pour les calculs liés à la mobilité sont résumées dans le Tableau 30.

## 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 :

***(9) Energie primaire [kWh/an] = $\sum$ Energie finale$_{agent\ énergétique}$ [kWh/an] x Facteur énergie primaire***

### *1.3.2 BESOINS DE CHALEUR ET D'ELECTRICITE*

En 2013, les besoins finaux de chaleur 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 33.

| Type d'énergie | Agent énergétique | Part agent énergétique[36] (%) | COPa | Coefficient GES (g/kWh) | Facteur d'énergie primaire |
|---|---|---|---|---|---|
| **Chauffage** | Mazout | 70% | 0.70 | 295 | 1.24 |
| | Gaz | 12% | 0.70 | 241 | 1.15 |
| | Electricité | 7% | 1.0 | 14 | 1.22 |
| | PAC SID | 5% | 3.0 | 14 | 1.22 |
| | Bois | 6% | 0.85 | 14 | 1.14 |
| **Electricité** | SID | 80% | 1.0 | 14 | 1.22 |
| | Mix Suisse (hors SID) | 20% | 1.0 | 133 | 2.9 |

**Tableau 33 :** Paramètres pris en compte dans les calculs des besoins énergétiques en 2013 et des émissions de GES pour la chaleur et d'électricité des logements et activités

### *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 34. 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 | 78.0 % | 0.2% | 21.6% | 100% | 0.2% |
| Age moyen du parc automobile déterminant la consommation moyenne | 8.2 | NC | 8.2 | 6.7 | NC |
| Consommation moyenne d'un véhicule du parc [l/100 km] | 8.09 | 7.36 | 6.63 | 16.0 | NA |
| Coefficient $CO_2$ [$gCO_2$/km] | 193 | 132 | 176 | 738 | NC |
| Coefficient $NO_x$ [gNOx/km] | 0.35 | 0.35 | 0.70 | NC | NC |
| Coefficient $NO_x$ [gNOx/kWh] | NC | NC | NC | 3.5 | NC |
| Consommation moyenne [kWh/100 km] type Renault Zoé | NA | NA | NA | NA | 11.8 |
| Facteur d'énergie primaire | 1.37 | 1.29 | 1.16 | 1.29 | 1.22 |

**Tableau 34** : Variables prises en compte pour les calculs des besoins énergétiques en 2013 et des émissions de GES relatifs à la mobilité

## 1.4 CALCUL DES BESOINS FUTURS

### *1.4.1 BESOINS DE CHALEUR*

Les besoins futurs de chaleur ont été calculés pour la stratégie énergétique planifiée aux horizons 2030 et 2050. Globalement, les besoins futurs sont calculés par la formule générale suivante :

***(10) Besoins futurs = Besoins constructions non rénovées + Besoins constructions rénovées + Besoins constructions neuves***

Les variables et paramètres fixes pris en compte dans le calcul des besoins futurs de chaleur pour 2030 et 2050 sont résumés dans les Tableaux 35 et 36.

[36] Les besoins relatifs aux agents énergétiques inconnus ont été répartis au prorata de l'importance de chacun des autres catégories.

| Type d'énergie | Agent énergétique | COPa en 2030 et 2050 | Coefficient GES (g/kWh) | Facteur d'énergie primaire |
|---|---|---|---|---|
| **Chauffage** | Mazout | 0.90 | 295 | 1.24 |
| | Chaudières gaz | 0.90 | 241 | 1.15 |
| | PAC gaz | 1.5 | 14 | 1.22 |
| | PAC Air | 3.0 | 14 | 1.22 |
| | PAC rivières et nappes phréatiques | 4.5 | 14 | 1.22 |
| | PAC sur sondes géothermiques | 4.0 | 14 | 1.22 |
| | PAC sur air | 3.0 | 14 | 1.22 |
| | Bois | 0.85 | 14 | 1.14 |
| **Electricité** | Réseau SID | 1.0 | 14 | 1.22 |
| | Mix Suisse (hors SID) | 1.0 | 133 | 2.9 |

**Tableau 35 :** Paramètres pris en compte dans les calculs des besoins énergétiques en 2030 et 2050 et des émissions de GES pour la chaleur et d'électricité des logements et activités

| Paramètres fixes Logements et activités | Stratégie énergétique de l'Agglomération |
|---|---|
| Démographie 2030 par rapport à 2013 | + 4'000 habitants |
| Démographie 2050 par rapport à 2013 | + 12'000 habitants |
| Occupation logement | 2.11 habitants/logement |
| SBP moyenne par logement[37] | 180 $m^2$ |
| SRE d'habitation et semi-habitation à construire[38] en 2030 par rapport à 2013 | + 272'986 $m^2$ |
| SRE d'habitation et semi-habitation à construire[3] en 2050 par rapport à 2013 | + 818'958 $m^2$ |
| Emplois 2030 par rapport à 2013 | + 2'100 emplois |
| Emplois 2050 par rapport à 2013 | + 5'400 emplois |
| SRE à construire liées aux emplois[3] en 2030 par rapport à 2013 | + 30'273 $m^2$ |
| SRE à construire liée aux emplois[3] en 2050 par rapport à 2013 | + 77'752 $m^2$ |

**Tableau 36** : Paramètres fixes pour les calculs des besoins énergétiques futurs de chaleur

### *1.4.2 BESOINS EN ELECTRICITE*

Les besoins futurs d'électricité ont été calculés sur la base du pourcentage d'augmentation prévue à Delémont aux horizons de temps 2030 et 2050.

[37] Selon rapport d'opportunité, page 40. Pour comparaison, une valeur de 150 $m^2$ ferait diminuer le bilan énergétique par personne de 25W à l'horizon 2050, ce qui représente une diminution du bilan de 0.9%.
[38] 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 37. 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 des communes) | | | | |
| Augmentation annuelle du nombre de km parcourus dans la Commune | 0.6% (s*elon ?)* | | | | |
| Age moyen du parc automobile déterminant la consommation moyenne | 8.2 | NC | 8.2 | 6.7 | NC |
| Consommation moyenne d'un véhicule du parc [l/100 km] | 5 | 4.5 | 4 | 10 | NA |
| Coefficient $CO_2$ [$gCO_2$/km] | 95 | 64 | 86 | 361 | NC |
| Coefficient $NO_x$ [gNOx/km] | 0.045 | 0.045 | 0.06 | NC | NC |
| Coefficient $NO_x$ [gNOx/kWh] | NC | NC | NC | 0.3 | NC |
| Consommation moyenne [kWh/100 km] type Renault Zoé | NA | NA | NA | NA | 11.8 |
| Facteur d'énergie primaire | 1.37 | 1.29 | 1.16 | 1.29 | 1.22 |
| Type de modélisation 2050 | Modélisation 2030 + 0.6%/an de km en plus | | | | |

**Tableau 37** : Paramètres fixes pris en compte pour les calculs des besoins énergétiques futurs et des émissions de GES relatifs à la mobilité