



Scénario de transition énergétique 2050

Secteur du bâtiment
Électricité spécifique

Rapport technique

Mars 2021



Scénario de transition énergétique 2050

Secteur du bâtiment – Électricité spécifique Rapport technique

David Moreau
Flavio Principi
Emmanuel Ravalet

Réalisé sous mandat de négaWatt
Mobil'homme, Av. de Sévelin 28, 1004 Lausanne

Photo de couverture : David Moreau

Impressum

Moreau D., Principi F., Ravalet E. (2021). Scénario de transition énergétique 2050, Secteur du bâtiment – Électricité spécifique, rapport technique. Mobil’homme Sàrl, Lausanne (Suisse)

Profil du mandataire

Mobil’homme est un bureau de sciences sociales actif dans l’urbain et la mobilité, basé à Lausanne (Suisse). Il a été fondé en 2015 comme *spin off* du Laboratoire de sociologie urbaine (LaSUR) de l’École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL). Le bureau Mobil’homme a la particularité de regrouper dans son équipe pluridisciplinaire des chercheurs relevant d’une grande diversité disciplinaire : sociologue, anthropologue, urbaniste, géographe, économiste, historien, ingénieur. Cette richesse de compétences lui permet d’articuler des dispositifs méthodologiques variés et hautement innovants, tout en croisant des compétences qualitatives et quantitatives, sur des projets d’envergure. Ses membres continuent par ailleurs d’exercer une activité scientifique de pointe. Ce positionnement unique, mettant des chercheurs en activité au service de la recherche appliquée et de l’expertise de haut niveau, fait du bureau Mobil’homme le point de passage clé entre le monde académique et les besoins des collectivités et des prestataires privés.

www.mobilhomme.ch / info@mobilhomme.ch

MOBIL’HOMME Sàrl.
Études, recherches, expertises
Avenue de Sévelin 28
CH-1004 Lausanne

Sommaire

1	INTRODUCTION.....	9
2	METHODOLOGIE.....	10
2.1	Lavage et séchage	10
2.2	Cuisine.....	10
2.3	Eclairage.....	10
2.4	Réfrigération et congélation	11
2.5	Autres consommations électriques.....	11
2.6	Electricité spécifique tertiaire	11
3	FONCTIONNEMENT DU FICHIER EXCEL	13
3.1	Onglet input output principaux	13
3.2	Autres onglets.....	13
4	REVUE DE LITTERATURE.....	15
4.1	Lavage et séchage	15
4.2	Cuisine.....	16
4.3	Éclairage.....	17
4.4	Réfrigération et congélation	18
4.5	Autres consommations d'électricité spécifique	19
5	HYPOTHESES.....	20
5.1	Lavage, séchage et cuisine (lave-vaisselle)	20
5.2	Eclairage.....	20
5.3	Réfrigération et congélation	21
5.4	Secteur tertiaire.....	22
6	RESULTATS	24
7	DISCUSSION	27
8	CONCLUSION	30
9	REFERENCES	31
10	ANNEXE.....	33
10.1	Evaluation des heures d'utilisation du secteur tertiaire	33

1 Introduction

On parle d'électricité spécifique pour les secteurs de consommation où l'électricité est la seule source d'énergie utilisable. Le présent rapport se concentre sur les consommations d'électricité liées à l'éclairage (public et privé), le lavage et séchage du linge, la cuisine (lave-vaisselle, petit électroménager et cuisinières) et la réfrigération-congélation. Selon les statistiques énergétiques de l'OFEN (2020 a), ces quatre postes de consommation combinés représentent en 2019 24.6 PJ pour les ménages. Pour la même année, l'éclairage tertiaire demande 10.5 PJ et la catégorie « Systèmes d'entraînement, processus », entièrement électrifiée, consomme 17.8 PJ. Ces besoins en électricité sont donc loin d'être négligeables dans le mix total, surtout dans un monde futur où les besoins en électricité risquent d'augmenter à cause des pompes à chaleurs, de la mobilité électrique et de l'informatique. Pour éviter les problèmes de surcharge du réseau, mais aussi pour pouvoir assurer ces besoins à l'aide d'énergies renouvelables uniquement, il est crucial de limiter la consommation d'électricité là où elle peut l'être.

A noter que la catégorie « informatique et médias de communication » est traitée à part dans un autre rapport et ce pour des questions de lisibilité des documents et classeurs Excel.

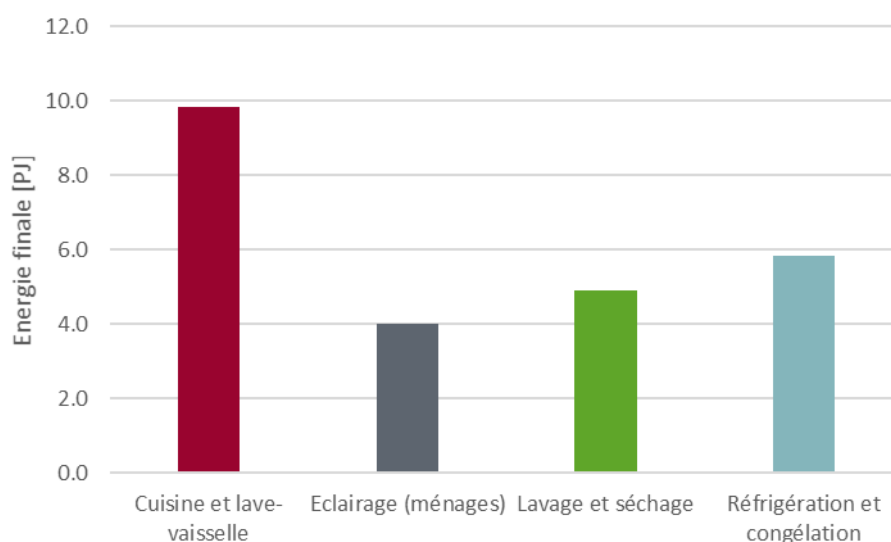


Figure 1: Consommation d'électricité spécifique finale pour les ménages en 2019 (OFEN 2020 a)

2 Méthodologie

2.1 Lavage et séchage

La consommation énergétique allouée au lavage du linge est estimée selon le nombre moyen de cycles de lavage par ménage ayant accès à une machine à laver et la consommation par cycle. L'influence de la température de lavage est prise en compte explicitement à travers un facteur multiplicatif, ajoutant ainsi une réduction des besoins en électricité supplémentaire dans le scénario négaWatt :

$$Conso_{lavage} = N_{lave-linge} \cdot Conso_{cycle_{lavage}} \cdot N_{cycle_{lavage}} \cdot F_{température}$$

$N_{lave-linge}$: nombre de ménages utilisant une machine à laver le linge.

$Conso_{cycle_{lavage}}$: consommation par cycle de lavage [kWh/cycle].

$N_{cycle_{lavage}}$: nombre de cycles de lavage par ménage et par année.

$F_{température}$: facteur de réduction de la consommation dépendant de la température moyenne des cycles de lavage.

En ce qui concerne les sècheirs, leur consommation en électricité annuelle dépend également du taux de possession et de leur efficacité moyenne. Le nombre de cycles de séchage du linge est indexé sur celui des lavages, ce qui donne :

$$Conso_{séchage} = N_{sèche-linge} \cdot Conso_{cycle_{séchage}} \cdot N_{séchage\ par\ lavage} \cdot N_{cycle_{lavage}}$$

$N_{sèche-linge}$: nombre de ménages utilisant une machine à sécher le linge.

$Conso_{cycle_{séchage}}$: consommation par cycle de séchage [kWh/cycle].

$N_{séchage\ par\ lavage}$: nombre de cycles de séchage par cycle de lavage du linge.

2.2 Cuisine

La consommation des lave-vaisselle est calculée de manière similaire à celle des lave-linge et sèche-linge, en considérant le nombre d'appareils, le nombre de cycles annuels et l'efficacité par cycle. La consommation est trouvée par :

$$Conso_{lave-vaisselle} = N_{lave-vaisselle} \cdot Conso_{cycle_{lave-vaisselle}} \cdot N_{cycle_{lave-vaisselle}}$$

$N_{lave-vaisselle}$: nombre de ménages utilisant un lave-vaisselle.

$Conso_{cycle_{lave-vaisselle}}$: consommation par cycle de lavage de la vaisselle [kWh/cycle].

$N_{cycle_{lave-vaisselle}}$: nombre de cycles par année de lavage de la vaisselle par ménage utilisant un lave-vaisselle.

Pour la consommation des autres appareils de cuisine et des cuisinières, les valeurs de 2015 et 2020 (en projetant la tendance actuelle) sont tirées de l'OFEN (2020a). Les objectifs 2050 sont fixés selon les résultats des perspectives énergétiques 2050 de la Confédération (OFEN 2012) en les corrigeant selon le nombre de ménages actualisé par les nouvelles perspectives énergétiques (OFEN, 2020b). Il est supposé que les cuisinières à gaz et au bois disparaissent en 2050 au profit des cuisinières électriques. Puis, une régression de degré 2 est utilisée pour obtenir les valeurs intermédiaires.

2.3 Eclairage

La modélisation de l'éclairage dans les ménages se base tout d'abord sur les besoins en luminosité, en lumen/m² (ou lux). Cette luminosité est ensuite multipliée par la durée d'utilisation [heures par an] et la surface moyenne par ménage, puis divisée par l'efficacité (en lumen/W) pour obtenir la

consommation annuelle des ménages suisses. L'efficacité de 2015 est ajustée pour correspondre à la consommation constatée dans les statistiques énergétiques de l'OFEN (2020a). Celle de 2020 est également ajustée manuellement pour obtenir une valeur globale plausible par rapport à ces statistiques.

$$Eclairage_{ménages} = \frac{Lux \cdot SRE \cdot t}{Eff}$$

Lux : éclairage moyen [lumen/m²].

SRE : surface de référence énergétique résidentielle totale [m²].

t : durée moyenne de fonctionnement [heures/an].

Eff : efficacité des lampes [lm/W].

La modélisation du secteur tertiaire est similaire à celle discutée pour les ménages. Pour l'éclairage public, c'est la consommation annuelle par lampadaire qui est recherchée en considérant l'efficacité des lampes [lumen/W], la durée d'utilisation [heures par an] et le flux par lampadaire [lumen]. Puis, cette consommation est multipliée par le nombre supposé de lampadaires.

Finalement, toutes les valeurs d'efficacité des années 2015-2020 sont calibrées pour correspondre à l'énergie finale consommée en Suisse selon les statistiques de l'OFEN (2020 a).

2.4 Réfrigération et congélation

La consommation des réfrigérateurs et congélateurs est calculée de la même manière que pour les lave-vaisselle ou lave linge, en remplaçant le nombre de cycles par le volume. Trois types d'appareils sont considérés : les réfrigérateurs simples, les congélateurs simples et les appareils combinés, soit des réfrigérateurs ayant un compartiment de congélation. Le nombre d'appareils de chaque type est multiplié par son volume moyen, puis par sa consommation par unité de volume.

2.5 Autres consommations électriques

La consommation des autres appareils électriques dans les ménages en 2015 est reprise des statistiques de l'OFEN (2020a) et celles de 2020 sont obtenues en poursuivant la tendance de ces dernières années. Puis, basée sur les perspectives énergétiques de l'OFEN, la consommation d'énergie finale totale pour ces autres consommations électriques en 2050 a été fixée à 10.5 PJ dans les deux scénarios. Les valeurs intermédiaires sont obtenues linéairement.

2.6 Electricité spécifique tertiaire

L'électricité spécifique dans le secteur tertiaire est calculée en se basant sur les améliorations d'efficacité moyenne dans le secteur des ménages grâce à un indicateur d'efficacité. En effet, les statistiques de l'OFEN, ainsi que les perspectives énergétiques du même office ne donnent que très peu de détails quant à la composition de la consommation de l'électricité du secteur tertiaire, éclairage mis à part. Les postes de consommations nommés « Prozesswärme » et « Antriebe, Prozesse » sont tous deux composés uniquement d'électricité et sont modélisés dans ce rapport de l'OFEN de la manière suivante :

1. Un indicateur d'efficacité est créé en s'inspirant de l'amélioration de l'efficacité des différents appareils considérés dans le secteur résidentiel. Il est calibré sur l'année 2015 (2015 = 1).
2. Un indicateur de sobriété est créé en considérant une réduction globale due à la sobriété d'usage et de taille des appareils. Il est également calibré sur l'année 2015 (2015 = 1).
3. Un indicateur d'usage est calculé en fonction du nombre d'emploi tertiaire (2015 = 1).

4. L'énergie consommée pour l'année 2015 est reprise des statistiques de l'OFEN (2020a) et la valeur de 2020 est calculée en poursuivant la tendance des années précédentes donnée par cette même source.
5. La consommation de chaque année est calculée en multipliant les besoins de 2015 par les indicateurs de sobriété, d'efficacité et d'usage.
6. Un facteur de correction est calculé pour l'année 2020, en considérant le rapport entre la consommation prévue en poursuivant les statistiques de l'OFEN et celle calculée avec les facteurs d'efficacité, de sobriété et d'usage. Il est ensuite appliqué à toutes les autres valeurs pour obtenir la consommation d'électricité finale du secteur tertiaire.

3 Fonctionnement du fichier Excel

3.1 Onglet input output principaux

Comme pour les autres modèles, l'onglet input-output permet de faire varier les principaux indicateurs avec une visualisation des résultats. Il est constitué de sept zones représentées par la Figure 2.

1. **Input** : les valeurs qui s'y trouvent sont directement utilisées dans la modélisation.
2. **Suggestion d'input négaWatt** : une proposition d'un jeu de données, correspondant au scénario négaWatt, qui peut être entrée dans le modèle par un copier-coller dans la zone 1.
3. **Suggestion d'input tendanciel** : une proposition d'un jeu de données, correspondant au scénario tendanciel, qui peut être entrée dans le modèle par un copier-coller dans la zone 1.
4. **Output** : les valeurs qui s'y trouvent sont les résultats de la modélisation selon les données présentes dans la zone 1.
5. **Output négaWatt** : les résultats de la modélisation selon les données présentes dans la zone 2.
6. **Output tendanciel** : les résultats de la modélisation selon les données présentes dans la zone 3.
7. **Données informatives** : les données présentes sont proposées à titre informatif. Il peut s'agir de statistiques nationales ou de résultats d'autres modélisations. Cette zone n'est pas systématiquement présente dans les fichiers Excel.

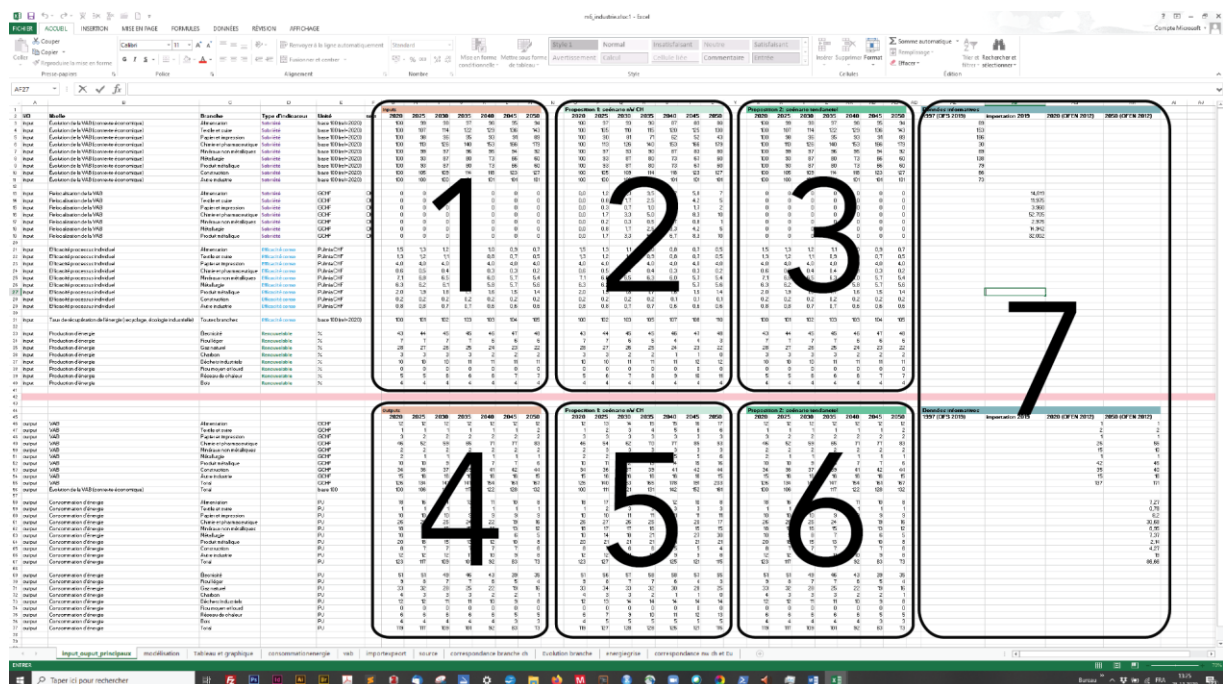


Figure 2 Onglet Input_output principaux constitué de 7 zones permettant de faire varier les principaux indicateurs de la modélisation négaWatt (capture d'écran provenant du modèle « industrie »)

3.2 Autres onglets

En plus de l'ongle principal commun à tous les micro-modèles, le fichier Excel de l'électricité spécifique comprend les onglets suivants :

- **Input_secondaires** : construit de la même manière que l’onglet « inputs_outputs_principaux » mais présente des indicateurs secondaires du scénario négaWatt pour permettre plus de clarté dans le premier onglet.
- **Impact_nW** : cet onglet met en avant l’impact de chacun des piliers de l’approche négaWatt (sobriété, efficacité et énergies renouvelables). Il regroupe également des données utiles pour les différentes figures utilisées dans ce rapport.
- **Lavage_séchage ; cuisine ; éclairage ; réfrigération_congélation ; Autres ; Tertiaire** : les calculs pour ces thèmes sont faits dans ces onglets. Les valeurs d’entrée sont celles de la zone 1 sur la Figure 2 et les résultats sont ensuite affichés dans la zone 4 de la Figure 2.
- **Sources** : les sources utiles à la modélisation et à la définition des hypothèses utilisées dans ce fichier Excel sont présentées dans cet onglet.

4 Revue de littérature

4.1 Lavage et séchage

Le nombre de cycles de lavages et séchages est un indicateur intéressant d'un point de vue des comportements de sobriété énergétique. Plusieurs études semblent indiquer un nombre moyen proche de 3 cycles de lavage par semaine et par ménage, soit directement (AISE 2015, Sahakian et Bertho, 2018), soit par le nombre de cycle par appareil et le taux de possession des ménages (Pakula et al. 2010 ; négaWatt 2018). Il y a un réel potentiel de réduction de ce nombre pendant les prochaines années. Sahakian et Bertho ont notamment constaté qu'une moitié des sondés ne fait pas attention au remplissage de la machine. Dans la même étude, il est observé que les ménages partageant leurs appareils (buanderie pour tout l'immeuble) font en moyenne moins de cycles de lavage. Toulouse et al. (2018) suppose une réduction possible de 10%, alors que négaWatt France vise -22% à l'horizon 2050 (négaWatt, 2018).

Une fois le nombre de cycles évalué, l'énergie allouée au lavage est estimée en considérant la consommation par cycle. En Suisse, une consommation actuelle de 1kWh/cycle de lavage semble être une bonne estimation (Pakula et al. 2010 ; Sahakian et Bertho, 2018 ; SuisseEnergie 2018). Pour une capacité de 6 à 8 kg, les appareils vendus actuellement consomment typiquement entre 0.68 et 0.8 kWh/cycle, les meilleurs pouvant même passer sous la barre des 0.5 kWh/cycle (comparis.ch, 2020). En ce qui concerne l'amélioration possible, les perspectives énergétiques de l'OFEN prévoient une réduction de 32% de l'énergie annuelle par appareil entre 2020 et 2050 (OFEN 2012, scénario NPE). Le scénario négaWatt France (2018) considère une consommation par cycle de 0.6 kWh en 2020 déjà et atteint 0.33 kWh/cycle en 2050. Finalement, un rapport de la Commission Européenne prévoit que les appareils vendus en 2050 consommeront entre 0.61 et 0.43 kWh/cycle. Entre 2015 et 2050, le stock de lave-linge réduit sa consommation par cycle d'environ 40% (Commission Européenne 2019).

L'évolution de cette consommation dépend de l'efficacité énergétique des appareils, mais également de la température moyenne de lavage. Le fait de laver à 30°C plutôt que 90°C permet d'économiser 70% de d'énergie (SuisseEnergie 2018). Selon les résultats d'enquêtes européennes sur les habitudes de lavage, la température moyenne de lavage en Suisse est de 43.8°C en 2014 et de 42.8°C en 2011 (AISE, 2015). Le potentiel de gains énergétiques pour une baisse de 5°C y est estimé à 18% (AISE, 2015), dans le même ordre de grandeur que Toulouse et al. (2018).

Que ce soit la température de lavage, la consommation énergétique ou le nombre de cycles, l'évolution vers plus de sobriété rencontre certaines barrières dans les habitudes des ménages. La tendance actuelle est à l'augmentation du volume des machines, favorisée par des normes non-punitives pour la taille (Wagner 2017 ; Toulouse et al. 2018). L'adoption des programmes « eco » utilisant une eau moins chaude rencontre le scepticisme de la population en raison de leur durée plus longue (Sahakian et Bertho, 2018 ; Toulouse et al. 2018). Sahakian et Bertho mettent également en avant l'existence d'une pression sociale pour changer d'habits quotidiennement : 59% des personnes interrogées dans leur étude déclarent changer de t-shirt ou de pull tous les jours et 35% pensent que porter les mêmes vêtements deux jours de suite serait mal perçu dans leur environnement professionnel.

Concernant le séchage, la consommation énergétique actuelle par cycle est plus élevée que celle des machines à laver : (2kWh selon Sahakian et Bertho, 2018 ; 1.85 kWh selon négaWatt, 2018). Les appareils sur le marché ont des consommations très variables, les meilleurs ne consommant qu'1 kWh/cycle alors que les classes B, peuvent monter à près de 5 kWh/cycle. La majorité des modèles en vente ont cependant une consommation située entre 1.5 et 2 kWh/cycle (Comparis.ch, 2020). Les prévisions de l'OFEN (2012, scénario NPE) et de négaWatt France prévoient cependant des améliorations énergétiques fortes pour 2050 (respectivement -62% et -49% par rapport à 2020).

La demande en sèche-linge des ménages résulte principalement du manque d'espace pour les séchages. De fait, une réduction de l'utilisation est dépendante d'une multiplication des espaces d'étendage. Il faut souligner également la présence d'un surdimensionnement des appareils provoquant un gaspillage d'énergie (Toulouse et al., 2018).

Le principal levier de sobriété consiste donc à limiter le nombre de cycles de séchage. Les standards des étiquettes-énergie considèrent 160 cycles de séchage par année, contre 220 cycles de lavage. Selon le nombre d'appareils de l'OFEN (2020 a), on peut considérer que 82% des ménages ont accès à un sèche-linge en 2018, contre 72% en 2010 et 50% en 2000, preuve de la tendance à la hausse de l'utilisation de ces appareils. Cette croissance est cependant de moins en moins marquée ces dernières années. Dans le scénario négaWatt France (négaWatt 2018), le nombre de cycle de séchage est limité à 112 par appareil et par an en 2050, contre 137 en 2020.

Finalement, il est à noter que la consommation des appareils de lavage (2.4 PJ) et de séchage (2.9 PJ) était en cumulé de 5.3 PJ d'électricité en 2015 (OFEN 2020 a).

4.2 Cuisine

Dans les statistiques énergétiques de l'OFEN (2020 a), la catégorie « cuisine » inclut les cuisinières, les lave-vaisselle et les autres appareils électroménagers de cuisine (toaster, micro-ondes, etc.). Certaines cuisinières utilisent encore du gaz ou du bois. Leur part étant cependant faible (respectivement 0.3 et 0.1 PJ en 2018, contre 5.1 PJ de cuisinières électriques), il a été choisi d'évaluer la consommation des cuisinières dans ce document sur l'électricité spécifique. Pour l'ordre de grandeur, les lave-vaisselles consommaient 2.1 PJ en 2018, soit presque autant que les autres appareils électriques de cuisine (2.3 PJ).

Une comparaison des lave-vaisselles mis sur le marché (notamment sur comparis.ch) permet de se rendre compte de la consommation actuelle des nouveaux modèles. Pour une capacité de 12 à 14 couverts, la consommation se situe entre 0.93 kWh/cycle et 0.83 kWh/cycle selon la classe énergétique. Certains modèles plus petits (9 couverts) ayant une consommation réduite peuvent également être trouvés, mais sont plus rares. Les meilleurs modèles, en classe « A+++>30% », descendent jusqu'à 0.55 kWh/cycle pour 13 couverts standards.

En 2005, les lave-vaisselles domestiques les plus vendus en Europe avaient une consommation proche de 1.05 kWh/cycle. La limite pour la mise sur le marché américain depuis janvier 2012 est de 1.37 kWh/cycle (ETSAP, 2012). De son côté, le comité européen des fabricants d'équipements domestiques rapporte une consommation moyenne de 0.96 kWh/cycle en 2015. Cette énergie est comparée à celle dépensée pour la même quantité de vaisselle faite à la main, soit 2.5 kWh (CECEB, 2017).

En ce qui concerne l'évolution future, le scénario NPE de l'OFEN (2012) donne une consommation annuelle de 236.9 kWh par appareil en 2010, 209.6 kWh en 2020 et 150.3 kWh en 2050, sans préciser le nombre de cycles sur lequel elle est évaluée. Dans le scénario négaWatt France, une consommation de 1.1 kWh/cycle est supposée en 2020. Le scénario français de négaWatt permet d'atteindre 0.6 kWh/cycle en 2050 (négaWatt France, 2018). Dans le rapport de la Commission Européenne (2019), la consommation par cycle du stock de lave-vaisselle baisse de 18.6% dans le scénario BAU et de 30% dans le scénario ECO entre 2015 et 2050.

La sobriété pour les lave-vaisselle se joue surtout sur le nombre de cycles. Dans la brochure de SuisseEnergie (2018), une utilisation optimisée (lave-vaisselle toujours plein) est estimée à 180 cycles par an par rapport à la situation normale de 220 utilisations pour un ménage type de deux personnes. Le scénario négaWatt français considère une utilisation de 180 cycles par an en 2050, en partant également de 220 cycles par an en 2010. Cette évaluation de la situation actuelle est partagée par l'AISE (2015), qui considère 4.1 cycles par ménage et par semaine en Europe de l'Ouest, soit environ 214 cycles par an.

L'utilisation de programme « eco » semble être la deuxième mesure de sobriété possible. L'utilisation du programme automatique plutôt que le programme « éco » augmente la consommation de 20 à 30% (Sivitos et *al.*, 2015). La même étude rapporte qu'une grande majorité des ménages n'utilise qu'un seul programme, par habitude, et qu'il s'agit rarement des modes les plus économiques. Les consommateurs sont rarement informés à propos de ces modes et sont sceptiques quant à leur durée allongée, ce qui peut être une barrière à l'adoption, comme il a été démontré dans une étude de l'université de Genève concernant les lave-linge (Sahakian et *al.* 2018).

La consommation d'électricité des autres appareils électroménagers est relativement faible par rapport au lave-vaisselle, qui consomme autant que tous les autres appareils réunis (OFEN 2020 a). Faire un café avec une bonne machine à expresso nécessite à 0.01kWh, faire bouillir 1 litre d'eau avec une bouilloire consomme 0.1 kWh (SuisseEnergie, 2018). La consommation de ces autres appareils électroménagers ne sera pas étudiée en détail dans ce rapport, la modélisation se contente de reprendre les données des perspectives de l'OFEN (2012) adaptées au nombre de ménages.

Concernant les cuisinières, il a également été choisi de ne pas y consacrer une modélisation détaillée. Il semble difficile de tabler sur des mesures de sobriété d'usage, d'autant plus qu'il est souhaitable que la population cuisine plus régulièrement ses plats à la maison plutôt que d'acheter des repas pré-cuisinés. Là aussi, les consommations sont reprises des scénarios de l'OFEN (2012), qui considère une amélioration de l'efficacité, et adaptées selon le nombre de ménages.

4.3 Éclairage

Selon une étude de l'Association Suisse pour l'éclairage, sous mandat de l'OFEN, la part de marché des LED a explosé en 2018 pour devenir plus importante en nombre de pièces vendues que les lampes thermiques classiques (42.8% contre 39.8%). Les ampoules halogènes, très peu efficaces, sont depuis septembre 2019 interdites à la vente en Suisse (OFEN, 2019). Cette tendance est censée se poursuivre. Le scénario négaWatt français ne considère par exemple plus que des lampes LED dès 2030 (négaWatt, 2018).

En Suisse, selon les statistiques de l'OFEN, l'éclairage des ménages consommait 5.3 PJ en 2015 (OFEN, 2020 a). Une forte diminution sous l'impulsion des lampes LED est prévue et le scénario NPE de l'OFEN ne considère déjà plus que 2.97 PJ en 2020, puis 0.86 PJ en 2050 (OFEN, 2012).

Cet important gain énergétique est possible grâce à une amélioration de l'efficacité. Pour les lampes, le nombre de lumen par Watt en est un indicateur usuel. Selon la brochure SuisseEnergie sur l'éclairage intérieur (Gasser et *al.*, 2019), les meilleurs LED peuvent atteindre 154 lm/W et les LED normales autour de 100 lm/W, soit bien mieux que les lampes économiques (58 lm/W), les tubes fluorescents compacts (69 lm/W) ou les lampes halogènes (entre 24 lm/W et 12 lm/W). De grands progrès dans le domaine sont encore attendus : dès 2021, une nouvelle étiquette énergie européenne donnera la note A aux lampes ayant une efficacité supérieure à 210 lm/W. Le potentiel de réduction de la consommation est donc important, d'autant plus que les effets rebonds dans le domaine sont relativement limités, la luminosité et la durée d'utilisation des lampes n'étant pas spécialement contraintes par la technologie (Schleich et *al.*, 2014).

La durée d'utilisation est d'ailleurs la mesure de sobriété active la plus évidente pour réduire la consommation d'énergie liée à l'éclairage. Une meilleure utilisation de l'éclairage naturel peut par exemple réduire les besoins (Toulouse et *al.*, 2018). Schleich et *al.* (2014) donnent une estimation de la durée d'éclairage par type de pièce typique pour l'Allemagne : 3 heures par jour pour la salle à manger et le salon, 2.6 heures pour la cuisine, 1.6 heures dans les chambres à coucher et 1.4 heures dans les salles de bain. Une autre étude au Portugal (De Almeida et *al.*, 2007) estime la durée d'utilisation à 3 heures au salon, 2h45 dans le bureau, 4 heures dans la cuisine, et approximativement 1h20 dans les chambres et salles de bains, ces valeurs ayant cependant été obtenues au printemps et en été, ce qui suggère une sous-estimation des moyennes. Le scénario négaWatt français (2018) se

base lui sur une durée moyenne de 1.7 heures d'utilisation par jour, qui baisse jusqu'à 1.55 heures en 2050.

L'intensité de l'éclairage est également une variable importante. Le scénario négaWatt français modélise cet aspect par le nombre de lampes par ménage (qui passe de 25 à 20 sur la période considérée) et le flux moyen par point lumineux, qui augmente de 464 lumens en 2015 à 524 lumens en 2050 par une généralisation des LED puissantes, ainsi que par le vieillissement de la population.

D'autres facteurs, tels que le degré de réflexion des matériaux (selon la matière et la couleur) ou le type de luminaires utilisé (éclairage direct ou non) peuvent, pour un même besoin en luminosité, influencer la puissance d'éclairage à installer. La géométrie de la pièce est également déterminante, ainsi que l'utilisation qui en est faite (Gasser et *al.*, 2019). L'ajout de nouveaux points lumineux, par exemple pour de la décoration, peut en revanche entraîner une hausse de la consommation globale (Toulouse et *al.*, 2018).

En ce qui concerne l'éclairage public, des mesures de sobriété peuvent s'ajouter à l'efficacité croissante des lampadaires. La question de l'utilité de l'éclairage à certains endroits et son dimensionnement adéquat permet d'éviter les dépenses d'énergie inutiles. Les horaires de fonctionnement flexibles peuvent permettre une réduction significative : un éclairage nocturne dynamique adapté au trafic peut économiser jusqu'à 70% d'énergie. De plus, un éclairage plus parcimonieux des bâtiments spéciaux (églises, monuments) permet également de mieux respecter le repos nocturne des riverains en réduisant la pollution lumineuse (topstreetlight, 2019).

Dans les perspectives énergétiques de la Confédération, l'éclairage public pour les routes est estimé à 463 GWh, soit 1.67 PJ, en 2010 (OFEN, 2012). Un ordre de grandeur confirmé par la brochure de SuisseEnergie concernant l'éclairage public qui parle 410 GWh. Les potentiels d'économie d'énergie identifiés sont une réduction d'un facteur deux grâce à la mise en place de LED et d'un autre facteur deux grâce à un allumage dynamique ou amoindri pendant la nuit. Le rendement des LED de 2020 est estimé à 180 lm/W, alors qu'il n'était que de 60 lm/W en 2010 (SuisseEnergie, 2016).

Finalement, en ce qui concerne l'éclairage dans le tertiaire, les normes SIA donnent des valeurs cibles, qui sont les valeurs à atteindre, et des valeurs limites, qui sont les meilleures performances actuellement possibles vu l'état de la technique et vers lesquels il faudrait tendre. La différence entre les deux nous informe sur les potentiels d'efficacité dans le secteur. Par exemple, une salle de classe a une valeur limite de 1'300 heures d'éclairage à pleine charge par an, contre 450 heures en valeur cible. En revanche, dans la vente de denrées alimentaires ou les commerces spécialisés, la valeur limite et la valeur cible sont les mêmes, à savoir 4'000 heures par an (Gasser et *al.*, 2019). Le commerce de détail peut néanmoins réaliser des économies sur l'éclairage grâce à de la sobriété, par exemple en éteignant complètement leurs lumières entre 22h et 6h du matin (topstreetlight, 2019).

Toujours dans le secteur tertiaire, les niveaux d'éclairage, en lumen par m² (ou lux), sont souvent plus importants que dans les ménages. Alors que les normes SIA considèrent 150 lux pour les habitations, le niveau d'éclairage est bien plus élevé dans un bureau ou une cuisine de restaurant (500 lux), un magasin (entre 300 et 750 lux) ou encore une salle de traitement médical (entre 500 et 750 lux) (Gasser et *al.*, 2019).

4.4 Réfrigération et congélation

La consommation des réfrigérateurs et des congélateurs tient en deux mesures de sobriété, la réduction du nombre d'appareils par ménage et la limitation de la taille moyenne d'un appareil, ainsi qu'une mesure d'efficacité, la réduction de la consommation par unité de volume. Les appareils ont été divisés en trois catégories : les réfrigérateurs seuls, les congélateurs seuls et les appareils combinés.

Selon Fischer et *al.* (2013), il existe quatre niveaux de sobriété pour les appareils de réfrigération : « réduire la taille », « ne plus avoir de congélateur », « ne pas utiliser le réfrigérateur pendant 4 mois » et finalement « ne plus avoir de réfrigérateur ». Les dernières options sont envisageables en changeant

fortement ses habitudes de consommation (aller faire les courses plus souvent, en petites quantités) et en changeant ses habitudes alimentaires (ne plus avoir de produits congelés). Ces changements forts semblent cependant difficilement envisageables. En effet, les congélateurs sont vus par les actifs comme un confort, permettant par exemple de répartir les activités culinaires selon le temps disponible en congelant les restes de repas pour la semaine ou de donner de l'autonomie aux enfants rentrant seuls à la maison à midi. Certains ménages ont d'ailleurs un appareil branché à la cave ou au garage mais presque inutilisé. De leur côté, les réfrigérateurs sont souvent surdimensionnés et utilisés comme espace de rangement pour des aliments pouvant être conservés à température ambiante. Le risque d'augmentation des volumes est relativement limité malgré le fait que les labels actuels ne pénalisent pas cet indicateur. Cependant, des fonctionnalités de plus en plus présentes limitent les gains en efficacité potentiels. Une température intérieure adaptée (4-5°C dans le frigo, -18°C dans le congélateur) pourrait permettre des gains significatifs, mais le manque de feedback clair sur cet indicateur rend souvent le réglage difficile (Sahakian et Bertho, 2018 ; Toulouse et *al.*, 2018).

En Suisse, les statistiques énergétiques de l'OFEN (2020 a) donnent le nombre d'appareils durant les dernières années. En 2015, on comptait 1.28 « Kühlgeräte » (qui inclue les réfrigérateurs seuls et combinés) par ménage, ou 1.1 par logement. Grâce aux perspectives énergétiques de l'OFEN (2012) on peut estimer qu'environ 72% de ces appareils sont des réfrigérateurs seuls et 28% des appareils combinés. Concernant les congélateurs, les statistiques de l'OFEN constatent 0.69 appareil par ménage (0.59 par logement) et 81.1% de ces appareils seraient des modèles « armoire », les autres étant des modèles « coffres ». Ces chiffres sont assez stables sur la période 2000-2018 et semblent même en très légère diminution sur les dernières années. Dans les projections de l'OFEN, le nombre de réfrigérateurs par ménage augmente légèrement pour atteindre 1.345 en 2050, alors que le nombre de congélateurs reste stable à 0.66 par ménage, les congélateurs « coffre » étant cependant peu à peu remplacés par les « armoires ».

Depuis 2014, seules les deux catégories A++ et A+++ sont agréées, mais d'anciens modèles sont encore présents dans les ménages et augmentent les besoins moyens. Les réfrigérateurs vendus en 2018 ont une consommation annuelle de 168 kWh (0.73 kWh/litre) alors que le stock consomme actuellement 221 kWh/an. Le nombre de deuxième et troisième appareil est en baisse. De leur côté, la moyenne des congélateurs vendus en 2018 est de 163 kWh/an (0.76 kWh/litre) alors qu'un appareil du parc consomme 254 kWh/an en moyenne (OFEN, 2019).

L'enquête Froid Lavage, rapportée par Dupret et *al.* (2017), rapporte une taille moyenne de 209 litres par réfrigérateur pour une consommation de 211 kWh/an en 2015 en France. Les appareils combinés ont une consommation de 386 kWh/an pour 313 litres (237/76) alors que les congélateurs consomment 354 kWh/an pour 235 litres.

Le fait de limiter les volumes et de tendre vers un appareil unique par ménage a un potentiel de réduction de la consommation certain, estimé entre 20-40% par Toulouse et Attali (2018). Au-delà de la sobriété de volume, il existe également un potentiel de mutualisation des équipements avec les réfrigérateurs et congélateurs collectifs dans certaines coopératives de logement (Sahakian et Bertho, 2018).

4.5 Autres consommations d'électricité spécifique

Dans les perspectives de l'OFEN (2012), les autres consommations d'électricité spécifique augmentent jusqu'à 9.7 PJ dans le scénario NPE et même 10.5 PJ dans le scénario tendanciel. Peu de détails sont donnés quant à ces consommations. Il s'agit par exemple de sèche-cheveux, d'aspirateurs ou de fer à repasser (tous proches de 0.3 PJ actuellement), ainsi que des nouvelles consommations d'électricité induites par des objets et appareils n'étant actuellement pas disponibles.

5 Hypothèses

Pour tous les indicateurs, deux scénarios sont proposés, l'un négaWatt et l'autre tendanciel, afin de pouvoir mettre en avant l'impact des trois piliers de la démarche négaWatt. Les hypothèses sont posées à partir de la revue de littérature qui précède.

5.1 Lavage, séchage et cuisine (lave-vaisselle)

En ce qui concerne le lavage du linge dans le scénario négaWatt, de meilleurs taux de remplissage et un rapport à l'habillement plus sobre (les vêtements sont changés moins souvent), permettent d'atteindre 2.7 cycles/semaine/ménage en 2050 à la place des 3 cycles actuellement (diminution de 10%). De plus, la température de lavage moyenne diminue de près de 5°C grâce à une utilisation plus importante du mode « eco » et des programmes de lavage à basse température.

Concernant les sèche-linge, les étiquettes énergie se basent sur 160 cycles de séchage par appareil et par an et 220 de lavage. Ce ratio est utilisé comme base dans le scénario tendanciel : le nombre de cycles de séchage moyen par ménage est égale au nombre moyen de cycles de lavage multiplié par le ratio 160/220 et par le taux de ménages ayant accès à un sèche-linge. Dans le scénario négaWatt, l'utilisation est modérée par plus de séchage à l'air, et le nombre de cycles de séchage par cycle de lavage est 25% plus faible en 2050.

Enfin, l'évolution négaWatt permet d'abaisser le nombre de cycles par ménage ayant un lave-vaisselle à 180 cycles par an grâce à une utilisation optimisée (lavage à capacité complète). L'efficacité permet une forte amélioration pour obtenir les valeurs actuellement les plus basses du marché, soit 0.55 kWh/cycle en 2050. Une utilisation démocratisée du mode ECO permet d'atteindre ces économies plus facilement.

Hypothèses lavage, séchage et lave-vaisselle	2015	2050 nW	2050 tendanciel
Part des ménages utilisant :			
<i>Lave-linge</i>	100%	100%	100%
<i>Sèche-linge</i>	79%	82%	82%
<i>Lave-vaisselle</i>	66%	85%	85%
Efficacité d'un cycle [kWh/cycle]			
<i>Lave-linge (sans sobriété)</i>	1	0.5	0.65
<i>Sèche-linge</i>	2	0.75	1
<i>Lave-vaisselle</i>	1.1	0.55	0.8
Nombre de cycles			
<i>Lave-linge [cycles/an]</i>	157	141	157
<i>Sèche-linge [cycle de séchage par lavage]</i>	0.73	0.55	0.73
<i>Lave-vaisselle [cycles/an]</i>	214	180	214
Température de lavage du linge [°C]	42.8	39.8	42.8

Tableau 1 : Hypothèses des scénarios négaWatt et tendanciel pour le lavage et séchage du linge, ainsi que pour les lave-vaisselle.

5.2 Eclairage

Au sein des ménages, l'intensité lumineuse de 126 lux en 2015 évolue jusqu'à 114 lux dans les hypothèses négaWatt par une meilleure utilisation de la lumière naturelle qui fait baisser le nombre de points lumineux, malgré une plus forte intensité due au vieillissement de la population. Dans le scénario tendanciel, elle augmente pour atteindre 195 lux en 2050 par la multiplication des lumières de décoration, le vieillissement de la population et la généralisation plus large des LED puissantes. Cette variable est calculée en fonction du nombre de points lumineux dans le ménage et le flux par point, selon les hypothèses du scénario négaWatt français (négaWatt, 2018). L'efficacité de 2015 est ajustée

pour correspondre à la consommation constatée dans les statistiques énergétiques de l'OFEN (2020a). Celle de 2020 est également ajustée manuellement pour obtenir une valeur globale plausible par rapport à ces statistiques. Puis, la diffusion des LED et la disparition des autres technologies moins performantes permettra d'atteindre 100 lm/W en 2030. Le scénario tendanciel continue sur une augmentation faible atteignant 120 lm/W en 2050, tandis que le scénario négaWatt, grâce à une amélioration ambitieuse des lampes et leur diffusion dans les ménages, prévoit une efficacité de 185 lm/W en 2050, soit la catégorie B des nouvelles étiquettes énergies (Gasser et al., 2019).

Dans le secteur tertiaire, les durées d'utilisation actuelles ont été évaluées à partir des valeurs limites d'une sélection de pièces-types des normes SIA (Gasser et al., 2019). Le potentiel pour 2050 a été fixé en prenant les valeurs cibles de cette même sélection. Les besoins en éclairage sont repris du scénario négaWatt France (de 409 lux en 2020 à 309 lux ou 485 lux en 2050 selon la variante). De plus, comme les valeurs d'efficacité données par le scénario négaWatt français permettent de calibrer le modèle aux statistiques de l'OFEN, elles ont été reprises pour toute la période, permettant une amélioration de 48 lm/W en 2015 à 149 lm/W en 2050.

Finalement, pour l'éclairage public, la durée d'utilisation actuelle est estimée à 8.8 heures par jour (négaWatt, 2018) et diminue jusqu'à atteindre 2'500 heures par année (6.84 heures par jour) grâce à une généralisation de l'éclairage dynamique ou de l'arrêt de l'éclairage public pendant certaines heures de la nuit (topstreetlight, 2018). L'intensité de l'éclairage passe de 9'000 lumens par lampadaire en 2015 à 6'820 lumens en 2050 grâce à un éclairage plus attentif à la pollution lumineuse (négaWatt, 2018). La consommation de l'éclairage public est reprise des scénarios de la Confédération, soit 463 GWh en 2010 (OFEN, 2012), ce qui permet de calculer le nombre de lampadaires en Suisse lors de cette année. Puis, il est supposé que ce nombre de points lumineux reste constant jusqu'en 2050.

Hypothèses éclairage	2015	2050 nW	2050 tendanciel
Efficacité [lm/W]			
<i>Eclairage résidentiel</i>	29	185	120
<i>Eclairage tertiaire</i>	49	148	120
<i>Eclairage public</i>	48	180	120
Durée d'utilisation [heures/jour]			
<i>Eclairage résidentiel</i>	1.7	1.55	1.7
<i>Eclairage tertiaire</i>	7.22	5.6	7.22
<i>Eclairage public</i>	8.8	6.84	8.8
Eclairage (intensité)			
<i>Eclairage résidentiel [lumen/m²]</i>	125.9	113.7	195.4
<i>Eclairage tertiaire [lumen/m²]</i>	415	309	485
<i>Eclairage public [lumen]</i>	9000	6820	9000
Nombre de lampadaires	6.88E+05	6.88E+05	6.88E+05

Tableau 2 : Hypothèses des scénarios négaWatt et tendanciel pour l'éclairage des bâtiments résidentiels et tertiaires, ainsi que l'éclairage public.

5.3 Réfrigération et congélation

La répartition actuelle des appareils de réfrigération est de 72% de réfrigérateurs simples et 28% de combinés. Le nombre d'appareils est repris des statistiques de l'OFEN. Le taux suit les prévisions de l'OFEN (2012) dans le scénario tendanciel pour atteindre 1.35 appareils par ménage en 2050, alors qu'il diminue jusqu'à 1 appareil par ménage dans le scénario négaWatt grâce à la disparition des seconds équipements. Le scénario tendanciel reprend les hypothèses des perspectives de l'OFEN (2012) en ce qui concerne le taux d'équipement simple, à savoir une stabilisation au taux actuel de 72%. Dans le scénario négaWatt, les appareils combinés augmentent en proportion pour atteindre 50%, car ils remplacent en partie les congélateurs simples.

De manière similaire, le nombre de congélateur est repris des statistiques de l'OFEN. Le scénario tendanciel reprend les prévisions de l'OFEN (2012) qui garde un taux proche de 0.66 par ménage. Dans la variante négaWatt, ce taux baisse jusqu'à atteindre 0.3 en 2050 (négaWatt, 2018) grâce à une modération des usages (utilisation des appareils combinés plutôt que d'avoir un congélateur seul, mutualisation dans les immeubles collectifs et coopératives et une légère part de la population qui se passe de l'usage d'un congélateur).

En ce qui concerne la taille des équipements, le volume de 2015 des réfrigérateurs simples est de 209 litres et celui des réfrigérateurs-congélateurs de 313 litres (Dupret et al., 2017). Dans le scénario négaWatt, ces volumes se stabilisent au niveau actuel tandis que le scénario tendanciel considère une augmentation de la même ampleur que celle considérée dans le scénario négaWatt France, soit +20% pour les réfrigérateurs simples et +6% pour les combinés (négaWatt, 2018). Le volume des congélateurs est estimé plus bas que celui considéré par Dupret et al. (2017) car les ventes actuelles se situent près des 214 litres en moyenne et le stock est presque entièrement constitué de congélateurs « armoires », plus petits que les « coffres ». Ce volume est considéré pour le stock en première approximation. Les évolutions sont similaires en pourcentage à celles considérées dans négaWatt France (+8% en 2050 dans le scénario tendanciel et -6% dans le scénario négaWatt suisse).

Les consommations par unité de volume des réfrigérateurs suivent les prévisions négaWatt France pour les différents appareils, les consommations de 2015 et 2020 étant légèrement adaptées pour correspondre aux consommations globales données par l'OFEN (2020a). Dans le scénario tendanciel, l'amélioration s'arrête quand les valeurs des ventes actuelles sont dépassées (selon OFEN 2019), à savoir 0.7 kWh/litres dès 2035. Pour les congélateurs, les prévisions de négaWatt sont multipliées par 0.85 pour correspondre à la consommation réelle et à une évolution se rapprochant de la consommation spécifique des ventes actuelles. On part donc de 1.28 kWh/litre en 2015 et atteint le minimum de 0.57 kWh/litre en 2040 déjà, cette valeur étant ensuite gardée constante jusqu'en 2050. Dans le scénario tendanciel, l'amélioration s'arrête quand les appareils de congélation atteignent la valeur des ventes actuelles, soit 0.75 kWh/litres dès 2040.

Hypothèses réfrigération et congélation	2015	2050 nW	2050 tendanciel
Nombre de réfrigérateur par ménage	1.28	1	1.35
<i>Dont combiné</i>	28%	50%	28%
Nombre de congélateur par ménage	0.68	0.3	0.68
Efficacité [kWh/litre]			
<i>Réfrigérateur simple</i>	0.89	0.42	0.7
<i>Réfrigérateur combiné</i>	1.14	0.43	0.7
<i>Congélateur</i>	1.28	0.57	0.75
Volume [litres]			
<i>Réfrigérateur simple</i>	209	209	251
<i>Réfrigérateur combiné</i>	313	313	332
<i>Congélateur</i>	214	201	231

Tableau 3 : Hypothèses des scénarios négaWatt et tendanciel pour la réfrigération et la congélation dans les ménages

5.4 Secteur tertiaire

Le calcul d'efficacité du secteur tertiaire se fait comme décrit dans le chapitre 2.6, en considérant un indicateur d'amélioration moyenne de l'efficacité. Pour l'estimer, l'amélioration de l'efficacité de chaque appareil considéré dans les ménages est ajustée pour valoir 1 en 2015. Puis, une moyenne entre toutes ces améliorations est calculée, dans le scénario tendanciel et dans le scénario négaWatt, pour avoir une valeur globale dans chaque cas. Un poids similaire est attribué aux différents postes de consommation des ménages. Il s'agit d'un indicateur approximatif, la composition réelle des postes « Prozesswärme » et « Antriebe, Prozesse » n'étant pas connue en détails.

En ce qui concerne la sobriété, il a été choisi de ne considérer qu'une réduction de 6% en 2050, soit 1% par tranche de 5 ans. L'augmentation de l'usage général se base sur le nombre d'emplois dans le secteur tertiaire au total. Il est similaire dans les deux scénarios. Le facteur de correction est le rapport entre la consommation trouvée grâce aux indicateurs en 2020 et celle projetée depuis les statistiques de l'OFEN. Il est constant sur toute la période.

Hypothèses réfrigération et congélation	2015	2050 nW	2050 tendanciel
Indicateur efficacité	<i>1</i>	<i>0.54</i>	<i>0.68</i>
Indicateur sobriété	<i>1</i>	<i>0.94</i>	<i>1</i>
Indicateur usage	<i>1</i>	<i>1.18</i>	<i>1.18</i>
Facteur de correction		<i>1.069</i>	

Tableau 4 : Indicateurs d'efficacité, de sobriété et d'usage utilisés pour la consommation d'électricité spécifique du secteur tertiaire.

6 Résultats

Les hypothèses du scénario négaWatt permettent de diminuer l'énergie utilisée pour les appareils électriques des ménages. Dans le scénario tendanciel, les améliorations d'efficacité déjà considérées permettent de stabiliser la consommation d'électricité au niveau de 2015 (20.4 PJ, contre 20.1 PJ en 2050), alors que le nombre de ménages dans le pays augmente. Dans le scénario négaWatt, la sobriété permet de gagner 3.6 PJ supplémentaires en 2050, soit 18% de la consommation électrique du scénario tendanciel cette année-là. Cette baisse est plus forte pour le poste « réfrigération et congélation ». La stabilisation de la taille des appareils et la réduction de leur nombre, en particulier celui des congélateurs, permet en effet de diminuer la consommation de 40% en 2050 par rapport au scénario tendanciel (-2.4 PJ). La réduction du nombre de cycle de lavage et séchage, ainsi qu'une température plus faible dans les lave-linge permet de gagner 0.9 PJ en 2050 par rapport au scénario tendanciel, alors que le poste « cuisine » reste stable, la réduction de l'utilisation des lave-vaisselle ne permettant pas de grandes économies.

En y ajoutant l'effet de l'efficacité accrue du scénario négaWatt, la consommation électrique finale en 2050 atteint 13 PJ en 2050, soit une réduction supplémentaire de 3.4 PJ. En comparaison du scénario tendanciel, les hypothèses négaWatt permettent de gagner 35% d'électricité en 2050 pour les postes considérés, ce qui représente en valeur absolue de 7 PJ. Par rapport à la consommation d'électricité actuelle, la congélation et le séchage du linge sont les deux postes avec le plus grand potentiel. Ils réduisent leur consommation totale de 77% et 66% respectivement, grâce à une combinaison de sobriété d'usage (en nombre d'appareils particulièrement) et d'efficacité accrue. A l'inverse, les cuisinières et autres appareils de cuisine restent stables en termes de consommation, ce qui veut dire que les améliorations d'efficacité considérée sont du même ordre de grandeur que l'augmentation du nombre de ménages sur la période.

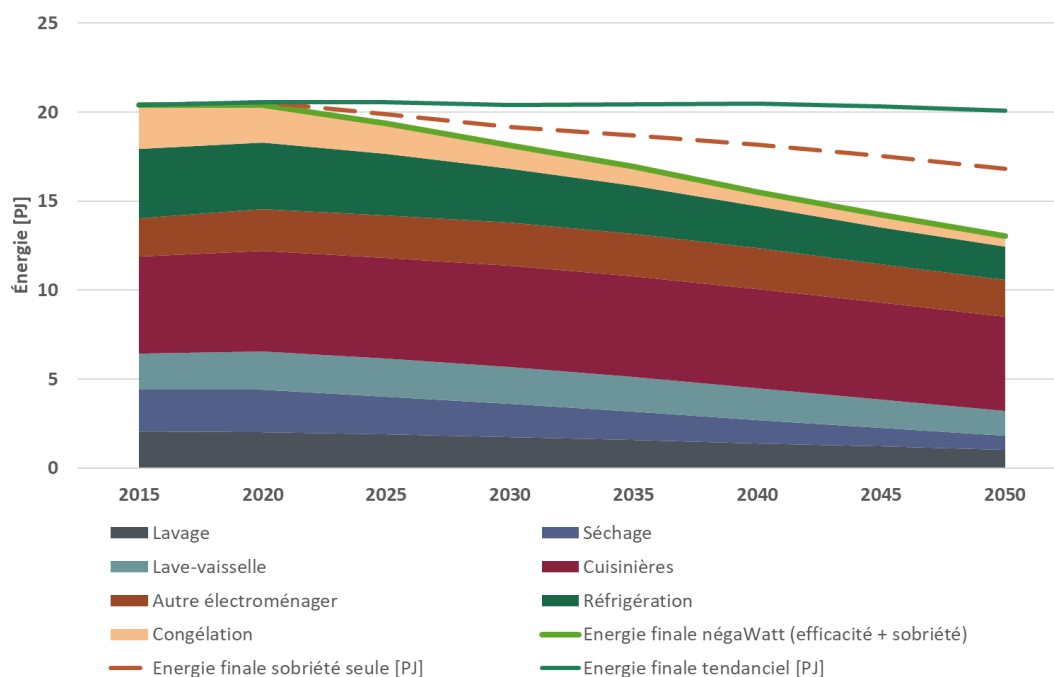


Figure 3 : Consommation d'électricité finale des appareils électriques de ménages [PJ]

Il est à noter que la consommation des cuisinières, qui reprend dans le scénario tendanciel les hypothèses tendanciennes des scénarios de prospective de l'OFEN (2012), consomment un peu de gaz et de biomasse sous forme de bois. Elles sont illustrées à la Figure 4 (échelle des ordonnées partant à 4 PJ pour des questions de lisibilité).

Pour être complet, il faut ajouter à ces consommations d'électricité celles de la catégorie « autres ». Ces appareils consommaient 8.5 PJ d'électricité en 2015, 9.5 PJ en 2020 et en consommeront 10.5 PJ en 2050.

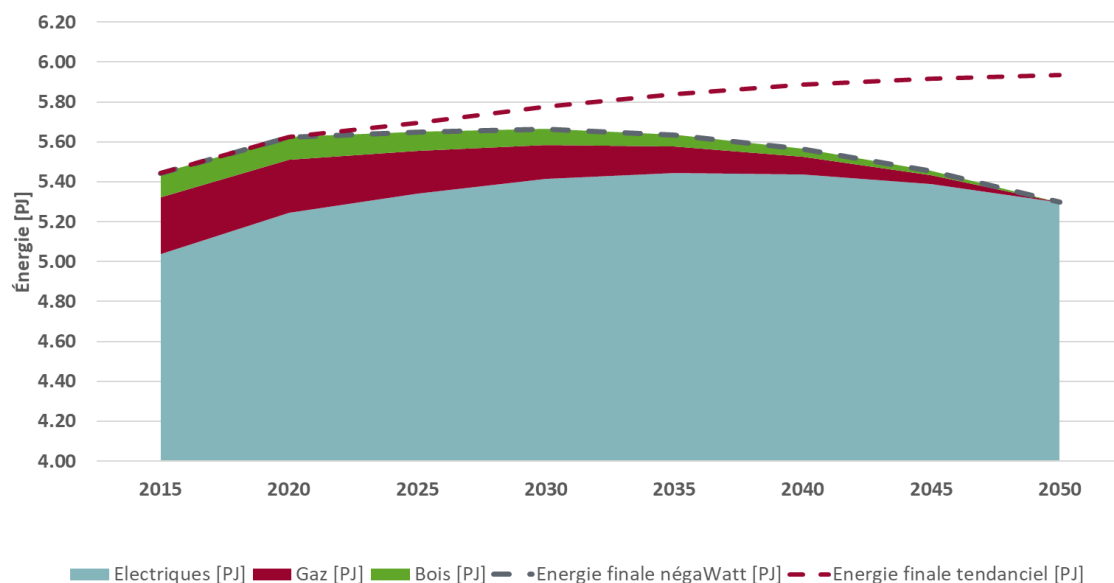


Figure 4 : Consommation d'énergie finale pour les cuisinières des ménages (échelle abscisses tronquée) [PJ].

En ce qui concerne l'éclairage, on constate tout d'abord une diminution drastique dans les prochaines années, y compris dans le scénario tendanciel. En effet, l'amélioration de l'efficacité par un changement de technologie, les LED remplaçant progressivement les anciennes ampoules, permet déjà des gains significatifs. De manière globale, une réduction de plus de 50% est atteinte d'ici à 2030 pour passer de 20.8 PJ à 10.4 PJ en dix ans. Puis, les améliorations se stabilisent et le scénario tendanciel atteint 9.1 PJ en 2050. La réduction de l'usage en termes de durée, de nombre et luminosité des lampes, qui constituent les mesures de sobriété pour ce poste de consommation, permet de gagner encore 4 PJ par rapport au scénario tendanciel en 2050. La baisse est particulièrement importante dans les ménages, qui baissent leur consommation par la sobriété de près de 60% supplémentaire en 2050. Finalement, si les hypothèses d'efficacité des lampes sont poussées à leur maximum, la consommation globale pour l'éclairage en Suisse en 2050 atteint 3.9 PJ, soit une réduction d'un quart supplémentaire des besoins en électricité. Par rapport à la consommation de 2015, on constate donc un immense potentiel de réduction pour l'éclairage, qui réduit sa demande en électricité de 16.9 PJ dans le scénario négaWatt, soit plus de 80%.

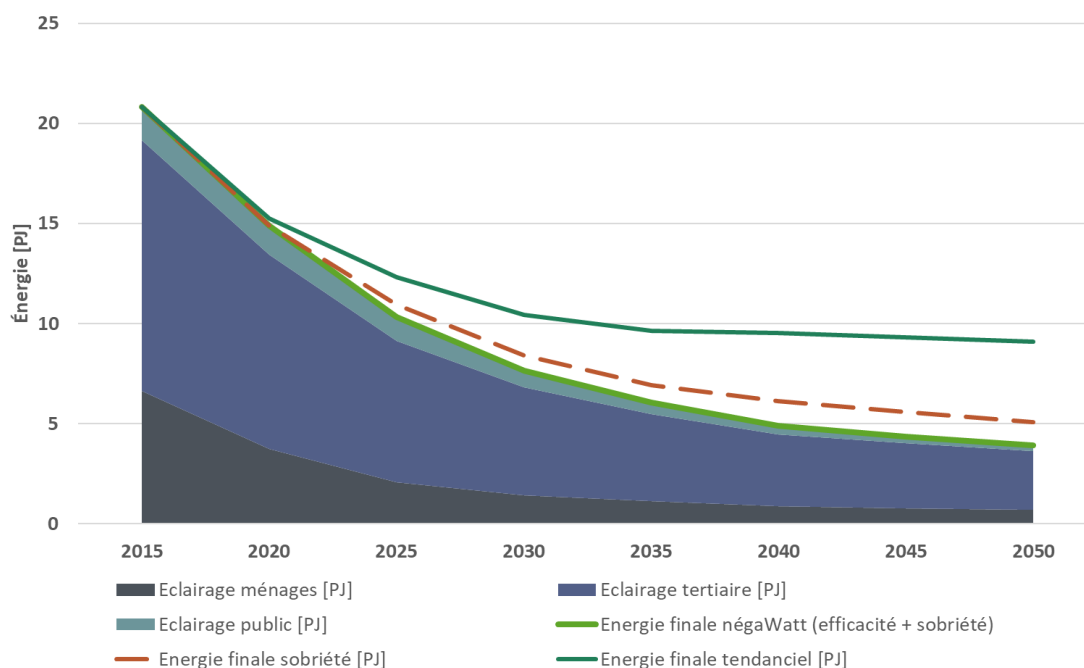


Figure 5 : Consommation d'électricité pour l'éclairage public, tertiaire et résidentiel [PJ].

Finalement, la consommation électrique du secteur tertiaire, hors éclairage, représente un peu plus de 20 PJ en 2020 et descend à 16.4 PJ dans le scénario tendanciel. La sobriété permet de gagner 6% en 2050. Une amélioration plus forte de l'efficacité permet de descendre à 12.3 PJ en 2050, soit une réduction totale de 7 PJ, soit 36% par rapport à la situation de 2015.

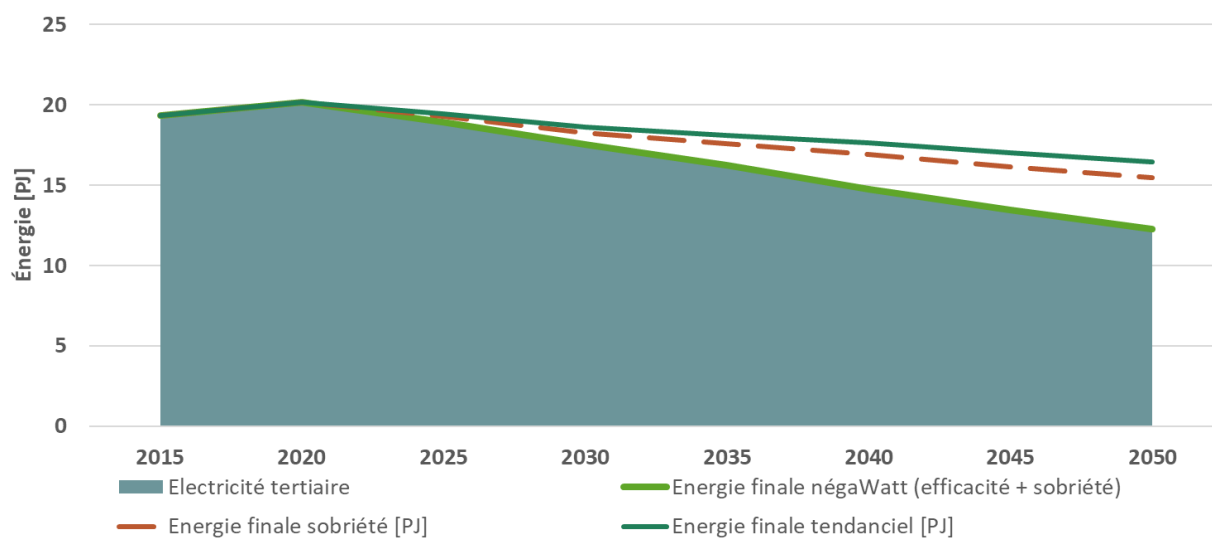


Figure 6 : Consommation d'électricité tertiaire, hors éclairage [PJ].

7 Discussion

Pour le poste « lavage et séchage », la comparaison avec les scénarios et statistiques de l'OFEN est délicate. Il semble que toute la consommation de ces appareils n'est pas attribuée directement au secteur des ménages. En effet, la consommation totale du secteur « lavage et séchage » des ménages est plus faible que la somme des consommations de chaque poste pris séparément (OFEN, 2012). La différence est comptabilisée comme « nicht in HH-Statistik enthalten », soit « non inclus dans les statistiques des ménages ». Il n'est cependant pas précisé explicitement ce que cela comprend exactement. Il pourrait s'agir des appareils utilisés dans le secteur tertiaire, mais la très forte réduction de la consommation attribuée à cette catégorie (-71% entre 2020 et 2050) semble cacher d'autres hypothèses. Il a donc été choisi de modéliser la consommation des ménages indépendamment des statistiques globales données par l'OFEN, quitte à la modifier par la suite si de meilleures explications des résultats de l'OFEN sont disponibles et permettent une calibration. Selon les statistiques énergétiques de l'OFEN (2020 a), la consommation des ménages attribuée au poste « lavage et séchage » est donc un peu supérieure à celle obtenue dans ce rapport pour l'année de base de 2015 (2.4 PJ pour le lavage et 2.9 PJ pour le séchage, contre 2.1 PJ et 2.4 PJ dans la modélisation négaWatt).

Dans la modélisation négaWatt, c'est simplement l'accès à une machine à laver/sécher qui a été considérée, sans se préoccuper de la possession individuelle des appareils. Or, si de plus en plus d'habitations deviennent partagées, on peut également supposer un partage plus important de ces appareils via des buanderies. Cette évolution pourrait permettre une réduction du nombre de cycles par semaine, comme il a été observé par Sahakian et Bertho (2018).

Concernant les consommations du poste « cuisine », une part importante de la consommation provient des lave-vaisselle. Pour ces appareils, il est à noter qu'une réduction du nombre de cycles doit se faire grâce à une optimisation de l'utilisation (meilleur taux de remplissage) et non en lavant la vaisselle à la main. En effet, l'utilisation du lave-vaisselle, surtout s'il est bien rempli, consomme bien moins d'eau et d'énergie. Une augmentation des taux de possession des ménages est donc souhaitable. Pour le moment, aucun lien explicite n'a été fait entre l'utilisation de lave-vaisselle et l'utilisation d'eau chaude, mais il est clair que l'augmentation de leur utilisation facilite la mesure de sobriété concernant l'eau chaude, soit une réduction d'une minute d'utilisation par personne et par jour.

En ce qui concerne les autres appareils d'électroménagers présents dans la cuisine et les cuisinières, le choix a été fait de ne pas s'attarder plus longuement sur leur consommation que ce qui est exposé dans le rapport de l'OFEN, scénarios tendanciels et NPE. Seul le nombre de ménages a été réajusté. La réduction globale est faible, montrant que l'amélioration de l'efficacité est du même ordre de grandeur que l'augmentation du nombre de ménages. Au vu de l'importance de l'impact des cuisinières par rapport aux autres postes de consommation, il pourrait être intéressant d'investiguer plus longuement leurs besoins en énergie. Les mesures potentielles semblent cependant plutôt être de l'ordre de l'efficacité des appareils que de la sobriété. Pour les autres appareils électroménagers, une mesure de sobriété pourrait être leur mutualisation partielle. En effet, certains sont utilisés rarement par les ménages qui les possèdent, tels que les grills ou fours à raclette. Ils pourraient donc être partagés entre voisins ou dans des tiers lieux proposant ces services, réduisant ainsi en partie l'énergie grise de fabrication/transport. Ce type de pratique ne se limite d'ailleurs pas qu'aux appareils de cuisine.

Les cuisinières sont le seul poste de consommation fonctionnant partiellement grâce à une autre source que l'électricité. Cependant, elles sont très marginales actuellement et le restent dans les années à venir, les cuisinières au bois disparaissant dans les deux scénarios et les cuisinières à gaz étant entièrement remplacées dans le scénario négaWatt.

En ce qui concerne la réfrigération et congélation, le principal défaut de la modélisation vient du fait que la consommation est en vérité dépendante du nombre de litres, ce qui n'a pas été explicitement pris en compte dans le scénario pour ne pas multiplier le nombre de variables. La précision quant aux valeurs actuelles et futures de consommation par unité de volume du stock n'étant de toute manière

pas extrêmement précise, ce niveau de complexité supplémentaire n'aurait pas apporté une amélioration significative de la modélisation. Il aurait en revanche été intéressant de lier explicitement le nombre et le volume des congélateurs avec le nombre de plats congelés préparés par les ménages, en faisant évoluer ce paramètre reflétant le mode de vie alimentaire. Au lieu de cela, le scénario négaWatt considère sans chiffrage précis un passage de congélateurs « stand-alone » à des appareils combinés, une mutualisation de certains congélateurs et un choix de certains ménages de se passer de congélation, résultant en une réduction du nombre de congélateurs seuls par ménage de plus de 50%.

Pour l'éclairage, l'efficacité des lampes est sans aucun doute un facteur déterminant pour la consommation future d'électricité dans l'éclairage. Les valeurs actuelles (2015-2020) ont été calibrées pour correspondre aux besoins exposés par les statistiques énergétiques de l'OFEN (2020 a). Pour 2050, la valeur de 185 lm/W pour les ménages est plus haute que celle considérée dans les autres scénarios. Elle se base sur une amélioration et une démocratisation considérable des LED les plus performantes. En effet, les meilleures LED actuelles ont une efficacité inférieure à cette valeur. Cependant, au vu de l'amélioration rapide des performances dans le domaine de l'éclairage ces dernières années et de la nouvelle classification plus sévère des nouvelles étiquettes-énergies européennes, il est permis d'être optimiste quant à leur évolution future. Les autres hypothèses ont été reprises en majorité du scénario négaWatt français (négaWatt, 2018). Ces valeurs semblent être dans le bon ordre de grandeur et des évolutions optimistes et tendanciennes nous ont été fournies par les auteurs. La sobriété peut jouer sur la durée et l'intensité de l'éclairage. Les hypothèses considérées dans ce scénario sont modestes et réalisables pour les ménages, mais loin d'être inutiles au vu du potentiel de ce poste de consommation d'électricité.

Pour l'éclairage dans le secteur des services, une première hypothèse importante est la durée d'utilisation. La durée actuelle moyenne est plus faible que celle considérée par le scénario français, qui table sur 8 heures par jour en 2020. La réduction est en revanche plus importante pour 2050 (5 heures par jour pour négaWatt FR contre 5.5 heures/jour dans le scénario suisse). Les valeurs cibles des normes SIA utilisées pour l'évaluation des besoins en 2050 est une limite basse de durée d'utilisation, et descendre plus bas ne serait pas réaliste pour une valeur moyenne du secteur. Il est également intéressant de noter que la calibration de 2015 est légèrement erronée, car le secteur tertiaire des statistiques énergétique de l'OFEN considère également l'agriculture. Les besoins en éclairage exprimés en lumen/m² sont logiquement plus importants dans le secteur tertiaire. En effet, les bâtiments de services sont utilisés pour le travail et demandent en moyenne un éclairage plus intense. Les valeurs exactes ont été reprises du scénario négaWatt FR. Une réduction importante y est supposée (- 24.5%) et peut être discutée. Comme les besoins en éclairage restent importants, leurs réductions potentielles devraient être évaluées plus précisément, par exemple en évaluant les besoins très différents par sous-secteurs (hôtelleries, bureaux, hôpitaux, etc.).

Enfin, en ce qui concerne l'éclairage public, l'hypothèse du nombre de lampadaires est difficile à évaluer. Pour se donner un ordre d'idée, cela représenterait en 2020 approximativement un lampadaire pour 12.5 habitants. En comparaison, le scénario négaWatt France considère 9 millions de lampadaires, soit un pour 7.4 habitants. En termes de surface, le scénario suisse considère 16.7 lampadaires par km², contre 14 lampadaires par km² dans le scénario français. La valeur semble donc dans le bon ordre de grandeur.

De manière plus générale, il est à noter que le scénario des ménages utilisé dans le modèle négaWatt part d'une taille moyenne de 2.23 personnes en 2020, contre 2.14 personnes par ménage en 2050, soit une baisse de 3.9%. Cet aspect démographique devrait induire une réduction du nombre de cycles ou volume par ménage dans les modélisations utilisant cette variable, quoique pas exactement proportionnelle (il existe une certaine économie d'échelle sur les draps, linges de cuisine, vaisselle, etc.). Cette évolution n'est pas prise en compte explicitement dans ce scénario. Elle pourrait être un facteur supplémentaire facilitant la concrétisation des objectifs de sobriété d'utilisation considérés.

La catégorie « autres consommations électriques » est importante en termes absolus, puisqu'elle représenterait près de 10.5 PJ en 2050. Cette valeur a été obtenue en considérant les perspectives de l'OFEN (2012), ajustées selon le nombre de ménages. Elle est similaire dans les scénarios négaWatt et tendanciel car incertaine. Au vu de son importance, il serait intéressant de plus développer cette catégorie, pour s'assurer que les besoins liés n'explorent pas dans le futur à cause de nouvelles consommations d'électricité.

Finalement, la consommation dans le secteur des services n'est pour le moment pas modélisée en détails. L'hôtellerie, la restauration et la santé étant les sous-secteurs ayant les utilisations de machines à laver et sécher les plus importantes, une modélisation bottom-up pourrait être faite à partir de la quantité de linge sale par nuitées/repas. Cependant, les statistiques et perspectives de l'OFEN ne donne pas de résultats détaillés, du moins dans leur version de 2012 et dans les premiers rapports des nouvelles perspectives (OFEN, 2020b). Le dashboard négaWatt Europe, qui sert de base de modélisation pour tous les scénarios négaWatt nationaux développés en ce moment, ne considère que trois indicateurs pour tous les équipements d'électricité tertiaires : un indicateur d'efficacité, un indicateur de sobriété (tous deux en base 100 pour 2015) et la consommation finale pour tous les « autres équipements de bureau (réfrigération, lavage, etc.) ». La modélisation telle qu'elle est faite dans ce rapport correspond donc au niveau de détails du dashboard. Les valeurs des indicateurs d'efficacité sont inspirées des ordres de grandeurs utilisés dans les ménages, ce qui semble, faute de mieux et de plus de détails, une approximation raisonnable. En ce qui concerne la sobriété, elle n'est appliquée qu'à coup de 1% par an, basés sur des petites améliorations dans les usages de la part des clients et des employés du secteur. Il est difficile, sans modélisation plus détaillée par secteur, de considérer une sobriété plus importante pour ce poste de consommation. Enfin, l'hypothèse d'usage basé sur le nombre d'employés peut être discutée, car la consommation dépend également du comportement des clients. Il est à noter que l'estimation atteinte dans cette modélisation est plus faible que celle des perspectives énergétiques de l'OFEN (2012), même dans le scénario NPE qui obtient 23.3 PJ en 2050, soit un différentiel de 10 PJ par rapport au scénario négaWatt. Il est difficile d'expliquer si cette différence est due à des hypothèses d'amélioration de l'efficacité trop fortes, des hypothèses d'augmentation des usages trop faibles ou d'une combinaison des deux. Plus de détails de modélisation et une meilleure compréhension des hypothèses de l'OFEN sont donc nécessaires pour la suite de ce travail.

8 Conclusion

La consommation d'électricité spécifique représente une part non négligeable des besoins en énergie de la Suisse, tant aujourd'hui que dans le futur. De plus, la consommation électrique risque d'augmenter dans les prochaines années, résultant d'une forte augmentation attendue des pompes à chaleur et des véhicules électriques sur le marché. Il est donc intéressant d'estimer les gains potentiellement atteignables par des gestes simples du quotidien, tels que la réduction de la durée d'éclairage ou du nombre de cycles de machine à laver, ainsi que par des améliorations techniques fortes et rapidement démocratisées dans la population.

En ce qui concerne les ménages, le potentiel de la sobriété est particulièrement important dans la réduction de la taille et du nombre de réfrigérateurs et surtout de congélateurs. Eviter d'utiliser des séchoirs pour le linge permet également des gains intéressants, ainsi que la réduction du nombre de cycles de lavage du linge ou de la vaisselle grâce à de meilleurs remplissages. Réduire l'intensité et la durée d'utilisation de l'éclairage permet également des gains. Ensemble, ces « petits gestes du quotidien » permettent d'économiser 5.1 PJ par rapport au scénario tendanciel seul. Cette économie est importante et intéressante car elle ne demande que peu d'investissements financiers ou techniques. La difficulté est d'entrer dans les habitudes des ménages, mais il s'agit de gestes simples et relativement bien connus. Il faut cependant faire attention à bien communiquer sur cet impact réel et allant dans le bon sens, mais cela serait loin d'être suffisant pour permettre à lui seul une transition écologique réussie. La bonne conscience des ménages pour ces bonnes actions pour la planète pourraient générer des effets rebonds indésirables sur la consommation d'autres secteurs (Sorrell et *al.* 2020). C'est pourquoi la sobriété doit être réfléchie et comprise de manière globale pour atteindre effectivement les potentiels de gains.

Dans le secteur tertiaire, la réduction d'énergie de l'éclairage public et des bâtiments constitue un potentiel de gains énergétiques importants, tant par la sobriété que par l'amélioration de l'efficacité. Les autres consommations n'ont pas été étudiées en détails dans ce rapport, mais modélisées à partir des besoins actuels et d'indicateurs d'évolution de la sobriété, de l'efficacité et de la quantité d'usage. Une modélisation plus fine lors d'une prochaine modélisation serait nécessaire pour gagner en précision quant à ces besoins futurs et, en particulier, au potentiel de la sobriété dans chacun des sous-secteurs considérés.

9 Références

- AISE. (2015). *I prefer 30 campaign-close out report october 2015*. iprefer30.eu. https://www.aise.eu/documents/document/20151207123541-ip30-report-2015_full_final.pdf
- CECED. (2017). *What if all Europeans had a dishwasher?* CECED AISBL –European committee of domestic equipment manufacturers. <https://www.applia-europe.eu/images/2017-03---DW-campaign-analysis.pdf>
- comparis.ch. (2020). <https://fr.comparis.ch/>
- de Almeida, A., & Fonseca, P. (2007). Residential monitoring to decrease energy use and carbon emissions in Europe. ECEEE 2007 Summer Study, 1261 1271.
- Dupret, M., Zimmermann J.P. (2017). *Electricity consumption of cold appliances, washing machines, dish washers, tumble driers and air conditioners. On-site monitoring campaign in 100 households. - Analysis of the evolution of the consumption over the last 20 years*. Presented at the 2017 eceee Summer Study, Consulté en ligne le 08.07.2020. https://www.eceee.org/library/conference_proceedings/eceee_Summer_Studies/2017/7-appliances-products-lighting-and-ict/electricity-consumption-of-cold-appliances-washing-machines-dish-washers-tumble-driers-and-air-conditioners-on-site-monitoring-campaign-in-100-households-analysis-of-the-evolution-of-the-consumption-over-the-last-20-years/
- ETSAP. (2012). *Dishwashers* (Technology Brief N° R08; Energy Technology Analysis Programm). IEA - Energy Technology Network. https://iea-etsap.org/E-TechDS/PDF/R08_dishwashers_AEAT_Final_GSOK.pdf
- European commission. (2019). *Ecodesign Impact Accounting – Status report 2018*, prepared by VDK for the European commission, revision January 2019. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/eia_status_report_2017_-_v20171222.pdf
- Gasser, S., & Tschudy, D. (2013). *L'éclairage intérieur – efficacité énergétique*. SuisseEnergie, OFEN. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=2ahUKEwip387lgPToAhUECuwKHeadD-UQFjABegQIARAB&url=https%3A%2F%2Fwww.energieeffizienz.ch%2Ffr%2Fdam%2Fratgeber%2F2012_Fachbuch_Licht_im_Haus_df%2Ffr%2FBeleuchtung_f.pdf&usq=AOvVaw3C64U-9eEGC-KxfXqv7D7M
- Gasser, S., & Tschudy, D. (2019). *L'éclairage intérieur – efficacité énergétique, 2eme édition mise à jour*.
- négaWatt France. (2018). *Scénario négaWatt 2017-2050-Hypothèses et résultats*. https://negawatt.org/IMG/pdf/scenario-negawatt_2017-2050_hypotheses-et-resultats.pdf
- OFEN. (2012). *Die Energieperspektiven für die Schweiz bis 2050. Energienachfrage und Elektrizitätsangebot in der Schweiz 2000-2050*. OFEN. <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/politique/strategie-energetique-2050/documentation/perspectives-energetiques-2050.html>
- OFEN. (2020a). *Statistique globale de l'énergie*. <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/approvisionnement/statistiques-et-geodonnees/statistiques-de-lenergie/statistique-globale-de-l-energie.html>
- OFEN (2020b). *Energieperspektiven 2050+ Kurzbericht*, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/politique/perspectives-energetiques-2050-plus.html>
- OFEN (2019). *Verkaufszahlenbasierte Energieeffizienz-analyse von Elektrogeräten 2019 - Jahreswerte 2018*, <https://www.newsd.admin.ch/newsd/message/attachments/59260.pdf>

- Pakula, C., & Stamminger, R. (2010). Electricity and water consumption for laundry washing by washing machine worldwide. *Energy Efficiency*, 3(4), 365-382. <https://doi.org/10.1007/s12053-009-9072-8>
- Sahakian, M., & Bertho, B. (2018). *L'électricité au quotidien : Le rôle des normes sociales* (PNR 71; Gérer la consommation d'énergie). Fond national suisse. <https://www.unige.ch/sciences-societe/socio/fr/recherche/lelectricite-au-quotidien/>
- Schleich, J., Mills, B., & Dütschke, E. (2014). A Brighter Future? Quantifying the Rebound Effect in Energy Efficient Lighting. *Energy Policy*, 72, 35-42. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.04.028>.
- Sivitos, S., Spiliotopoulos, C., Stamminger, R., & Toulouse, E. (2015). *Don't just press the button! Why appliance settings increasingly matter for efficiency delivery and rulemaking*. ECEEE Summer Study.
- Sorrell, S., Gatersleben, B. & Druckman, A., 2020. The limits of energy sufficiency: A review of the evidence for rebound effects and negative spillovers from behavioural change. *Energy research and social science*, 64(101439).
- SuisseEnergie. (2018). *L'efficacité énergétique dans le ménage*. S.A.F.E., Agence suisse pour l'efficacité énergétique, OFEN. https://www.suisseenergie.ch/_ws/publicationDetails.aspx?id=p7386&lang=fr-ch
- SuisseEnergie. (2016). *L'éclairage efficace des rues avec des LED* (Agence suisse pour l'efficacité énergétique). OFEN. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=2ahUKEwj9pP-znPT0AhXD16QKHwIkDUUQFjADegQIBBAB&url=https%3A%2F%2Fwww.energieeffizienz.ch%2Ffr%2Fdam%2Fratgeber%2F2016_Ratgeber_Strassenbeleuchtung%2F805.906.F-EnergieSchweiz-Brosch-re-Effiziente_Strassenbeleuchtung_mit_LED%2F805.906.F-EnergieSchweiz-Brosch%25C3%25BCre-Effiziente_Strassenbeleuchtung_mit_LED.pdf&usg=AOvVaw1gP7HUXhDjNx87WOwRxlaZ
- topstreetlight. (2018). *Eclairage public—Efficacité et valeurs-limites* (N° 12; Recommandations aux autorités communales et aux exploitants d'éclairage). S.A.F.E et SuisseEnergie. <https://www.topstreetlight.ch/francais/recommandations.html>
- topstreetlight. (2019). *Eclairage extérieur – Applications spéciales* (N° 13; Recommandations aux autorités communales et aux exploitants d'éclairage). S.A.F.E et SuisseEnergie. <https://www.topstreetlight.ch/francais/recommandations.html>
- Toulouse, E., & Attali, S. (2018). *Energy sufficiency in products: Concept paper*. Eceee: Energy sufficiency. <https://www.energysufficiency.org/libraryresources/library/>
- Wagner, G. (2017). *Waschmittel: Chemie, Umwelt, Nachhaltigkeit* (5^e éd., p. 34-36). John Wiley & Sons.

10 Annexe

10.1 Evaluation des heures d'utilisation du secteur tertiaire

Cette évaluation se fait selon le tableau 2-15 du rapport « *L'éclairage intérieur – efficacité énergétique* » de Gasser et al. (2019). Les valeurs utilisées sont les valeurs limites et valeurs cibles types de la norme SIA 387/4, selon les utilisations standard.

Pour évaluer le nombre d'heures d'éclairage, le secteur des services est d'abord séparé en six différents sous-secteurs, comme dans les scénarios de l'OFEN, à savoir hôtellerie/restauration, santé/social, commerce, enseignement, finance et autres. La durée d'utilisation est ensuite évaluée par sous-secteur en faisant la moyenne des pièces suivantes :

- Hôtellerie/restauration : chambre d'hôtel, réception/lobby, restaurant et cuisine de restaurant,
- Santé/social : chambre des patients, local des infirmières, salles de traitement,
- Commerce : vente de denrées alimentaires, magasin spécialisé, vente de meubles, construction, jardin,
- Enseignement : salle de classe
- Finance : bureau, salle de réunion, salle de conférences
- Autres : bureau, bureau paysager, salle de réunion, guichet/réception, bibliothèque, salle de conférences, salle de classe spécialisée, salle d'entretien, salle polyvalente, halle d'exposition, laboratoire, entrepôt, salle de gymnastique, salle de fitness, piscine couverte.

Les résultats de ces moyennes par sous-secteur d'activité sont donnés au Tableau 5. La moyenne des valeurs limites est supposée représenter la durée d'utilisation actuelle en 2020, alors que la durée d'utilisation potentielle pour 2050 est estimée grâce aux valeurs cibles.

NWT CH : durées d'utilisation	Durée d'utilisation actuelle (heures/jour)	Durée d'utilisation potentielle (heures/jour)
Restauration/hôtellerie	7.4	4.8
Enseignement	3.6	1.2
Commerce	11.0	11.0
Santé/Social	8.4	5.9
Finance	3.5	1.4
Autres	6.0	3.5

Tableau 5 : Durée d'utilisation moyenne des lampes selon les différents sous-secteurs d'activité du secteur tertiaire, inspiré de la norme SIA 387/4

Ensuite, la durée d'utilisation globale du secteur des services est évaluée grâce à une moyenne pondérée de ces valeurs par sous-secteurs. La pondération choisie est le nombre d'employés par branche du scénario NPE en 2020 et en 2050. On obtient donc finalement une durée d'utilisation moyenne dans le secteur tertiaire de 7.2 heures en 2020 et 5.6 heures en 2050.