

TFE 2020 [LBARC 2200] - LOCI Bruxelles

Titre : Vivre avec moins d'énergie : échanges d'énergies
et mutualisation à Molenbeek-Saint-Jean
Etudiant : HALLEUX Nicolas
Expert : BODART Magali
Copromoteur : LEVY Déborah
Copromoteur : VAN MOESEKE Geoffrey
Copromoteur : THIELEMANS Benoit
Date de présentation : Mardi 23 juin 2020 à 12h00

Résumé :

Ce travail s'interroge sur les possibilités de vivre avec moins d'énergie. Il a pour but d'imaginer une réponse architecturale qui tienne compte des différents enjeux énergétique belge en intégrant le principe du partage et de la production locale d'énergie le long de la friche industrielle de la Gare de l'Ouest, à Molenbeek-Saint-Jean. Pour ce faire, il analyse la situation existante de consommation d'énergie du site et imagine différentes manières de la réduire drastiquement. Ces manières de réduire la consommation ont des répercussions à plusieurs niveaux au sein du site d'étude, que ce soit sur les modes de production d'énergie, sur l'organisation de son stockage ou encore sur la vie des habitants au sein de leur ménage et de leur quartier. Cette étude de cas résultera en l'aménagement d'un bâtiment complémentaire et indispensable à la vie des habitants. Ce travail a pour objectif global de proposer un mode de vie différent de celui connu aujourd'hui, dans le but de consommer moins d'énergie en pensant l'alternative.

Mots-clefs : Bilan énergétique, Énergie verte, Énergie renouvelable, Transition énergétique, Stockage d'énergie, Ressource naturelle, Bâtiment d'habitation collectif, Maison de quartier, Ménage, Participation de l'utilisateur, Réhabilitation urbaine, Réhabilitation de bâtiment

Vivre avec moins d'énergie

Échanges d'énergies et mutualisation à Molenbeek-Saint-Jean

HALLEUX Nicolas

Travail de Fin d'Études : Nicolas Halleux

Expert : Magali Bodart

Co-promoteurs : Déborah Levy, Benoit Thielemans et Geoffrey Van Moeseke

Faculté d'architecture, d'ingénierie et d'urbanisme

LOCI UCL

Année académique 2019 - 2020

Remerciements

Ce travail cloture mes années d'études au sein de la faculté d'architecture, LOCI UCL. J'aimerais remercier plusieurs personnes qui ont été importantes pour moi au cours de toutes ces années et au cours de ce travail qui m'a passionné.

Tout d'abord, je tiens à remercier mes enseignants d'atelier et co-promoteurs, Madame Déborah Levy, Monsieur Benoit Thielemans et Monsieur Goeffrey Van Moeseke pour leurs précieux conseils tout au long de l'année ainsi que pour leur disponibilité durant cette période de confinement.

Merci aussi à mon expert Madame Magali Bodart pour le temps qu'elle m'a accordé.

Je voudrais remercier également mes parents pour leur soutien au cours de toutes ces années de formation et pour l'aide qu'ils m'ont offerte dans ce travail.

Enfin, merci à Célestine, mon frère, ma soeur, mes amis et mes compagnons d'atelier pour leur soutien lorsque j'en avais le plus besoin.

Table des matières

Avant-propos.....	11
Introduction.....	13
1. Situation actuelle et enjeux	14
2. Partage énergétique et communautés d'énergie.....	17
Approche et méthode.....	23
Analyse et réflexion.....	27
1. Calcul de la consommation totale.....	27
2. Possibilités de réduction de la consommation.....	28
2.1. Bâtiments tertiaires	28
2.2. Bâtiments résidentiels.....	29
A. Meilleure gestion au sein du ménage	30
B. Mutualisation des équipements.....	30
C. Partage de l'eau chaude sanitaire.....	32
D. Chauffage.....	34
3. Choix de production de l'énergie renouvelable.....	36
3.1. Panneaux photovoltaïques	36
3.2. Mini-centrale à cogénération biomasse	38
4. Pistes de stockage de l'énergie produite.....	39
Concrétisation.....	45
1. Rôle du projet.....	45
2. Ambiance de la maison commune	46
3. Programme et organisation du bâtiment.....	49
3.1. Cuisine.....	49
3.2. Cantine	50
3.3. Laverie	50
3.4. Espace multimédia	51
3.5. Unité de production	52
4. Conséquences pour les ménages	53
5. Energie délocalisée.....	56

Conclusion	59
Annexes	61
Bibliographie	114

Avant-propos

« 30 janvier 2055,

La petite Belgique et ses 12.229.332 habitants se réveille après une nouvelle nuit sans chauffage ni électricité... Ce premier mois de l'année aura été celui des pires coupures de ressources énergétiques de son histoire :

la ville de Bruxelles s'est retrouvée plongée dans le noir à maintes reprises pendant de longues heures, privant ses habitants de la plupart des lignes de trams et de métros. On y a vu la population, prise de panique, dévaliser les magasins de vente de buches ou pellets de bois, entraînant des pénuries dans tout le pays. Cette situation n'est pas sans rappeler la crise sanitaire du coronavirus en 2020, où les belges s'étaient rués dans les magasins d'alimentation pour faire des stocks en tous genres.

Mais comment en est-on arrivé là?

La sortie du nucléaire en 2025 a certes été un coup dur pour la Belgique, l'énergie nucléaire représentait quasiment la moitié de la production d'électricité du pays. Tenter de combler ce manque en se tournant vers les pays limitrophes pour importer l'énergie produite sur leur sol n'aura été qu'une solution de courte durée, plongeant la Belgique dans une situation de dépendance énergétique inconfortable. D'autant plus que, dès 2040, les pays exportateurs ont tout stoppé, se retrouvant eux-même dans une situation de pénurie.

Les objectifs européens fixés pour 2050 concernant la réduction des émissions de gaz à effet de serre n'ont pas été atteints par la Belgique, ce qui a forcé la Commission Européenne à prendre des mesures plus radicales : stopper l'exploitation des énergies fossiles en Belgique. La fin de la production de gaz de ville marqua ainsi un tournant dans la vie des belges.

La Belgique s'est ainsi retrouvée livrée à elle-même et à la production, insuffisante, de ses énergies renouvelables, obligeant le gouvernement à déclencher le plan de délestage¹ de plus en plus souvent.

La population, payant déjà un lourd tribut suite aux catastrophes naturelles devenues incontrôlables, n'en peut plus... »

Faut-il attendre de vivre un tel scénario d'effondrement pour imaginer de nouvelles manières de fonctionner et de nouveaux espaces qui y correspondent ?

¹ Mesure prise par le gouvernement en cas de pénurie d'électricité. Interruption de l'approvisionnement en électricité pendant 4h lorsque la demande est la plus forte (Sibelga, 2020)

Introduction

Ce scénario d'effondrement des ressources énergétiques constitue la base des réflexions qui m'ont poussé à développer ce travail de fin d'études. Je pense qu'il ne faut pas attendre 2055 et les catastrophes qui s'en suivent pour réagir. C'est pourquoi ce travail a pour but d'imaginer, dès aujourd'hui, une réponse architecturale aux problèmes énergétiques auxquels nous faisons face quotidiennement. En effet, ce sont tous nos modes de consommations énergétique qui sont remis en question.

Afin d'approfondir cette remise en question, je me suis d'abord intéressé aux enjeux énergétiques actuels pour me permettre de cerner la situation belge et le cadre dans lequel inscrire mon travail. Cette partie du travail a aussi été l'occasion d'explorer des exemples européens existants qui ont représenté une source d'inspiration pour la suite de ma recherche.

Une fois la situation clairement appréhendée, je me suis concentré sur l'approche d'un site d'implantation sur lequel développer le projet de mon travail de fin d'études. Il faut savoir que le projet s'inscrit dans le cadre d'une vision de groupe de 5 étudiants. Il nous a fallu choisir un site d'action commun qui puisse répondre au développement des sujets de chaque étudiant mémorant. Ces sujets, parfois fort différents, présentent des connections possibles que nous exploitons chacun à l'échelle de notre projet. Le site commun choisi est la friche industrielle de la Gare de l'Ouest et ses alentours. Située dans la commune de Molenbeek-Saint-Jean à Bruxelles, ce site présente un grand potentiel de reconversion que nous avons voulu exploiter et imaginer sur base d'un plan masse général de la zone. Après avoir déterminé le site d'analyse, il m'a fallu définir la manière dont j'allais m'y prendre pour imaginer cette vie avec moins d'énergie. C'est cette étape qui définit, non seulement, l'objectif du travail mais aussi la méthode qui me permettra de construire mon futur développement.

Ensuite, intervient la partie d'analyse de donnée et la partie de réflexion sur les différents types de bâtiments présents sur le site étudié, dans le but d'en réduire leur consommation au maximum. Cette partie laisse place aussi à la réflexion concernant les modes de production d'énergie renouvelable à mettre en oeuvre, en regard de la situation énergétique et géographique du site. C'est également l'occasion d'explorer les différentes possibilités pour stocker l'énergie. Enfin, toutes ces explorations se concrétisent par la réalisation d'un projet jouant plusieurs rôles au sein du quartier étudié. Ce projet est l'aboutissement de toutes les mesures prises précédemment dans le but de consommer moins d'énergie. Il s'inscrit dans le site comme un élément complémentaire et indispensable à la vie des habitants. En outre, tous les changements effectués sur le site ont des conséquences diverses sur les ménages, cette dernière partie est aussi l'occasion de les développer.

1. Situation actuelle et enjeux

Pour cerner la situation actuelle en Belgique du point de vue de l'utilisation des ressources énergétiques, plusieurs aspects sont à prendre en compte : la production d'énergie, les objectifs de réduction des émissions et le fonctionnement du réseau de distribution.

Production d'énergie

Une grande partie de la production de l'énergie électrique en Belgique est assurée par le nucléaire et les énergies fossiles.

Le nucléaire, bien que pauvre en émissions de CO₂ (2,5% des émissions totales belges dues à la production d'électricité), présente cependant des énormes contraintes par rapport aux déchets générés. D'ailleurs, la Belgique est en voie de sortir du nucléaire. En 2015, une première sortie devait avoir lieu mais elle a été reportée de 10 ans. La sortie définitive est, à présent, prévue pour 2025 pour plusieurs centrales belges (SPF Economie, 2015). Sachant que 42% de l'électricité en Belgique est produite par l'énergie nucléaire (Elia, 2019), on comprend vite que la sortie du nucléaire est un enjeu majeur et une source de bouleversement énergétique pour le pays (Fig. 1).

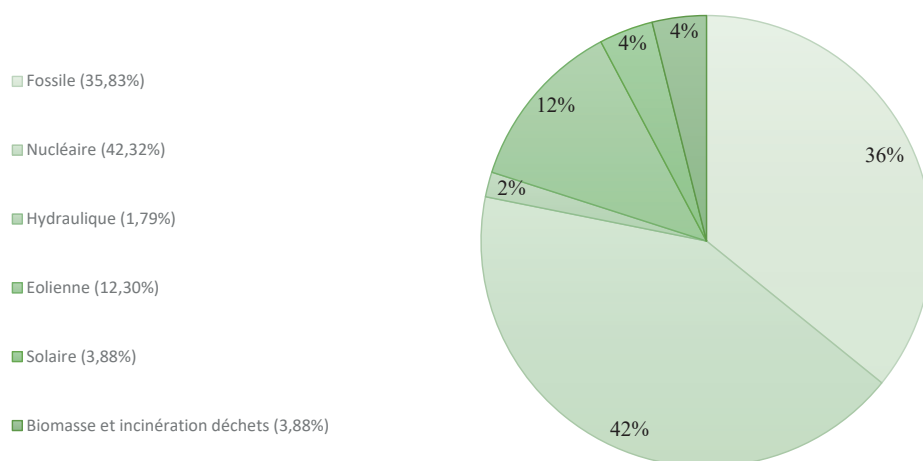


Figure 1 : Production d'électricité en Belgique le 9 mars 2020

Source : Elia

Les énergies fossiles, quant à elles, génèrent 91% d'émissions de CO₂ lorsqu'elles sont utilisées pour produire de l'électricité. Cela représente la quasi-totalité des émissions de gaz à effet de serre (Fig. 2). L'énergie fossile produit 36% l'électricité belge (Elia, 2019). Le risque est que la sortie du nucléaire soit synonyme d'augmentation de production d'électricité à base d'énergie fossile et donc d'augmentation des émissions de gaz à effet de serre en Belgique. En effet, les énergies renouvelables issues du soleil, du vent et de l'eau, ne sont actuellement pas assez développées et sont trop instables pour parvenir à combler le manque de production lié à une éventuelle fin du nucléaire.

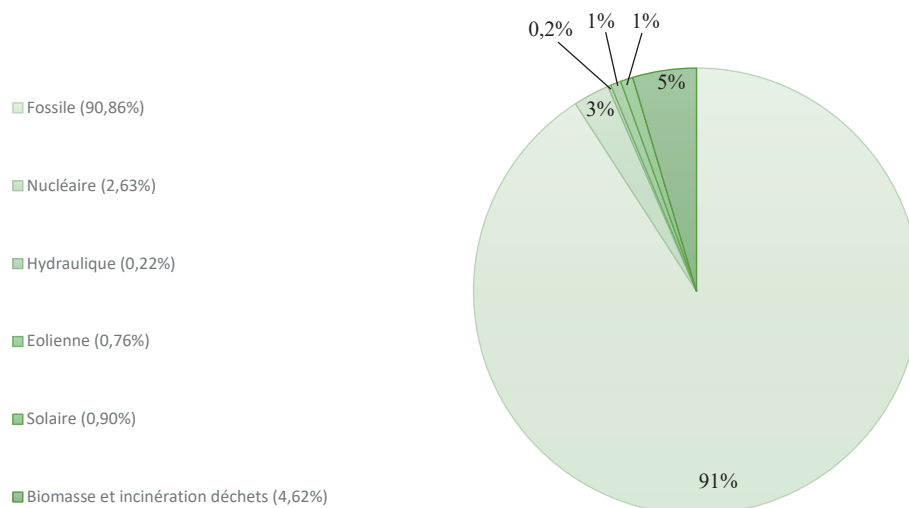


Figure 2 : Emission de CO2 par source d'énergie en fonction de la quantité d'électricité produite le 9 mars 2020
Source : Elia

Pourtant, la production d'électricité issue des énergies renouvelables en Belgique est en constante évolution. De janvier à avril 2020, 25,7% de l'électricité produite en Belgique était de l'électricité verte (Fig. 3).

Pour ce qui est de l'utilisation du gaz naturel, il représente 41% de la consommation du secteur résidentiel (SPF Economie, 2017). En Région Bruxelles-Capitale, 78% des ménages se chauffent au gaz, ces chiffres permettent de montrer l'importance que cette source d'énergie prend dans la vie et le confort des bruxellois (Statbel, 2016).

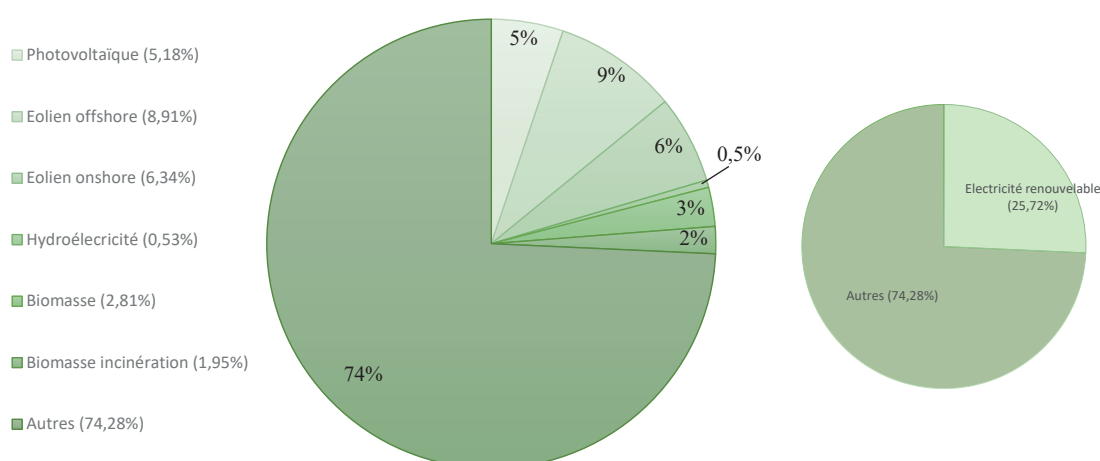


Figure 3 : Répartition de la production électrique issue des sources d'énergie renouvelable en Belgique
Source : D'après le graphe de APERe Asbl

Réduction des émissions

D'ici 2050, l'objectif imposé par l'Union Européenne à la Belgique notamment est de diminuer de 80% à 95% les émissions nettes de gaz à effet de serre par rapport à 1990. La directive européenne impose à chaque Etat membre d'établir une stratégie de rénovation de son parc immobilier jusqu'en 2050 (Parlement européen et Conseil, 2018). En Belgique, les stratégies de rénovation sont établies par les entités régionales. Chaque région a donc les mêmes objectifs mais en développant des stratégies parfois différentes. Le point commun entre les différentes stratégies est que les trois entités mettent en place une structure d'intervention par les particuliers sur leur logement : une série de travaux et d'installations à réaliser sur un certain laps de temps, s'étalant en plusieurs étapes obligatoires à réaliser.

Cet objectif fixé est très ambitieux, ce qui prouve bien l'urgence de la situation par rapport aux enjeux climatiques. D'autant plus que les objectifs intermédiaires fixés pour 2020 et 2030 ne sont pas encore atteints par notre pays. Le rapport 2019 publié par la Commission européenne est peu élogieux sur la Belgique concernant l'atteinte de ses objectifs à court terme : « En l'absence de mesures supplémentaires, il est probable que la Belgique n'atteigne pas ses objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre d'ici à 2020 et à 2030. » (Commission européenne, 2019, p.66). En 2020, la Belgique devrait atteindre 12% d'émissions de gaz à effet de serre en moins alors que l'objectif fixé par l'Union européenne est de 15%. Selon les prévisions effectuées pour 2030, si aucune nouvelle mesure n'est prise, le pays atteindra 15% d'émissions en moins au lieu de 30% (Commission européenne, 2019).

Fonctionnement du réseau de distribution

La situation actuelle est basée sur une logique de production centralisée à l'échelle nationale (Fig. 4). L'énergie est produite selon différentes sources, elle est ensuite acheminée et transformée en passant par plusieurs postes de transformation, à haute, moyenne et basse tension, avant d'enfin arriver dans les bâtiments. Le schéma montre aussi que des productions décentralisées à petite échelle font partie du réseau en passant uniquement par le réseau basse tension. Celles-ci sont cependant très peu nombreuses pour l'instant et sont en pleine phase de développement.

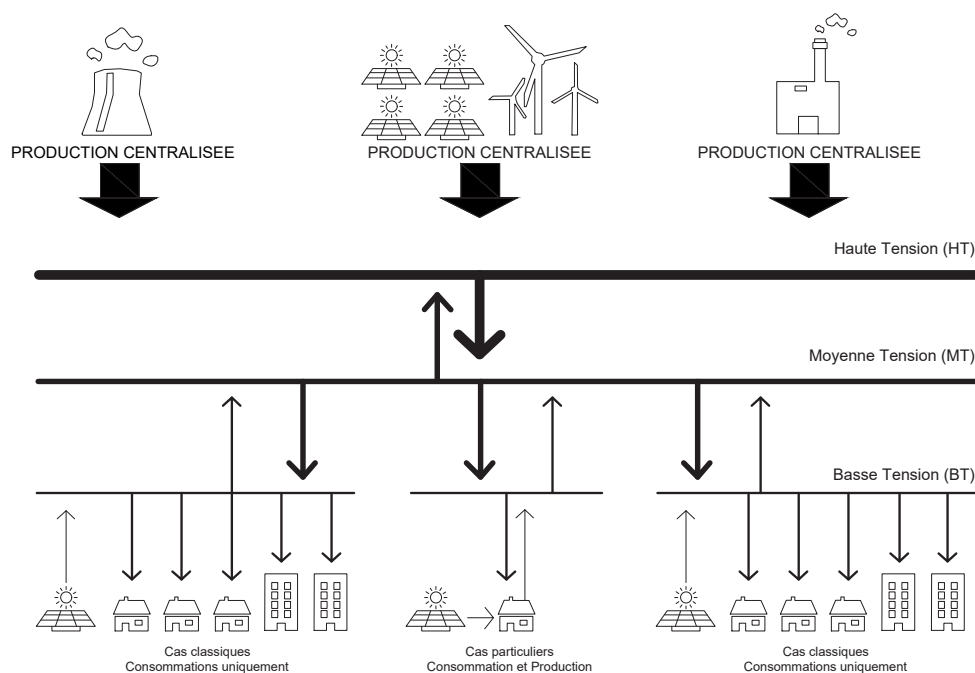


Figure 4 : Représentation du réseau de distribution actuel

Source : D'après l'illustration de https://www.renouvelle.be/sites/default/files/schema1_0.png

2. Partage énergétique et communautés d'énergie

À travers le défi d'une production et d'une consommation permettant d'éviter les pertes d'énergie et l'alourdissement des émissions de gaz à effet de serre, apparaît l'idée du **partage énergétique**.

La situation des particuliers producteurs d'énergie en Belgique est en évolution constante. Pour la Wallonie et la Flandre, il n'était pas autorisé jusqu'ici de revendre son excédent d'énergie au voisin. L'énergie produite par les particuliers était alors réinjectée dans le réseau électrique selon le principe de compensation. Ce principe permet de déterminer la consommation réelle d'un ménage. S'il y a production d'électricité, le compteur tourne à l'envers et s'il y a consommation d'électricité, il tourne à l'endroit. Pour la Région Bruxelles-Capitale, c'était un compteur électronique qui effectuait le calcul. Il y avait deux compteurs, l'un d'eux calculait la consommation et l'autre la production. À la fin de l'année, la quantité d'électricité produite était déduite de la quantité consommée et elle était remboursée.

Cependant, la législation a évolué ces dernières années pour permettre des échanges d'énergie et d'argent entre des producteurs privés et publics. C'est le principe de l'autoconsommation collective qui est rendu possible par la création de communautés d'énergie.

Ce concept de communauté est très récent et est en plein développement. Il a été inspiré par l'Union européenne suite à une directive européenne publiée en juin 2019 qui définit les cadres légaux de ces communautés (Parlement européen et Conseil, 2019). En ce qui concerne l'autoconsommation collective, une définition est donnée par l'Ordonnance Electricité Bruxelloise de juillet 2018 : « L'autoconsommation est collective quand la fourniture d'électricité est réalisée entre un ou plusieurs producteurs et un ou plusieurs consommateurs, liés au sein d'une personne morale, situés dans un même poste public de transformation de moyenne et basse tension. » En réalité, cela consiste à racheter le surplus d'énergie à son voisin directement et plus au gestionnaire de réseau. Le but est de partager l'énergie produite localement entre plusieurs personnes d'un village/quartier via le réseau basse tension afin de privilégier le circuit court. Cette solution permet de réduire les coûts de l'électricité puisque le gestionnaire de réseau n'entrera plus en compte dans la facture, si ce n'est pour payer l'utilisation du réseau déjà mis en place. Les coûts et les pertes liés au transport sont donc réduits au maximum grâce à cette production locale. Ce principe fonctionne sur des accords similaires à celui d'une copropriété et nécessite, du point de vue technique, d'équiper les ménages de compteurs intelligents permettant de calculer précisément la quantité d'énergie produite et consommée.

Aujourd'hui, en Belgique, il n'existe que très peu de projets exploitant ce concept. Seulement deux projets pilotes ont été développés en 2019 à Bruxelles pour l'instant (Fig. 5).

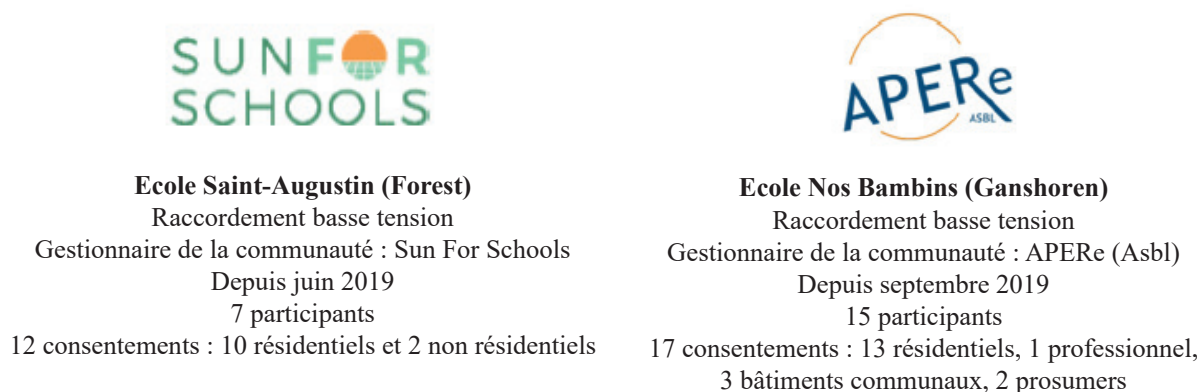


Figure 5 : Aperçu des caractéristiques et de l'échelle des deux projets pilotes en cours à Bruxelles
Source : Exposé de Sibelga sur l'autoconsommation collective, novembre 2019

Exemples européens

En Europe, plusieurs projets ou projets pilotes ont déjà vu le jour. Des communautés d'énergie se sont regroupées autour d'un concept durable de production locale d'énergie, dans le but de sortir du modèle de distribution publique classique. Les raisons de ces changements sont diverses mais le ras-le-bol de l'exploitation des ressources nucléaires et fossiles est l'élément qui motive le plus à leur création.

Jühnde (Allemagne)



Premier village bioénergétique d'Allemagne

Début du projet : 2001

Echelle : 750 habitants dont 9 agriculteurs, 200 bâtiments

Installations : micro-centrale de méthanisation et cogénération (production électricité et chaleur), réseau eau chaude (5,5km), photovoltaïque

Aujourd'hui, le village produit largement plus d'énergie qu'il n'en consomme. Le point intéressant de cet exemple est que l'initiative a été lancée par des citoyens et qu'elle est basée depuis le début sur la participation de la population. En effet, 70% de la population participe au projet, un point très important pour la bonne réussite du projet. (Lohrengel, 2013)



Source : image en arrière-plan issue Google Maps

Güssing (Autriche)



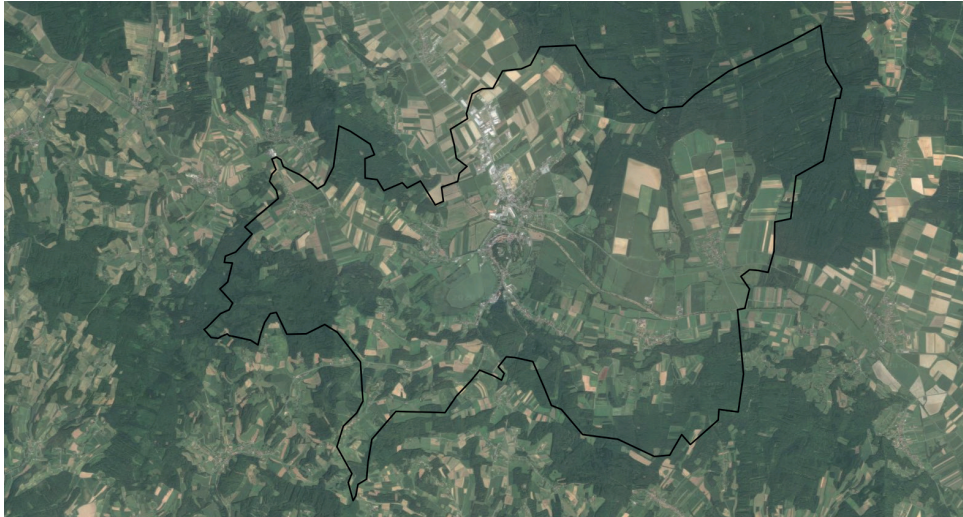
Première ville européenne autonome en énergie

Début du projet : 1990

Echelle : 4.000 habitants

Installations : Chaufferie bois, réseau chaleur, centrale biométhane et cogénération (production électricité et chaleur), centrale gazéification bois

En 2010, la ville de Güssing produisait plus d'une fois et demie sa consommation énergétique. Ici, la mise en place de cette alternative énergétique locale a permis de générer beaucoup d'emplois car des entreprises intéressées par le projet novateur sont venues s'implanter dans la commune. L'« éco-tourisme » provoqué par les plus curieux a également contribué à améliorer la vie économique dans le secteur. De plus, grâce à cette initiative, les émissions de CO₂ de la ville ont diminué de deux tiers en une quinzaine d'années. (Graindorge, 2009)



Source : image en arrière-plan issue Google Maps

Freiamt (Allemagne)



Initiative locale d'une association d'habitants

Début du projet : 1997

Echelle : 4.300 habitants

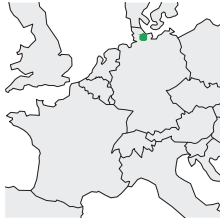
Installations : 150 installations thermiques, 130 photovoltaïques, des turbines hydrauliques, chaudière au bois, micro-centrale de méthanisation

Dans ce village, ce sont les agriculteurs qui sont à l'initiative du changement de situation. C'est quand ils se sont vu demander leur terre à louer pour l'installation d'éoliennes qu'ils ont voulu lancer leur propre association. Ce qui est intéressant c'est que selon les témoignages, ils n'avaient pas pour but au départ d'atteindre l'autonomie énergétique. C'est pourtant cette petite initiative de 300 membres-investisseurs qui a motivé la population à développer un nombre important d'autres installations dans la commune, aboutissant à son autonomie totale. (Dobigny, 2012)



Source : image en arrière-plan issue Google Maps

Bordesholm (Allemagne)



Village entièrement coupé du réseau électrique

Début du projet : 2019

Echelle : 7.500 habitants

Installations : éolien, photovoltaïque, système de stockage, ...

Ce projet est différent des autres car il est plus récent, l'intérêt est porté surtout sur les possibilités de stockage collectif développées. Ce village produit déjà 75% de son énergie par sources renouvelables locales. L'expérience a été de couper pendant une heure le village du réseau pour voir s'il était possible d'assurer l'approvisionnement uniquement avec l'énergie renouvelable produite et stockée au préalable par un système de stockage de 10 MW et des onduleurs à batterie SMA. L'expérience fut un succès et donne un espoir dans un avenir 100% renouvelable car cela passe par un stockage d'énergie afin de garantir une plus grande fiabilité dans les énergies renouvelables. Le stockage devient intéressant lorsqu'il est collectif car il soutient un équilibre du réseau entièrement issu de sources renouvelables. (Haveaux, 2020)



Source : image en arrière-plan issue Google Maps

Beckerich (Luxembourg)



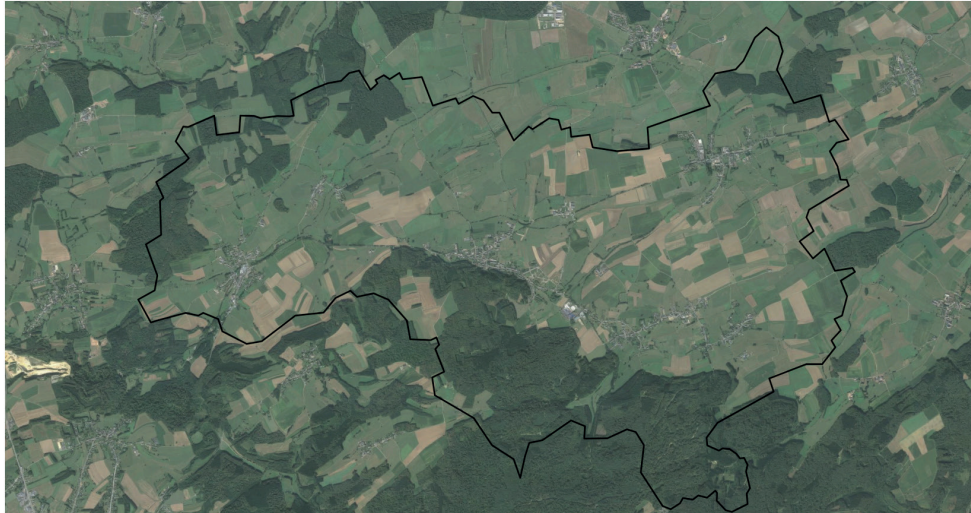
Initiative du maire pour l'autonomie énergétique

Début du projet : 1990

Echelle : 2.500 habitants

Installations : 4 éoliennes, système de télégestion de l'éclairage public, centrale de biogaz, réseau de chaleur, photovoltaïque, chauffage collectif

Dans cet exemple-ci, c'est le maire du village qui est à l'initiative du mouvement. Dès le début de sa prise de fonction, il a su sensibiliser la population de la commune sur sa consommation d'énergie. Petit à petit et en montrant l'exemple par la mise en place de panneaux photovoltaïques sur les bâtiments communaux par exemple, il a su générer une initiative locale dans le but d'atteindre l'autonomie énergétique en 2020. (Beckerich, 2020)



Source : image en arrière-plan issue Google Maps

Cette analyse de la situation actuelle en Belgique et des enjeux m'amène à penser un autre mode de fonctionnement du réseau qui serait entièrement basé sur une production locale décentralisée (Fig. 6). Ce mode de production, allié aux énergies renouvelables, a le potentiel de répondre jusqu'à 100% aux besoins énergétiques des habitants. C'est ici que le concept d'autoconsommation collective prend tout son sens car le partage de l'énergie produite par chaque habitant sur un terrain ou via un bien qui lui appartient, permet d'optimiser la production des énergies renouvelables parfois instables puisque l'énergie est mutualisée et ensuite distribuée. De plus, ce concept permet d'utiliser le réseau basse tension et parfois moyenne tension existant pour réaliser les échanges.

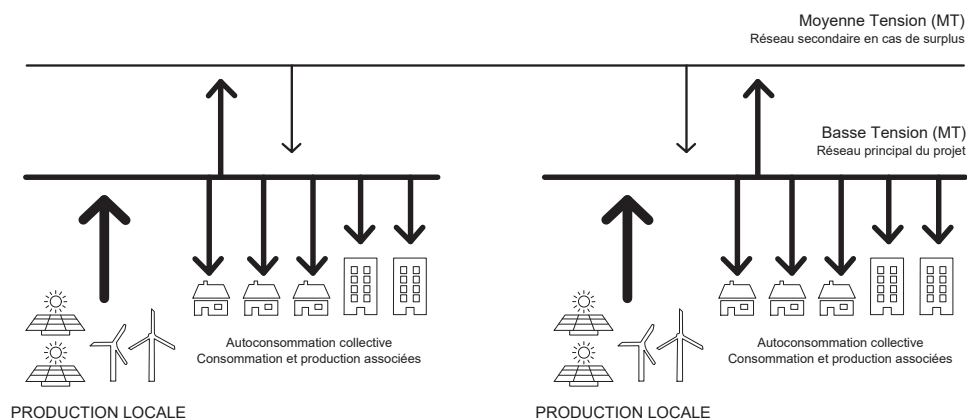


Figure 6 : Projection du réseau de distribution imaginé
Source : Document réalisé par l'auteur

Approche et méthode

L'objectif du travail est d'imaginer une réponse architecturale qui tienne compte de tous les enjeux énoncés précédemment et qui intègre le principe du partage énergétique, le tout sur un site concret.

Pour atteindre cet objectif, il a fallu choisir un site d'analyse à une échelle adéquate. Ma première idée se portait sur l'analyse d'un îlot de bâtiment multifonctionnel à Bruxelles afin de représenter un plus grand nombre de situations. Le problème avec cette idée se situait sur le choix de l'îlot à analyser, fallait-il choisir en fonction de sa taille, de sa pluralité de fonctions, de sa position autour de la friche ou d'une combinaison des trois. Il y avait en effet une grande possibilité de choix difficiles à départager. Le critère de choix devait donc être affiné.

C'est pourquoi je me suis penché sur le principe novateur de l'autoconsommation collective. Ce concept permet de partager l'énergie produite localement entre voisins via des échanges au sein d'un même réseau basse tension. La nouvelle échelle pour le choix du site pourrait donc consister en l'analyse d'un réseau basse tension et de ses bâtiments reliés. Malheureusement, après avoir rencontré un représentant de Sibelga², je me suis vite rendu compte que les informations concernant la composition précise d'un réseau basse tension étaient confidentielles et que Sibelga ne pouvait pas me les communiquer. Néanmoins, suite à cette entrevue, j'ai appris notamment que les réseaux basse tension touchaient souvent une zone comprenant une dizaine de rues.

Compte tenu de la difficulté à réunir plusieurs types d'informations sur un site bien précis et de la multitude de statistiques disponibles pour la Région Bruxelles-Capitale, il m'a semblé adéquat de choisir comme site d'analyse un secteur statistique bordant la friche analysée à Molenbeek-Saint-Jean. L'avantage de travailler avec un secteur statistique est qu'il constitue la plus petite échelle du territoire pour laquelle ont été réalisées plusieurs études statistiques par Statbel. Il est donc très facile de se procurer une grande quantité de données générées sur le secteur et d'en cerner rapidement les différents enjeux. Le secteur statistique choisi est celui de la Gare de l'Ouest 21012 A172 (Fig. 7). Ce secteur comprend un total de 8 îlots dans lesquels la diversité de bâtis et de fonctions sont très riches. Il comprend aussi un total de 13 rues, ce qui correspond à l'échelle approximative qui m'a été donnée d'un réseau basse tension. Les îlots de ce secteur sont situés pour 7 d'entre eux en bordure directe de la friche analysée. C'était un point important dans le choix du secteur statistique afin que le travail soit en cohérence avec le master plan du quartier réalisé en groupe.

² Gestionnaire du réseau de gaz et d'électricité à Bruxelles



Figure 7 : Localisation du secteur statistique Gare de l'Ouest 21012 A172 dans l'agglomération de la Région Bruxelles-Capitale
Source : Document réalisé par l'auteur

Un autre point important pour mener à bien l'objectif a été de déterminer une méthode de travail. La méthode envisagée consiste en cinq étapes (Fig. 8).

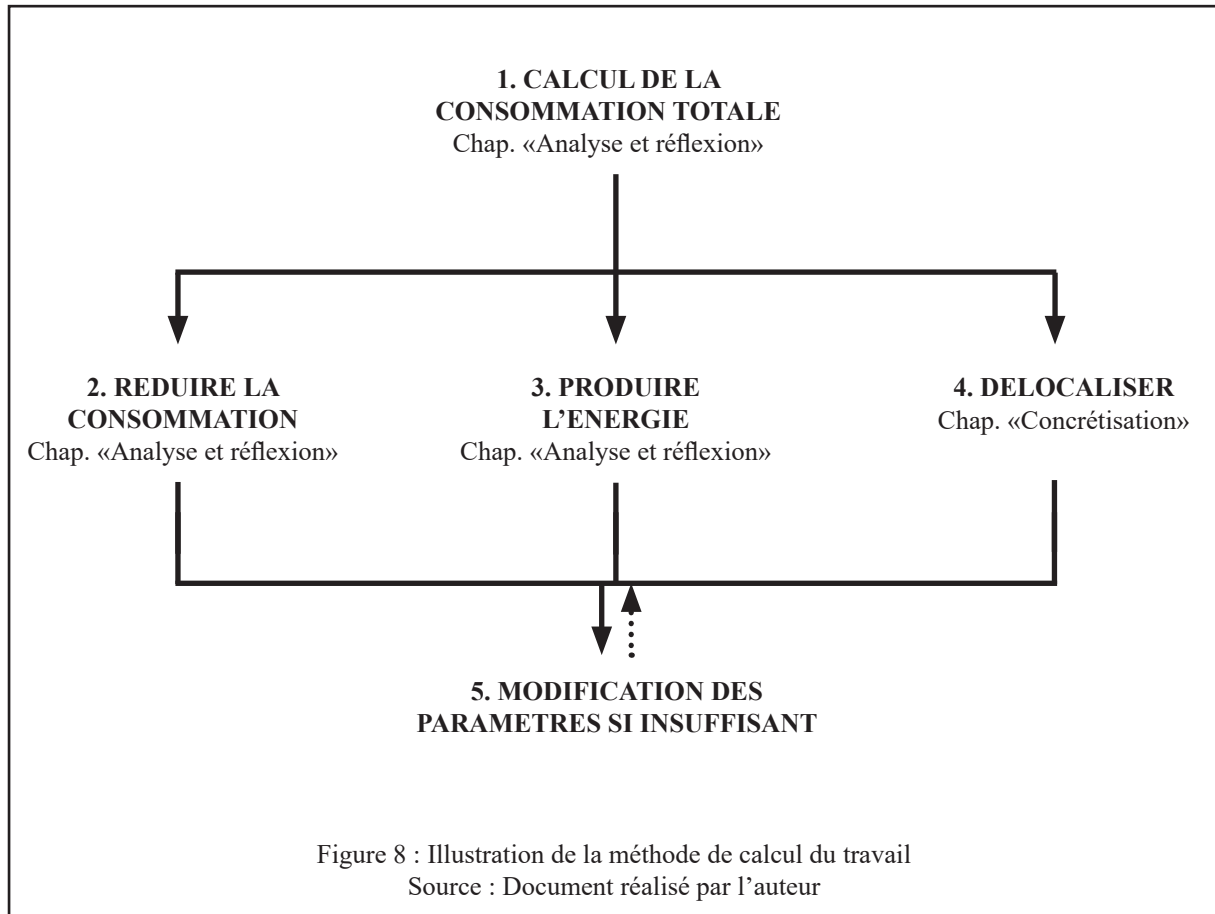
La première étape est le calcul de la consommation totale d'électricité et de gaz du secteur statistique analysé. C'est l'étape de base à partir de laquelle vont pouvoir s'appliquer les suivantes.

La seconde étape analyse les différentes techniques applicables aux bâtiments afin de réduire leur consommation. Cette étape se divise en deux parties, les applications sur les bâtiments résidentiels et celles sur les bâtiments tertiaires. Une fois les applications réalisées sur ces bâtiments, la quantité minimale d'énergie à assurer pour le secteur est connue. Les ménages seront donc, à ce moment ci du développement, dans des conditions minimalistes.

Cette seconde étape s'effectue en parallèle avec la troisième qui traite du potentiel de production d'énergie verte du secteur statistique. La production d'énergie locale à partir de sources renouvelables varie en fonction du site choisi. Ici le choix a été fait de calculer l'apport d'énergie par la pose de panneaux photovoltaïques sur les toits et la création d'une mini-centrale de cogénération biomasse. Cette troisième étape consiste en un calcul précis du dimensionnement des installations ainsi que de la production de chaleur et d'électricité que ces sources peuvent apporter.

La quatrième étape est celle de la délocalisation. En effet, pour réduire les besoins énergétiques des ménages, certains équipements des bâtiments résidentiels seront mutualisés au sein d'un bâtiment dans le quartier. Ces fonctions auront donc une consommation nulle dans la seconde étape mais devront être calculées plus tard dans la consommation du bâtiment regroupant les équipements. Cette quatrième étape est donc dédiée au calcul de la consommation de tous les équipements délocalisés. Ce calcul s'effectuera dans la deuxième partie du travail qui concerne la concrétisation.

Enfin, la cinquième étape consiste à analyser si les paramètres de production et d'économie de consommation choisis sont suffisants pour arriver à une consommation de $0 \text{ kWh}_{\text{el}}/\text{an}^3$ et de $0 \text{ kWh}_{\text{th}}/\text{an}^4$ pour le secteur statistique, la consommation des ménages étant entièrement assurée par la production locale d'énergie. Le but recherché est d'arriver à une production positive de manière à pouvoir redistribuer l'énergie produite en surplus dans les ménages afin de permettre aux foyers d'avoir un capital d'énergie à utiliser sur une année et de l'utiliser comme bon leur semble. Certains foyers privilégieront l'acquisition d'une télévision et d'objets électroniques, d'autres opteront peut-être pour des équipements de cuisine par exemple.



³ kWh_{el} = kilowattheure électrique, consommation électrique

⁴ kWh_{th} = kilowattheure thermique, consommation calorifique

Analyse et réflexion

1. Calcul de la consommation totale

Il a fallu procéder en plusieurs étapes pour déterminer la consommation d'énergie totale du secteur statistique.

Tout d'abord, j'ai réalisé un inventaire de tous les bâtiments du secteur et de leurs fonctions car les consommations sont fortement dépendantes de l'activité qui s'y passe. Cette partie s'est faite sous forme de relevés sur le terrain et via internet, en croisant plusieurs informations sur le bâtiment et sur l'entreprise qui occupe le lieu.

Ensuite, j'ai recherché les consommations moyennes en fonction du type de bâtiments. J'ai obtenu des chiffres très détaillés concernant la consommation des bâtiments publics par rapport à leur type et leur superficie (Energie+, 2012). Ces chiffres sont la moyenne d'un relevé de consommation porté sur plusieurs bâtiments en Wallonie. La grande précision de ces chiffres et le manque d'information sur ce point en Région Bruxelles-Capitale m'ont poussé à travailler avec ces chiffres, la différence de consommation entre des bâtiments abritant la même fonction au sein d'un même pays ne devant pas être significative (Annexe 1).

En ce qui concerne les bâtiments résidentiels, les chiffres obtenus proviennent du document « Self Checkup des consommations » édité par Bruxelles Environnement (SocialEnergie, 2017). Ils permettent de donner la consommation moyenne en électricité d'un foyer se chauffant au gaz, en fonction du nombre de personnes par ménage et de la source d'alimentation du chauffage de l'eau chaude sanitaire, ainsi que de la cuisinière. En sachant qu'en Région Bruxelles-Capitale, 99% des ménages utilisent une autre source d'énergie que l'électricité pour se chauffer (Statbel, 2016), les chiffres me semblaient corrects pour la prise en compte dans mes calculs (Annexe 2). Par après, j'ai récolté les données démographiques précises du secteur statistique correspondant, le secteur Gare Ouest 21012A172. Les données utilisées apportent des informations sur la composition précise des ménages et de la population dans le secteur. Elles sont issues d'une enquête réalisée tous les dix ans, les derniers chiffres datent de l'enquête de 2011 (Statbel, 2011).

Une autre étape a été de calculer la surface intérieure de chaque bâtiment tertiaire faisant partie du secteur analysé. Les chiffres sur les consommations moyennes obtenus sont en fonction des mètres carré du bâtiment, il était donc nécessaire de compléter le relevé (Annexe 3).

Finalement, j'ai croisé toutes ces analyses via des tableaux Excel, ce qui m'a permis d'obtenir la consommation moyenne de chaque bâtiment de fonction différente, par rapport à sa surface ou par rapport au nombre de ménages du secteur et de leur composition (Annexe 4). Tous ces calculs sont synthétisés dans le tableau qui suit (Fig. 9).

	Consommation moyenne	
	Electricité (kWh/an)	Chauffage (kWh/an)
Bâtiments tertiaires	3.664.239,00	5.528.666,00
Bâtiments résidentiels	1.146.966,99	7.262.857,75
TOTAL	4.811.205,99	12.791.523,75

Figure 9 : Consommations moyennes du secteur statistique par type de bâtiment
Source : Document réalisé par l'auteur

2. Possibilités de réduction de la consommation

Afin de réduire la consommation d'énergie des différentes fonctions du secteur statistique, j'ai réalisé une série d'applications pour essayer au maximum d'approcher une situation d'autonomie énergétique du site.

Ces applications consistent à des modifications techniques du bâtiment menant souvent à une réorganisation spatiale et sociale. Les différents postes (cuisine, buanderie,...) sont réduits parfois jusqu'à être supprimés entièrement du bâtiment, leurs consommations sont donc évaluées à 0 kWh/an. Dans le cas où elles sont mutualisées, il est évident que ces fonctions se retrouveront dans un autre endroit. La consommation du poste ne sera donc par réellement de 0 kWh. Cependant, l'étape de calcul des lieux mutualisés est réalisée plus tard dans le travail, je considère donc ici la consommation par type de bâtiment et non par personne. Ces calculs se décomposent en deux, une partie pour les bâtiments tertiaires (Annexe 5.1 et 5.2) et une autre pour les bâtiments résidentiels (Annexe 6).

2.1. Bâtiments tertiaires

Les bâtiments tertiaires occupent une place importante dans le secteur statistique car il existe une grande mixité de fonctions. La répartition des consommations électriques est connue par usage (Annexe 7). Tous ces usages sont autant de points sur lesquels il est possible d'agir pour réduire la consommation totale du secteur. Une fois tous les bâtiments triés par fonction, il est aisé d'établir un pourcentage à appliquer à la consommation totale du secteur tertiaire. Plusieurs aspects peuvent être modifiés pour agir sur la réduction de la consommation d'énergie.

- **Passer à un éclairage basse consommation**

Selon Bruxelles Environnement, passer à un éclairage plus économe permet d'économiser 75 à 80% de la consommation électrique liée à l'éclairage (Bruxelles Environnement, 2006).

- **Modifier le système de chauffage**

Les dépenses électriques liées au chauffage et à l'eau chaude sanitaire seront assurés par un autre système de production que l'électricité, comme les sources d'énergies renouvelables ou par l'utilisation de poêle à bois. Ces dépenses ne sont donc plus prises en compte dans le calcul du pourcentage.

- **Mieux gérer les appareils en veille**

Dans le secteur tertiaire, la gestion des appareils de bureautique peut représenter une réelle économie. Des études montrent que environ 14% de la consommation annuelle d'électricité est due à une consommation d'appareils en veille (Clement *et al.*, 2007). Comme le montre le tableau suivant, on peut considérer une moyenne de 14,2% pour les pays de l'Union Européenne (Fig. 10). Ce pourcentage appliqué à la consommation des bâtiments tertiaires permet de diminuer considérablement sa consommation.

Pays	Puissance moyenne (W)	Puissance totale (kWh)	Pourcentage de la consommation totale des foyers (%)
Danemark	60	482	14,4
Grèce	50	424	13,5
Italie	57	472	15
Portugal	46	377	13,7
Moyenne	55	439	14,2

Figure 10 : Consommations d'électricité en veille dans quelques pays
Source : Clement *et al.*, 2007

- **Diminuer des besoins en froid**

En ce qui concerne les besoins en froid, il est difficilement possible de réduire la quantité des appareils impliqués sans en connaître le nombre exact et l'utilité. En revanche, il est possible d'agir sur le système en utilisant une technologie plus économique. Pour déterminer le pourcentage réducteur, je me suis basé sur les classes énergétiques. Une étude montre que la classe A +++ permet de faire des économies d'énergie de l'ordre de 20 à 50% par rapport à la classe énergétique A + (Selectra 2, 2019). En considérant que le secteur est doté d'équipements de label C, il est possible de réaliser des économies de plus de 30% en renouvelant les appareils.

- **S'équiper de systèmes low-tech**

Il reste les consommations liées au conditionnement d'air, aux pompes et au ventilateur de circulation. Ces consommations ne sont pas prises en compte car il est envisagé ici de remplacer ces équipements en partie par des systèmes low-tech, chaque fois que possible, en réalisant des travaux d'aménagements. Lorsque cela n'est pas possible, l'utilisation de pompes à chaleur pourrait considérablement réduire la consommation.

Les différents systèmes d'économies des bâtiments tertiaires ne sont pas plus développés car ils ne constituent pas le point d'attention principal du projet. Dans ce travail, l'accent est mis sur le secteur résidentiel dont l'adaptabilité permet de traiter de spatialité et d'organisation architecturale dans le projet et dans les ménages.

2.2. Bâtiments résidentiels

Dans les bâtiments résidentiels, en se penchant sur la répartition de la consommation électrique des ménages (Fig. 11). On peut déterminer les postes sur lesquels agir pour diminuer considérablement la consommation. J'ai ainsi pu identifier deux manières d'agir : la première consiste à viser une meilleure gestion au sein du ménage. Ce sont des normes dont les effets sont parfois difficilement quantifiables car ils dépendent de critères variables d'un foyer à l'autre et mériteraient une attention au cas par cas. La seconde possibilité d'action concerne la mutualisation des équipements. Ce sont ici des critères physiques et plus concrets dont les effets sont plus faciles à chiffrer. Les différentes applications suivantes traitent donc des possibilités exploitables sur chaque poste du ménage.

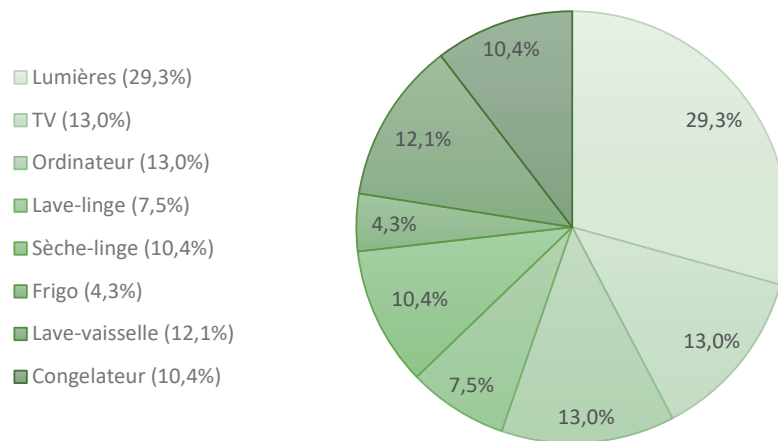


Figure 11 : Part des équipements dans la consommation d'électricité d'un ménage chauffé au gaz/mazout
Source : (Selectra 1, 2020)

A. Meilleure gestion au sein du ménage

• Utiliser un éclairage basse consommation

Pour la même raison que la réduction de consommation de l'éclairage des bâtiments tertiaires, la première économie consiste à remplacer l'éclairage dans les ménages par un éclairage basse consommation, comme la technologie LED par exemple.

Puisqu'on sait que la part de la consommation électrique liée à l'éclairage est de 29,3%. Si on considère une diminution de consommation électrique de 75% grâce à un changement du type d'éclairage, la consommation due à l'éclairage ne représenterait plus que 7,3%.

• Rationnaliser l'éclairage

La gestion de l'éclairage par la mise en place de détecteurs de mouvement dans certaines pièces ou par la gestion intelligente de l'éclairage par des appareils de domotique peuvent aussi être des solutions pour limiter la consommation. Cette solution par contre est difficilement calculable dans le cadre d'une étude large comme celle de ce travail.

B. Mutualisation des équipements

• Buanderies

Une grande partie de la consommation électrique est puisée dans les buanderies des ménages par les lave-linges et sèche-linges. Ces deux machines représentent respectivement 7,5% et 10,4% de la consommation du ménage. La solution imaginée serait de mutualiser cette fonction de buanderie et ainsi de regrouper les appareils. Ce scénario permettrait d'enlever la consommation électrique des ménages due aux lave-linges et sèche-linges. Je considère donc une consommation de 0,0% par ménage pour ces appareils puisqu'ils seraient mutualisés.

• Appareils électriques

Les appareils électriques comme les télévisions et les ordinateurs représentent ensemble 26,0% de la consommation. Comme pour les buanderies, ces appareils seraient eux aussi mutualisés. Le but est ici aussi de retirer la consommation liée à ces appareils en la considérant donc à 0,0%.

- **Cuisines**

La cuisine est un poste de consommation important pour lequel il sera aussi nécessaire de faire des ajustements. Le frigo occupe 4,3% de la consommation, le lave-vaisselle 12,1% et le congélateur 10,4%.

Le principe ici est de regrouper les équipements se trouvant dans une cuisine collective et toute équipée dans le quartier.

J'ai imaginé pour cela cinq itérations différentes en fonction des appareils présents dans les ménages et dans la cuisine mutualisée. Ces itérations sont classées de la plus consommatrice d'électricité à la moins consommatrice.

Itération 1

La première considère le cas où on garde le même niveau d'équipement de la cuisine mais on réduit la capacité volumique du frigo et du congélateur de moitié en imaginant qu'on vivrait uniquement avec le nécessaire et que les ménages auraient donc besoin de moins d'espace de stockage froid. Pour ce qui est des besoins en chaud, c'est à dire la cuisson et l'eau chaude sanitaire, l'itération imagine de les passer du gaz à l'électricité, ce qui fait forcément monter en flèche la consommation électrique du ménage. Il est possible cependant d'envisager l'utilisation de pompes à chaleur. Elles permettent de diviser la consommation des besoins en chaud en 4 puisque la pompe à chaleur utilise 1 kWh d'électricité et 3 kWh d'énergie dite gratuite, c'est à dire d'énergie présente dans l'air. La consommation de ces postes est donc réduite mais reste fort énergivore.

Itération 2

La deuxième itération prend en compte les mêmes critères que la première à la différence que l'eau chaude sanitaire n'est pas chauffée via l'électricité car elle n'est pas utilisée dans la cuisine.

Itération 3

Cette itération imagine le cas où les cuisines seraient équipées de frigo et congélateur plus petits, comme dans les itérations précédentes. La différence ici est que le lave-vaisselle est retiré au profit de la vaisselle à la main et les appareils de cuisson sont retirés. Les seuls appareils consommateurs dans la cuisine sont donc le frigo et le congélateur qui ne représentent plus que 7,4%.

Itération 4

J'imagine, avec les mêmes conditions que l'itération 3, une cuisine dans les ménages avec seulement un frigo plus petit. On retire donc le congélateur et sa consommation, ce qui permet de n'avoir que la consommation du frigo qui est de 2,2%.

Itération 5

La cinquième itération est la plus radicale et donc forcément la moins consommatrice d'électricité, j'imagine le cas où la cuisine est complètement déséquipée. La cuisine se fait donc à l'extérieur du foyer et cette pièce disparaît complètement des ménages, laissant la place pour des plus grands espaces de séjour. Si on joue en plus, sur la classe énergétique des appareils, on peut encore réduire considérablement la consommation.

Le graphique qui suit résume les consommations en énergie en fonction des différents scénarios proposés (Fig. 12).

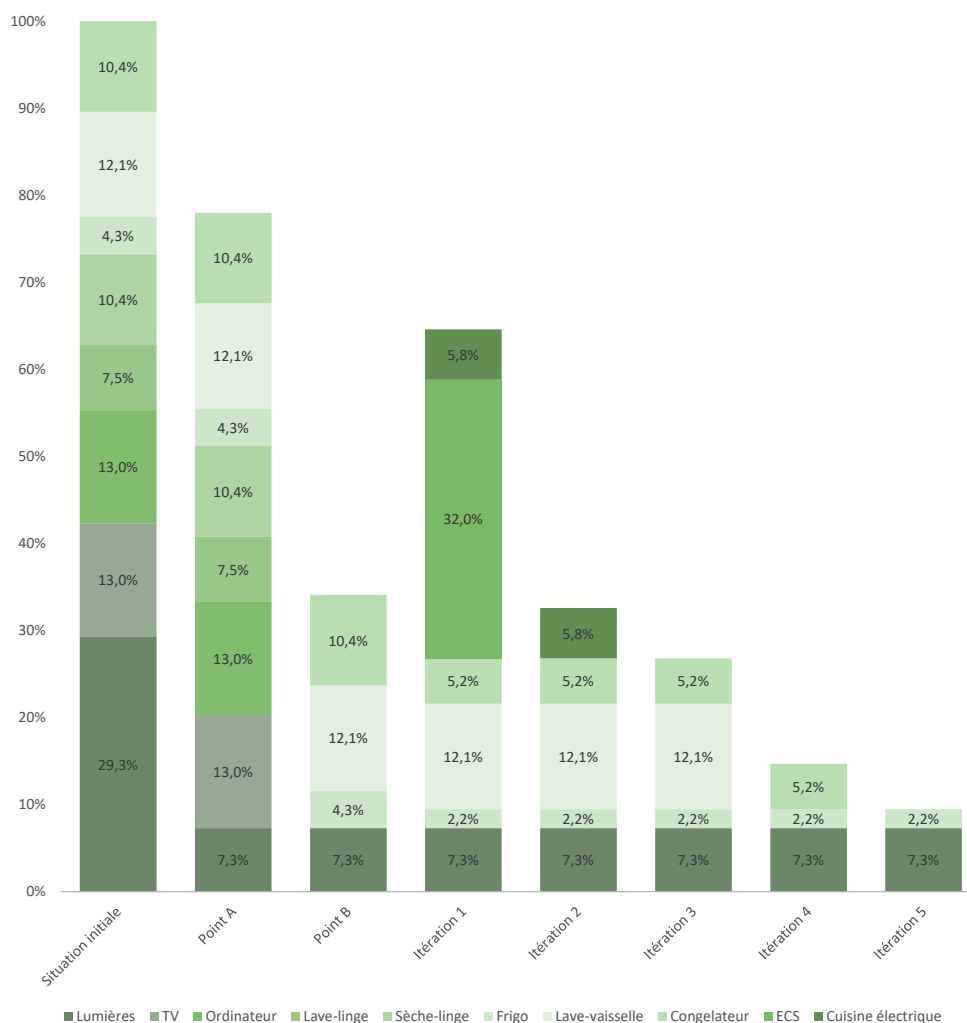


Figure 12 : Comparaison des différents cas envisagés pour les bâtiments résidentiels
Source : Document réalisé par l'auteur

C. Partage de l'eau chaude sanitaire

Concernant l'aspect du chauffage de l'eau sanitaire, celui-ci serait assuré entièrement par la production d'électricité provenant d'énergies renouvelables, ce qui permettrait aussi de stocker l'électricité sous forme d'eau chaude lorsqu'il y a un surplus de production. L'eau chaude serait stockée dans des grands ballons, un par îlot habité. Ce point sera développé plus tard dans la partie concernant le stockage de l'énergie.

Cette partie a pour but de dimensionner les installations et de connaître la quantité nécessaire à produire pour assurer la production d'eau chaude pour le secteur statistique.

Les besoins en eau chaude à 60°C d'une personne en Région Bruxelles-Capitale ont été estimés en moyenne entre 30 et 60 litres par personne et par jour (Bruxelles Environnement, 2008). La consommation en eau de distribution en Belgique est, elle, estimée à 106 L par personne par jour (Belgaqua, 2009). Le graphique ci-dessous montre l'utilisation de cette quantité d'eau dans un ménage.

Dans les différentes catégories, seules quatre d'entre-elles représentent l'utilisation d'eau chaude. Il est alors possible d'estimer la quantité d'eau chaude nécessaire pour chaque catégorie puisque pour chauffer 50L d'eau à 40°C (température nécessaire pour une douche par exemple), il faut chauffer 2/5^e de cette quantité d'eau (Bruxelles Environnement, 2008). Cette quantité totale d'eau chaude de 35L est cohérente puisqu'elle correspond à la moyenne bruxelloise

située entre 30 et 60L.

En cohérence avec les actions choisies dans le cadre de ce travail, il est possible de diminuer cette consommation d'eau chaude puisque les machines à lessiver ne se trouvent plus dans les ménages mais sont mutualisées. L'énergie nécessaire n'est donc pas prise en compte ici et sera calculée dans la partie 2. La consommation d'eau chaude finale par personne et par jour est donc de 22L (Fig. 13).

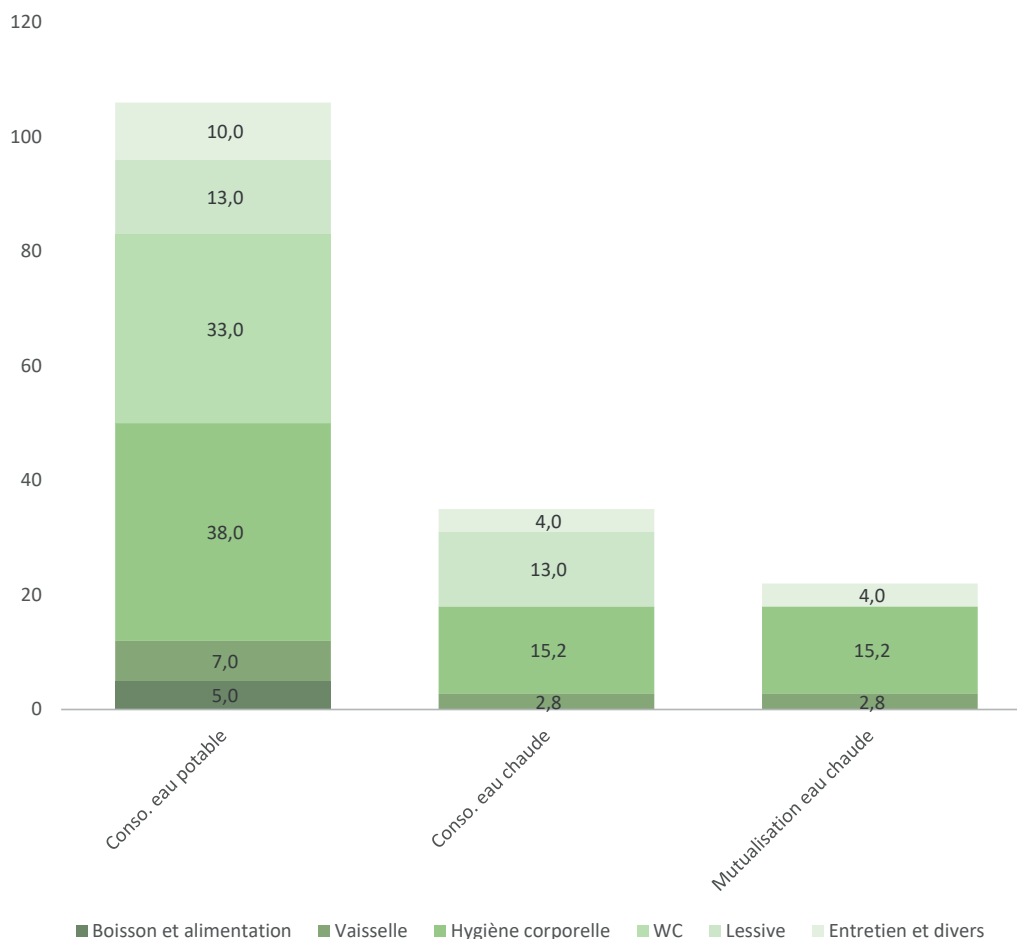


Figure 13 : Consommation moyenne en eau de distribution en Belgique par usage/personne/jour et interprétation de la consommation d'eau chaude sanitaire en litre
Source : (Belgaqua, 2009)

En couplant l'installation avec une pompe à chaleur, on réduirait encore la consommation d'électricité par quatre. Elle atteint donc 70 MWh/an pour tous les ménages du secteur statistique. Avec des pommeaux économiques, en considérant que plus de la moitié de la consommation d'eau chaude sanitaire est liée à la douche, la consommation pourrait être réduite de 18,75%, portant la consommation à 57 MWh/an pour la production d'eau chaude (Annexe 8). Pour pousser la réflexion un peu plus loin, il serait envisageable d'imaginer des systèmes de récupération de chaleur à la sortie des équipements d'hygiène corporelle. Ce point nécessiterait une étude approfondie au cas par cas.

D. Chauffage

Le chauffage dans les bâtiments résidentiels est un poste important à considérer puisque 78% des ménages en Région Bruxelles-Capitale se chauffent au gaz (Statbel, 2016) et que cette ressource ne serait plus disponible dans le scénario imaginé.

Les bâtiments résidentiels du secteur statistique consomment au total 7.300 MWh/an pour se chauffer, cuisiner et produire de l'eau chaude sanitaire (Annexe 2 et 4). Si on prend en compte uniquement l'énergie nécessaire pour le chauffage, la consommation est alors de 4.650 MWh/an.

Une amélioration du niveau d'isolation est possible. Dans les valeurs de calculs, il existe quatre niveaux de consommations selon la caractéristique du bati : l'habitation non-rénovée, l'habitation faiblement rénovée, l'habitation rénovée et l'habitation récente isolée (Annexe 2). Pour le calcul de la consommation, j'ai considéré les habitations du secteur statistique dans la catégorie « habitation non-rénovée » puisque les données recueillies sur le secteur statistique indiquent que 90% des logements ont été construits avant 1945 (Statbel, 2011) et qu'aucune norme sur l'isolation n'existait encore à cette période (Spies, 2013). En considérant une rénovation des habitations par leur isolation, cela permettrait de réduire la consommation, considérant alors les habitations comme « habitation récente isolée ». La consommation n'atteindrait alors plus que 1.162 MWh/an.

Chauffage par pompes à chaleur

Pour réduire la consommation nécessaire au chauffage, j'ai émis l'hypothèse que cette quantité d'énergie soit fournie par des pompes à chaleur. Cette application permet de diviser par quatre la consommation de chauffage des bâtiments puisque la pompe à chaleur consomme 1 kWh d'électricité pour produire 4 kWh de chaleur. Ce principe est possible par la valorisation de 3 kWh d'énergie gratuite présente dans l'air. La consommation atteint alors 290 MWh/an. C'était encore trop élevé par rapport à l'énergie que pouvait produire le secteur statistique localement. La solution envisagée a alors été de ne chauffer que certaines pièces au sein des ménages, laissant le choix aux familles de choisir les pièces les plus importantes à chauffer. Toujours dans l'idée de mutualisation, l'hypothèse de calcul émise est que les ménages choisiraient de chauffer les pièces communes de l'habitation, à savoir, les cuisines, salons et salles à manger actuels. Les autres pièces de la maison comme les chambres par exemple seraient équipées d'une isolation renforcée. Pour calculer l'impact énergétique d'une telle mesure, je me suis basé sur l'étude des mètres carré des habitations (Annexe 9). Ces calculs permettent de conclure à une consommation en chauffage de 139 MWh/an pour les bâtiments résidentiels. Cette quantité d'énergie pourrait être assurée par les énergies renouvelables locales. Bien sûr, on pourrait encore réduire la consommation en augmentant l'isolation des pièces ou en diminuant le nombre de pièces à chauffer mais on arriverait alors à de potentielles situations d'inconfort pour les occupants. Si un approfondissement de ces points devait être nécessaire, il devrait être fait au cas par cas pour obtenir des données et informations plus précises afin de tirer des conclusions.

Chauffage par foyer à bois

Le fait de réduire le nombre de pièces chauffées me poussent à penser à une autre solution de chauffage qui est celle du foyer au bois. Les pièces de cuisine et de séjour étant souvent juxtaposées dans l'organisation spatiale d'une habitation, elles pourraient se prêter parfaitement à la logique de chauffage à l'aide d'un foyer au bois. Si on considère que l'habitation atteint un niveau « habitation récente isolée » en procédant à une rénovation par la pose d'isolation intérieure dans la pièce, il faudrait fournir 1.350 kWh d'énergie par an et par ménage. Selon le

PCI⁵ du bois anhydre (Valbiom, 2009), il faudrait 270 kg de bois par ménage pour assurer cette quantité de chaleur, soit l'équivalent d'un peu plus d'un demi stère de bois par ménage par an. (Annexe 10) Cette solution me semble la plus appropriée pour la logique mise en place dans le secteur statistique car elle permet de fournir une source de chaleur instantanée aux différents ménages.

De plus, s'il y avait un excédent de production d'électricité, il serait stocké dans des ballons d'eau chaude. Cette partie sera développée plus tard dans le chapitre concernant le stockage de l'énergie. Il faut cependant noter à ce stade que j'envisage la mise en place de ballons d'eau chaude mutualisés à l'échelle de l'ilot. L'eau de ces ballons pourrait être utilisée pour chauffer certaines pièces selon le choix des occupants. Ce chauffage par l'eau chaude distribué par le réseau de chauffage déjà existant est difficile à prévoir précisément car il faudrait définir les moments de surproduction électrique des installations et ces critères dépendent de l'instabilité météorologique.

La combinaison des deux systèmes de chauffe permettrait une bonne complémentarité : lorsqu'il n'y a pas d'eau chaude disponible pour le chauffage, on utilise le poêle à bois et inversement. L'électricité excédente ne serait donc pas gaspillée car elle sera stockée sous forme d'eau chaude dans les ballons mutualisés et utilisée, dans ce cas-ci, pour le chauffage. Ce qui permettrait aussi d'économiser les quantités de bois à utiliser (Fig. 14).

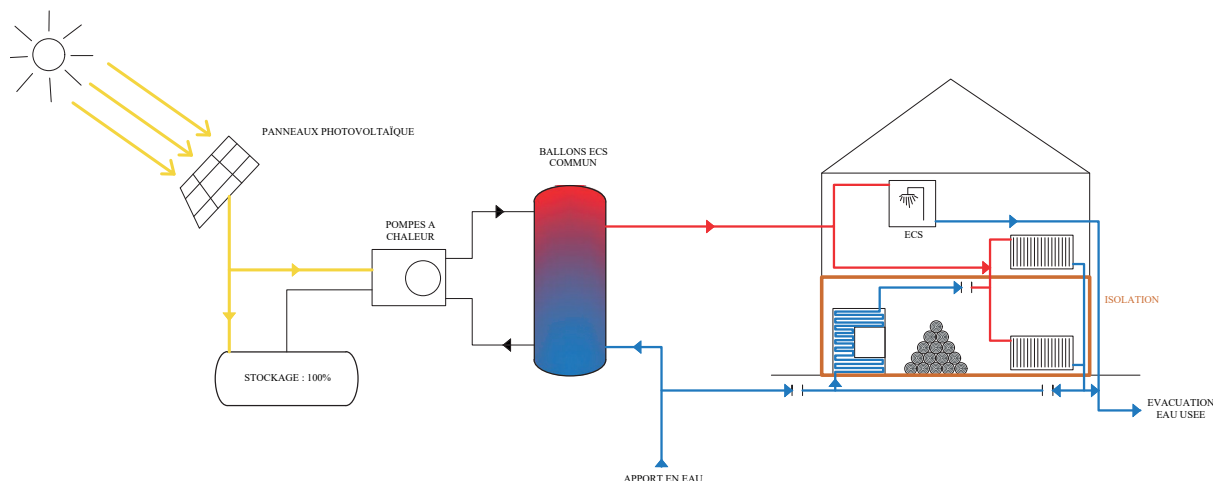


Figure 14.1 : Fonctionnement du système de chauffage lors de la production solaire
Source : Document réalisé par l'auteur

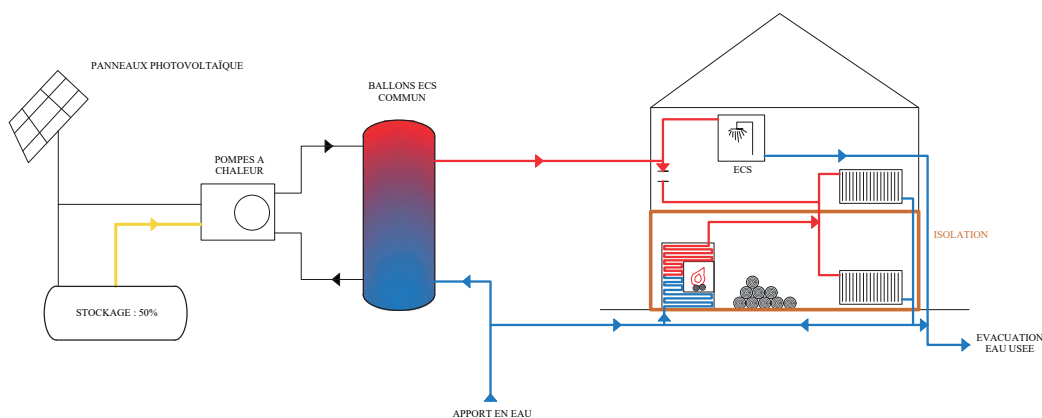


Figure 14.2 : Fonctionnement du système de chauffage lors de l'utilisation d'électricité stockée
Source : Document réalisé par l'auteur

⁵ PCI = Pouvoir Calorifique Inférieur (Pouvoir calorifique = Quantité de chaleur dégagée par la combustion complète d'un corps)

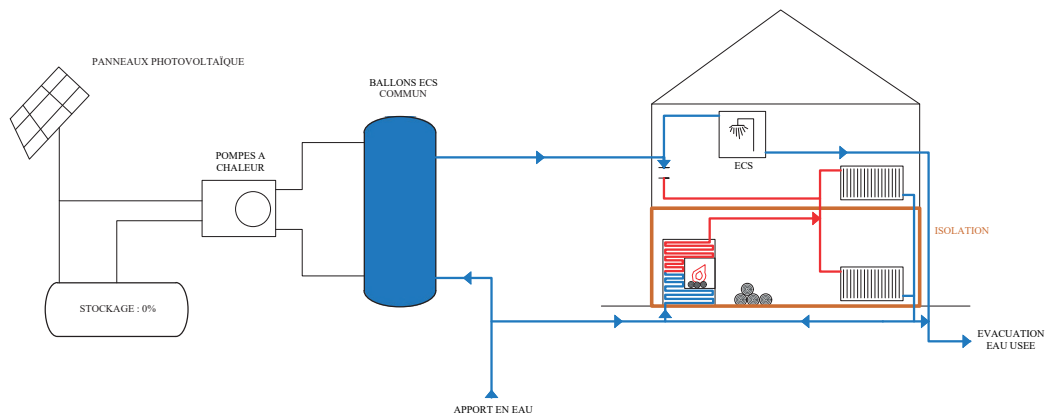


Figure 14.3 : Fonctionnement du système de chauffage sans électricité
Source : Document réalisé par l'auteur

3. Choix de production de l'énergie renouvelable

Un aspect indispensable du scénario imaginé réside dans le choix de la source d'énergie renouvelable à utiliser. Dans un premier temps, j'ai énuméré les différentes sources d'énergie renouvelable et j'ai étudié leur efficacité et leur pertinence au sein du site.

Les cinq sources d'énergie analysées sont l'hydraulique, la géothermie, l'éolien, le solaire et la biomasse. Le site ne présentant pas de plan d'eau, la possibilité d'efficacité de l'énergie hydraulique a été écartée rapidement. La géothermie a été écartée aussi car son installation demanderait de creuser plus ou moins profondément et donc de réaliser des aménagements du sol. Compte tenu de la densité du bâti à Bruxelles et de la proximité du métro sur le site, j'ai jugé qu'il serait trop compliqué et trop coûteux d'envisager une telle installation géothermique. L'éolien est une solution sérieuse pour un pays plat comme la Belgique mais à Bruxelles avec la proximité de l'aéroport, de telles installations ne sont pas possibles. Des plus petites installations moins hautes et à échelle plus domestique pourraient quand même être prises en considération mais leur rentabilité est jugée très faible par rapport à d'autres installations comme les installations solaires.

Il reste donc deux sources d'énergie intéressantes : la biomasse et le solaire. Le potentiel de production grâce aux toits du secteur statistique, présents en très grand nombre dans ce quartier très dense de Bruxelles⁶, et l'abondance des ressources vertes aux alentours constituent des sources intéressantes à approfondir. L'énergie solaire permet d'exploiter deux technologies différentes : celle des panneaux solaires et celles des panneaux photovoltaïques. La technologie photovoltaïque a été privilégiée dans ce travail afin d'analyser sa production en prenant le maximum de surface possible sur le toit. Je n'aborde pas l'utilisation de panneaux solaires dans la production d'énergie pour le secteur statistique mais ce point pourrait être envisagé au cas par cas en fonction des besoins de chaque ménage.

3.1. Panneaux photovoltaïques

Pour calculer la capacité de production d'électricité par l'énergie solaire, je me suis basé sur l'outil carte solaire de la Région de Bruxelles-Capitale, proposé par Bruxelles Environnement sur leur site internet (Bruxelles Environnement 2, 2020). Cet outil permet de déterminer notamment

⁶ 57,10% d'occupation du bâti des ilots, pour une moyenne régionale de 26,31% (IBSA, 2013)

le potentiel solaire des toits de chaque bâtiment se trouvant en région bruxelloise. Il donne plusieurs informations assez précises comme la surface totale de la toiture, sa surface utilisable, la production potentielle des panneaux, le nombre de panneaux à installer et la superficie que prend cette installation sur la toiture. L'application permet de choisir parmi trois types de panneaux différents, le polycristallin, le monocristallin et le monocristallin haut rendement. La différence entre ces technologies est que le polycristallin est moins cher que le monocristallin mais il a une productivité par mètre carré moins bonne. Les panneaux monocristallins sont les plus courants, c'est pourquoi j'ai effectué les calculs à la fois avec les panneaux monocristallins et avec les panneaux monocristallins à haut rendement.

Une fois les potentiels de production de tous les toits du secteur additionnés, j'obtiens un chiffre total en kWh/m² de toiture auquel il faut soustraire différentes imperfections. Ces imperfections sont les surfaces de toits sur lesquels une installation photovoltaïque n'est pas possible comme les fenêtres de toit, les techniques, l'ombrage et les pans de toiture inutilisables. Bruxelles Environnement, dans son calcul via la carte solaire, retire déjà une marge de 18% de la surface totale utilisable de la toiture pour les obstacles tels qu'un lanterneau, un chien assis, une cheminée, une fenêtre de toit, une terrasse utilisée et d'autres. Ce pourcentage a été déterminé selon l'encombrement moyen des toitures en région bruxelloise (Bruxelles Environnement 1, 2020).

Il me restait donc à retirer de mon calcul les surfaces ombragées, les surfaces occupées par des techniques et les pans de toiture inutilisables. A l'aide d'image satellite du site, j'ai calculé les différentes surfaces occupées par les techniques ainsi que les pans inutilisables pour chaque ilot. Pour ce qui est de l'ombrage, j'ai choisi de calculer les surfaces ombragées lors du solstice d'été le 21 juin 2020 à 12h00 à l'aide du logiciel Google Earth Pro. Suite à cela, j'obtiens un nombre de mètres carrés à retirer de la surface totale, ce qui me permet de recalculer le potentiel de production solaire et d'arriver à un résultat qui approche plus une situation réelle (Annexe 11 et 12) (Fig. 15).

	Panneaux photovoltaïques	
	Monocristallins	Monocristallins haut rendement
Production selon la carte solaire (kWh/an)	944.557,00	1.152.140,00
Nombre de panneaux installés	4.931	4.203
Production corrigée finale (kWh/an)	840.888,48	1.025.688,50

Figure 15 : Potentiel de production électrique solaire du secteur statistique
Source : Document réalisé par l'auteur

3.2. Mini-centrale à cogénération biomasse

A la suite de l'analyse photovoltaïque, je me suis rendu compte que l'énergie produite par les panneaux ne serait pas suffisante pour combler tous les besoins en électricité du secteur statistique. J'ai dû réfléchir à un autre moyen de production d'électricité verte. De plus, le fait d'avoir deux moyens différents de production d'énergie à base de source renouvelable assure plus de stabilité dans la production d'énergie car si la production d'une des sources est un peu plus faible à certain moment, l'autre peut la compléter. J'ai pensé à l'installation d'une mini-centrale à cogénération biomasse car une telle installation permet de valoriser les ressources vertes disponibles de tous les espaces verts avoisinants, notamment la friche de la Gare de l'Ouest. Les déchets générés par l'activité humaine (déchets agro-alimentaires, déchets verts, déchets organiques ménagers) représentent une grande quantité de carburant potentiel qui sont détaillés dans le point suivant. D'autre part, l'avantage de la cogénération dans ce cas-ci est d'assurer une grosse production d'électricité mais aussi de générer de la chaleur pour le bâtiment du projet.

La taille d'une telle installation est à échelle humaine et permet ainsi d'être ajouté au programme du projet en étant facilement compris par les habitants. Cette accessibilité de l'installation par une alimentation envisageable par tous a le potentiel de fédérer les habitants autour de la production d'énergie.

Ressources disponibles

Les ressources disponibles sont multiples dans ce secteur et représentent donc un grand potentiel d'alimentation. Les jardins privés des habitants, les parcs et la friche génèrent des grandes quantités de déchets verts grâce à leur entretien. La Wallonie génère 235.000 tonnes de déchets verts par an (Valbiom, 2019), ce qui représente 0,065 T/hab.an. La seconde ressource disponible est le déchet organique ménager issu essentiellement des déchets de cuisine. Les services de Bruxelles-Propreté ont récoltés en 2018 225.260 tonnes de déchets ménagers (Bruxelles-Propreté, 2018). Cette ressource représente 0,188 T/hab.an. La troisième ressource est le déchet agro-alimentaire qui représente 1.000.000 de tonnes en Wallonie (Valbiom, 2019) soit 0,275 T/hab.an. Les déchets agro-alimentaires peuvent provenir de sources très différentes : des graisses ou huiles usagées, des épluchures provenant d'entreprises, des produits abîmés ou périmés provenant de l'industrie, des déchets de production, etc.

Tous ces déchets représentent donc au total 0,528 T/hab.an, soit 566,837 tonnes par an pour le secteur de la Gare de l'Ouest de 1.074 habitants (Annexe 13).

Dimensionnement

Une fois le potentiel de déchets verts déterminé, j'ai pu réfléchir au dimensionnement de la mini-centrale.

Les ressources sont transformées en biogaz par méthanisation. Le volume de biogaz produit est de $500 \text{ m}^3/\text{T}$. La mini-centrale pourra alors produire $500 \text{ m}^3/\text{T} \times 566,837 \text{ T} = 283.419 \text{ m}^3$ de biogaz. Dans le biogaz, c'est le méthane qui est valorisable, il est présent à 65% dans le biogaz. Le volume de méthane produit est de $184.222 \text{ m}^3 = 283.419 \text{ m}^3 \times 0,65\%$. Puisque le PCI du méthane est de $9,42 \text{ kWh}/\text{m}^3$, l'énergie produite en un an par le biogaz est de $1.735 \text{ MWh} = 9,42 \text{ kWh}/\text{m}^3 \times 184.222 \text{ m}^3$ (Rigaud, 2007). Cependant, il faut considérer 5% de perte d'énergie dans le moteur, ce qui donne un total de $1.649 \text{ MWh}/\text{an}$ produit par la mini-centrale. Pour dimensionner le moteur nécessaire, il faut connaître sa puissance et savoir l'énergie fournie par le biogaz en une heure. La puissance du moteur est de $188,2 \text{ kW} = 1.649 \text{ MWh}/\text{an} / (365 \text{ jours} \times 24\text{h})$. Les qualités du moteur sont basées sur la fiche technique proposée par la société Enoria (Annexe 15). Le moteur est le MG-100 de la gamme BIOGAZ MG, il a un rendement électrique

de 38% et un rendement thermique de 45,6%. La centrale sera donc capable de produire $1.649 \times 0,38 = 626 \text{ MWh}_{\text{el}}$ et $1.649 \times 0,456 = 752 \text{ MWh}_{\text{th}}$. Il reste à calculer l'autoconsommation de l'installation, elle est estimée à 10%. L'installation consomme $63 \text{ MWh}_{\text{el}}/\text{an}$ et produit réellement $564 \text{ MWh}_{\text{el}}/\text{an}$.

Un second scénario a été envisagé en couplant une turbine ORC ENOGIA à l'installation (Annexe 16), ce qui permet de transformer la production de chaleur de la cogénération en électricité. Grâce à la turbine, 10% de la chaleur est transformée en électricité, ce qui donne une production totale d'électricité de $639 \text{ MWh}_{\text{el}}/\text{an}$. (Annexe 14).

4. Pistes de stockage de l'énergie produite

L'étude approfondie des potentiels de production d'énergie via sources renouvelables étant finalisée, l'étape suivante et indispensable au bon fonctionnement du projet est l'étude du stockage de l'électricité verte produite.

En effet, dans le système de distribution électrique actuel en Belgique, les services publics utilisent l'énergie nucléaire pour produire la majorité de notre électricité. Cette source d'énergie a comme désavantage de ne pas pouvoir assurer une production instantanée en cas de pic dans la demande d'électricité. C'est entre-autre la raison pour laquelle la production d'électricité est aussi assurée par les énergies fossiles qui permettent de produire instantanément l'électricité. Pour rappel, ces énergies sont les principales sources d'émissions de CO_2 .

Dans l'objectif projeté, les pointes de consommation des ménages doivent être assurées aussi malgré l'instabilité de la production des énergies naturelles. La consommation d'un ménage est très variable au cours d'une journée et dépend de plusieurs critères fluctuants en fonction des habitudes de chacun. A titre d'exemple, la figure suivante montre la puissance journalière nécessaire à une famille française au cours d'une journée (Fig. 16).

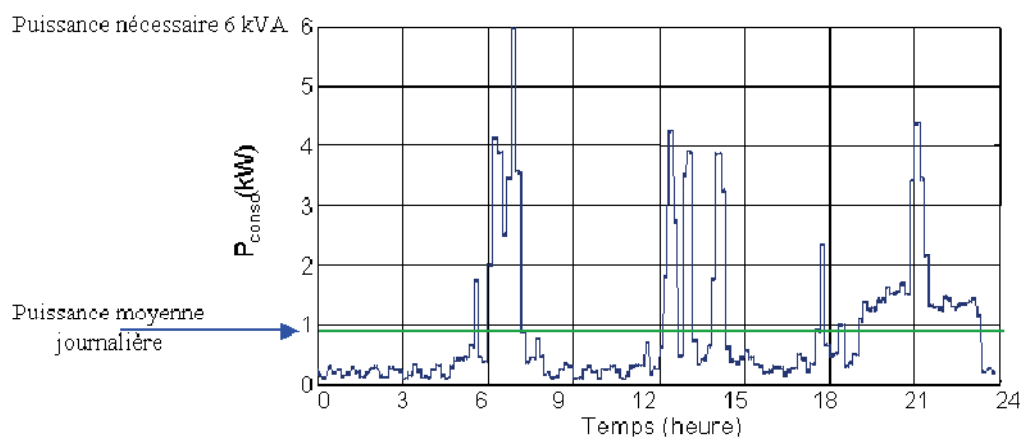


Figure 16 : Fluctuation de la puissance journalière d'un ménage français
Source : (Multon et Ruer, 2003)

On peut constater que la puissance demandée varie énormément au cours de la journée avec, pour certaines tranches d'heures précises, l'exigence d'un apport d'énergie plus important. Au final, la puissance moyenne journalière est très basse par rapport aux pics de puissance de la journée, ce qui amène à surdimensionner la puissance du réseau.

Pour répondre à cette demande, il faut savoir stocker l'électricité produite. Grâce au stockage, on peut rendre les énergies renouvelables plus prévisibles puisque ce stockage permettrait de

garantir un apport en électricité régulier même lorsque les conditions météorologiques ne sont pas optimales. La variété des modes de production d'énergie ainsi que le stockage constituent les éléments essentiels d'une production stable, 100% orientée vers le renouvelable.

Mais comment stocker l'électricité, quelles sont les possibilités? A proprement parler, il n'est pas possible de stocker l'électricité. Il est cependant possible de la convertir en une autre forme d'énergie stockable puis de la retransformer en électricité par la suite. Ce stock intermédiaire peut se présenter sous quatre formes différentes : l'énergie chimique, l'énergie cinétique, l'énergie potentiel et l'énergie thermique. Après avoir envisagé les nombreux cas possibles pour chacune des formes d'énergie, pour des raisons écologiques, économiques et pratiques, j'ai retenu deux technologies permettant le stockage optimal d'énergie pour le site étudié.

Le stockage sous forme de chaleur me semblait la technique la plus judicieuse à appliquer pour mon étude de cas puisqu'elle peut être combinée au système de production d'eau chaude sanitaire (Multon et Ruer, 2003).

Le principe consiste à transformer l'électricité en chauffant l'eau à l'aide de pompes à chaleur. A ce stade, l'électricité qui a été produite est considérée comme « stockée ». Pour obtenir l'électricité à nouveau, la chaleur doit être transformée. Pour ce faire, l'eau chauffée peut produire de la vapeur, faire tourner une turbine et un alternateur produisant l'électricité à utiliser dans les ménages. Cependant, le rendement ne serait pas très intéressant lorsqu'il s'agit de retransformer l'eau en électricité. De plus, cette solution ne permet pas un stockage à long terme. Le problème venant du fait que lorsque les panneaux solaires photovoltaïques produisent le plus, comme durant la période d'été, c'est le moment où on a le moins besoin de cette production d'électricité. Au contraire, en hiver, les panneaux produisent très peu et la demande en électricité est plus élevée qu'en été (Fig. 17).

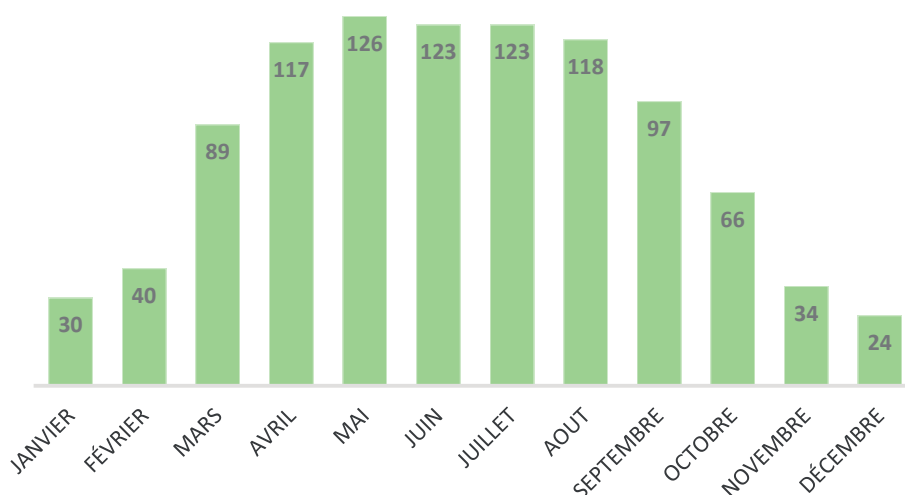


Figure 17 : Production électrique photovoltaïque moyenne de 2009-2018 (kWh/kWc)
Capteurs orientés Sud, inclinés de 35° à Bruxelles
Source : Données graphiques APERe

L'application de boîtiers de contrôle appelés « PV heater » permettrait de détecter la surproduction d'électricité due aux panneaux photovoltaïques et de l'utiliser pour chauffer l'eau sanitaire (de Oliveira e Silva et Hendrick, 2017). Ainsi, dès que l'électricité produite n'est pas utilisée pour les appareils électriques du ménage, elle serait convertie et donc stockée dans les ballons d'eau chaude pour éviter les gaspillages. Ces ballons d'eau chaude serviraient à l'alimentation en chauffage et en eau chaude sanitaire du secteur statistique. Il y en aurait un par îlot habité, de manière à trouver un équilibre entre l'intérêt de mutualiser la ressource d'eau chaude et la

proximité que doivent avoir ces ballons avec les habitations pour éviter les pertes de chaleur dues à l'acheminement. Ceci porterait le nombre total de ballons de stockage d'eau chaude à 7 au sein du secteur statistique.

Le stockage pourra se faire aussi sous forme d'hydrogène. Cette méthode est en pleine évolution et présente encore une marge de progression intéressante. Elle est donc sérieusement envisagée dans mon scénario projetant l'autonomie énergétique du secteur statistique en 2055 maximum. L'électricité produite est transformée en gaz par le procédé chimique d'électrolyse qui consiste à séparer la molécule H_2O contenue dans l'eau à l'aide de l'électricité. Le phénomène produit donc du dihydrogène qui peut alors être stocké dans une pile à combustible qui retransformera l'hydrogène en électricité en temps voulu. L'avantage de ce système est que l'hydrogène peut être stocké pendant une longue durée (plusieurs mois) avant d'être restitué en électricité. Par exemple, de l'électricité produite en août par les panneaux photovoltaïques pourrait être stockée et utilisée au mois de décembre. La limite de ce système est son rendement, pour l'instant plus faible que des batteries classiques. On parle d'un rendement de 30% maximum due à une perte importante de chaleur lors de la conversion (Huart et Cech, 2015). Néanmoins, on pourrait améliorer le rendement en récupérant la chaleur produite par la pile à combustible pour la valoriser énergiquement dans l'unité de cogénération de la mini-centrale biomasse du secteur statistique. La position de la pile à combustible ainsi que le transformateur d'électricité en hydrogène se situeraient à proximité de l'unité de méthanisation sur la parcelle même du projet pour la raison évoquée précédemment.

La troisième solution de stockage à envisager est de le réaliser dans les batteries des véhicules électrique. On peut imaginer que les véhicules électriques, comme les vélos ou les voitures, se développeront de plus en plus dans les années à venir. Ils pourraient participer à l'équilibre du réseau en stockant l'énergie lorsque les véhicules ne sont pas utilisés. De plus, ces véhicules représentent des éléments de stockage mobile permettant de transporter facilement l'énergie aux endroits qui en ont besoin.

En analysant les données totales obtenues, c'est à dire la balance entre l'énergie produite et l'énergie consommée dans le secteur statistique, je peux déterminer les besoins de stockage par mois (Fig. 18) et imaginer le fonctionnement journalier (Fig. 19). Les mois sous la barre de 0 kilowattheure sont les mois où le stockage à l'hydrogène devrait être utilisé. De mars à septembre, il faudrait stocker au moins 169 MWh pour combler les besoins énergétiques d'octobre à février (Annexe 17) (Fig. 20).

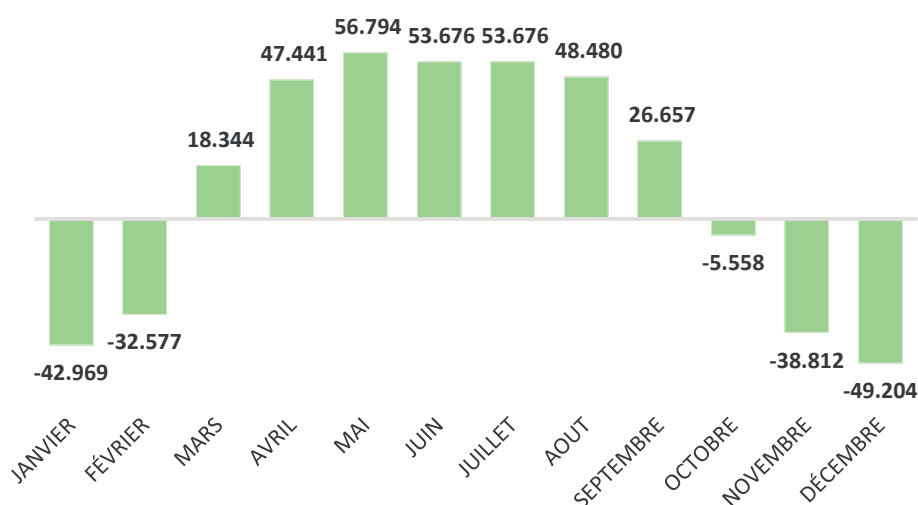
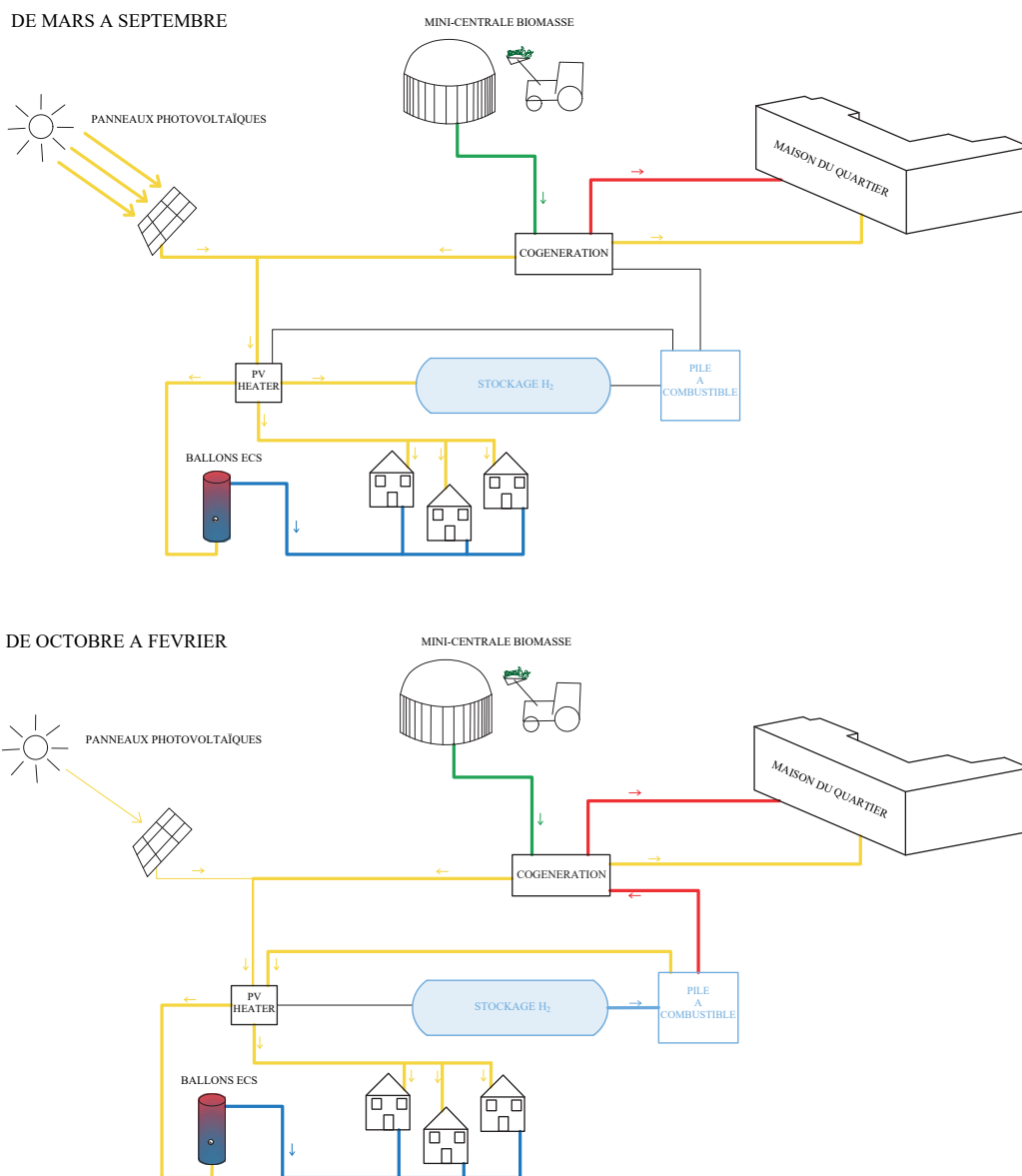
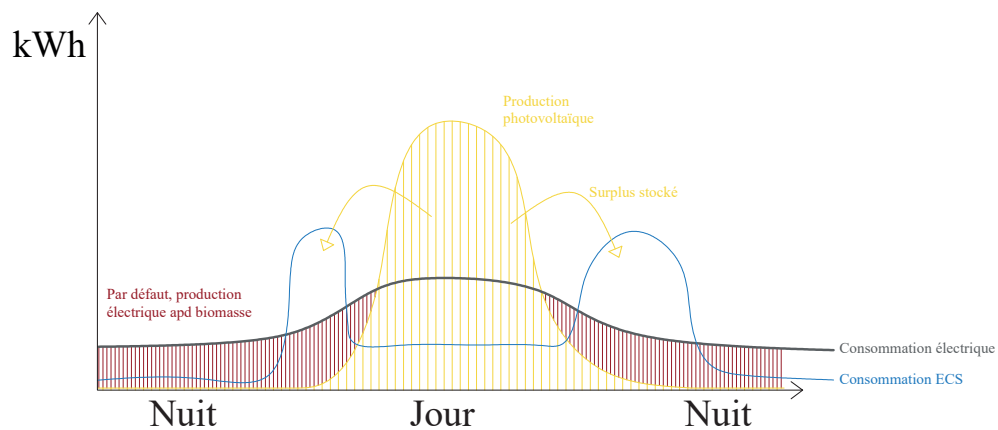


Figure 18 : Besoin de stockage du secteur statistique par mois (kWh)
Source : Document réalisé par l'auteur



En résumé, la consommation totale du secteur statistique calculée avant intervention est de 4.811 MWh_{el}/an, 1.147 MWh_{el}/an pour les bâtiments résidentiels et 3.664 MWh_{el}/an pour les bâtiments tertiaires.

Après plusieurs allers-retours et avec l'application des mesures décrites précédemment, la consommation des bâtiments résidentiels n'atteindrait plus que 141 MWh_{el}/an (84 MWh_{el}/an en considérant l'itération 5 des cuisines mutualisées + les 57 MWh_{el}/an nécessaire pour le chauffage de l'eau chaude sanitaire). Celle des bâtiments tertiaires atteindrait 1.313 MWh_{el}/an. La consommation du secteur lié au chauffage de l'eau chaude sanitaire atteindrait 57 MWh_{el}/an. La consommation électrique totale ne serait donc plus que de 1.454 MWh_{el}/an. La production d'énergie via les panneaux photovoltaïques monocristallins permettrait de générer 841 MWh_{el}/an pour le secteur. La mini-centrale à cogénération biomasse produirait selon le premier scénario 564 MWh_{el}/an et 752 MWh_{th}/an en assurant son autoconsommation. Ce qui représente un total de 1.405 MWh_{el}/an.

Cette production permettrait donc de combler entièrement la consommation du secteur statistique. Cependant, pour plus de confort des habitants et dans le but de pousser au maximum les installations de production, j'ai voulu approfondir ces résultats.

En optimisant la production photovoltaïque par la pose de panneaux monocristallins à haut rendement, plus chers mais plus efficaces, la production atteindrait 1.026 MWh_{el}/an. De même, il serait possible de pousser la production de la mini-centrale en retransformant une partie de l'énergie thermique produite en énergie électrique. L'énergie thermique produite serait utilisée uniquement pour chauffer la maison du quartier, l'excédent pourrait donc en grande partie être transformée (l'énergie nécessaire pour ce bâtiment sera calculée plus tard dans le chapitre « Concrétisation »). La transformation des 752 MWh_{th}/an d'énergie thermique produits par la mini-centrale pourrait représenter jusqu'à 75 MWh_{el}/an en plus. L'énergie verte produite localement pourrait donc atteindre au maximum 1.665 MWh_{el}/an. (Fig. 21)

En sachant qu'il y a 504 ménages dans le secteur statistique, le surplus de consommation (136 MWh_{el}/an pour un cas défavorable où 0 kWh thermique ne sont pas transformés) pourrait être partagé entre ces ménages et constituerait un nombre de kWh_{el} à utiliser sur une année. Ici, $135.947,13/504 = 270$ kWh_{el}/an seraient utilisés librement par les ménages, laissant la liberté à chacun de choisir le confort qu'il s'accorde. A titre d'exemple, un frigo combiné de 200L label A+ consomme 212 kWh/an, un ordinateur écran plat consomme 107 kWh/an, une télévision LCD de 80cm en consomme 185 kWh/an et une machine à laver classe AAA de 5kg consomme 135 kWh/an (Bruxelles Environnement, 2009).

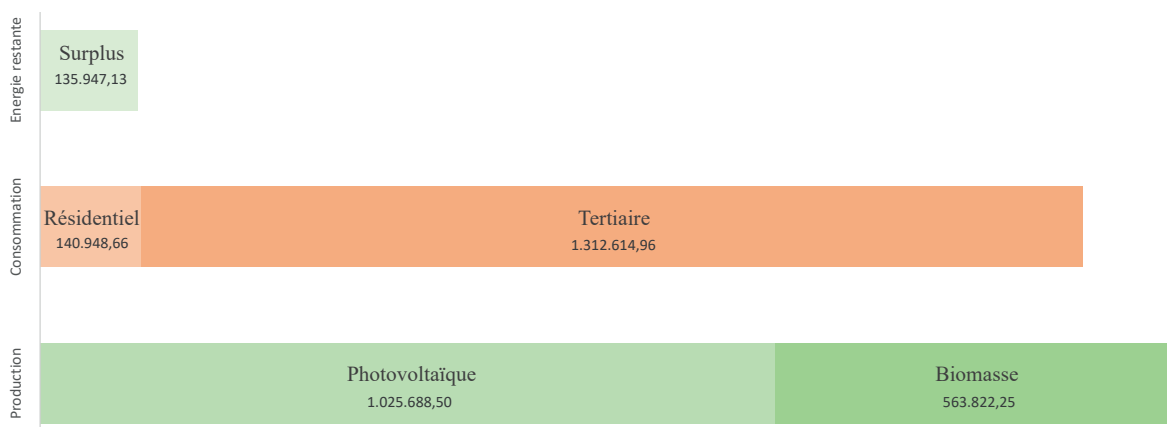


Figure 21 : Synthèse des productions et consommations du secteur statistique (kWh/an)

Source : Document réalisé par l'auteur

Concrétisation

1. Rôle du projet

La concrétisation de toutes ces analyses réalisées s'exprime par l'aménagement d'un bâtiment existant en maison commune pour l'ensemble des habitants du secteur statistique.

Dans mon scénario imaginé, ce bâtiment aura le rôle de maison commune ouverte à tous les habitants du secteur statistique et regroupera plusieurs fonctions partagées que les ménages n'auront plus chez eux puisqu'ils auront diminué leur consommation d'énergie, en se privant des équipements trop énergivores. La maison commune devient donc un lieu de rassemblement où les habitants partagent des fonctions indispensables mutualisées qui requièrent de l'énergie. Ce bâtiment peut être une réelle valeur ajoutée au quartier à plusieurs niveaux. Les fonctions imaginées dans le programme auront aussi pour but de fédérer les habitants autour du projet énergétique de production locale et de mutualisation. Il est intéressant de se pencher sur ce qui se fait déjà, dans les campagnes notamment, pour réaliser le potentiel sociétal d'un tel projet.

L'analyse socio-anthropologique de Laure Dobigny est une étude intéressante sur ce sujet. L'étude est réalisée sur quatre communes rurales allemandes et autrichiennes qui ont développé différentes alternatives. Ces quatre communes ont des habitants qui partagent uniquement le fait de résider au même endroit et de vouloir changer de système énergétique. Dans ces villages, on retrouve différentes améliorations : « En construisant un autre rapport à l'énergie, ces alternatives concrètes au système énergétique actuel révèlent alors avant tout un désir d'alternative sociétale, tant de notre rapport à la nature que de nos rapports sociaux. » (Dobigny, 2012, p. 140). L'énergie est moins couteuse pour ces habitants puisqu'elle est produite localement. Cette production crée et maintient des emplois par le nettoyage, l'entretien ou l'alimentation des machines. Pour les communes utilisant des centrales de méthanisation ou de biomasse, le point intéressant est la place que reprend l'agriculteur au sein de la commune. La production de déchets verts en masse suite aux récoltes agricoles constitue une source d'énergie disponible et exploitable pour l'alimentation énergétique du village. A l'image de la place importante qu'avaient les agriculteurs dans le temps par leur rôle de fournisseurs de nourriture, ils ont ici la possibilité de reprendre cette place dans la vie du village en l'alimentant aussi énergétiquement.

Molenbeek est un territoire qui s'inscrit particulièrement bien dans cette dynamique puisque, jusqu'à la fin du 18^e siècle (arrivée de l'industrialisation à Molenbeek), c'était encore un village qui avait pour but de fournir la nourriture à la ville de Bruxelles. La commune doit son nom aux nombreux cours d'eau et à la présence de plusieurs moulins à eau (Molen = moulins, beek = ruisseau) (Molenbeek1080, 2020).

A travers ces projets autour de l'énergie, une véritable identité collective se crée par les liens générés. « La production d'énergie devient donc “ lieu ” de co-habitation entre les habitants, de part la coopération autour de celle-ci, mais aussi la compréhension du système de production, qui unit les habitants en conciliant voire ré-conciliant leurs diverses attentes. » (Dobigny, 2012, p. 147).

Certaines communes constatent aussi un tourisme d'un nouveau genre, l'« éco-tourisme ». Ce tourisme est généré par la curiosité de ceux qui veulent voir comment fonctionne ce projet et comment il a été mis en œuvre. Dans un des villages analysés, à Güssing en Allemagne, le maire a initié l'autonomie énergétique dans le but de remédier au chômage, à la pauvreté et au vieillissement de sa population. Cette initiative a fonctionné puisque 1.100 emplois se sont

créés en dix ans. On voit ici que ces décisions ont conduit à une nouvelle organisation sociale (Dobigny, 2012).

Cette étude montre tous les facteurs sociétaux qui peuvent être générés suite à une initiative de production locale et de mutualisation comme celle mise en place dans le secteur statistique. Le but du bâtiment est donc de mettre en place une dynamique locale autour de l'énergie, et que cette dynamique dépasse l'aspect énergétique en générant des liens sociaux par sa compréhension.

Le bâtiment choisi pour accueillir ces différentes fonctions est un bâtiment existant. Il est situé au centre du secteur statistique ce qui lui permet d'être facilement accessible pour les habitants. Ce bâtiment abrite actuellement un poste de transformation électrique haute tension. Puisque, dans la situation envisagée, l'énergie sera produite localement, les postes de transformation n'auront plus d'utilité, ce qui permet de libérer le bâtiment et de le rénover de manière symbolique en maison commune avec tous les équipements nécessaires.

2. Ambiance de la maison commune

L'atmosphère du lieu se traduit par la manière dont les espaces sont aménagés et par les liens créés avec ses utilisateurs. C'est donc un aspect important au bon fonctionnement de cette maison commune d'un nouveau genre.

Pour créer des liens sociaux dans un bâtiment autour du thème de l'énergie, je me suis inspiré des habitats participatifs qui regroupent des équipements mutualisés dans des bâtiments communs privés (Fig. 22 à 32). C'est en quelque sorte une représentation à plus petite échelle de la situation du secteur statistique car ce sont les habitants qui imaginent ensemble les espaces dans lesquels ils vont vivre ainsi que ceux qu'ils vont partager. La gestion du bâtiment est assurée par tous ses résidents par le biais de réunions entre eux toutes les deux semaines par exemple, c'est le principe des coopératives d'habitants. (Temps présent, 2018)

Les ZAD⁷ en France sont aussi une source d'inspiration intéressante puisqu'elles regroupent des personnes qui souhaitent vivre dans un système différent que celui mis en place actuellement, ce qui engendre des manières de vivre et de fonctionner différentes. Les espaces de vie imaginés dans ces lieux sont souvent miroir de cette manière différente de vivre (Fig 33 à 35).



Figure 22 : Espaces extérieurs de l'habitat groupé Brutopia
Source : Brutopia, Bruxelles (crédit : Brecht Van Maele)

⁷ ZAD = Espace, le plus souvent rural, occupé par des militants s'opposant à un projet d'aménagement qu'ils estiment inutile, coûteux et susceptible de porter atteinte à l'environnement et à l'intérêt des populations locales (Cet emploi du terme constitue un détournement de sens de l'acronyme ZAD [zone d'aménagement différé]). (Larousse, 2020)



Figure 23 : Goûter des enfants une fois par semaine
Source : Soubeyran, Genève (Temps présent, 2018)



Figure 24 : Réunion hebdomadaire des habitants
Source : Soubeyran, Genève (Temps présent, 2018)



Figure 25 : Dîners collectifs des habitants d'immeuble partagé
Source : Cohabitat Québec (Future, 2014)



Figure 26 : Salle commune et cuisine partagée
Source : Cohabitat Québec (Future, 2014)



Figure 27 : Atelier formatif pour les habitants
Source : Cohabitat Québec (Future, 2014)



Figure 28 : Atelier bricolage avec outils partagés
Source : crédit : Adrien Poullain



Figure 29 : Salon commun propice aux rencontres
Source : Cohabitat Québec (Future, 2014)



Figure 30 : Buanderie partagée
Source : Strasbourg, France (Temps présent, 2018)



Figure 31 : Espace dédié au séchage du linge
Source : Soubeyran, Genève (Temps présent, 2018)



Figure 32 : Partage extérieur improvisé
Source : Soubeyran, Genève (Temps présent, 2018)



Figure 33 : Cabane commune comme lieu de réunion
Source : ZAD, Notre-Dame-des-Landes
(Konbini, 2018)



Figure 34 : Bibliothèque aménagée
Source : ZAD, Notre-Dame-des-Landes
(Konbini, 2018)



Figure 35 : Espace de lecture
Source : ZAD, Notre-Dame-des-Landes
(Konbini, 2018)

3. Programme et organisation du bâtiment

Après avoir exploré toutes les possibilités sur le site, une série d'équipements mutualisés doit se retrouver dans la maison commune. Parmi ces équipements, on retrouve ceux liés à la cuisine, à la buanderie et les différents équipements électroniques d'un ménage.

Le bâtiment rénové est organisé en différents plateaux ouverts qui regroupent chacun une fonction différente. Ces plateaux sont reliés entre eux par des rampes permettant l'accès à tous, de manière douce. Les rampes ont été préférées à l'ascenseur pour limiter au maximum la consommation d'énergie du bâtiment. Pour la même raison, les espaces de circulation comprenant les rampes ne sont pas isolés ni chauffés.

3.1. Cuisine

Les ménages se retrouvant sans cuisine personnelle à domicile, deux types d'espace cuisine sont alors envisagés comme alternative, la cuisine de la collectivité et les cuisines en libre accès.

Cuisine de la collectivité

Le principe part du constat que les ménages n'ont plus de quoi cuisiner eux-même chez eux. La cuisine de la collectivité est donc une cuisine toute équipée qui est gérée par un groupe de cuisiniers proposant, chaque jour, des repas pour le midi et le soir destinés aux habitants du secteur statistique. Cette fonction permet d'une part de mutualiser au maximum les besoins liés à la cuisine et d'autre part de créer de l'emploi au sein du quartier. (Fig. 36)

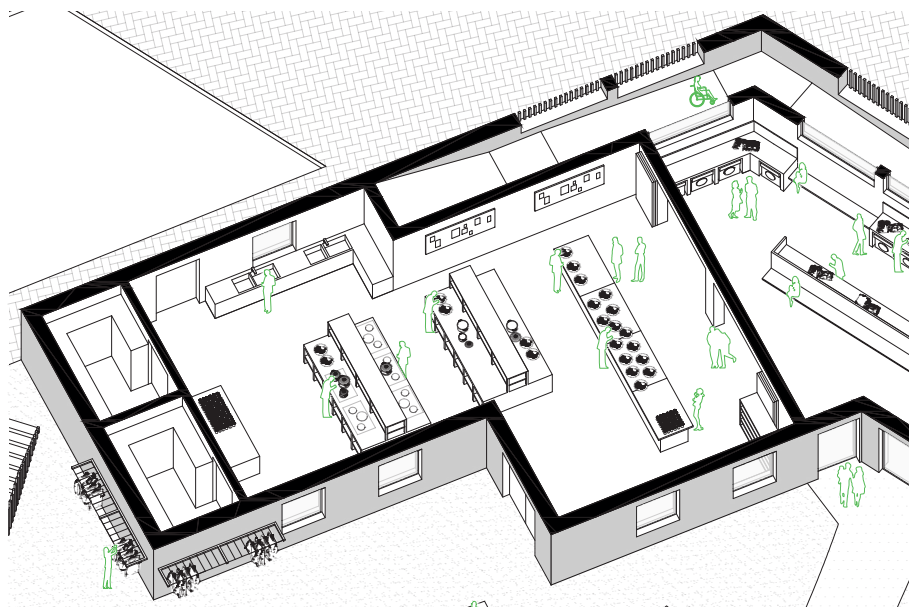


Figure 36 : Aménagement imaginé de la cuisine de la collectivité
Source : Document réalisé par l'auteur

Cuisine en libre accès

Ces cuisines sont des postes tout équipés qui permettent aux ménages de cuisiner à tour de rôle des repas via un système de tournante des équipements. Ces cuisines seraient utilisées pour des occasions nécessitant une recette spécifique comme des anniversaires ou des repas de famille, etc. Elles peuvent aussi permettre de varier les repas si ceux distribués par la cuisine de la collectivité ne conviennent pas ou encore de contenter les passionnés de cuisine. (Fig. 37)

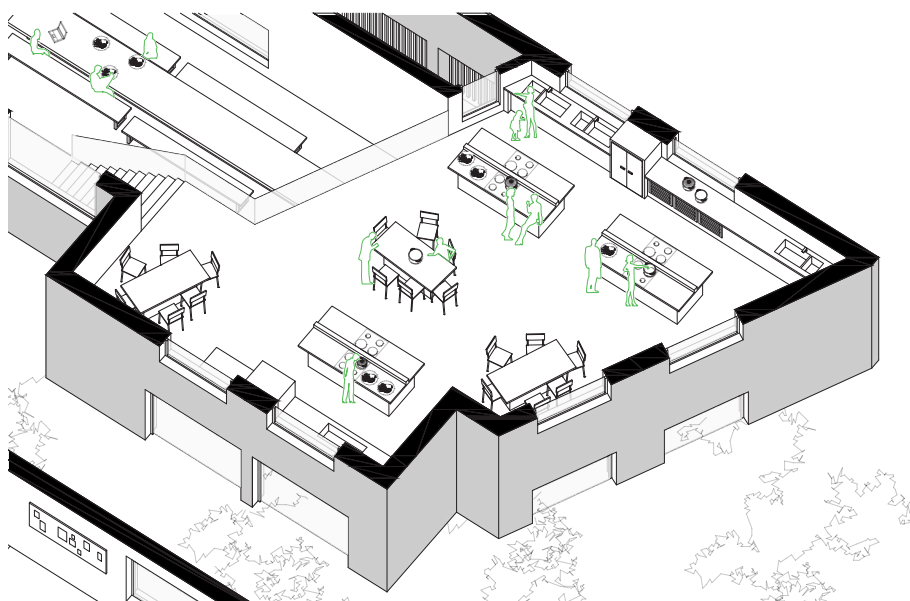


Figure 37 : Aménagement imaginé des cuisines en libre accès
Source : Document réalisé par l'auteur

3.2. Cantine

L'espace cantine est composé de grandes tables très longues invitant à partager les repas. Les salles à manger étant une fonction conservée dans les ménages, le but n'est pas de proposer la mutualisation de cette fonction mais d'offrir la possibilité de manger sur place si c'est plus facile. La cantine accompagne les cuisines en libre accès pour pouvoir manger directement après avoir cuisiné sans retourner chez soi ou pour patienter lorsqu'on accompagne une personne qui cuisine. (Fig. 38)

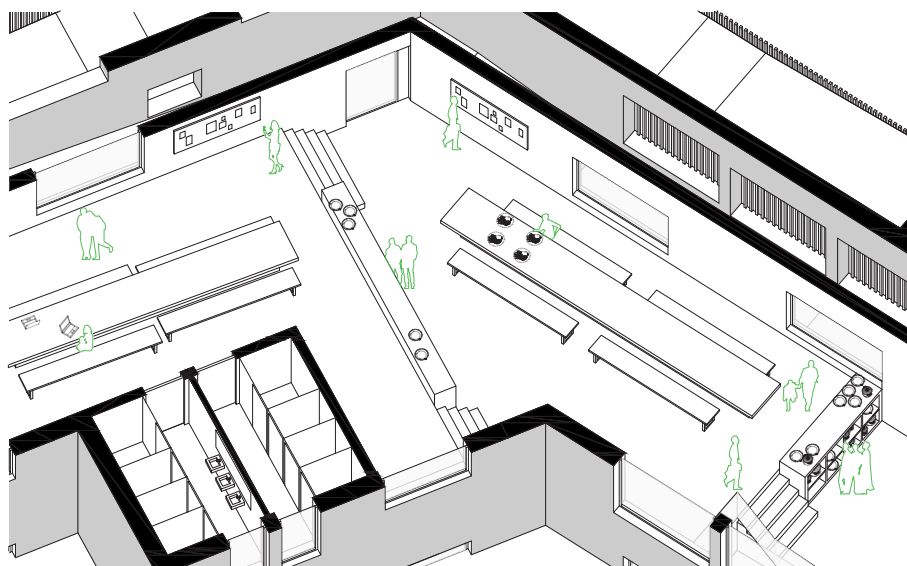


Figure 38 : Aménagement imaginé de la cantine
Source : Document réalisé par l'auteur

3.3. Laverie

La laverie regroupe les machines à laver et les fers à repasser. Les sèche-linges sont écartés, laissant place à des espaces de séchage permettant d'étendre son linge dans le bâtiment et à l'extérieur mais aussi au sein des ménages. L'espace de laverie se retrouve mêlé à d'autres fonctions pour pouvoir faire plusieurs choses en même temps en attendant que le linge soit

lavé. Cette disposition permet aussi de répartir la fréquentation du lieu en laissant plus de liberté aux utilisateurs. C'est aussi l'occasion de moins scinder les fonctions entre-elles permettant de stimuler des liens sociaux entre les habitants. La rencontre pourrait permettre d'augmenter l'entraide entre les habitants, générant des activités comme des échanges d'habits ou de matériels utilisés, d'installer des valves permettant la pose de petites annonces, etc. Cet espace serait également propice aux interactions intergénérationnelles. (Fig. 39 et 40)

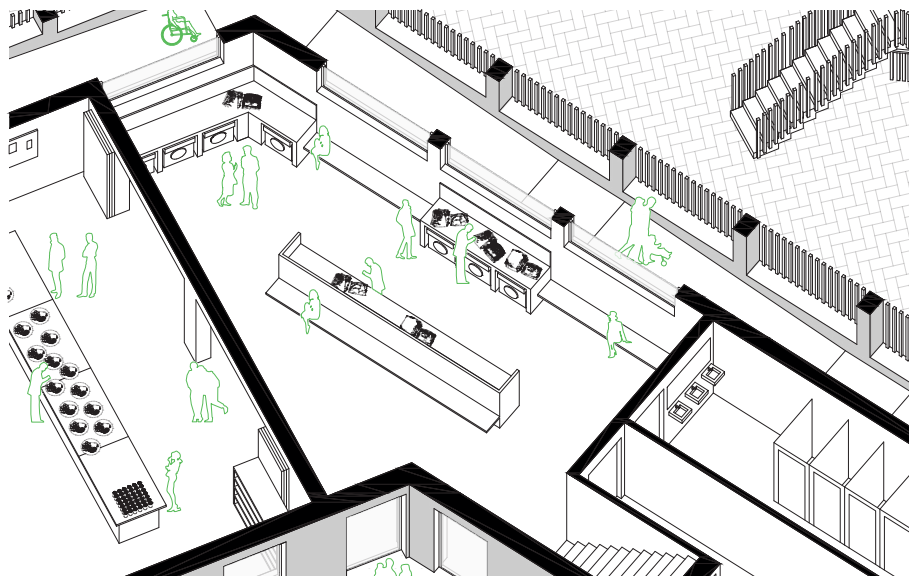


Figure 39 : Aménagement imaginé de la laverie
Source : Document réalisé par l'auteur

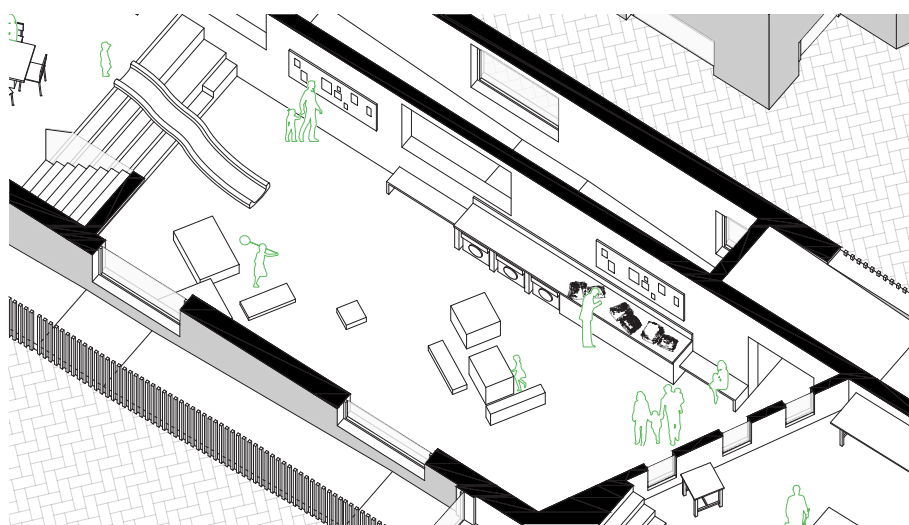


Figure 40 : Aménagement imaginé de la laverie
Source : Document réalisé par l'auteur

3.4. Espace multimédia

Cet espace est destiné à l'utilisation d'ordinateurs personnels et autres objets électroniques dont l'utilisation n'est plus possible à domicile. C'est aussi un espace de détente propice à la lecture ou au jeu, permettant de se mêler aux autres fonctions du bâtiment de manière complémentaire. Il comprend aussi une zone de bricolage pour l'utilisation de machines nécessitant de l'électricité ainsi qu'un espace de projection pour réaliser des exposés en grand groupe ou la projection de films. L'espace multimédia est donc celui qui lie les autres espaces entre eux provoquant des notions de rencontre et de vivre ensemble. (Fig. 41 et 42)

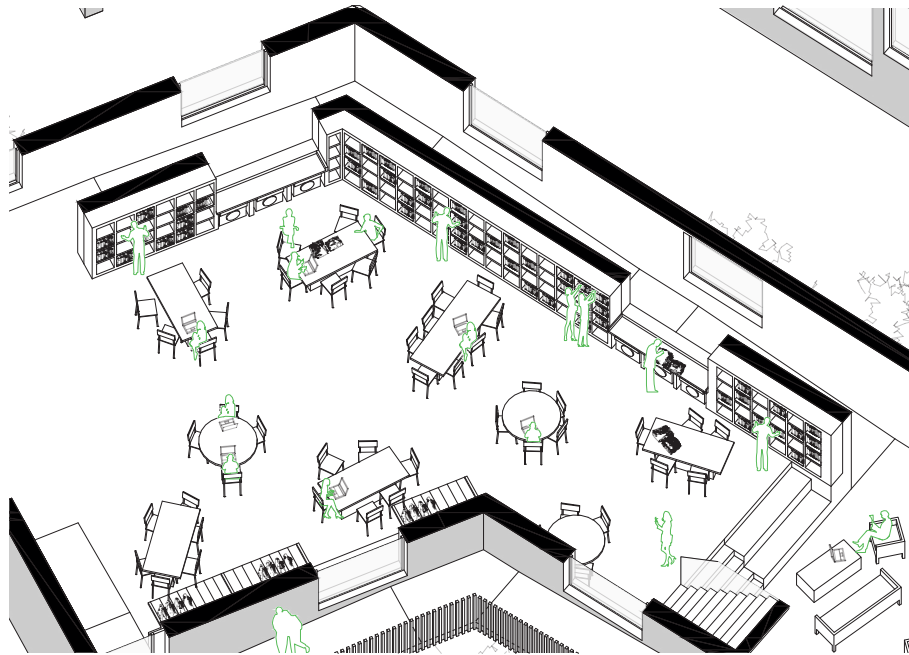


Figure 41 : Aménagement imaginé de l'espace multimédia
Source : Document réalisé par l'auteur

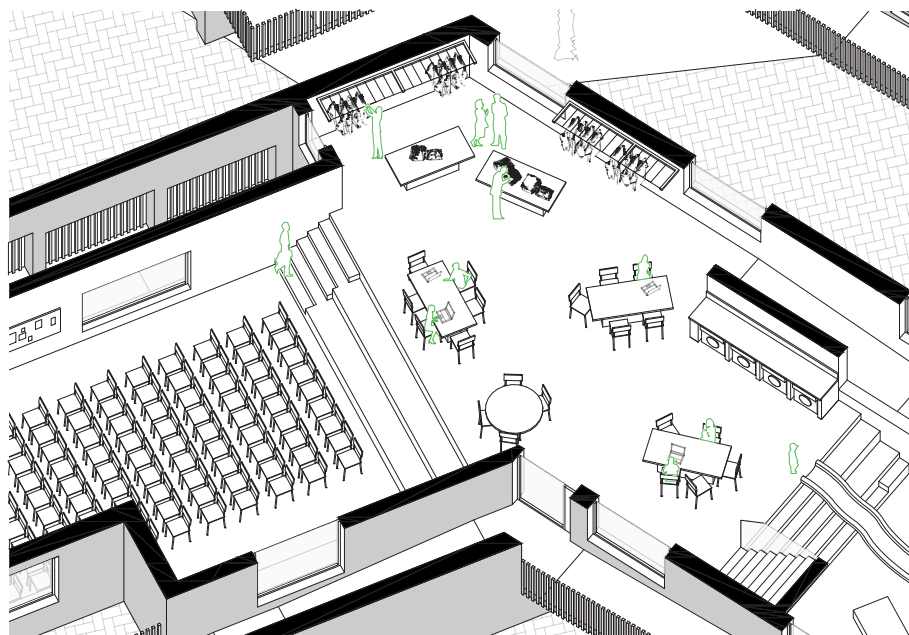


Figure 42 : Aménagement imaginé de l'espace multimédia
Source : Document réalisé par l'auteur

3.5. Unité de production

La micro-centrale à cogénération biomasse qui produit une bonne partie de l'électricité du secteur statistique est implantée à côté de la maison commune. Cette position proche du bâtiment est importante car la production et la gestion de l'énergie est une affaire centrale pour le bon fonctionnement du secteur statistique. Il est donc important d'orienter complètement le bâtiment autour de cette unité de production pour sensibiliser les utilisateurs sur l'énergie consommée et produite. Les différents déchets produits au sein du bâtiment comme les déchets alimentaires des cuisines et les déchets provenant des toilettes sont utilisés aussi comme source d'énergie pour la micro-centrale. Au sein du bâtiment, les techniques sont visibles et annotées pour sensibiliser à la consommation de l'énergie. Les déchets verts des habitants sont stockés dans cette unité de

production, les habitants sont donc amenés à comprendre le système puisqu'ils sont acteurs dans toutes les étapes : l'approvisionnement, la production et la consommation. (Fig. 43)

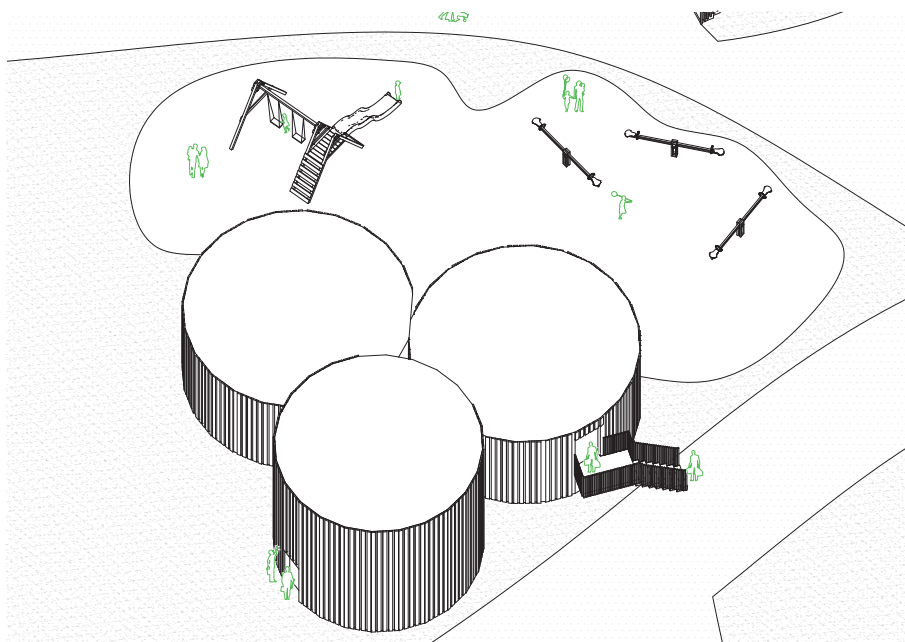


Figure 43 : Aménagement imaginé de l'unité de production
Source : Document réalisé par l'auteur

4. Conséquences pour les ménages

Les choix qui ont été fait précédemment ont des conséquences sur les modes de vie des ménages au sein de leurs logements. Ces bouleversements s'effectuent à plusieurs niveaux, ils sont développés dans ce chapitre.

Nouveaux espaces

Le fait de mutualiser certaines fonctions libère de l'espace dans le ménage. Cette opération apporte un vrai confort aux ménages dans ce quartier de Molenbeek où les logements sont souvent très petits par rapport au nombre de personnes qui y habitent. En effet, en 2001, la superficie moyenne par habitant était de 21,63 m² alors que la moyenne régionale se situait à 35,58 m²/hab (Ibsa, 2001). Les espaces désormais libérés deviennent sujet à agrandir les espaces de séjour. L'espace dédié à la cuisine et à la buanderie auparavant peut prendre d'autres fonctions comme un agrandissement du salon ou de la salle à manger, la création d'une salle de jeux pour les enfants, l'aménagement d'une chambre en plus pour accueillir un membre de la famille ou l'agrandir, une zone de stockage pour le bois de chauffage, un espace de séchage pour les vêtements passés à la machine ou simplement de l'espace supplémentaire à dédier au rangement.

Nouvelles habitudes quotidiennes

Le chauffage a des conséquences importantes sur la manière de vivre dans son logement puisque, dans l'hypothèse de fonctionnement du chauffage émise, les pièces ne seront pas toutes chauffées. Le choix des pièces chauffées par les ménages influencera donc sur les lieux les plus fréquentés en période hivernale. Si les chambres ne sont pas chauffées mais isolées par exemple, il faudra s'équiper de gros pulls et de couettes dans les moments les plus froids. Les habitants seront encouragés à chauffer moins et à se couvrir plus dans le but de consommer moins d'énergie.

Nouveaux liens sociaux

L'équipement de foyer à bois dans les ménages transformera potentiellement les liens familiaux. Si le choix est fait par le ménage de privilégier le chauffage des pièces de séjour (que l'on peut imaginer comme situation la plus courante), elles deviendront plus que jamais des lieux où se réchauffer et se réunir. Le temps passé dans les pièces non chauffées sera réduit au minimum lors des périodes de froid, incitant au partage et au vivre ensemble au sein de l'habitation.

Nouvelles organisations

Les manières de s'alimenter et de s'approvisionner en nourriture changeront, l'absence de frigo et de congélateur de grand volume obligeront les familles à effectuer les courses fraîches au jour le jour. Dans les moments les plus chauds, les boissons fraîches ne pourront pas être stockées en grande quantité, il faudra alors aller chercher sa boisson au magasin du coin ou dans la maison commune au moment où on la désire. Ce sera une toute nouvelle gestion de son temps à adopter.

Ces changements d'habitude dans les modes de vie peuvent paraître très utopiques cependant on sait que l'homme est capable de s'adapter à ce genre de situation. Dans les pays européens, on a pris l'habitude de ne plus se questionner sur certains éléments de confort acquis comme l'électricité ou l'eau courante. C'est lorsque survient une panne de ces ressources que l'on se rend compte de notre dépendance au système énergétique actuel. De la même manière que la crise sanitaire du coronavirus que nous traversons pour le moment nous montre l'importance qu'ont les liens sociaux réels par rapport à ceux virtuels.

Hélène Subrémon (Subrémon, 2010) analyse la panne de courant comme élément révélateur de la vulnérabilité des conditions citadines. Elle a recueilli plusieurs récits inspirants sur des expériences de pénurie qui témoignent de l'adaptabilité de l'homme lorsqu'il est mis au pied du mur. Les témoignages résumés ci-après sont tous issus de cet article. Ils donnent un aperçu des alternatives possibles lorsque des habitants se trouvent en situation de manque ou d'absence d'énergie.

Témoignage n°1

Une première dame évoque la panne de chauffage qu'elle a connu durant un week-end d'hiver. « Elle raconte comment elle habillait les enfants plus chaudement qu'à l'habitude et comment ils devaient se résoudre à se coucher plus tôt pour trouver la chaleur de leur lit. [...] Cette réaction de Bénédicte concourt ainsi à démontrer que les limites du système technique, ici représentées par la panne, donnent à voir des compétences, des manières de faire qui, dans les circonstances habituelles, sont masquées ou effacées par la performance technique. » (Subrémon, 2010, p.6).

Témoignage n°2

Un homme raconte sa situation lors des grèves des mineurs en Grande-Bretagne dans les années 70 où les coupures d'énergie se produisaient régulièrement au cours d'une journée. « Après réflexion et pour faire face à des situations de coupures répétées, il se résout à travailler pendant la journée à l'université puisqu'il n'avait ni lumière, ni chauffage dans son logement de l'époque. [...] On s'adapte, on s'arrange et on déplace ses activités pour s'épargner trop de perturbations dans ses habitudes. [...] La rupture d'alimentation en énergie force à repenser sa façon de travailler, mais surtout recompose son territoire pour avoir de nouveau accès à de l'énergie disponible en un lieu. » (Subrémon, 2010, p.7).

Témoignage n°3

Pour ce témoignage, l’auteure relate les analyses de Denise Douzant Rosenfeld et Laura Faxas qui traitent de la défaillance des équipements urbains à Santo Domingo en République Dominicaine. (Douzant Rosenfeld et Faxas, 1993) « *“Lorsqu’on ne sait plus si l’on aura ou non de l’électricité, on change ses habitudes [...] On se lève en pleine nuit pour repasser, faire tourner le linge, taper sur l’ordinateur, étudier, etc. On achète les produits frais au jour le jour, on n’a plus confiance dans les produits alimentaires surgelés”* »
« Enfin, la vie sociale se recompose autour des espaces qui disposent d’énergie. *“La vie sociale est aussi perturbée, les réunions moins fréquentées, les cinémas désertés. On se fait raconter le dernier épisode du feuilleton (telenovela) que l’on a raté par celle qui avait la chance d’avoir du courant à la bonne heure. (...) Quand on désire une bière fraîche, on se rend à l’épicerie qui est devenue le lieu privilégié de rencontre sociale, le lieu d’information, le lieu des échanges entre voisins, entre habitants d’autres quartiers.”* » (Subrémon, 2010, p.8).

Témoignage n°4

Ce dernier témoignage traite la question au sens large et évoque un autre modèle de société possible, inspiré des cas de pénurie. L’auteure nous parle de Mike Davis qui exprime les restrictions en temps de guerre aux Etats-Unis. (Davis, 2007) « Il se souvient alors que les habitants des grandes villes abandonnaient leurs voitures pour leur vélo, développaient des systèmes de covoiturage et ‘des jardins de la victoire’ issus d’une campagne publique qui incitait celles et ceux qui disposaient d’un petit espace extérieur de le cultiver en potager plutôt que d’étaler leur gazon. *“Au-delà de répondre à des besoins alimentaires, cette horticulture de guerre contribua à nourrir un imaginaire spontané d’autosuffisance et d’écologie urbaine, même si le concept n’existait pas encore à l’époque.”* Ces restrictions montrent que les modes de vie américains, connus pour leur opulence, sont capables de se ré-examiner et de se restreindre pour répondre aux nécessités patriotes. » (Subrémon, 2010, pp. 10-11).

Ces quatre témoignages démontrent qu’il est tout à fait réaliste d’imaginer une alternative au système actuel abondant en énergie de toutes sortes. Il faut, certes, passer par un bouleversement profond de nos manières d’habiter car il traite de nos habitudes les plus simples comme de la manière de faire ses courses et de stocker sa nourriture, mais aussi nos habitudes sociales. Cependant, ces changements sont réalisables puisque si, un jour, nous connaissions une situation subite d’effondrement des ressources, nous n’aurions pas d’autres choix que celui de nous adapter.

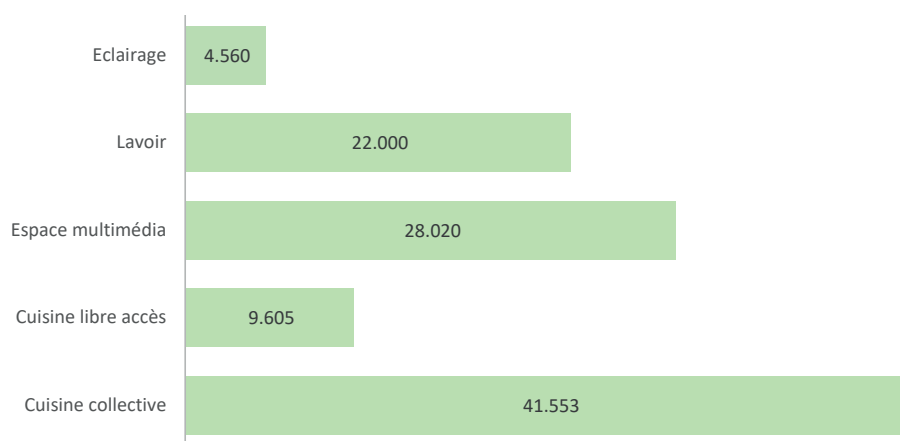
A travers ces témoignages, le rôle de la maison commune se confirme. Elle aura pour but d’accueillir les habitants du secteur statistique qui veulent s’évader de chez eux, se réchauffer, se nourrir ou profiter de l’électricité produite localement.

5. Energie délocalisée

Le projet étant clairement défini, il faut maintenant calculer la consommation précise de ce bâtiment commun dans le but d'obtenir la consommation finale de la zone analysée et d'identifier le surplus d'énergie à répartir dans les ménages.

Le calcul de cette étape a été réalisé en énumérant précisément tous les équipements nécessaires au fonctionnement des espaces imaginés. Ces équipements sont ensuite décomposés et leur consommation est calculée en fonction de la puissance, du temps d'utilisation et du degré d'utilisation des appareils (Annexe 18).

L'estimation de la consommation pour le chauffage est basée sur les chiffres déjà utilisés lors du calcul de la consommation des bâtiments (Annexe 4 et 5.1). Par sa fonction, le bâtiment se rapproche d'une utilisation similaire à celle d'un bâtiment culturel. C'est pourquoi, pour estimer les besoins en chauffage et en éclairage du bâtiment, je me suis basé sur les chiffres de consommations moyen des bâtiments culturels. La consommation de chaque espace au sein du bâtiment est synthétisée dans le tableau récapitulatif suivant (Fig. 44).



Consommation chauffage
TOTAL 237.888,00 kWh/an

Consommation électrique
TOTAL 105.737,40 kWh/an

Figure 44 : Consommations de la maison commune par espace (kWh/an)

Source : Document réalisé par l'auteur

Une fois les besoins de chauffage calculés en fonction de la surface intérieure du bâtiment, la transformation de la chaleur produite en surplus par l'unité de cogénération peut être transformée en électricité, augmentant ainsi le potentiel de production électrique du site (Fig. 45).

Cogénération transfo chaleur -> électricité		
Besoin chauffage maison commune	237.888,00	kWh/an
Production chauffage par cogen.	751.763,00	kWh/an
Chaleur à valoriser	513.875,00	kWh/an
Rendement 10%		
Electricité valorisée	51.387,50	kWh/an

Figure 45 : Récapitulatif de la transformation de chaleur en électricité

Source : Document réalisé par l'auteur

Pour synthétiser, les chiffres obtenus au cours de ce travail sont répartis en 3 parties : la consommation électrique, la consommation de chauffage et la production électrique.

La consommation électrique est composée de celles des bâtiments tertiaires de 1.313 MWh/ an, des bâtiments résidentiels de 141 MWh/an et du bâtiment de la maison commune de 106 MWh/an. Le total atteint 1.559 MWh/an.

Pour la consommation de chauffage, elle ne concerne que celle de la maison commune puisque les ménages utilisent principalement les foyers au bois comme source de chaleur. Cette consommation s'élève à 238 MWh/an.

Le solaire et la biomasse représentent respectivement 1.026 MWh/an et 615 MWh/an des 1.641 MWh d'électricité produit en une année dans le territoire du secteur statistique.

En calculant la différence entre l'énergie consommée et l'énergie produite, on obtient un chiffre de 82 MWh/an. Cette quantité d'électricité est le surplus d'énergie disponible pour les ménages par an. Pour donner une idée de l'électricité disponible dans les ménages, je considère qu'elle est répartie uniformément, permettant l'utilisation libre de 162 kWh par an et par ménage (Fig. 46). Cependant, la répartition sera sûrement plus équitable en ramenant le surplus d'énergie utilisable par personne et non pas par ménage afin de répondre aux mieux à la demande, qu'il s'agissent d'un grand ou d'un petit ménage. En sachant que 1.074 personnes habitent au sein du secteur statistique, la capital électricité par personne sera de 76 kWh/an soit l'équivalent de la consommation annuelle d'un four à micro-onde ou d'une friteuse.

Résumé complet		
Consommations électriques		
Bâtiments tertiaires	1.312.614,96	kWh/an
Bâtiments résidentiels	140.948,66	kWh/an
Maison commune	105.737,40	kWh/an
TOTAL	1.559.301,02	kWh/an
Consommation chauffage		
Chauffage maison commune	237.888,0	kWh/an
Production électrique		
Solaire	1.025.688,50	kWh/an
Biomasse	615.209,75	kWh/an
TOTAL	1.640.898,25	kWh/an
Surplus d'énergie	81.597,23	kWh/an
Nombre de ménage	504	
Energie disponible/ménage	161,90	kWh/an

Figure 46 : Synthèse des consommations et productions finales du site étudié
Source : Document réalisé par l'auteur

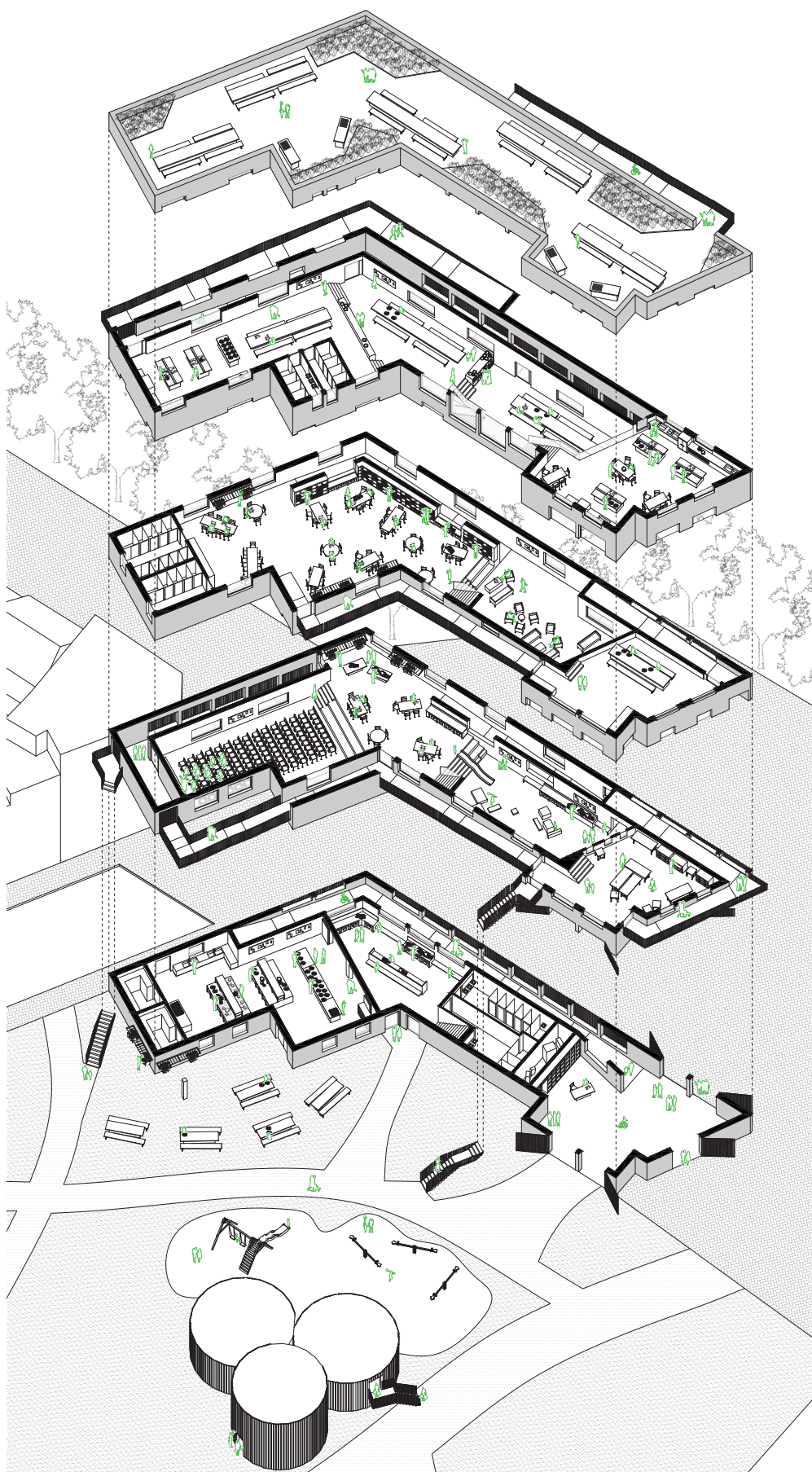


Figure 47 : Axonométrie éclatée de la maison commune
Source : Document réalisé par l'auteur

Conclusion

Tout d'abord, je remarque que l'objectif initial qui était d'atteindre l'autosuffisance énergétique du secteur statistique a été atteint. Il permet même aux ménages de jouir d'un peu d'électricité par an à se répartir.

Toutefois, je me suis rendu compte au cours de la réalisation de ce travail qu'un tel système présentait parfois quelques limites. Par exemple, lors de l'étude de la consommation des bâtiments, j'ai dû me baser sur des chiffres moyens, qui représentent une idée des consommations de chaque bâtiment mais qui relève de peu de précisions puisqu'il s'agit de moyenne. Pour affiner les calculs réalisés, il faudrait donc se baser sur des consommations plus précises. Cette réflexion est la même pour l'isolation supposée des bâtiments résidentiels lors de l'estimation de la demande énergétique pour le chauffage. Une étude encore plus poussée sur le niveau d'isolation de ces bâtiments (composition des murs en contact avec l'extérieur et des murs mitoyens) pourrait permettre d'obtenir des résultats plus précis.

Je me rends compte aussi qu'une limite est atteinte dans l'objectif de production locale d'énergie. Lors de l'étude du chauffage, par exemple, je conclus que la meilleure des possibilités est qu'il soit réalisé par un foyer à bois. Cependant, il n'y a pas de possibilité de se procurer du bois en quantité suffisante au sein du secteur statistique analysé. La limite géographique de production locale s'étend donc un peu plus loin que les limites du secteur statistique fixées initialement.

Lors de ce travail, j'ai imaginé un grand nombre de mesures visant à réduire la consommation d'énergie du secteur statistique. Cette réduction d'énergie dans la consommation des ménages pourrait être poussée encore plus loin. Je me suis arrêté à ce stade car je trouve que si je continue à réduire la consommation des ménages, il arrivera un moment où ça deviendra trop inconfortable pour les habitants. Ces notions de confort et d'inconfort varient en fonction de chaque personne, de ses ressentis et de son vécu. Une étude au cas par cas serait donc à ce stade nécessaire pour approfondir le sujet.

Pour conclure, il ne me reste plus qu'à espérer que le 30 janvier 2055, la petite Belgique et ses 12.229.332 habitants se réveilleront, après une bonne nuit au chaud sous la couette, heureux :
de partager un café autour du feu dans la pièce de vie familiale,
de déjeuner avec les habitants du quartier dans l'espace de cantine,
de se répartir les tâches de la journée pour la gestion de l'électricité verte,
de profiter de moments de partage autour de l'atelier de bricolage,
d'échanger en étendant leur linge dans la laverie,
de s'émerveiller ensemble de la vue sur Bruxelles depuis le toit de la maison commune
pour enfin se coucher chez soi, serein de respecter l'environnement.

Annexes

Annexe 1 : Consommation d'électricité et de combustible moyenne des bâtiments en Wallonie par fonctions
Source : <https://energieplus-lesite.be>

Fonction	Type	Unité de calcul	Taille	Conso. Elec. moyenne (kWh/unité de calcul/an)	Conso. Chauffage moyenne (kWh/unité de calcul/an)
Commerces	De gros et de détails	m ²	400 - 2 500	97	135
		m ²	> 2 500	73	64
		m ²	550 - 2 100	454	162
		m ²	2 793 - 32 000	292	143
Loisirs	Centres culturels	m ²	170 - 7 171	59	177
		m ²	300 - 1 600	929	2.352
		m ²	208 - 6 035	50	150
		lits	27 - 650	13.700	19.260
Santé	Hopitaux tous types	m ²	1 323 - 74 153	122	194
		emplois	30 - 1 772	5.140	8.500
		lits	27 - 486	14.750	18.100
		lits	30 - 650	4.170	16.220
	Hopitaux généraux Hopitaux psychiatriques Homes et maisons de repos	lits	26 - 325	3.250	9.250
		m ²	77 - 17 963	72	199
		emplois	8 - 219	4.580	12.530
		élèves	12 - 2 100	379	1.830
Enseignement	Communautés	m ²	265 - 27 020	27	127
		élèves	57 - 996	323	2.181
		m ²	270 - 19 806	26	178
		élèves	99 - 2 845	217	1.055
Horeca	Libre et privé	m ²	800 - 23 000	24	114
		m ²	250 - 13 000	111	204
		m ²	200 - 600	618	563
		m ²	200 - 25 152	138	102
Bureaux	Secteur privé	emplois	7 - 850	5.620	4.430
		m ²	80 - 18 924	65	165
		emplois	1 - 650	2.300	5.650
		emplois			

En kWh/an	Conso. de référence selon « Self Checkup des consommations » de l'ABEA, édité par Bruxelles Environnement				Interprétation du tableau	
	ECS élec. + Cuisinière élec.	ECS élec. (cuisinière autre)	Cuisinière électrique (ECS autre)	Ni ECS élec. Ni Cuisinière élec.	Conso. ECS électrique	Conso. Cuisinière électrique
1 personne	3.700	2.900	2.800	2.000	900	800
2 personnes	4.600	3.800	2.800	2.000	1.800	800
3 personnes	5.900	5.100	3.200	2.400	2.700	800
4 personnes	7.200	6.400	3.600	2.800	3.600	800
5 personnes	8.500	7.700	4.000	3.200	4.500	800
6 personnes	9.800	9.000	4.400	3.600	5.400	800
7 personnes	11.100	10.300	4.800	4.000	6.300	800
8 personnes	12.400	11.600	5.200	4.400	7.200	800
9 personnes	13.700	12.900	5.600	4.800	8.100	800
10 personnes	15.000	14.200	6.000	5.200	9.000	800

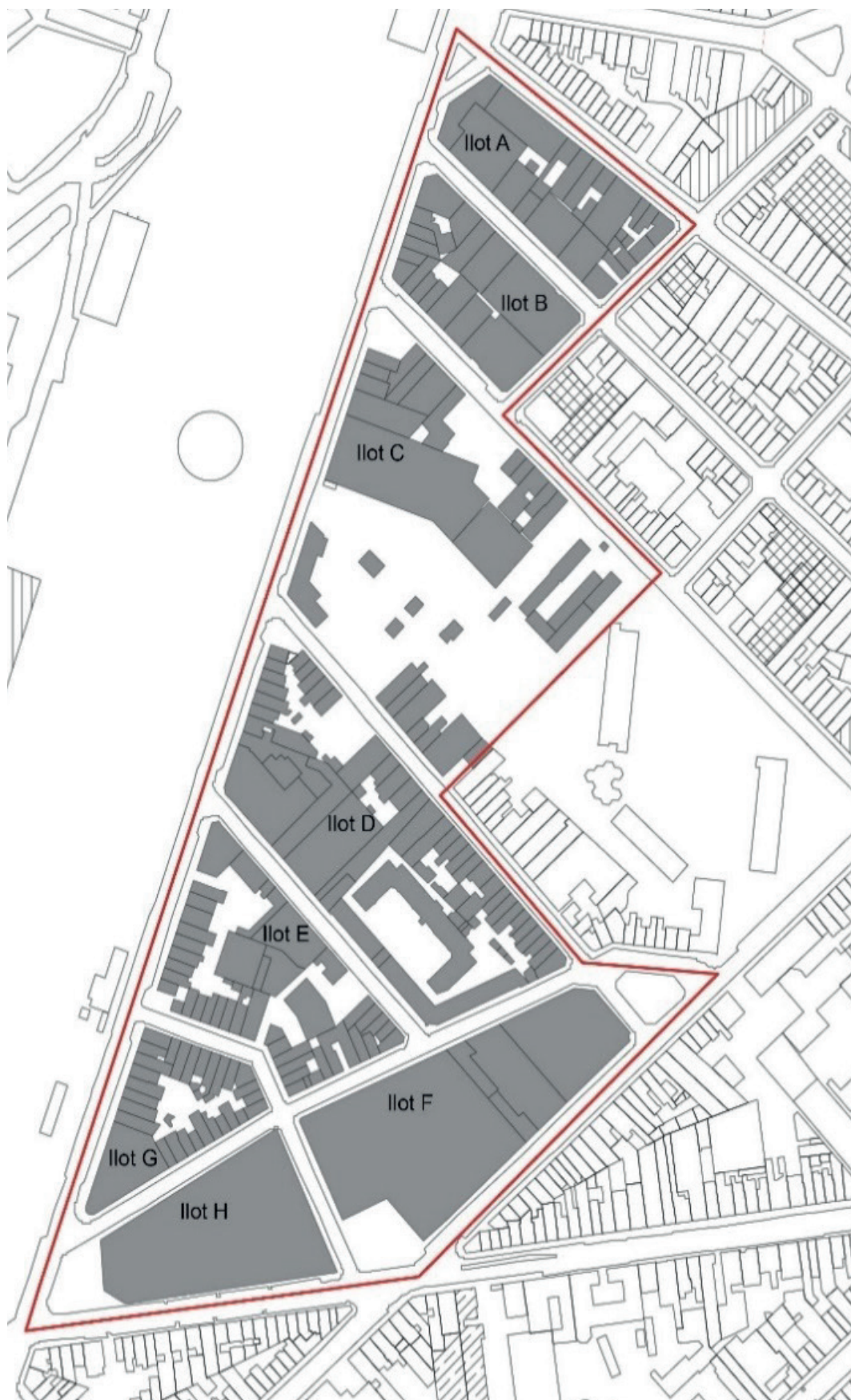
Cuisinière au gaz	800 kWh/an
--------------------------	------------

Chauffe-Eau gaz	
1 personne	900 kWh/an
2 personnes	1.800 kWh/an
3 personnes	2.700 kWh/an
4 personnes	3.600 kWh/an
5 personnes	4.500 kWh/an
6 personnes	5.400 kWh/an
7 personnes	6.300 kWh/an
8 personnes	7.200 kWh/an
9 personnes	8.100 kWh/an
10 personnes	9.000 kWh/an

Chauffage gaz	125 kWh/m²/an
----------------------	---------------

Hab. récente isolée	50 kWh/m²/an
Hab. rénovée	100 kWh/m²/an
Hab. faiblement rénovée	150 kWh/m²/an
Hab. non-rénovée	200 kWh/m²/an

Annexe 3 : Légende des ilots (1/9)



Annexe 3 : Inventaire des bâtiments du secteur et de leur superficie par ilot (2/9)

	ILOT A				
SURFACE DU BATIMENT (m²)	Ultra Wash Lavoir	Clin automobile	Auto Karreveld automobile	Entrepôts à l'abandon	Desmet Nettoyage à sec
Commerces de gros et de détails < 2500 m²	153	73	1.453		88
Commerces de gros et de détails > 2500 m²					
Supermarchés					
Hypermarchés					
Centres Culturels					
Piscines					
Complexes sportifs					
Hôpitaux tous types					
Hôpitaux généraux					
Hôpitaux psychiatriques					
Homes et maisons de repos					
Communautés					
Provincial/Communal					
Libre et privé					
Hotels					
Restaurants					
Privé				1.420	
Public					

Annexe 3 : Inventaire des bâtiments du secteur et de leur superficie par ilot (3/9)

	ILOT A		ILOT B		
SURFACE DU BATIMENT (m ²)	Autoland sprl automobile	Entrepôt de menuiserie	Firat pneus automobile	Bar Café	Crèche
Commerces de gros et de détails < 2500 m ²	207		497		
Commerces de gros et de détails > 2500 m ²					
Supermarchés					
Hypermarchés					
Centres Culturels					
Piscines					
Complexes sportifs					
Hôpitaux tous types					
Hôpitaux généraux					
Hôpitaux psychiatriques					
Homes et maisons de repos					
Communautés					
Provincial/Communal					
Libre et privé					1.363
Hotels					
Restaurants				128	
Privé		616			
Public					

Annexe 3 : Inventaire des bâtiments du secteur et de leur superficie par ilot (4/9)

ILOT B					ILOT C
SURFACE DU BATIMENT (m ²)	Entrepôts	MPM Automobile	Garage ADK automobile	Iliass Auto automobile	Commerce tabac
Commerces de gros et de détails < 2500 m ²		1.178	394	248	60
Commerces de gros et de détails > 2500 m ²					
Supermarchés					
Hypermarchés					
Centres Culturels					
Piscines					
Complexes sportifs					
Hôpitaux tous types					
Hôpitaux généraux					
Hôpitaux psychiatriques					
Homes et maisons de repos					
Communautés					
Provincial/Communal					
Libre et privé					
Hotels					
Restaurants					
Privé	840				
Public					

ILOT C

SURFACE DU BATIMENT (m²)	Librairie	Sitomeca Bureaux	Sitomeca entrepôts	Windekind école primaire + maternelle	Windekind salle de sport
Commerces de gros et de détails < 2500 m²	60				
Commerces de gros et de détails > 2500 m²					
Supermarchés					
Hypermarchés					
Centres Culturels					
Piscines					
Complexes sportifs					1.410
Hôpitaux tous types					
Hôpitaux généraux					
Hôpitaux psychiatriques					
Homes et maisons de repos					
Communautés				4.385	
Provincial/Communal					
Libre et privé					
Hotels					
Restaurants					
Privé		201	2.373		
Public					

Annexe 3 : Inventaire des bâtiments du secteur et de leur superficie par ilot (6/9)

	ILOT C			ILOT D	
SURFACE DU BATIMENT (m ²)	Pièces auto ADK automobile	Zone de stockage et petit abri	Entrepôts à l'abandon	Shinwi restaurant	Entrepôts à l'abandon
Commerces de gros et de détails < 2500 m ²	271	128			
Commerces de gros et de détails > 2500 m ²					
Supermarchés					
Hypermarchés					
Centres Culturels					
Piscines					
Complexes sportifs					
Hôpitaux tous types					
Hôpitaux généraux					
Hôpitaux psychiatriques					
Homes et maisons de repos					
Communautés					
Provincial/Communal					
Libre et privé					
Hotels					
Restaurants				108	
Privé			617		
Public					3.593

Annexe 3 : Inventaire des bâtiments du secteur et de leur superficie par ilot (7/9)

	ILOT E				
SURFACE DU BATIMENT (m ²)	Centre médical de l'ouest	La maison du nettoyage entrepôt	Entrepôt	Entrepôts	Entrepôts
Commerces de gros et de détails < 2500 m ²					
Commerces de gros et de détails > 2500 m ²					
Supermarchés					
Hypermarchés					
Centres Culturels					
Piscines					
Complexes sportifs					
Hôpitaux tous types	880				
Hôpitaux généraux					
Hôpitaux psychiatriques					
Homes et maisons de repos					
Communautés					
Provincial/Communal					
Libre et privé					
Hotels					
Restaurants					
Privé		194	102	285	
Public					395

Annexe 3 : Inventaire des bâtiments du secteur et de leur superficie par ilot (8/9)

	ILOT E	ILOT F	ILOT G		ILOT H
SURFACE DU BATIMENT (m²)	Entrepôts	Cinoco/Palais du vin entrepôts	Vip-Drinks supermarché	Bureaux abandonnés 3 niveaux	Crèche
Commerces de gros et de détails < 2500 m²			955		
Commerces de gros et de détails > 2500 m²		9.285			
Supermarchés					
Hypermarchés					
Centres Culturels					
Piscines					
Complexes sportifs					
Hôpitaux tous types					
Hôpitaux généraux					
Hôpitaux psychiatriques					
Homes et maisons de repos					
Communautés					
Provincial/Communal					490
Libre et privé					
Hotels					
Restaurants					
Privé					
Public	1.558			2.865	

ILOT H				
SURFACE DU BATIMENT (m ²)	Ecole primaire	Ecole maternelle	Okay supermarché	Bureaux coworking 3 niveaux
Commerces de gros et de détails < 2500 m ²				
Commerces de gros et de détails > 2500 m ²				
Supermarchés				655
Hypermarchés				
Centres Culturels				
Piscines				
Complexes sportifs				
Hôpitaux tous types				
Hôpitaux généraux				
Hôpitaux psychiatriques				
Homes et maisons de repos				
Communautés				
Provincial/Communal	894	1.046		
Libre et privé				
Hotels				
Restaurants				
Privé				
Public				1.965

Annexe 4 : Consommations électrique et thermique
moyenne des bâtiments du secteur statistique (1/2)

COMMERCES	Quantités	Surface (m²)		
Commerces de gros et de détails < 2500 m²	-	5.765		
Commerces de gros et de détails > 2500 m²	-	9.285		
Supermarchés	-	655		
Hypermarchés	-	-		
LOISIRS	Quantités	Surface (m²)		
Centres Culturels	-	-		
Piscines	-	-		
Complexes sportifs	-	1.410		
SANTE	Quantités	Surface (m²)	Nombre de lits	Nombre d'emplois
Hôpitaux tous types	-	880	-	-
Hôpitaux généraux	-	-	-	-
Hôpitaux psychiatriques	-	-	-	-
Homes et maisons de repos	-	-	-	-
ENSEIGNEMENT	Quantités	Surface (m²)	Nombre d'élèves	
Communautés	-	4.385	-	
Provincial/Communal	-	2.430	-	
Libre et privé	-	1.363	-	
HORECA	Quantités	Surface (m²)		
Hotels	-	-		
Restaurants	-	236		
BUREAU	Quantités	Surface (m²)	Nombre d'emplois	
Privé	-	6.648	-	
Public	-	10.376	-	
RESIDENTIEL	Quantités	Nombre de ménages		
Ménage 1 personne	-	197,0		
Ménage 2 personnes	-	95,4		
Ménage 3 personnes	-	71,0		
Ménage 4 personnes	-	56,3		
Ménage 5 personnes	-	41,6		
Ménage 6 personnes	-	28,1		
Ménage 7 personnes	-	9,8		
Ménage 8 personnes	-	3,7		
Ménage 9 personnes	-	0,0		
Ménage 10 personnes	-	1,2		
TOTAL				

Annexe 4 : Consommations électrique et thermique
moyenne des bâtiments du secteur statistique (2/2)

Conso. Elec. Moyenne (kWh _e /an)	Conso. Th. Moyenne (kWh _{th} /an)
559.205,00	778.275,00
677.805,00	594.240,00
297.370,00	106.110,00
-	-
-	-
-	-
70.500,00	211.500,00
-	-
-	-
-	-
-	-
118.395,00	556.895,00
63.180,00	432.540,00
32.712,00	155.382,00
-	-
145.848,00	132.868,00
917.424,00	678.096,00
674.440,00	1.712.040,00
393.902,91	1.186.829,48
190.834,95	1.073.637,44
170.283,50	1.169.138,10
157.561,17	1.221.324,12
133.095,15	1.120.078,83
101.289,32	904.738,72
39.145,63	365.835,50
16.147,57	156.367,22
-	-
6.361,17	64.908,35
1.146.966,99	7.262.857,75

Total Conso. Elec. Moyenne du secteur A172	Total Conso. Th. Moyenne du secteur A172	Unité
4.811.205,99	12.791.523,75	kWh/an

Annexe 5.1 : Répartition des consommations électriques par usage en Wallonie
des bâtiments tertiaires et inventaire des bâtiments du secteur statistique

Répartition des consommations électriques par usage en Wallonie										
	Commerce	Transport communication	Banques assurances services aux entreprises	Enseignement	Soins santé	Culture et sport	Autres services	Administration	Divers	
Eclairage	39%	24%	35%	61%	32%	23%	23%	35%	54%	
Chauffage et ECS	4%	4%	2%	2%	1%	4%	4%	2%	0%	
Conditionnement d'air	11%	10%	13%	9%	8%	9%	9%	13%	0%	
Pompes et ventilateur de circulation	6%	9%	15%	9%	6%	8%	8%	15%	0%	
Froid	16%	0%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	
Autres	24%	53%	35%	15%	53%	55%	55%	35%	46%	
Inventaire du secteur statistique										
Qté dans l'ilot A	5	-	-	-	-	-	-	2	-	
Qté dans l'ilot B	5	-	-	1	-	-	-	1	-	
Qté dans l'ilot C	3	-	-	1	-	1	-	4	-	
Qté dans l'ilot D	1	-	-	-	-	-	-	1	-	
Qté dans l'ilot E	-	-	-	-	1	-	-	5	-	
Qté dans l'ilot F	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
Qté dans l'ilot G	1	-	-	-	-	-	-	1	-	
Qté dans l'ilot H	1	-	-	3	-	-	-	1	-	
TOTAL	16	-	-	5	1	1	-	16	-	

Application 1 : Eclairage basse consommation (-75% de la consommation éclairage)									
Eclairage	9,75%	15,25%			8,00%	5,75%	8,75%		
Application 2 : Chauffage avec réseau de chaleur et ECS notamment grâce au stockage des panneaux									
Chauffage et ECS	0%	0%			0%	0%	0%		
Total nouveau pourcentage	39,30%	30,25%			61,00%	60,75%	43,75%		
Conso. A172 actuelle	1.680.228	214.287			107.360	70.500	1.591.864		
Conso. A172 recalculée	660.274	64.822			65.490	42.829	696.441		
Application 3 : Consommation appareils en veille									
Consommation appareils en veille	14,2%	Nouvelle consommation	1.312.614,96						
Application 4 : Diminuer besoin en froid par équipement économique									
	Puissance	Diminution de 34,67% si changement d'équipement de C à A+++							
Frigo de 200L label C	150 W	Nouveau % froid			5,55%	pour les Commerces			
Frigo de 200L label A +	80 W								
Frigo de 200L label A + + +	52 W								
Application 5 : Système low-tech, et ventilation naturelle, travaux d'aménagement et d'adaptation									
	Commerce	Enseignement	Soins santé	Culture et sport	Administration				
Conditionnement d'air	0%	0%	0%	0%	0%				
Pompes et ventilateur de circulation	0%	0%	0%	0%	0%				

Annexe 6 : Répartitions de la consommation électrique des équipements d'un logement chauffé au gaz/mazout et application sur les bâtiments résidentiels

Part des équipements dans la consommation d'électricité d'un logement chauffé au gaz/mazout	
Lumières	29,3%
TV	13,0%
Ordinateur	13,0%
Lave-linge	7,5%
Sèche-linge	10,4%
Frigo	4,3%
Lave-vaisselle	12,1%
Congelateur	10,4%
TOTAL	100,0%

Scénario Effondrement

Application 1

Eclairage basse consommation (-75% de la consommation éclairage)

Lumières	7,3%
----------	------

Application 2

Mutualisation : Buanderie commune

Lave-linge	0,0%
Sèche-linge	0,0%

Application 3

Mutualisation : Salle multimédia

TV	0,0%
Ordinateur	0,0%

Application 4

Mutualisation : Cuisine tout équipée commune, kitchenette maison (frigo et congélateur plus petit)

Frigo	2,2%
Lave-vaisselle	0,0%
Congelateur	5,2%
	7,4%

TOTAL	14,7%
--------------	--------------

	Conso. résidentielle avant	Nouvelle conso.
Selon app 4 :		
Conso. A172	1.146.967	168.317,41 kWh/an
Kitchenette via électricité		
Conso. A172		571.517,00 kWh/an
Kitchenette et ECS via électricité		
Conso. A172		2.620.677,67 kWh/an
Si juste frigo d'appoint		
Conso. A172		108.675,12 kWh/an
Si plus de cuisine à domicile		
Conso. A172		84.015,33 kWh/an

Annexe 7 : Répartitions des consommations électriques du secteur tertiaire par usage en Wallonie
+ inventaire du secteur statistique

Répartition des consommations électriques par usage en Wallonie										
	Commerce	Transport communication	Banques assurances services aux entreprises	Enseignement	Soins santé	Culture et sport	Autres services	Administration	Divers	
Eclairage	39%	24%	35%	61%	32%	23%	23%	35%	54%	
Chauffage et ECS	4%	4%	2%	2%	1%	4%	4%	2%	0%	
Conditionnement d'air	11%	10%	13%	9%	8%	9%	9%	13%	0%	
Pompes et ventilateur de circulation	6%	9%	15%	9%	6%	8%	8%	15%	0%	
Froid	16%	0%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	
Autres	24%	53%	35%	15%	53%	55%	55%	35%	46%	
Inventaire du secteur statistique										
Qté dans l'îlot A	5	-	-	-	-	-	-	2	-	
Qté dans l'îlot B	5	-	-	1	-	-	-	1	-	
Qté dans l'îlot C	3	-	-	1	-	1	-	4	-	
Qté dans l'îlot D	1	-	-	-	-	-	-	1	-	
Qté dans l'îlot E	-	-	-	-	1	-	-	5	-	
Qté dans l'îlot F	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
Qté dans l'îlot G	1	-	-	-	-	-	-	1	-	
Qté dans l'îlot H	1	-	-	3	-	-	-	1	-	
TOTAL	16	-	-	5	1	1	-	16	-	

Annexe 8 : Calculs et données concernant le chauffage de l'eau chaude sanitaire

Besoins en eau d'un ménage à Bruxelles				
45	L/jour/personne	à 60°C soit	16,425	m³ d'eau/an/personne
30	L/jour/personne	=	10,950	m³ d'eau/an/personne
22	L/jour/personne	=	8,030	m³ d'eau/an/personne
Chauffer 1 m³ d'eau		=	32,5 kWh	

Utilisation d'une pompe à chaleur => 1kWh elec. = 4kWh d'eau produit

Economie grâce aux pommeaux économiques si la moitié de la

consommation d'ECS vient des douches:

18,75%

Récupération de chaleur ?

Calcul pour le secteur	
1.074	habitants
8.624.220	L/an
8.624,22	m³ d'ECS/an
280.287,15	kWh nécessaire pour chauffer ECS
70.071,79	kWh avec les PAC
56.933,33	kWh avec pommeaux économiques

Consommation d'eau de distribution en Belgique	
Conso. moyenne Belge :	106 L/personne/jour

Détails :	Litres	%
boisson et alimentation	5,0	5%
vaisselle	7,0	7%
hygiène corporelle	38,0	36%
WC	33,0	31%
lessive	13,0	12%
entretien et divers	10,0	9%

Consommation d'eau chaude sanitaire	
Conso. moyenne Belge :	30 - 60 L/personne/jour

Quantités (L)		
	Eau chaude	Eau froide
Pour chauffer 50 L d'eau à 40°C (T°)		
nécessaire pour une douche) :	20	30
Rapport eau chaude/qté d'eau totale	2/5	

Quantité d'eau chaude estimée		
Détails :	Litres	%
boisson et alimentation	-	0%
vaisselle	2,8	8%
hygiène corporelle	15,2	43%
WC	-	0%
lessive	13,0	37%
entretien et divers	4,0	11%
Total	35,0	100%

Evolution suite à la mutualisation		
Quantité d'eau chaude estimée		
Détails :	Litres	%
boisson et alimentation	-	0%
vaisselle	2,8	13%
hygiène corporelle	15,2	69%
WC	-	0%
lessive	-	0%
entretien et divers	4,0	18%
Total	22,0	100%

Annexe 9 : Calculs et données concernant le chauffage des bâtiments résidentiels

Nombres d'habitants total	1.074 hab
----------------------------------	-----------

Superficie moyenne du logement par habitant dans le quartier Gare de l'ouest	21,63 m ² /hab
---	---------------------------

Superficie minimum cuisine + salle de séjour			
Ménage 1 personne	20	3.939,03	
Ménage 2 personnes	20	1.908,35	
Ménage 3 personnes	22	1.560,93	
Ménage 4 personnes	24	1.350,52	
Ménage 5 personnes	26	1.081,40	
Ménage 6 personnes	28	787,81	
Ménage 7 personnes	31	303,38	
Ménage 8 personnes	32	117,44	
Ménage 9 personnes	33	-	
Ménage 10 personnes	34	41,59	
TOTAL	11.090,45		m²
Moyenne :		27	m²

23.230,62	m ² de logement total	100%
11.090,45	m ² de cuisine + séjour	48%

Energie pour le chauffage avec isolation renforcée	1.161.531,00 kWh/an
Energie avec PAC	290.382,75 kWh/an
Energie pour 48% de la surface	138.630,58 kWh/an

Annexe 10 : Calculs et données concernant le chauffage par un foyer au bois

Nombres de ménages total	504 ménages
---------------------------------	-------------

	Quantité	
	Bois	Energie
PCI du bois anhydre	1 kg	5 kWh
Besoin pour un ménage	270 kg	1350 kWh

Global	1 stère	=	500 kg	=	1 m ³
Par ménage/an	1/2 stère	=	270 kg	=	0,54 m ³
Total pr secteur	202 stères	=	1080 kg	=	272 m ³

Annexe 11 : Synthèse de la production électrique potentielle des toits
du secteur statistique équipés de panneaux photovoltaïques monocristallins

Total selon carte solaire de Bxl Environnement	
Production totale	944.557 kWh/an
Nombre de panneaux total	4.931 panneaux
Surface totale	53.447 m²



TECHNIQUES ET PANS INUTILISABLES	Ilot A	Ilot B	Ilot C	Ilot D	Ilot E	Ilot F	Ilot G	Ilot H
Surfaces	297	347	53	2.308	122	1.037	36	-
Total surface retirée	4.200 m²							

OMBRES PORTEES								
Surfaces	356	96	221	380	262	194	157	-
Total surface retirée	1.666 m²							
Total à exclure	5.866 m²							

Potentiel production solaire du secteur	840.888,48	kWh/an
---	------------	--------

Annexe 11 : Inventaire de la production électrique potentielle des toits
du secteur statistique équipés de panneaux photovoltaïques monocristallins (1/12)

Bat. Ilot A		34	36	91	89	87	85	79	21	19
Production des panneaux (kWh/an)										
		7.982	7.358	9.147	7.906	7.825	7.322	9.304	6.657	4.928
	Nombre de panneaux	36	48	48	48	48	48	43	38	22
	Surface calculée	154	1.172	444	124	474	465	183	166	106
Production potentielle totale										
	Nombre de panneaux	132.536								
	total	714								
	Surface totale	5.553								
Bat. Ilot B		42	44	46	48A	48B	109	107	105	99
Production des panneaux (kWh/an)										
		7.943	4.724	6.686	3.315	4.789	6.146	3.738	3.564	7.739
	Nombre de panneaux	48	22	35	18	25	32	20	17	48
	Surface calculée	135	94	123	76	117	133	101	99	613
Production potentielle totale										
	Nombre de panneaux	107.004								
	total	593								
	Surface totale	4.398								

Annexe 11 : Inventaire de la production électrique potentielle des toits
du secteur statistique équipés de panneaux photovoltaïques monocristallins (2/12)

Bat. Ilot A		17A	190	192	194	200	202	204	206	208
Production des panneaux (kWh/an)		7.205	3.741	4.076	7.287	4.941	8.274	10.412	9.708	8.463
	Nombre de panneaux	33	22	20	48	23	45	48	48	48
	Surface calculée	140	96	94	538	115	191	208	209	674
	Production potentielle totale Nombre de panneaux total Surface totale									
Bat. Ilot B		97	29A	78	84	86	88	90		
Production des panneaux (kWh/an)		7.295	9.152	9.582	8.769	8.330	7.681	7.551		
	Nombre de panneaux	48	48	48	48	48	40	48		
	Surface calculée	922	209	506	449	284	203	334		
	Production potentielle totale Nombre de panneaux total Surface totale									

Annexe 11 : Inventaire de la production électrique potentielle des toits
du secteur statistique équipés de panneaux photovoltaïques monocristallins (3/12)

Bat. Ilot C		52	54	56	58	60	64	49	47	45
Production des panneaux (kWh/an)		4.433	6.970	8.121	8.172	7.259	10.522	8.729	6.419	8.833
	Nombre de panneaux	26	40	48	48	48	48	44	37	48
	Surface calculée	106	107	152	610	1.858	955	186	159	325
Production potentielle totale		173.667 kWh/an								
Nombre de panneaux total		791 panneaux								
Surface totale		7.841 m²								
Bat. Ilot D		90	92	94	96	98	100	102	104	106
Production des panneaux (kWh/an)		5.396	2.733	3.540	3.558	4.851	8.042	5.029	10.137	7.642
	Nombre de panneaux	25	15	22	23	23	48	25	48	48
	Surface calculée	112	80	60	73	92	129	98	310	2.975
Production potentielle totale		238.330 kWh/an								
Nombre de panneaux total		1.240 panneaux								
Surface totale		10.489 m²								

Annexe 11 : Inventaire de la production électrique potentielle des toits
du secteur statistique équipés de panneaux photovoltaïques monocristallins (4/12)

Bat. Ilot C		43	41	37	54	64	66	68	70	72	84	86
Production des panneaux (kWh/an)		4.300	7.162	7.468	37.336	9.248	5.792	6.793	2.747	5.590	8.106	9.667
	Nombre de panneaux	24	40	48	48	48	28	33	15	32	40	48
	Surface calculée	120	131	559	957	211	139	137	84	87	171	787
Production potentielle totale Nombre de panneaux total Surface totale												
Bat. Ilot D		125	123	71	71	71	71	29	27	12	14	16
Production des panneaux (kWh/an)		7.210	3.240	10.153	10.153	10.153	10.153	6.852	5.751	3.474	3.538	4.969
	Nombre de panneaux	48	17	48	48	48	48	36	27	19	18	28
	Surface calculée	1.213	75	409	409	409	409	29	114	97	80	97
Production potentielle totale Nombre de panneaux total Surface totale												

Annexe 11 : Inventaire de la production électrique potentielle des toits
du secteur statistique équipés de panneaux photovoltaïques monocristallins (5/12)

Bat. Ilot C											
Production des panneaux (kWh/an)											
Nombre de panneaux											
Surface calculée											
Production potentielle totale											
Nombre de panneaux total											
Surface totale											
Bat. Ilot D											
18											
20											
22											
24											
26											
28											
30											
32											
34											
36											
38											
Production des panneaux (kWh/an)											
3.125											
6.462											
4.046											
5.000											
3.940											
4.856											
4.372											
3.489											
4.606											
3.854											
4.714											
Nombre de panneaux											
15											
35											
22											
28											
19											
24											
24											
19											
23											
22											
23											
Surface calculée											
69											
126											
103											
108											
105											
150											
139											
123											
140											
112											
93											
Production potentielle totale											
Nombre de panneaux total											
Surface totale											

Annexe 11 : Inventaire de la production électrique potentielle des toits
du secteur statistique équipés de panneaux photovoltaïques monocristallins (6/12)

Bat. Ilot C											
Production des panneaux (kWh/an)											
Nombre de panneaux											
Surface calculée											
Production potentielle totale											
Nombre de panneaux total											
Surface totale											
Bat. Ilot D											
40											
44											
46											
48											
50											
52											
66											
68											
70											
72											
74											
Production des panneaux (kWh/an)											
9.157											
3.134											
7.747											
8.147											
4.912											
10.310											
4.029											
7.162											
3.217											
2.767											
2.710											
Nombre de panneaux											
48											
15											
40											
41											
25											
48											
21											
37											
19											
16											
14											
Surface calculée											
277											
88											
174											
168											
123											
678											
100											
153											
86											
68											
36											
Production potentielle totale											
Nombre de panneaux total											
Surface totale											

Annexe 11 : Inventaire de la production électrique potentielle des toits
du secteur statistique équipés de panneaux photovoltaïques monocristallins (7/12)

Bat. Ilot E		112	114	116	120	122	124	126	128	130	
Production des panneaux (kWh/an)		8.497	3.855	7.963	7.805	6.984	6.382	3.633	5.301	5.036	
Nombre de panneaux		48	22	48	42	39	37	21	31	30	
Surface calculée		1.179	102	713	132	110	104	102	87	90	
Production potentielle totale		146.764	kWh/an								
Nombre de panneaux total		799	panneaux								
Surface totale		5.838	m²								
Bat. Ilot F		153	155								
Production des panneaux (kWh/an)		7.682	7.234								
Nombre de panneaux		48	48								
Surface calculée		3.875	6.710								
Production potentielle totale		14.916	kWh/an								
Nombre de panneaux total		96	panneaux								
Surface totale		10.585	m²								

Annexe 11 : Inventaire de la production électrique potentielle des toits
du secteur statistique équipés de panneaux photovoltaïques monocristallins (8/12)

Bat. Ilot E										
51										
49										
47										
45										
43										
41										
39										
33										
31										
27										
25										
Production des panneaux (kWh/an)										
1.372										
Nombre de panneaux										
8										
Surface calculée										
51										
87										
76										
82										
189										
40										
23										
104										
146										
1.214										
245										
104										
98										
Production potentielle totale										
Nombre de panneaux total										
Surface totale										
Bat. Ilot F										
Production des panneaux (kWh/an)										
Nombre de panneaux										
Surface calculée										
Production potentielle totale										
Nombre de panneaux total										
Surface totale										

Annexe 11 : Inventaire de la production électrique potentielle des toits
du secteur statistique équipés de panneaux photovoltaïques monocristallins (9/12)

Bat. Ilot E		127	123	121	119	117	2	4	6	8
Production des panneaux (kWh/an)		4.694	3.728	6.672	3.141	2.918	4.098	2.629	2.387	4.563
Nombre de panneaux		25	24	36	19	14	19	13	12	24
Surface calculée		114	134	88	122	67	82	65	64	87
Production potentielle totale										
Nombre de panneaux total										
Surface totale										
Bat. Ilot F										
Production des panneaux (kWh/an)										
Nombre de panneaux										
Surface calculée										
Production potentielle totale										
Nombre de panneaux total										
Surface totale										

Annexe 11 : Inventaire de la production électrique potentielle des toits
du secteur statistique équipés de panneaux photovoltaïques monocristallins (10/12)

Bat. Ilot G	148	147	145	143	141	139	137	135	133
Production des panneaux (kWh/an)	10.535	2.588	3.933	2.320	2.317	3.113	2.708	3.585	1.766
Nombre de panneaux	48	13	21	11	11	14	12	18	11
Surface calculée	2.872	81	112	73	93	111	76	86	69
Production potentielle totale	119.935 kWh/an								
Nombre de panneaux total	648 panneaux								
Surface totale	5.634 m²								
Bat. Ilot H	Tout Bat.								
Production des panneaux (kWh/an)	11.405								
Nombre de panneaux	50								
Surface calculée	3.109								
Production potentielle totale	11.405 kWh/an								
Nombre de panneaux total	50 panneaux								
Surface totale	3.109 m²								

Annexe 11 : Inventaire de la production électrique potentielle des toits
du secteur statistique équipés de panneaux photovoltaïques monocristallins (11/12)

Bat. lot G	131	129	22	24	26	28	30	32	34	36	38
Production des panneaux (KWh/an)	1.834	4.420	4.098	3.031	4.853	3.907	5.836	6.711	4.157	5.325	5.574
Nombre de panneaux	8	23	22	18	28	21	29	36	21	28	31
Surface calculée	41	63	90	78	102	85	117	140	83	107	117
Production potentielle totale Nombre de panneaux total Surface totale											
Bat. lot H											
Production des panneaux (KWh/an)											
Nombre de panneaux											
Surface calculée											
Production potentielle totale Nombre de panneaux total Surface totale											

Annexe 11 : Inventaire de la production électrique potentielle des toits
du secteur statistique équipés de panneaux photovoltaïques monocristallins (12/12)

Bat. Ilot G		40	42	134	136	138	140	142	144	146
Production des panneaux (kWh/an)		1,962	3,358	5,399	3,796	7,006	7,682	1,727	4,433	1,961
	Nombre de panneaux	11	21	34	23	42	46	10	26	11
	Surface calculée	73	92	92	124	111	139	127	139	141
Production potentielle totale										
Nombre de panneaux total										
Surface totale										
Bat. Ilot H										
Production des panneaux (kWh/an)										
Nombre de panneaux										
Surface calculée										
Production potentielle totale										
Nombre de panneaux total										
Surface totale										

Annexe 12 : Synthèse de la production électrique potentielle des toits du secteur statistique équipés de panneaux photovoltaïques monocristallins haut rendement

Total selon carte solaire de Bxl Environnement	
Production totale	1.152.140 kWh/an
Nombre de panneaux total	4.203 panneaux
Surface totale installée	6.834 m²
Surface totale toiture	53.447 m²



TECHNIQUES ET PANS INUTILISABLES	Ilot A	Ilot B	Ilot C	Ilot D	Ilot E	Ilot F	Ilot G	Ilot H
Surfaces	297	347	53	2.308	122	1.037	36	-
Total surface retirée	4.200 m²							

OMBRES PORTEES								
Surfaces	356	96	221	380	262	194	157	-
Total surface retirée	1.666 m²							

Total à exclure	5.866 m²
-----------------	----------

Potentiel production solaire du secteur	1.025.688,50 kWh/an
---	---------------------

Annexe 12 : Inventaire de la production électrique potentielle des toits du secteur statistique équipés de panneaux photovoltaïques monocristallins haut rendement (1/12)

Bat. Ilot A		34	36	91	89	87	85	79	21	19
Production des panneaux (kWh/an)		10.519	7.358	9.147	8.148	7.825	7.322	10.523	8.484	6.994
Nombre de panneaux		34	34	34	34	34	34	34	34	22
Surface installée		55	55	55	55	55	55	55	55	36
Production potentielle totale		150.039 kWh/an								
Nombre de panneaux total		562 panneaux								
Surface totale		911 m²								
Bat. Ilot B		42	44	46	48A	48B	109	107	105	99
Production des panneaux (kWh/an)		8.144	6.706	9.255	4.706	6.797	8.724	5.305	5.058	7.739
Nombre de panneaux		34	22	34	18	25	32	20	17	34
Surface installée		55	36	55	29	40	51	33	27	55
Production potentielle totale		124.182 kWh/an								
Nombre de panneaux total		474 panneaux								
Surface totale		766 m²								

Annexe 12 : Inventaire de la production électrique potentielle des toits du secteur statistique équipés de panneaux photovoltaïques monocristallins haut rendement (2/12)

Bat. Ilot A		17A	190	192	194	200	202	204	206	208
Production des panneaux (kWh/an)										
		10.226	5.309	5.786	7.287	7.013	9.209	10.453	9.973	8.463
	Nombre de panneaux	33	22	20	34	23	34	34	34	34
	Surface installée	53	36	33	55	38	55	55	55	55
Production potentielle totale										
Nombre de panneaux total										
Surface totale										
Bat. Ilot B		97	29A	78	84	86	88	90		
Production des panneaux (kWh/an)										
		7.295	9.152	9.582	8.769	8.301	9.098	7.551		
	Nombre de panneaux	34	34	34	34	34	34	34		
	Surface installée	55	55	55	55	55	55	55		
Production potentielle totale										
Nombre de panneaux total										
Surface totale										

Annexe 12 : Inventaire de la production électrique potentielle des toits du secteur
statistique équipés de panneaux photovoltaïques monocristallins haut rendement (3/12)

Bat. Ilot C		52	54	56	58	60	64	49	47	45
Production des panneaux (kWh/an)		6.292	8.474	8.420	8.172	7.259	10.522	9.865	8.384	8.149
	Nombre de panneaux	26	34	34	34	34	34	34	34	34
	Surface installée	42	55	55	55	55	55	55	55	55
Production potentielle totale		195.140	kWh/an							
Nombre de panneaux total		634	panneaux							
Surface totale		1.027	m²							
Bat. Ilot D		90	92	94	96	98	100	102	104	106
Production des panneaux (kWh/an)		7.659	3.878	5.024	5.049	6.885	8.389	7.139	9.838	7.642
	Nombre de panneaux	25	15	22	23	23	34	25	34	34
	Surface installée	42	24	35	37	38	55	42	55	55
Production potentielle totale		302.870	kWh/an							
Nombre de panneaux total		1.114	panneaux							
Surface totale		1.817	m²							

Annexe 12 : Inventaire de la production électrique potentielle des toits du secteur statistique équipés de panneaux photovoltaïques monocristallins haut rendement (4/12)

Bat. Ilot C		43	41	37	54	64	66	68	70	72	84	86
Production des panneaux (kWh/an)												
		6.104	8.812	7.468	37.336	9.632	8.220	9.641	3.899	7.935	9.974	8.582
	Nombre de panneaux	24	34	34	34	34	28	33	15	32	34	34
	Surface installée	39	55	55	55	55	46	54	25	51	55	55
Production potentielle totale Nombre de panneaux total Surface totale												
Bat. Ilot D		125	123	71	71	71	71	29	27	12	14	16
Production des panneaux (kWh/an)												
		7.210	4.599	10.153	10.153	10.153	10.153	9.192	8.163	4.931	5.021	7.053
	Nombre de panneaux	34	17	34	34	34	34	34	27	19	18	28
	Surface installée	55	29	55	55	55	55	55	43	32	30	45
Production potentielle totale Nombre de panneaux total Surface totale												

Annexe 12 : Inventaire de la production électrique potentielle des toits du secteur statistique équipés de panneaux photovoltaïques monocristallins haut rendement (5/12)

Bat. Ilot C										
Production des panneaux (kWh/an)										
Nombre de panneaux										
Surface installée										
Production potentielle totale										
Nombre de panneaux total										
Surface totale										

Bat. Ilot D											
Production des panneaux (kWh/an)	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
	4.435	8.811	5.743	7.096	5.592	6.892	6.205	4.951	6.538	5.470	6.691
	15	34	22	28	19	24	24	19	23	22	23
	25	55	37	46	32	39	39	32	38	37	37
Production potentielle totale											
Nombre de panneaux total											
Surface totale											

Annexe 12 : Inventaire de la production électrique potentielle des toits du secteur statistique équipés de panneaux photovoltaïques monocristallins haut rendement (6/12)

Bat. Ilot C												
Production des panneaux (kWh/an)												
	Nombre de panneaux											
	Surface installée											
Production potentielle totale Nombre de panneaux total												
	Surface totale											
Bat. Ilot D	40	44	46	48	50	52	66	68	70	72	74	
Production des panneaux (kWh/an)	9.292	4.194	9.105	9.759	6.972	10.310	5.718	9.279	4.566	3.928	3.847	
Nombre de panneaux	34	14	34	34	25	34	21	34	19	16	14	
Surface installée	55	23	55	55	41	55	34	55	31	26	23	
Production potentielle totale Nombre de panneaux total												
Surface totale												

Annexe 12 : Inventaire de la production électrique potentielle des toits du secteur statistique équipés de panneaux photovoltaïques monocristallins haut rendement (7/12)

Bat. Ilot E		112	114	116	120	122	124	126	128	130	
Production des panneaux (kWh/an)		8.497	5.472	7.963	9.115	8.676	8.407	5.156	7.524	7.148	
Nombre de panneaux		34	22	34	34	34	34	21	31	30	
Surface installée		55	36	55	55	55	55	34	50	48	
Production potentielle totale		192.846	kWh/an								
Nombre de panneaux total		705	panneaux								
Surface totale		1.146	m²								
Bat. Ilot F		153	155								
Production des panneaux (kWh/an)		7.682	7.234								
Nombre de panneaux		34	34								
Surface installée		55	55								
Production potentielle totale		14.916	kWh/an								
Nombre de panneaux total		68	panneaux								
Surface totale		110	m²								

Annexe 12 : Inventaire de la production électrique potentielle des toits du secteur statistique équipés de panneaux photovoltaïques monocristallins haut rendement (8/12)

Bat. Ilot E		51	49	47	45	43	41	39	33	31	27	25
Production des panneaux (kWh/an)		1.947	3.875	3.883	3.957	5.184	6.336	7.832	10.263	8.842	8.123	7.000
	Nombre de panneaux	8	12	13	13	20	23	28	34	34	34	28
	Surface installée	14	20	22	21	32	38	45	55	55	55	45
	Production potentielle totale											
Nombre de panneaux												
Surface totale												
Bat. Ilot F												
Production des panneaux (kWh/an)												
Nombre de panneaux												
Surface installée												
Production potentielle totale												
Nombre de panneaux												
Surface totale												
Production potentielle totale												
Nombre de panneaux												
Surface totale												

Annexe 12 : Inventaire de la production électrique potentielle des toits du secteur statistique équipés de panneaux photovoltaïques monocristallins haut rendement (9/12)

Bat. Ilot E		127	123	121	119	117	2	4	6	8
Production des panneaux (kWh/an) Nombre de panneaux Surface installée		6.662	5.291	17.682	4.458	4.142	5.816	3.731	3.388	6.476
		25	24	34	19	14	19	13	12	24
		41	39	55	31	23	31	22	20	39
Production potentielle totale Nombre de panneaux total Surface totale										
Bat. Ilot F										
Production des panneaux (kWh/an) Nombre de panneaux Surface installée										
Production potentielle totale Nombre de panneaux total Surface totale										

Annexe 12 : Inventaire de la production électrique potentielle des toits du secteur statistique équipés de panneaux photovoltaïques monocristallins haut rendement (10/12)

Bat. Ilot G		148	147	145	143	141	139	137	135	133	
Production des panneaux (kWh/an)		10.535	3.673	5.583	3.293	3.288	4.418	3.844	5.088	2.507	
Nombre de panneaux		34	13	21	11	11	14	12	18	11	
Surface installée		55	22	34	19	18	24	21	29	18	
Production potentielle totale		160.742	kWh/an								
Nombre de panneaux total		612	panneaux								
Surface totale		1.002	m²								
Bat. Ilot H		Tout Bat.									
Production des panneaux (kWh/an)		11.405									
Nombre de panneaux		34									
Surface installée		55									
Production potentielle totale		11.405	kWh/an								
Nombre de panneaux total		34	panneaux								
Surface totale		55	m²								

Annexe 12 : Inventaire de la production électrique potentielle des toits du secteur statistique équipés de panneaux photovoltaïques monocristallins haut rendement (11/12)

Bat. Ilot G		131	129	22	24	26	28	30	32	34	36	38
Production des panneaux (kWh/an)	2.603	6.274	5.817	4.302	6.888	5.546	8.284	8.990	5.900	7.558	7.911	
	8	23	22	18	28	21	29	34	21	28	31	
	14	38	36	30	46	34	47	55	34	46	50	
Production potentielle totale												
Nombre de panneaux total												
Surface totale												
Bat. Ilot H												
Production des panneaux (kWh/an)												
Nombre de panneaux												
Surface installée												
Production potentielle totale												
Nombre de panneaux total												
Surface totale												

Annexe 12 : Inventaire de la production électrique potentielle des toits du secteur statistique équipés de panneaux photovoltaïques monocristallins haut rendement (12/12)

Bat. Ilot G		40	42	134	136	138	140	142	144	146
Production des panneaux (kWh/an)		2.784	4.767	7.603	5.388	8.213	8.159	2.451	6.292	2.783
	Nombre de panneaux	11	21	34	23	34	34	10	26	11
	Surface installée	18	34	55	37	55	55	17	42	19
Production potentielle totale										
Nombre de panneaux total										
Surface totale										
Bat. Ilot H										
Production des panneaux (kWh/an)										
Nombre de panneaux										
Surface installée										
Production potentielle totale										
Nombre de panneaux total										
Surface totale										

Annexe 13 : Calcul des ressources vertes valorisable dans le secteur statistique

DONNEES			
Déchets verts	235.000	T/an	0,065 T/hab/an
Déchets organiques ménagers	225.260	T/an	0,188 T/hab/an
Déchets agro-alimentaires	1.000.000	T/an	0,275 T/hab/an
Qté de biogaz	500	m³/T	
Population 2019 Wallonie	3.633.795	hab.	
Population 2018 RBC	1.198.726	hab.	
PCI du méthane	9,42	kWh/m³	
Part du méthane dans le biogaz	65%		
Total	0,528	T/hab/an	566,837 T/1074hab/an

Annexe 14 : Calcul de dimensionnement de la mini-centrale de cogénération

DIMENSIONNEMENT			
1. Volume de biogaz produit			
	283.419	m³	
2. Volume de méthane produit			
	184.222	m³	
3. Energie produite par le biogaz en un an			
	1.735.372	kWh	
4. Energie valorisable produite en un an (5% de perte d'énergie dans le moteur)			
	1.648.603	kWh	
5. Energie fournie par le biogaz en 1h			
	188,2	kW	
6. Choix du moteur (rendemt cogen: 83,6%, rendemt élec. 38%, rendemt th. 45,6%)			
7. Calcul production annuelle			
	626.469	kWhel	
	751.763	kWhth	
8. Calcul de l'autoconsommation (10%)			
	62.647	kWhel autoconsommé	
	563.822	kWhel produit	
8bis. Transformation chaleur en elec. 10% grâce à turbine ORC ENOGIA			
	75.176	kWhel	
TOTAL Sc1	563.822,25	kWhel/an et	751.763,00 kWhth/an
TOTAL Sc2	638.998,55	kWhel/an et	- kWhth/an

Gamme BIOGAZ MG

De 60 à 530 kW_e



Modèle	Puissance électrique kW _e ⁽¹⁾	Puissance thermique kW ⁽²⁾	Consommation énergie kW PCI ⁽³⁾	Rendement électrique %	Rendement cogénération %
MG-60	63	86	179	35,2	83,2
MG-100	104	125	274	38,0	83,6
MG-120	123	168	343	35,9	84,8
MG-190	191	243	520	36,7	83,5
MG-210	209	213	521	40,1	81,0
MG-250	253	299	657	38,5	84,0
MG-370	366	435	946	38,7	84,7
MG-400	404	492	1050	38,5	85,3
MG-530	530	599	1341	39,5	84,2

(1) Puissance sortie alternateur (pour cos phi = 1 et NOx < 500 mg/Nm³ à 5% O₂)

(2) Puissance thermique récupérable donnée pour : une température de retour de 70°C sur le circuit de récupération et des gaz d'échappement refroidis jusqu'à 180 °C

(3) Tolérance : +5% (selon ISO 3046/1)

Ces données techniques ne sont pas contractuelles et peuvent être modifiées à tout moment sans préavis.

IND 6539 - Adonis - NPS - 1000 dx - oct 2014 - Gamme Biogaz MG de 60 à 530 kW_e

**Groupe
Monnoyeur**

Eneria - siège social : rue de Longpont - BP 10202 - 91311 Monthéry
tél. +33 (0)1 69 80 21 00 - fax +33 (0)1 69 80 21 50 - www.eneria.com



DATASHEET ORC ENO-20LT



*“ Generate power from your waste heat
thanks to our ORC ”*

Founded in 2009, ENOGIA is a turbine based ORC manufacturer specialised in waste heat recovery with systems producing from 10 kWe to 180 kWe.

THE PRODUCT

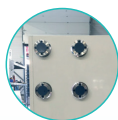
The ENO-20LT module is an ORC manufactured by ENOGIA, able to recover until 320 kWth and having a nominal power output of 20 kWe even after low grade heat source at 70°C.



High speed
patented
micro-turbines



Assembling and
performance testing
in ENOGIA workshop



Hydraulic
connections with
standard flanges



Plug-and-play
system on a
single skid



Remote control
and access
24/7



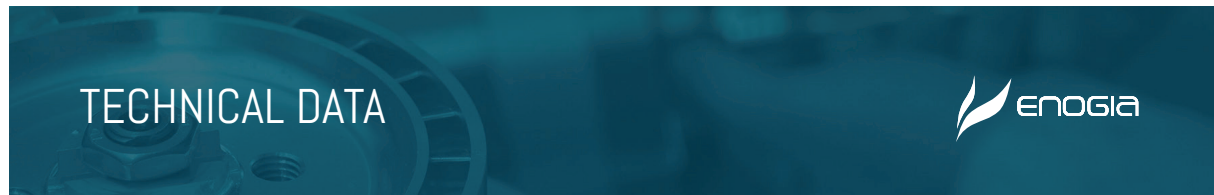
A SYSTEM COMBINING PERFORMANCE AND RELIABILITY

Designed with the same state of mind as the 10kWe ORC manufactured by ENOGIA, ENO-20LT is a turnkey solution involving few hydraulic and electrical modifications to be integrated with this system thanks to its kinetic turbine.

This ORC can be integrated on a wide range of applications such as biomass boilers, gas engines, geo-

thermal sources, heating processes or concentrating solar panels. Any heat flow with temperatures between 70°C and 120°C can be recovered with this system.

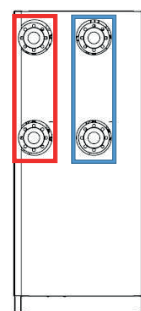
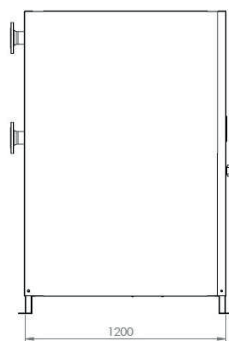
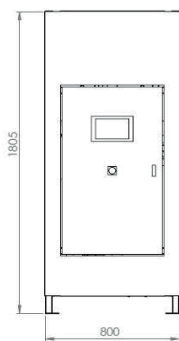
In addition, it is possible to connect the cold loop of the ORC to a drying system, a floor heating system or greenhouses and reach global efficiency close to 95%!



ENO-20LT CHARACTERISTICS

Electrical ratings	Maximum gross electric power	20 kWe
	Grid connection	400V, 3ph, 50-60 Hz
Heat source	Temperature range	70-120°C
	Thermal power input range	160-320 kWth
	Hot source medium	Water, steam, oil
	Hydraulic connections	DN 50, PN16
Cold source	Temperature range	0-60°C
	Working fluid	Water
	Cooling system	Dry cooler, cooling tower
	Hydraulic connections	DN 65, PN 16
Main components	Working fluid	R1233zd
	Generator	High speed, permanent magnet
	Expander	Kinetic turbine
	Heat exchangers	Brazed plate
	Pump	Multi-stage magnetic coupling
	Controls	Industrial PLC
	Monitoring	Remote web support
Main ratings	Weight	900 kg
	Dimensions L x w x h	1,2 m x 0,8 m x 1,8 m
	Environmental	IP 20
	Noise level @10m	60 dB
	Design lifetime	20 yrs
	Safety	Non flammable, non toxic, ODP=0
Norm compliance	Machine directive	2006/42/EG
	PED	2014/68/EU
	Electrical norms	2014/35/EG
	Grid codes	VDE-0126 (G59, VDE-ARN, UL,...)

DIMENSIONS



GOOD TO KNOW

This equipment should be installed as close as possible to the heat source to reduce heat losses through the pipes.

Annexe 17 : Tableau récapitulatif des consommations et productions par mois (1/2)

Energie renouvelable						
Production électrique solaire photovoltaïque par mois à Bruxelles			Production totale			
Moyenne de 2009 à 2018	Rapport	De l'installation pv	Production EnR/mois	Elec. Quotidienne	Conso. Résidentiel	
Janvier	30 kWh/kWc	3%	31.175,94 kWh	78.161,13 kWh	7.001,28 kWh	4.744,44 kWh
Février	40 kWh/kWc	4%	41.567,92 kWh	88.553,11 kWh	7.001,28 kWh	4.744,44 kWh
Mars	89 kWh/kWc	9%	92.488,63 kWh	139.473,82 kWh	7.001,28 kWh	4.744,44 kWh
Avril	117 kWh/kWc	12%	121.586,17 kWh	168.571,36 kWh	7.001,28 kWh	4.744,44 kWh
Mai	126 kWh/kWc	13%	130.938,96 kWh	177.924,14 kWh	7.001,28 kWh	4.744,44 kWh
Juin	123 kWh/kWc	12%	127.821,36 kWh	174.806,55 kWh	7.001,28 kWh	4.744,44 kWh
Juillet	123 kWh/kWc	12%	127.821,36 kWh	174.806,55 kWh	7.001,28 kWh	4.744,44 kWh
Aout	118 kWh/kWc	12%	122.625,37 kWh	169.610,56 kWh	7.001,28 kWh	4.744,44 kWh
Septembre	97 kWh/kWc	10%	100.802,21 kWh	147.787,40 kWh	7.001,28 kWh	4.744,44 kWh
Octobre	66 kWh/kWc	7%	68.587,07 kWh	115.572,26 kWh	7.001,28 kWh	4.744,44 kWh
Novembre	34 kWh/kWc	3%	35.332,73 kWh	82.317,92 kWh	7.001,28 kWh	4.744,44 kWh
Décembre	24 kWh/kWc	2%	24.940,75 kWh	71.925,94 kWh	7.001,28 kWh	4.744,44 kWh
Total	987 kWh/kWc	100%	1.025.688,50 kWh	1.589.510,75 kWh	84.015,33 kWh	56.933,33 kWh

Annexe 17 : Tableau récapitulatif des consommations et productions par mois (2/2)

	Consommations		Détection des besoins de stockage par mois	
	I Conso. Résidentiel	Conso. Tertiaire		
	Chauffage électrique	Conso. Globale	Total avec PAC	Total avec foyer à bois
Janvier	11.552,55 kWh	109.384,58 kWh	- 54.521,72 kWh	- 42.969,17 kWh
Février	11.552,55 kWh	109.384,58 kWh	- 44.129,74 kWh	- 32.577,19 kWh
Mars	11.552,55 kWh	109.384,58 kWh	6.790,97 kWh	18.343,51 kWh
Avril	11.552,55 kWh	109.384,58 kWh	35.888,51 kWh	47.441,06 kWh
Mai	11.552,55 kWh	109.384,58 kWh	45.241,29 kWh	56.793,84 kWh
Juin	11.552,55 kWh	109.384,58 kWh	42.123,70 kWh	53.676,25 kWh
Juillet	11.552,55 kWh	109.384,58 kWh	42.123,70 kWh	53.676,25 kWh
Aout	11.552,55 kWh	109.384,58 kWh	36.927,71 kWh	48.480,26 kWh
Septembre	11.552,55 kWh	109.384,58 kWh	15.104,55 kWh	26.657,10 kWh
Octobre	11.552,55 kWh	109.384,58 kWh	- 17.110,59 kWh	- 5.558,04 kWh
Novembre	11.552,55 kWh	109.384,58 kWh	- 50.364,93 kWh	- 38.812,38 kWh
Décembre	11.552,55 kWh	109.384,58 kWh	- 60.756,91 kWh	- 49.204,36 kWh
Total	138.630,58 kWh	1.312.614,96 kWh	- 2.683,45 kWh	135.947,13 kWh

Cuisine collective		Nombre	Puissance (kW)	Temps d'utilisation (h/j)	Degré d'utilisation (%)	Consommation (kWh)	Consommation annuelle (kWh/an)
Plaque de cuisson		4,0		4	3,5		12.264,00 kWh/an
Chambre froide		1,0		2	24,0		8.760,00 kWh/an
Congélateur armoire		2,0		1,6	24,0		18.220,80 kWh/an
Four		2,0		11	0,4		2.248,40 kWh/an
Hotte		4,0				15,00	60,00 kWh/an
Cuisine libre accès							
Plaque de cuisson		10,0		2,5	4,0	260,00	6.240,00 kWh/an
Four		5,0		3	0,6	150,00	315,00 kWh/an
Frigo		2,0			24,0	190,00	380,00 kWh/an
Micro-ondes		4,0			10,5	60,00	2.520,00 kWh/an
Hotte		10,0				15,00	150,00 kWh/an
Espace multimédia							
Ordinateurs		524,2			2,0	45,00	23.587,20 kWh/an
Routeur Wifi		4,0				85,00	340,00 kWh/an
Chargeurs gsm		877,0			4,0	7,00	3.069,36 kWh/an
Chargeurs tablette		292,3			4,0	7,00	1.023,12 kWh/an
Lavoir							
Fer à repasser		5,0			h/semaine 25,0	52,00	6.500,00 kWh/an
ML 100L		10,0	300L		Consommation (kWh/an)	47L	
			4.100,00		1.550,00	500,00	
Eclairage du bâtiment							
Consommation type d'un bâtiment culturel							79.296,00 kWh/an
Part de l'éclairage dans la consommation d'un bâtiment culturel							18.238,08 kWh/an
Avec basse consommation (-75%)							4.559,52 kWh/an
Nombre de m² chauffés		252					TOTAL
Niv. 1		252					105.737,40 kWh/an
Niv. 2		350					
Niv. 3		342					
Niv. 4		400					
TOTAL		1344 m² chauffés					
237.888,00 kWh/an							
Nombre de ménages						504	

Bibliographie

- (Beckerich, 2020) COMMUNE DE BECKERICH, (2020). La dimension écologique : vers une autonomie énergétique [en ligne] (page consultée le 29/05/20)
<https://www.beckerich.lu/fr/Pages/Beckerich%20commune%20%C3%A9cologiste.aspx>
- (Belgaqua, 2008) BELGAQUA, (2008). Livre bleu – Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur l’eau potable et l’assainissement des eaux usées. Edition 2008, 76 pp. Disponible sur <http://www.belgaqua.be/document/LivreBleu.pdf>
- (Bruxelles Environnement, 2006) BRUXELLES ENVIRONNEMENT, (2006). 100 conseils pour économiser l’énergie. Editeurs Responsables : J.P. Hannequart & E. Schamp, p. 16.
- (Bruxelles Environnement, 2008) BRUXELLES ENVIRONNEMENT, (2008). Infos fiches-énergie : La production d’eau chaude sanitaire (ECS 01). Disponible sur https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/IF%20Energie%20ECS01%20Part%20FR
- (Bruxelles Environnement, 2009) BRUXELLES ENVIRONNEMENT, (2009). Infos fiches-énergie : Quelle est la consommation moyenne des électroménagers ? (ELEC 05). Disponible sur https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/IF_Energie_ELEC05_Part_FR.PDF
- (Bruxelles Environnement 1, 2020) BRUXELLES ENVIRONNEMENT, (2020). 2.1. Comment sont calculées les surfaces disponibles de toits ? [en ligne] (page consultée le 05/04/20)
<https://environnement.brussels/content/carte-solaire-de-la-region-bruxelloise-faq>
- (Bruxelles Environnement 2, 2020) BRUXELLES ENVIRONNEMENT, (2020). La carte solaire de la Région Bruxelles-Capitale. [en ligne] (page consultée le 04/03/20)
<https://geodata.environnement.brussels/client/solar/>
- (Bruxelles-Propreté, 2018) BRUXELLES-PROPRETÉ (ARP), (2018). Collectes de déchets de Bruxelles-Propreté par type de déchet et mode de valorisation (nouvelles méthodologie) : 2014-2018.
- (Clement *et al.*, 2007) CLEMENT, K., PARDON, I. et DRIESEN, J. (2007). Standby Power Consumption in Belgium. In : Electrical Power Quality and Utilisation, 2007. EPQU 2007. 9th International Conference on, pages 1–4. IEEE.
- (Commission Européenne, 2019) COMMISSION EUROPÉENNE, (2019). Rapport 2019 pour la Belgique. Semestre européen 2019: évaluation des progrès concernant les réformes structurelles, la prévention et la correction des déséquilibres macroéconomiques, et résultats des bilans approfondis au titre du règlement (UE) n° 1176/2011, *Document de travail des services de la commission*, 27 février 2019, pp. 66-67.

- (de Oliveira e Silva et Hendrick, 2017) DE OLIVEIRA E SILVA, G., HENDRICK, P. (2017). Photovoltaics and batteries: an expensive combination, Université Libre de Bruxelles (ULB), Communiqué de presse, 15 mai 2017, pp. 1-2.
- (Davis, 2007) DAVIS, M. (2007). Écologie en temps de guerre. Quand les États-Unis luttèrent contre le gaspillage des ressources, Mouvements n°54, 2007
Disponible sur <http://www.mouvements.info/Ecologie-en-temps-de-guerre-Quand.html>
- (Dobigny, 2012) DOBIGNY, L. (2012). Chapitre 8 : Produire et échanger localement son énergie. Dynamiques et solidarités à l'œuvre dans les communes rurales. In : Papy F., Mathieu N., Ferault C., (eds), Nouveaux rapports à la nature dans les campagnes, éditions Quae, 2012, pp. 139-152.
- (Douzant Rosenfeld et Faxas, 1993) DOUZANT ROSENFELD, D., FAXAS, L. (1993). Equipements urbains et services de remplacement : le cas de Santo Domingo (République dominicaine), Tiers Monde, 1993, tome 34, n°133, pp139-151
- (Energie+, 2012) ENERGIE+ (2012). Consommation d'énergie par bâtiment. [en ligne] (page consultée le 26/03/2020)
<https://energieplus-lesite.be/donnees/consommations2/consommation-d-energie-par-batiment/consommation-d-electricite-et-de-combustible-des-bureaux/>
<https://energieplus-lesite.be/donnees/consommations2/consommation-d-energie-par-batiment/consommation-d-electricite-et-de-combustible-des-commerces/>
<https://energieplus-lesite.be/donnees/consommations2/consommation-d-energie-par-batiment/consommation-d-electricite-et-de-combustible-dans-l-enseignement/>
<https://energieplus-lesite.be/donnees/consommations2/consommation-d-energie-par-batiment/consommation-d-electricite-et-de-combustible-dans-les-loisirs/>
<https://energieplus-lesite.be/donnees/consommations2/consommation-d-energie-par-batiment/consommation-d-electricite-et-de-combustible-dans-la-sante/>
<https://energieplus-lesite.be/donnees/consommations2/consommation-d-energie-par-batiment/consommation-d-electricite-et-de-combustible-dans-l-horeca/>
- (Future, 2014) FUTURE (2014). Demain, l'habitat participatif, émission du 20 septembre 2014. [Reportage] Future Mag, ARTE, 14 mn.
Disponible sur <https://www.youtube.com/watch?v=TFMPr5pNzAw>
- (Graindorge, 2009) GRAINDORGE, P. (2009). Güssing: la seule ville européenne totalement autonome en énergie, Techni.Cités n°176, 8 octobre 2009, p. 36.
- (Haveaux, 2020) HAVEAUX, C. (2020). Un village coupé du réseau mais alimenté par un système de stockage 100% renouvelables. *Renouvelle : l'actualité de l'énergie durable*. [en ligne] (page consultée le 07/05/2020)
<https://www.renouvelle.be/fr/actualite-internationale/un-village-coupe-du-reseau-mais-alimente-par-un-systeme-de-stockage-100>

- (Huart et Cech, 2015) HUART, M., CECH, J. (2015). L'électrolyse de l'eau pour valoriser l'électricité renouvelable excédentaire. *Renouvelle : l'actualité de l'énergie durable*. [en ligne] (page consultée le 04/05/2020)
<http://www.renouvelle.be/fr/technologies/lelectrolyse-de-leau-pour-valoriser-lelectricite-renouvelable-excedentaire>
- (Ibsa, 2001) IBSA (2001). Superficie moyenne par habitant 2001 (m²) [en ligne] (page consultée le 25/05/20)
<https://monitoringdesquartiers.brussels/maps/statistiques-logement-bruxelles/superficie-des-logements-region-bruxelloise/superficie-moyenne-par-habitant/1/2001/>
- (Ibsa, 2013) IBSA (2013). Taux d'occupation du bâti des îlots 2013 (%) [en ligne] (page consultée le 17/04/20)
<https://monitoringdesquartiers.brussels/maps/statistiques-bati-et-equipements-bruxelles/caracteristique-du-bati-region-bruxelloise/taux-doccupation-du-bati-des-ilots/1/2013/>
- (Konbini, 2018) KONBINI (2018). On a passé les derniers jours dans la ZAD avant l'opération d'expulsion, émission du 16 avril 2018. [Reportage] 9 mn.
 Disponible sur https://www.youtube.com/watch?v=U0S_fEXQyxU&list=PLo6BDEVbPKfIjeT0y4r_9OzH3hzFi7Mwa&index=11&t=72s
- (Larousse, 2020) LAROUSSE (2020). Dictionnaire en ligne. [en ligne] (page consultée le 01/06/20)
<https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/ZAD/188223>
- (Lohrengel, 2013) LOHRENGEL, H. (2013). Jühnde Bio-Energy Village in Germany : Civil society engaging in local renewable energy production, 15 novembre 2013, p. 26.
- (Molenbeek1080, 2020) MOLENBEEK1080 (2020). Histoire en quelques mots [en ligne] (page consultée le 05/04/20)
<http://www.molenbeek.irisnet.be/fr/je-visite/histoire/Histoire%20en%20quelques%20mots>
- (Multon et Ruer, 2003) MULTON, B., RUER, J. (2003). Stocker l'électricité: oui, c'est indispensable et c'est possible. Pourquoi, où, comment ?, publication ECRIN en contribution au débat national sur l'énergie, avril 2003. pp. 1-29.
- (Parlement européen et Conseil, 2018) PARLEMENT EUROPÉEN, CONSEIL, (2018). Directive (UE) 2018/844, 30 mai 2018 - Directive modifiant la directive 2010/31/UE sur la performance énergétique des bâtiments et la directive 2012/27/UE relative à l'efficacité énergétique, *Journal officiel de l'Union européenne*, 19 juin 2018, L 156, pp. 75-91.
- (Parlement européen et Conseil, 2019) PARLEMENT EUROPÉEN, CONSEIL, (2019). Directive (UE) 2019/944, 5 juin 2019 - Directive concernant des règles communes pour le marché intérieur de l'électricité et modifiant la directive 2012/27/UE, *Journal officiel de l'Union européenne*, 14 juin 2019, L 158, p. 140.

- (Rigaud, 2007) RIGAUD, C. (2007). Biogaz : ce qu'il faut savoir, *Le journal des énergies renouvelables*, mai/juin 2007, n°179.
Disponible sur <http://www.energies-renouvelables.org/media/photos/observer/biogaz/biogaz.pdf>
- (Selectra 1, 2020) SELECTRA, (2020). Quelle est la consommation moyenne d'électricité en Belgique ? [en ligne] (page consultée le 05/04/20)
<https://callmepower.be/fr/energie/guides/consommation/moyenne-electricite>
- (Selectra 2, 2020) SELECTRA. Appareils électriques : quelle consommation en kWh et en euros ? [en ligne] (page consultée le 03/03/20)
<https://selectra.info/energie/guides/conso/appareils-electriques>
- (Sibelga, 2020) SIBELGA (2020). Qu'est-ce qu'un black-out ? Qu'est-ce qu'un délestage ? [en ligne] (page consultée le 08/05/20)
<https://www.energuide.be/fr/questions-reponses/quest-ce-quun-black-out-quest-ce-quun-delestage/439/>
- (SocialEnergie, 2017) SOCIAL ENERGIE (2017). Fiche pratique : Consommations de référence. pp. 1-3.
Disponible sur https://www.socialenergie.be/wp-content/uploads/Fiche_pratique_conso_reference_8.pdf
- (SPF Economie, 2015) SPF ECONOMIE, PME, CLASSES MOYENNES ET ENERGIE (2015). 28 juin 2015 - Loi modifiant la loi du 31 janvier 2003 sur la sortie progressive de l'énergie nucléaire à des fins de production industrielle d'électricité afin de garantir la sécurité d'approvisionnement sur le plan énergétique. *Moniteur Belge*, 06 juillet 2015, Ed. 2, n°174, pp. 44423-44424.
Disponible sur <http://www.ejustice.just.fgov.be/eli/loi/2013/12/18/2013011640/moniteur>
- (SPF Economie, 2017) SPF ECONOMIE, (2017). Analyse de la consommation énergétique des ménages en Belgique. pp. 1-13.
- (Spies, 2013) SPIES, N., (2013). Historiques des réglementations « énergie » en Belgique. In : Evolution des réglementations thermiques. p. 6.
https://www.cstc.be/homepage/download.cfm?lang=nl&dtype=agendapresentations&doc=doc_400_3_N_Spies_Evolution_des_reglementations_thermiques.pdf
- (Statbel, 2016) STATBEL, (2016). Enquête sur le budget des ménages, Edition 2016.
- (Statbel, 2011) STATBEL, (2011). Census 2011 : fichiers téléchargeables par secteur statistique. [en ligne] (page consultée le 13/04/20)
https://census2011.fgov.be/download/statsect_fr.html
- (Subrémon, 2010) SUBRÉMON, H. (2010). HABITER LA PENURIE. La panne de courant, révélatrice de la vulnérabilité d'une condition citadine. Halshs-00719721. pp. 1-13.
Disponible sur <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00719721/document>

(Temps présent, 2018) TEMPS PRESENT (2018). Coopératives d'habitants, plus belle la vie?, émission du 26 avril 2018 [Reportage]. Suisse : Radio Télévision Suisse (RTS). 54 mn Disponible sur <https://www.youtube.com/watch?v=b3FqnGyDypc&t=6s>

(United Nations, 2019) UNITED NATIONS, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, (2019). World Population Prospects 2019 : Medium fertility variant, 2020-2100

(Valbiom, 2009) VALBIOM, (2009). Se chauffer au bois... Un bon choix ! Une gamme de solutions écologiques et économiques. [en ligne] (page consultée le 05/05/20) https://energie.wallonie.be/servlet/Repository/25884_br_bois-energie_p1-12.pdf?IDR=10520

(Valbiom, 2019) VALBIOM, (2019). L'univers de la biomasse, ce que l'on peut transformer, en quoi et comment? [en ligne] (page consultée le 20/03/20) <https://labiomasseenwallonie.be/>

Auteur Anonyme 1, Renouvelle [en ligne] (page consultée le 03/05/20) https://www.renouvelle.be/sites/default/files/schema1_0.png