

Royaume du Maroc

Ministère de la Transition
Énergétique et du
Développement Durable



المملكة المغربية

وزارة الانتقـال
الطـاقـي
والتنمية المستدامة

LT-LEDS

**Plan sectoriel de décarbonation
des bâtiments résidentiels et
tertiaires**

**Projet de la stratégie nationale Bas Carbone
du Maroc 2050**

29/09/2023

TABLE DES MATIERES

TABLE DES ILLUSTRATIONS ET DES TABLEAUX	3
INTRODUCTION.....	6
1. ETAT DES LIEUX DU SECTEUR DES BATIMENTS RESIDENTIELS ET TERTIAIRES AU MAROC	7
1.1. Etat des lieux.....	7
1.2. Le bâtiment dans la Vision LT-LEDS 2050 (déc. 2020)	8
1.3. Stratégie nationale pour le bâtiment dans la CDN 2021	10
2. LE SECTEUR DES BATIMENTS EN 2050 DANS UN SCENARIO NET ZERO.....	12
2.1. Secteur résidentiel	12
2.1.1. Consommation totale	12
2.1.2. Ménages urbains	14
2.1.3. Ménages ruraux.....	21
2.2. Secteur tertiaire.....	28
2.2.1. Consommation totale	28
2.2.2. Bureaux et administrations	29
2.2.3. Hôtels	30
2.2.4. Hôpitaux et cliniques.....	31
2.2.5. Commerces et restaurants	32
2.2.6. Enseignement	33
2.2.7. Eclairage public	34
2.2.1. Autres.....	35
2.2.2. Comparaison avec le scénario Référence	36
3. POLITIQUES ET MESURES A DEPLOYER POUR ATTEINDRE LE SCENARIO NET ZERO	38
3.1. Prise en compte des différentes P&M dans la modélisation	38
3.1.1. Planification urbaine.....	38
3.1.2. Nouveaux bâtiments basse émission ou zéro émissions nettes	38
3.1.3. Rénovation énergétique des bâtiments existants	38
3.1.4. Gestion du fonctionnement des bâtiments	38
3.1.5. Réduction des consommations des équipements électroménagers	39

3.1.6. Gestion des matériaux dans une perspective de cycle de vie du bâtiment	39
3.1.7. Résilience du bâti pour tous les risques naturels, changement climatique et autres	39
3.1.8. Utilisation des énergies basse émission, accessibles et durables et électrification des usages	39
3.2. Eléments pour les objectifs de mise en œuvre des énergies renouvelables dans le secteur du bâtiment.....	39
3.3. Coûts d'investissements des mesures.....	40
3.3.1. Coûts d'investissements dans le résidentiel	40
3.3.2. Coûts d'investissements dans le tertiaire.....	41
SYNTHESE.....	42
4. ANNEXES	43
4.1. Politiques et Mesures (P&M).....	43
4.1.1. Planification urbaine :.....	43
4.1.2. Nouveaux bâtiments basse émission ou zéro émissions nettes	43
4.1.3. Rénovation énergétique des bâtiments existants	43
4.1.4. Gestion du fonctionnement des bâtiments.....	44
4.1.5. Réduction des consommations des équipements électroménagers	44
4.1.6. Gestion des matériaux dans une perspective de cycle de vie du bâtiment	45
4.1.7. Résilience du bâti pour tous les risques naturels, changement climatique et autres	45
4.1.8. Utilisation des énergies basse émission, accessibles et durables ...	45
4.1.9. Décarbonation par l'électrification	45
4.2. Liste exhaustive des mesures de décarbonation.....	46
4.2.1. Mesures du résidentiel.....	46
4.2.2. Mesures du tertiaire	48

Table des illustrations et des tableaux

Figures 1a et 1b - Emissions par secteur, directes et indirectes (en tenant compte de l'électricité)	7
Figures 2a et 2b : Consommation d'énergie du résidentiel, totale (haut) et par habitant (bas), décomposé par vecteur énergétique, scénario Net Zéro	13
Figure 3 - Consommation d'énergie du résidentiel, répartition urbain-rural, scénario Net Zéro	14
Figure 4a et 4b - Consommation d'énergie du résidentiel urbain par usage (haut) et par vecteur énergétique (bas), scénario Net Zéro	15
Figure 5 - Consommation d'énergie du chauffage dans le résidentiel urbain par vecteur énergétique, scénario Net Zéro.....	16
Figure 6 - Consommation d'énergie de la climatisation dans le résidentiel urbain, scénario Net Zéro	16
Figure 7 - Consommation d'énergie de la cuisson dans le résidentiel urbain, par vecteur énergétique, scénario Net Zéro.....	17
Figure 8 - Consommation d'énergie de l'ECS dans le résidentiel urbain, par vecteur énergétique, scénario Net Zéro.....	17
Figure 9 - Consommation d'énergie de l'éclairage dans le résidentiel urbain, scénario Net Zéro	18
Figure 10 - Consommation d'énergie de la réfrigération dans le résidentiel urbain, scénario Net Zéro	18
Figure 11 - Consommation d'énergie des TV et bureautique dans le résidentiel urbain, scénario Net Zéro.....	19
Figure 12 - Consommation d'énergie des autres usages dans le résidentiel urbain, scénario Net Zéro	19
Figure 13 - Production d'énergie du photovoltaïque dans le résidentiel urbain, scénario Net Zéro	20
Figure 14 - Consommation d'énergie du résidentiel urbain, inter-scénarios	20
Figure 15 - Consommation d'énergie du résidentiel urbain en 2050, par usage, inter-scénario.....	21
Figure 16a et 16b - Consommation d'énergie du résidentiel rural par usage (haut) et par vecteur énergétique (bas), scénario Net Zéro	22
Figure 17 - Consommation d'énergie du chauffage dans le résidentiel rural, scénario Net Zéro	23
Figure 18 - Consommation d'énergie de la climatisation dans le résidentiel rural, scénario Net Zéro	23
Figure 19 - Consommation d'énergie de la cuisson dans le résidentiel rural, scénario Net Zéro	23
Figure 20 - Consommation d'énergie de l'ECS dans le résidentiel rural, scénario Net Zéro.....	24
Figure 21 - Consommation d'énergie de l'éclairage dans le résidentiel rural, scénario Net Zéro	25
Figure 22 - Consommation d'énergie de la réfrigération dans le résidentiel rural, scénario Net Zéro	25
Figure 23 - Consommation d'énergie des TV et bureautiques dans le résidentiel rural, scénario Net Zéro.....	26
Figure 24 - Consommation d'énergie des autres usages dans le résidentiel rural, scénario Net Zéro	26
Figure 25 - Consommation d'énergie du photovoltaïque dans le résidentiel rural, scénario Net Zéro	27

Figure 26 - Consommation d'énergie du résidentiel rural, inter-scénarios.....	27
Figure 27 - Consommation d'énergie du résidentiel rural en 2050, par usage, inter-scénario	28
Figures 28a et 28b - Consommation d'énergie du tertiaire, par sous-secteur (haut) et par vecteur énergétique (bas), scénario Net Zéro	29
Figures 29a et 29b - Consommation d'énergie des bureaux et administrations, par usage (haut) et par vecteur énergétique (bas), scénario Net Zéro	30
Figures 30a et 30b - Consommation d'énergie des hôtels, par usage (haut) et par vecteur énergétique (bas), scénario Net Zéro	31
Figures 31a et 31b - Consommation d'énergie des hôpitaux et cliniques, par usage (haut) et par vecteur énergétique (bas), scénario Net Zéro	32
Figures 32a et 32b- Consommation d'énergie des commerces et restaurants, par usage (haut) et par vecteur énergétique (bas), scénario Net Zéro	33
Figures 33a et 33b - Consommation d'énergie de l'enseignement, par usage (haut) et par vecteur énergétique (bas), scénario Net Zéro	34
Figure 34 - Consommation d'énergie (électrique) de l'éclairage public, scénario Net Zéro	35
Figures 35a et 35b - Consommation d'énergie des autres sous-secteurs, par usage (haut) et par vecteur énergétique (bas), scénario Net Zéro	35
Figure 36 - Consommation d'énergie du tertiaire, inter-scénarios	36
Figure 37 - Consommation d'énergie du tertiaire en 2050, par sous-secteur, inter-scénario	37
Figure 38 - Coûts d'investissement supplémentaires par rapport au scénario Référence, dans le résidentiel, cumulés sur 5 ans.....	41
Figure 39 - Coûts d'investissement dans le tertiaire, cumulés par décennie.....	41
Tableau 1 – Contribution Déterminée Nationalement (CDN) 2021 pour le secteur du bâtiment.....	11
Tableau 2 - Scénario Net Zéro, consommations du secteur Résidentiel, par usage (en ktep)	12
Tableau 3 - Consommations du secteur Tertiaire, par sous-secteur (en ktep) ...	28
Tableau 4 - Surfaces décentralisées de capteurs solaires, thermiques et photovoltaïques à installer dans le bâtiment pour le scénario Net Zéro	40

Avertissement

Les scénarios présentés, issus du travail de modélisation des différents plans nationaux et mesures de décarbonation, sont à utiliser avec précaution. Le degré élevé de détail fourni ne doit pas mener à sous-estimer les incertitudes à plusieurs niveaux. Impacts de la situation nationale et internationale sur les politiques choisies et développées, évolution des priorités ministérielles relatives, évolution du développement technologique au niveau international, possibles nouvelles connaissances et données sur le contexte local, hypothèses de modélisation : tous ces éléments impactent significativement les scénarios présentés ici. Pour ces raisons, une mise à jour des scénarios régulière permettrait d'affiner les trajectoires dessinées ici, prenant en compte l'évolution réelle de la situation économique, environnementale et sociale, ainsi que la disponibilité de nouvelles données techno-économiques pour la modélisation.

Les principales incertitudes associées à la modélisation du secteur des bâtiments portent sur la vitesse de déploiement des nouvelles technologies électriques, en particulier sur la période 2030-2040, et sur les changements sociétaux associés par exemple à l'abandon du bois de chauffage.

Introduction

Les Plans Sectoriels de Décarbonation (PSD) ont pour objectif de proposer des trajectoires de réduction des émissions de GES permettant au Maroc d'atteindre le net-zéro d'ici à 2050. Six PSD ont été préparés pour les secteurs suivants : bâtiment, approvisionnements en énergie, transports, industrie, agriculture-forêts et déchets.

Les PSD sont basés sur le travail de modélisation très fin réalisé par SEI US à l'aide du modèle LEAP. La concertation et les échanges approfondis avec les acteurs nationaux a permis de traduire la vision marocaine dans un ensemble de scénarios intégrés et cohérents entre secteurs et sous-secteurs.

Au sein de chaque secteur, les actions permettant d'atteindre l'objectif net-zéro en 2050 correspondent aux différentes hypothèses qui sous-tendent la modélisation LEAP. Celles-ci ont été proposées et discutées lors des ateliers de consultation avec les parties prenantes et validées in fine par le comité de pilotage. Elles s'appuient sur les axes de réduction des émissions figurant dans la Contribution Déterminée Nationalement (CDN) pour la période allant jusqu'à 2030, sur des mesures complémentaires figurant dans les stratégies sectorielles et enfin, sur des mesures additionnelles, plausibles mais également ambitieuses, nécessaires pour atteindre le net-zéro en 2050.

Les PSD donnent donc une vision précise des changements techno-économiques et des efforts de décarbonation à opérer pour atteindre l'objectif de décarbonation à 2050. Les politiques et mesures correspondantes seront définies grâce à l'appropriation de ces résultats par les différents ministères concernés.

L'analyse qui suit porte sur la période 2020-2060, 2020 étant l'année de base de la modélisation et 2060, l'année de fin de la modélisation. Néanmoins, il est important de souligner que le scénario Net-Zéro est construit de manière à atteindre des émissions nettes nulles en 2050.

Les résultats de la modélisation LEAP présentés dans ce document sont tirés de la version LT-LEDS Maroc v0.112.

1. Etat des lieux du secteur des bâtiments résidentiels et tertiaires au Maroc

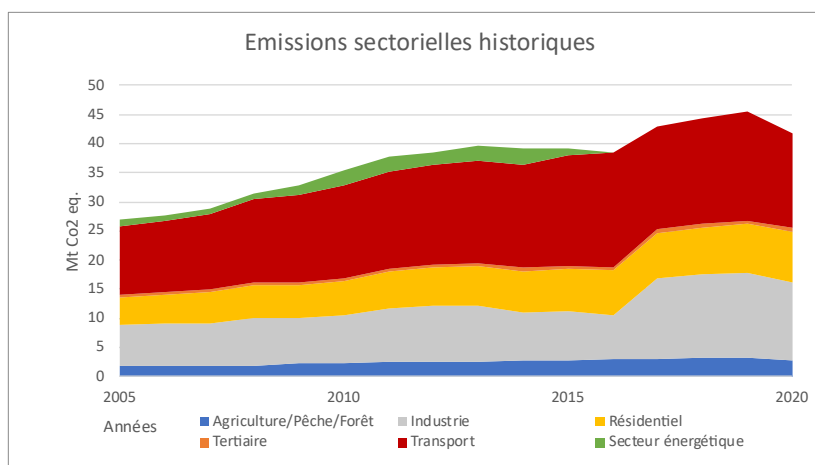
1.1. Etat des lieux

Au Maroc, le secteur du bâtiment ne représente que **23%** des émissions directes de CO₂ des secteurs de consommation finale – dont **21%** pour le résidentiel et **2%** pour le tertiaire –, soit un poids apparemment limité. Mais il faut tenir compte du fait qu'environ la moitié des émissions du secteur énergétique sont des émissions indirectement induites par le bâtiment, notamment pour la production d'électricité consommée dans ce secteur. Au total, le bâtiment représente donc près de **38%** des émissions directes et indirectes (**28,5%** pour le résidentiel et **9%** pour le tertiaire. A noter que dans le tertiaire, la quasi-totalité de l'énergie consommée est de l'électricité, ce qui explique le passage pour ce secteur de 2% pour les émissions directes à 9% pour les émissions totales).¹

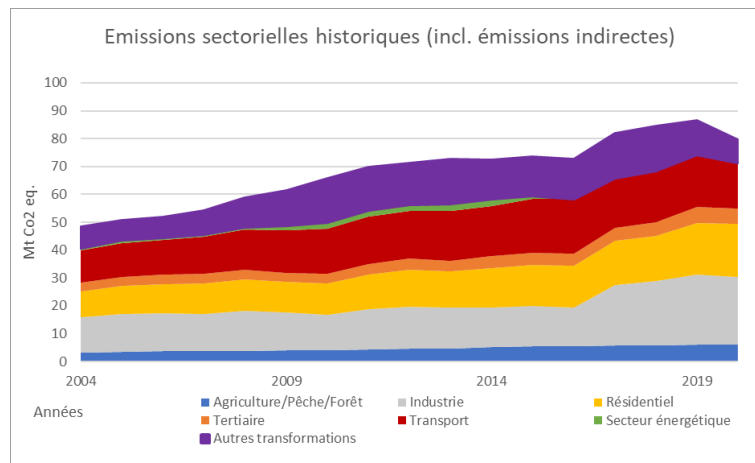
La prise en compte des émissions directes et indirectes du bâtiment en fait le premier secteur émetteur devant les transports et l'industrie. Ceci justifie son importance dans les stratégies bas carbone.

Le poids du secteur dans les émissions a augmenté significativement dans les dix dernières années (de **29%** des émissions directes et indirectes en 2010 à **38%** aujourd'hui), ce qui témoigne de l'amélioration de la satisfaction des besoins énergétiques des ménages au cours de cette période.

Figures 1a et 1b - Emissions par secteur, directes et indirectes (en tenant compte de l'électricité)



¹ Source : Ministère de la Transition Énergétique et du Développement Durable (2022). Bilans énergétiques 2004-2020.



1.2. Le bâtiment dans la Vision LT-LEDS 2050 (déc. 2020)

Pour tous les pays engagés dans la transition bas carbone, le secteur du bâtiment apparaît comme l'un des secteurs stratégiques pour la réduction des émissions, et ce pour deux raisons principales :

- C'est un secteur dans lequel existent un **potentiel important de réduction, ou du moins de limitation, des consommations** d'énergie par la réduction des gaspillages, l'adoption de comportements plus sobres et une meilleure efficacité énergétique ;
- C'est aussi un secteur générateur d'une partie importante des émissions indirectes du secteur énergétique mais pour lequel **le transfert d'usage vers des vecteurs énergétiques décarbonés – électricité, gaz biosourcé, chaleur – peut être massif** et contribuer à la réduction générale des émissions.

Le benchmark international permet par exemple, avec les travaux de la *Global Alliance for Buildings and Construction*, d'identifier huit orientations stratégiques ou leviers d'action prioritaires :

1. La planification urbaine
2. Les nouveaux bâtiments zéro émissions nettes
3. La rénovation énergétique des bâtiments existants
4. La bonne gestion du fonctionnement des bâtiments
5. La réduction des consommations des équipements électroménagers
6. La bonne gestion des matériaux dans une perspective de cycle de vie du bâtiment
7. La résilience du bâti pour tous les risques naturels, changement climatique et autres
8. L'utilisation des énergies à basse émission, accessibles et durables

Le bâtiment constitue une « brique centrale » qui doit intégrer, d'une part, des éléments structurels d'aménagement et de conception et, d'autre part, les

équipements qui puissent assurer les exigences de confort des habitants et d'efficacité énergétique :

- En amont, le bâtiment doit être lui-même intégré dans des **projets d'organisation urbaine adaptée (1.)** conçus pour assurer une bonne accessibilité aux services publics et commerciaux, ainsi qu'aux différentes catégories d'emplois.
- En aval, les équipements associés pour l'électroménager ou le confort d'ambiance (chauffage-climatisation) devront le plus rapidement possible répondre à des **normes de Haute Performance Énergétique (5.)**.

Pour la construction neuve (2.), l'objectif doit être le développement de bâtiments zéro émission et si possible « à énergie positive », dans des schémas d'écoquartiers. Les conditions climatiques du Maroc permettent une forte **mobilisation des énergies renouvelables (8.)**, en particulier par les chauffe-eau solaires et l'autoproduction d'électricité photovoltaïque. Pour l'habitat individuel, le gisement solaire important du Maroc doit permettre une large couverture des besoins par des solutions décentralisées – éventuellement avec la mobilisation d'un stockage d'électricité. Pour les logements collectifs, les contraintes de surfaces disponibles peuvent conduire à **développer des centrales de quartier** sur des espaces dédiés ou d'utilisation mixte (toitures commerciales, parkings).

Pour les bâtiments existants (3.), la rénovation énergétique portant sur l'enveloppe passe par la valorisation et l'utilisation des **techniques et matériaux traditionnels (6.)**. Ces matériaux présentent des propriétés particulièrement propices à une « gestion passive » des flux énergétiques, adaptée aux conditions climatiques de chaque région.

L'innovation doit jouer un rôle clé. Mais si les technologies numériques avancées sont susceptibles de contribuer à optimiser les systèmes de transport, il est probable que le secteur du bâtiment devra faire appel avant tout à des « innovations frugales », visant plutôt à optimiser la conception et le design du bâtiment, dans l'esprit de « l'architecture passive ». Pour autant, il ne faut pas sous-estimer l'importance des innovations technologiques, tant pour les équipements que pour les systèmes : la mobilisation des **équipements électroménagers et de conditionnement Haute Performance Énergétique (5.)** ainsi que la gestion numérique des bâtiments, notamment tertiaires, aura toute sa place pour **optimiser les usages et limiter les consommations (4.)**.

L'intégration des solutions traditionnelles et des technologies modernes doit être pensée dans une perspective prenant en compte la **gestion du bâtiment sur toute sa durée de vie (6.)**, de la construction à la « déconstruction » (plutôt que « démolition »). Enfin, le bâtiment durable doit assurer **la meilleure protection possible des habitants contre les risques naturels (7.)**, qu'il s'agisse des événements climatiques extrêmes (canicules sécheresse) ou des catastrophes (risques sismiques, inondations, submersion).

- Pour le secteur du bâtiment, la base d'un effort de prospective intégratrice doit être la **combinaison des perspectives démographiques et des perspectives de l'aménagement du territoire et du logement**, notamment du point de vue de l'organisation des grandes métropoles, des villes intermédiaires, des petites agglomérations et enfin des zones rurales.

- Cette prospective des logements devrait en particulier explorer le **type d'habitat privilégié dans les villes ou quartiers nouveaux**, en particulier en matière de priorité relative donnée aux logements collectifs et individuels.
- Le développement du secteur tertiaire doit être étudié en parallèle afin d'**apprécier les besoins en bâtiment dédiés dans les différentes régions**.
- Une **typologie des solutions bâtiment et énergie adaptées aux différentes conditions régionales, d'agglomération et d'activité** pourrait alors être établie. Cette typologie doit permettre de caractériser des consommations-type d'énergie et des besoins associés en équipements.
- Le chiffrage en prospective des besoins énergétiques et des émissions associées devra s'appuyer :
 - a. sur les éléments qualitatifs découlant des orientations des politiques d'aménagement du territoire et d'urbanisation ;
 - b. sur l'identification des différentes solutions adaptées pour la satisfaction des besoins de confort des ménages ; et enfin
 - c. sur une quantification détaillée, cohérente avec les deux points ci-dessus, des principaux déterminants de la demande sur les principaux segments de la demande.
- Les travaux devront conduire à l'évolution du **système des normes**, en tenant compte des données techniques et des conditions spécifiques aux différentes régions du Maroc.

1.3. Stratégie nationale pour le bâtiment dans la CDN 2021

La CDN 2021 fournit une liste détaillée de mesures pour le secteur du bâtiment pour la période 2020-2030. Le coût de ces mesures est chiffré, en cohérence avec l'approche qui distingue des mesures inconditionnelles et des mesures conditionnelles dépendant d'un financement additionnel.

La CDN 2021 porte essentiellement sur des mesures de déploiement des équipements énergétiques efficaces (éclairage, réfrigérateurs, climatiseurs) ou de production décentralisée d'énergies renouvelables (chauffe-eaux solaires, systèmes photovoltaïques).

Tableau 1 – Contribution Déterminée Nationalement (CDN) 2021 pour le secteur du bâtiment

Mesures	Description	Atténuation		Coût (Millions Us\$)
		2020-2030 (Gg CO2)	2030	
Plan national de développement des chauffe-eaux solaires de 2010 à 2020	Programme solaire thermique de 40 000 m ² /an entre 2010 et 2020.	28,0	0,0	200,0
Programme de généralisation des lampes LED dans le secteur résidentiel à l'horizon 2030	Programme d'installation de 40 millions de lampes fluocompactes (LFC) et 40 millions de lampes à diodes électroluminescentes (DEL) entre 2010 et 2030.	11 005,7	1 468,0	210,9
Mise en place des Norme Minimale de Performance Énergétique (MEPS) des réfrigérateurs éco énergétiques.	Amélioration de l'efficacité énergétique des réfrigérateurs selon les règles de performance énergétique et la promotion des réfrigérateurs écoénergétiques.	4 818,8	648,4	500,0
Mise en place des Norme Minimale de Performance Énergétique (MEPS) des climatiseurs.	Mise en place des NMPE et de l'étiquetage pour les climatiseurs.	1 813,2	296,8	NA
Efficacité énergétique pour les enveloppes des nouveaux bâtiments	Adoption du code de Réglementation Thermique de Construction au Maroc dans le bâtiment résidentiel et tertiaire.	499,8	80,0	18,0
Efficacité énergétique dans les établissements d'hébergement touristique	Mise en place d'un programme d'efficacité énergétique dans le secteur du tourisme, incluant : 300 000 lampes à basse consommation, 300 000 m ² de chauffe-eau solaire et l'application du code de réglementation thermique de construction au Maroc.	280,8	44,6	86,0
Plan national de développement des chauffe-eau solaires post 2020	Installation de l'équivalent de 40 000 m ² /an de chauffe-eau solaires.	647,5	91,3	308,0
Installations de panneaux solaires photovoltaïques, à l'horizon 2030, pour l'autoconsommation dans les secteurs résidentiel et tertiaire	Mise en place d'un programme de promotion des panneaux solaires photovoltaïques connectés aux réseaux basse tension d'une capacité totale de 1 000 MWc à l'horizon 2030.	4 472,0	942,2	2 020,0
Programme d'efficacité énergétique dans l'éclairage public	Mise en place d'un programme d'efficacité énergétique dans l'éclairage public dans les grandes villes du Maroc.	1 159,9	210,9	310,0
Scénario total		24 689,0	3 781,7	3 652,9

NB : En blanc les mesures inconditionnelles, en vert les mesures conditionnées à un financement additionnel

2. Le secteur des bâtiments en 2050 dans un scénario Net Zéro

La politique de transition énergétique au Maroc s'appuie sur la Vision LT-LEDS de 2020 et sur la CDN 2021. Elle met également en œuvre un ensemble de plans et de politiques et mesures (P&M) sectorielles : stratégie d'efficacité énergétique, plan d'atténuation dans l'habitat, plans nationaux de développement des énergies renouvelables décentralisées (chauffe-eaux solaires et production photovoltaïque) et des équipements efficaces.

2.1. Secteur résidentiel

2.1.1. Consommation totale

La transition Net Zéro dans le secteur résidentiel peut être caractérisée par un processus d'électrification massive qui conduit à la fois **à des gains d'efficacité importants et à une réduction des émissions directes** du secteur (évidemment les émissions totales dépendent in fine de la décarbonation de l'électricité). Ce processus est illustré par l'examen conjoint des consommations totales par vecteur énergétique et des consommations par habitant.

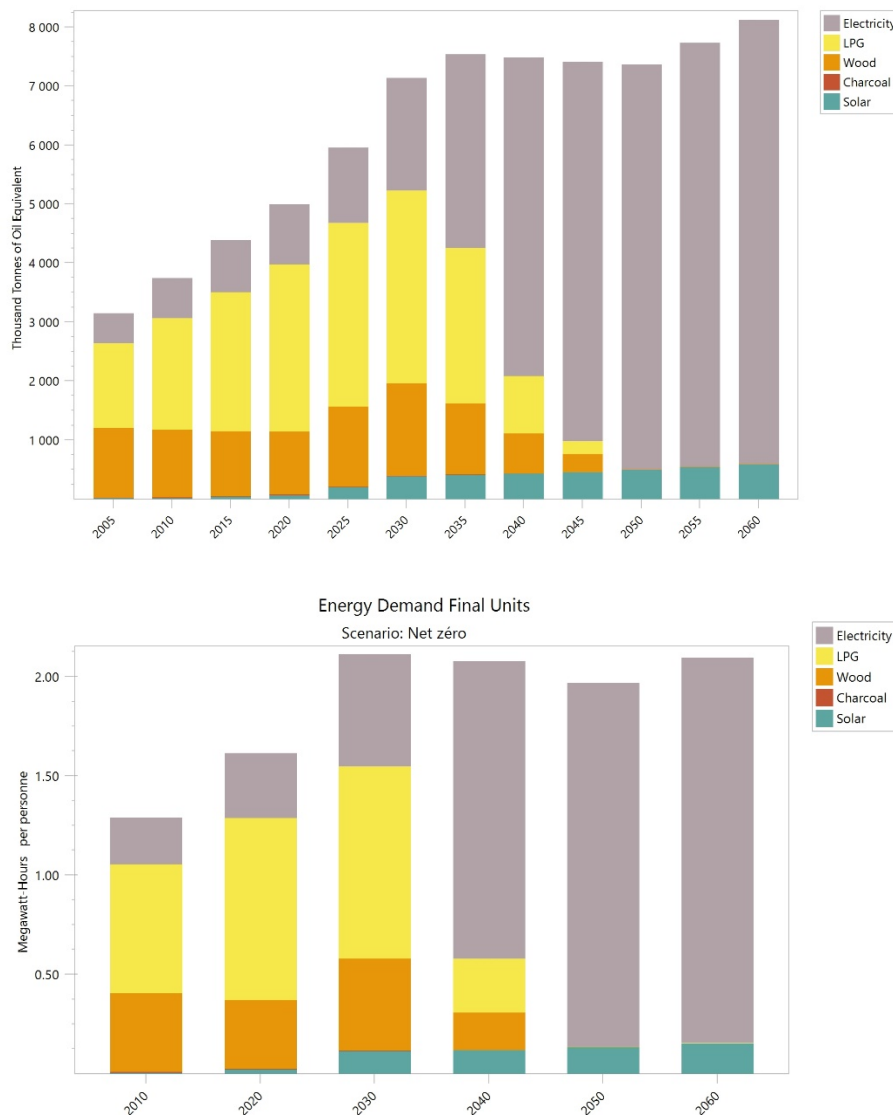
En forte croissance entre 2010 et 2020, les consommations d'énergie continuent d'augmenter jusqu'en 2030. A cette date, elles auront doublé par rapport au niveau 2010. A partir de 2030, la croissance de la consommation totale s'arrête, alors que les consommations de GPL et de bois diminuent rapidement et qu'au contraire, la consommation d'électricité augmente fortement.

Tableau 2 - Scénario Net Zéro, consommations du secteur Résidentiel, par usage (en ktep)

RESIDENTIEL	2010	2020	2030	2040	2050	2060
Autres usages	42,9	49,1	65,4	77,4	87,7	97,3
Chauffage	421,3	657,0	1095,3	730,6	301,5	317,2
Climatisation	61,1	241,9	838,0	1309,8	1324,3	1431,1
Cuisson	2301,4	2600,0	3126,9	3254,3	3532,2	3919,5
Eau chaude	371,3	816,1	1431,3	1521,9	1533,6	1701,8
Eclairage	158,4	157,0	69,4	81,0	90,7	100,7
PV distribué	0,0	0,0	-5,5	-11,1	-16,6	-22,2
Refrigération	283,5	361,3	376,6	357,4	326,5	362,3
TV et bureautique	99,5	108,3	138,1	165,5	189,2	209,9
Total	3739,4	4990,7	7135,5	7486,8	7369,0	8117,4

Entre 2040 et 2050, les gains d'efficacité par l'électrification conduisent à une légère réduction des consommations par habitant ce qui induit une stabilisation de la consommation totale. Celle-ci augmente à nouveau après 2050. Les émissions du secteur sont ramenées à zéro à partir de 2050 car l'énergie consommée n'est alors que de l'électricité, avec une contribution marginale de la chaleur solaire.

Figures 2a et 2b : Consommation d'énergie du résidentiel, totale (haut) et par habitant (bas), décomposé par vecteur énergétique, scénario Net Zéro



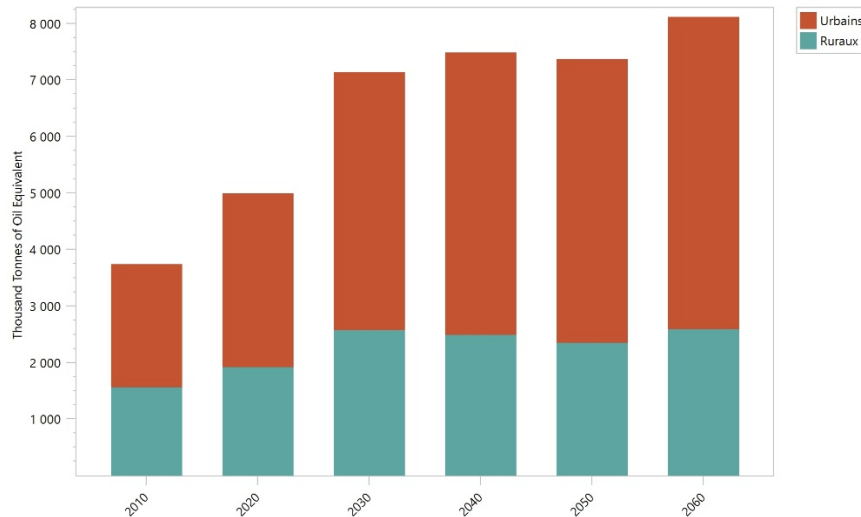
L'électrification des sous-secteurs du chauffage des locaux, de l'eau et de la cuisson s'effectue progressivement entre les années 2020 et 2050, en suivant une courbe en S. Il est en effet considéré que la plupart des ménages adoptent les technologies électriques en milieu de période (de la fin des années 2020 au début des années 2040), ce qui est suffisamment long pour que la majorité des équipements soient remplacés naturellement à la fin de leur cycle de vie. On suppose qu'il y a tout de même quelques adoptions précoces et tardives des technologies électriques autour de cet intervalle. Dans le cas du chauffage des locaux, l'intervalle peut-être plus court ; on suppose alors que des incitations sont déployés pour que le taux de remplacement des équipements soit plus rapide.

Les projections démographiques prises en compte indiquent que la population urbaine devrait passer de 20,3 à 32 M entre 2010 et 2050, alors que la population rurale devrait décroître légèrement sur la même période, de 13,4 à 11,5 M². Ceci

² Source : Haut Commissariat au Plan Royaume du Maroc (2017). *Projections de La Population et Des Ménages 2014-2050*.

explique que la part des ménages urbains dans la consommation totale passe de 58 à 68% sur la même période. A partir de 2020, tous les ménages, urbains et ruraux, sont considérés comme électrifiés.

Figure 3 - Consommation d'énergie du résidentiel, répartition urbain-rural, scénario Net Zéro

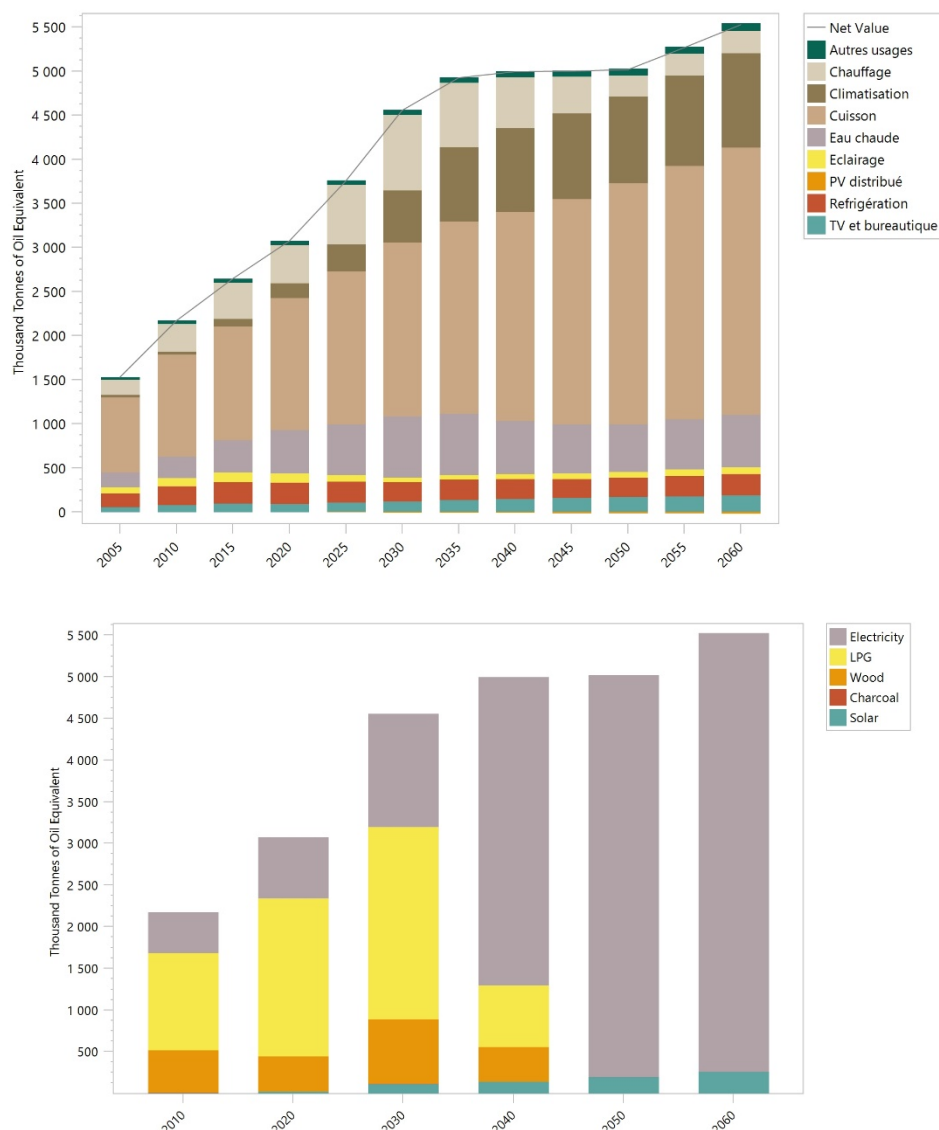


2.1.2. Ménages urbains

2.1.2.1. Consommation totale

La consommation des ménages urbains augmente beaucoup sur la période de projection, passant de 3071 à 5017 ktoe entre 2020 et 2050. Trois usages sont responsables de l'essentiel de la croissance en volume des consommations : l'eau chaude sanitaire, la cuisson et la climatisation. Le chauffage augmente significativement jusqu'en 2030 mais décroît ensuite grâce à l'amélioration de la qualité thermique de l'enveloppe des bâtiments.

Figure 4a et 4b - Consommation d'énergie du résidentiel urbain par usage (haut) et par vecteur énergétique (bas), scénario Net Zéro

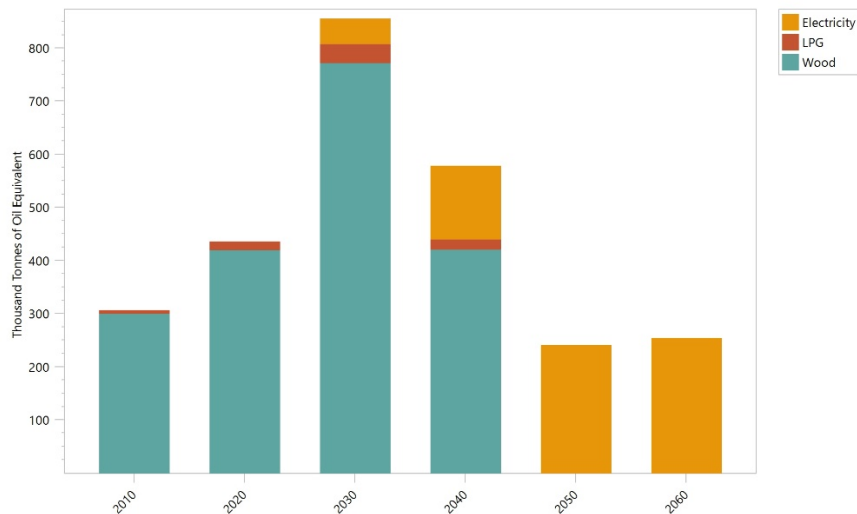


Le scénario Net Zéro implique un changement profond dans les vecteurs énergétiques consommés. Tandis que le mix est dominé par le GPL en 2030 avec une fraction encore significative de bois, l'électrification est poursuivie très rapidement à partir de cette date. Elle est largement avancée dès 2040 et achevée en 2050. La contribution de l'énergie solaire, à travers les chauffe-eaux solaires, reste limitée à cette date.

2.1.2.2. Chauffage

Le chauffage au bois ou charbon de bois, encore important aujourd'hui (436 ktep), augmente encore et double jusqu'en 2030. Après cette date, il est remplacé par du chauffage électrique et disparaît en 2050. En 2050, la consommation pour le chauffage passe sous le niveau actuel grâce à l'amélioration de l'enveloppe des bâtiments et à l'utilisation d'équipements performants.

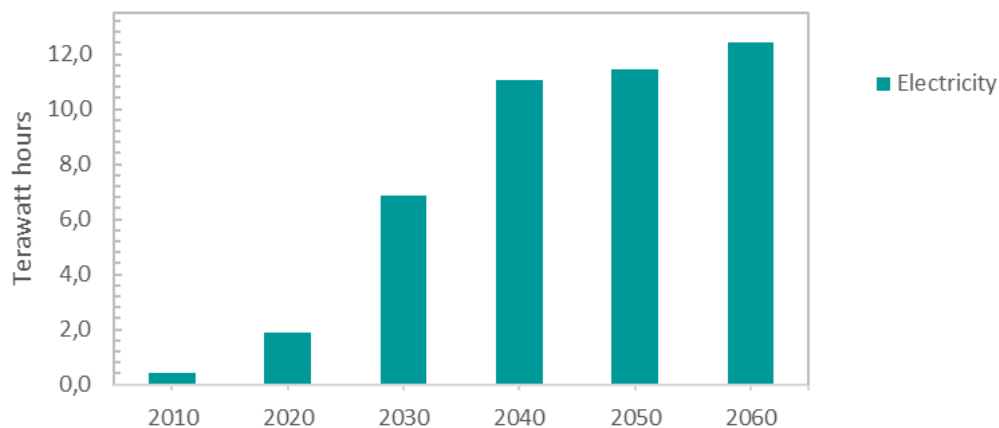
Figure 5 - Consommation d'énergie du chauffage dans le résidentiel urbain par vecteur énergétique, scénario Net Zéro



2.1.2.3. Climatisation

La climatisation se développe très rapidement dans les villes, principalement entre 2020 et 2040. La consommation (exclusivement de l'électricité) passe de 2 TWh aujourd'hui à près de 12 TWh en 2050.

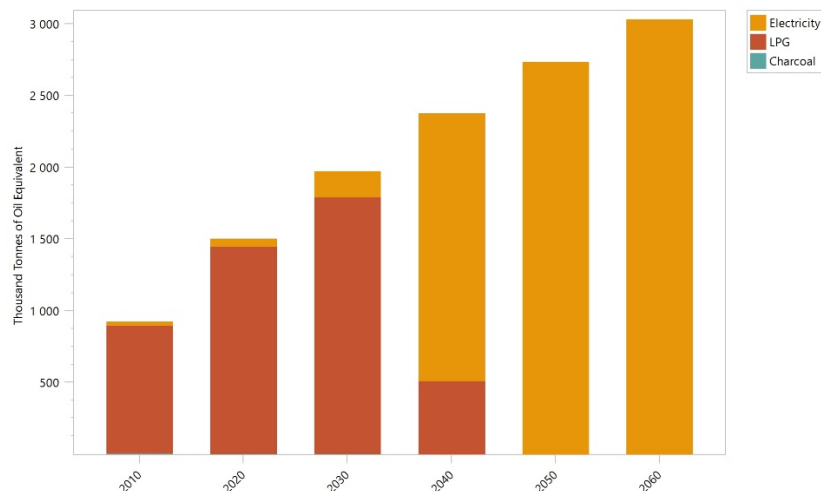
Figure 6 - Consommation d'énergie de la climatisation dans le résidentiel urbain, scénario Net Zéro



2.1.2.4. Cuisson

La consommation pour la cuisson augmente régulièrement sur la période. En 2050, elle atteint presque le double de la consommation actuelle. A partir d'un mix largement dominé par le GPL jusqu'en 2030, l'électrification de cet usage est rapide par la suite. Elle est achevée en 2050.

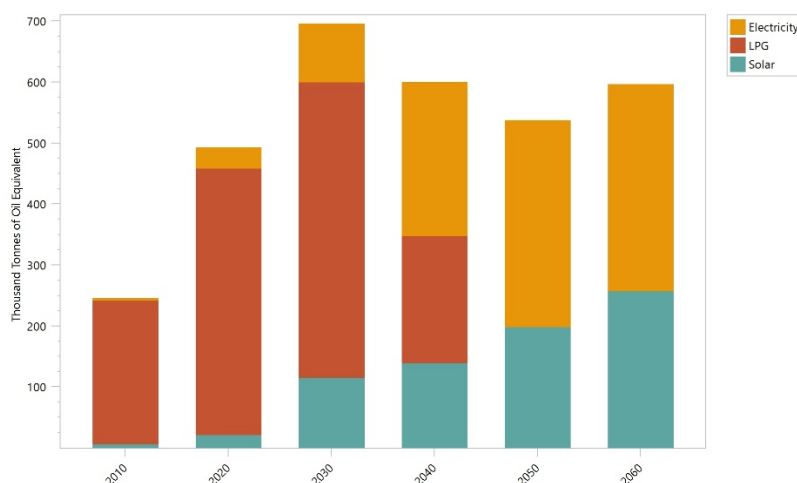
Figure 7 - Consommation d'énergie de la cuisson dans le résidentiel urbain, par vecteur énergétique, scénario Net Zéro



2.1.2.5. Eau Chaude Sanitaire (ECS)

Les consommations pour l'ECS, en augmentation et dominées par le GPL jusqu'en 2030, décroissent par la suite avec une rapide progression de l'électricité.

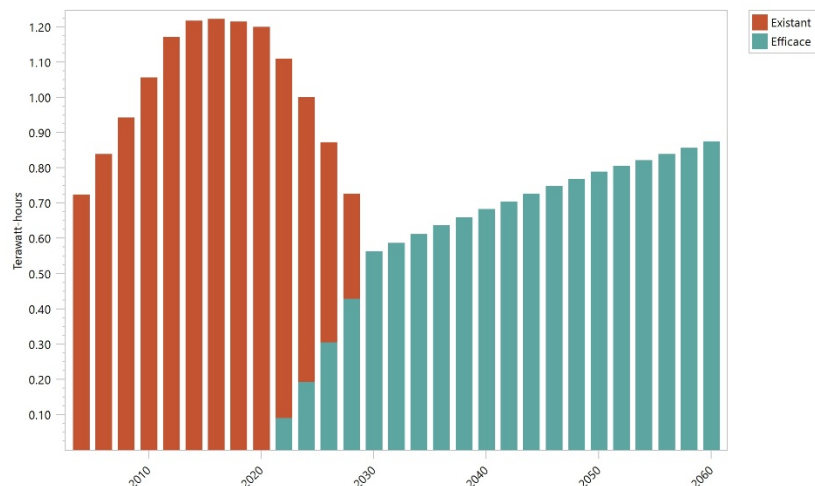
Figure 8 – Consommation d'énergie de l'ECS dans le résidentiel urbain, par vecteur énergétique, scénario Net Zéro



2.1.2.6. Eclairage

L'introduction rapide de normes sur l'éclairage efficace permet une réduction drastique des consommations d'électricité entre 2020 et 2030 : celles-ci sont divisées par deux entre 2020 et 2030. Puis les consommations augmentent d'environ 50% jusqu'à la fin de la période, du fait de l'augmentation des besoins.

Figure 9 - Consommation d'énergie de l'éclairage dans le résidentiel urbain, scénario Net Zéro

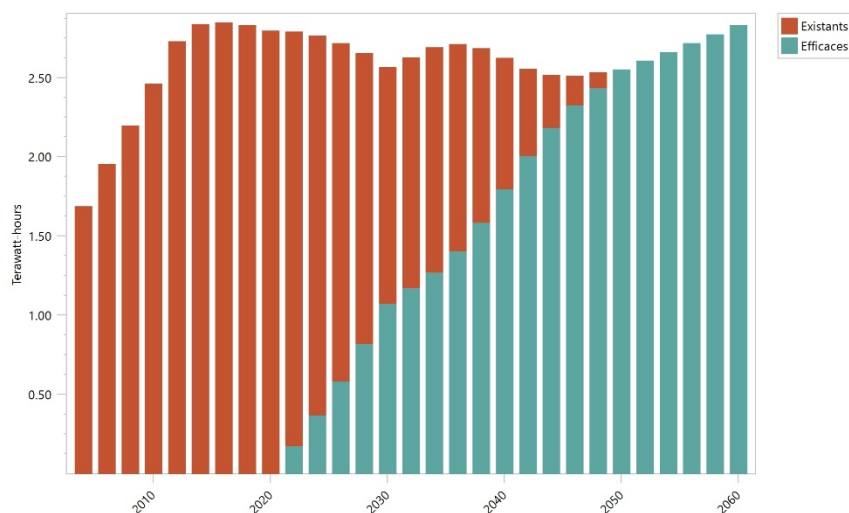


L'hypothèse de diffusion des nouveaux équipements efficaces (LED) est rapide et complète, ce qui correspond par exemple à la fin de commercialisation de lampes classiques dès aujourd'hui.

2.1.2.7. Réfrigération

Les consommations d'électricité pour la réfrigération sont stables sur toute la période ce qui signifie que l'augmentation des besoins est compensée par les gains d'efficacité technique.

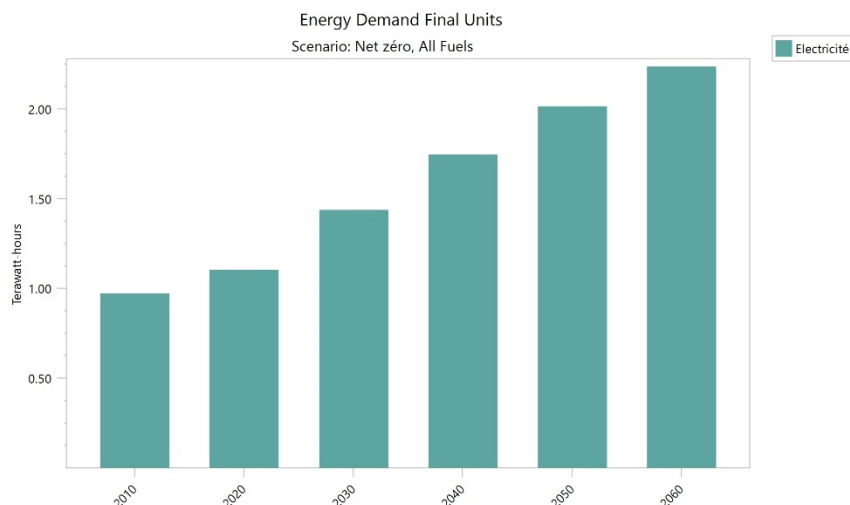
Figure 10 - Consommation d'énergie de la réfrigération dans le résidentiel urbain, scénario Net Zéro



2.1.2.8. TV et Bureautique

Les consommations associées au développement des « produits bruns » (TV, Magnétoscopes, HIFI) et des « produits gris » (bureautique), exclusivement à base d'électricité, connaissent une croissance linéaire et sont multipliées par deux à l'horizon 2050.

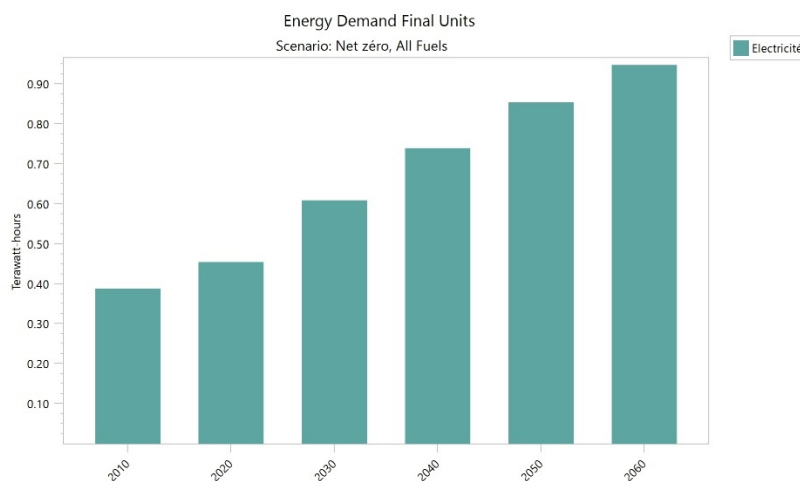
Figure 11 - Consommation d'énergie des TV et bureautique dans le résidentiel urbain, scénario Net Zéro



2.1.2.9. Autres usages

Les consommations associées aux autres usages électriques connaissent elles-aussi une croissance linéaire sur la période. Elles sont multipliées par deux d'ici à l'horizon 2050.

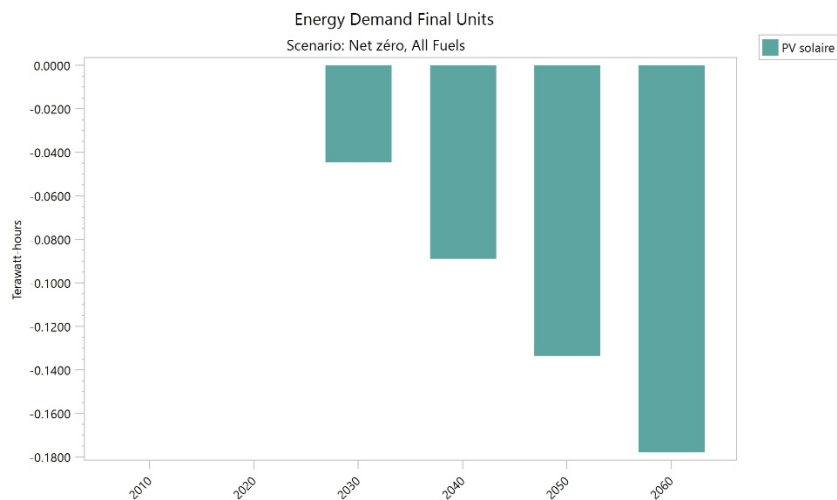
Figure 12 - Consommation d'énergie des autres usages dans le résidentiel urbain, scénario Net Zéro



2.1.2.10. Photovoltaïque

La production des panneaux photovoltaïques en production décentralisée augmente régulièrement, jusqu'à 180 GWh en 2060. Ceci correspondrait pour une hypothèse de 400 kWh/m² (incident 2 000 kWh/m²/an et rendement PV de 20%), à une surface installée de 375 000 m².

Figure 13 - Production d'énergie du photovoltaïque dans le résidentiel urbain, scénario Net Zéro



Note : ici la production apparaît comme une consommation négative car elle se déduit du reste des consommations.

2.1.2.11. Comparaison avec le scénario Référence

On observe une divergence de tendance entre les scénarios Net Zéro et Référence. Là où la demande énergétique du résidentiel urbain tend à se stabiliser entre 2030 et 2050 dans le scénario Net Zéro, elle continue à croître de façon presque linéaire dans le scénario Référence.

En 2050, la réduction de la consommation dans le scénario Net Zéro par rapport au scénario de Référence s'élève à **30%**.

En 2050, on note des réductions de consommation d'énergie par rapport au scénario Référence particulièrement significatives pour le chauffage (-80%), la climatisation (-32%), l'ECS (-50%) et la réfrigération (-50%). La cuisson reste cependant l'usage le plus demandeur d'énergie, avec peu de réduction par rapport au scénario Référence.

Figure 14 - Consommation d'énergie du résidentiel urbain, inter-scénarios

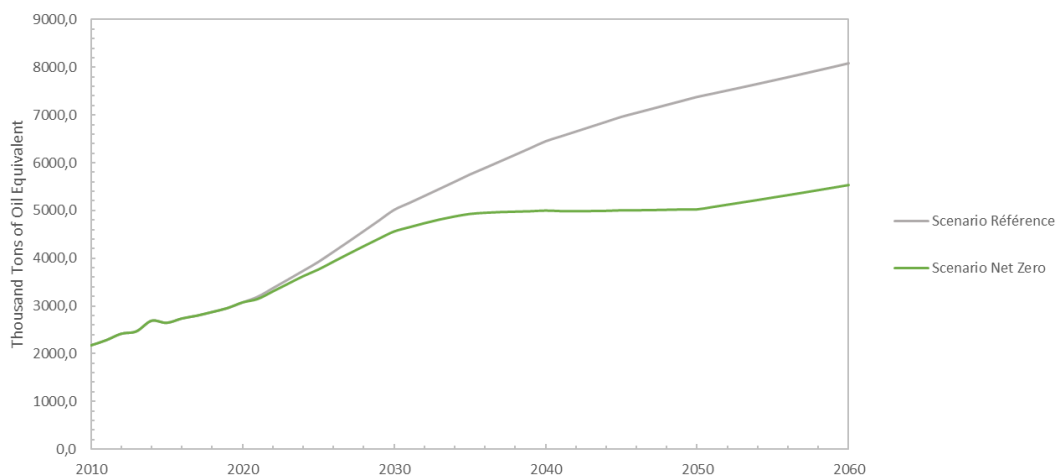
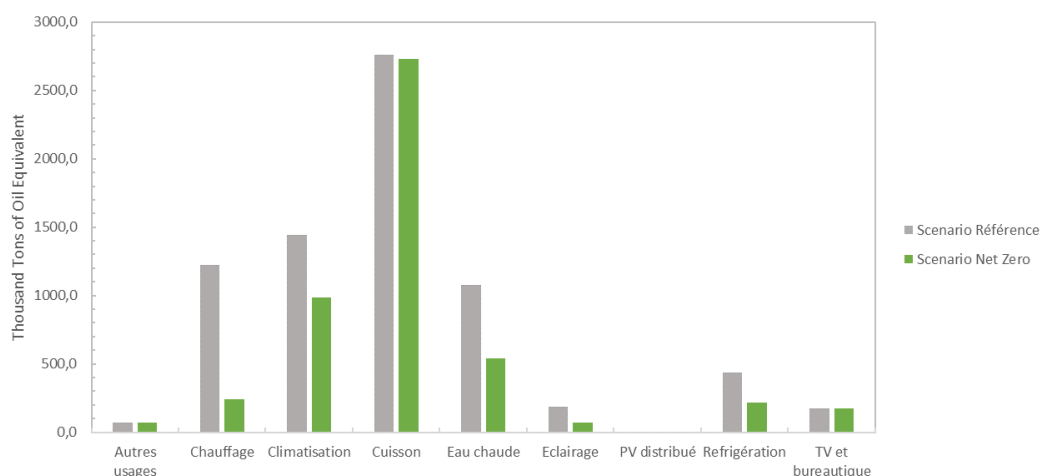


Figure 15 – Consommation d’énergie du résidentiel urbain en 2050, par usage, inter-scénario

2.1.3. Ménages ruraux

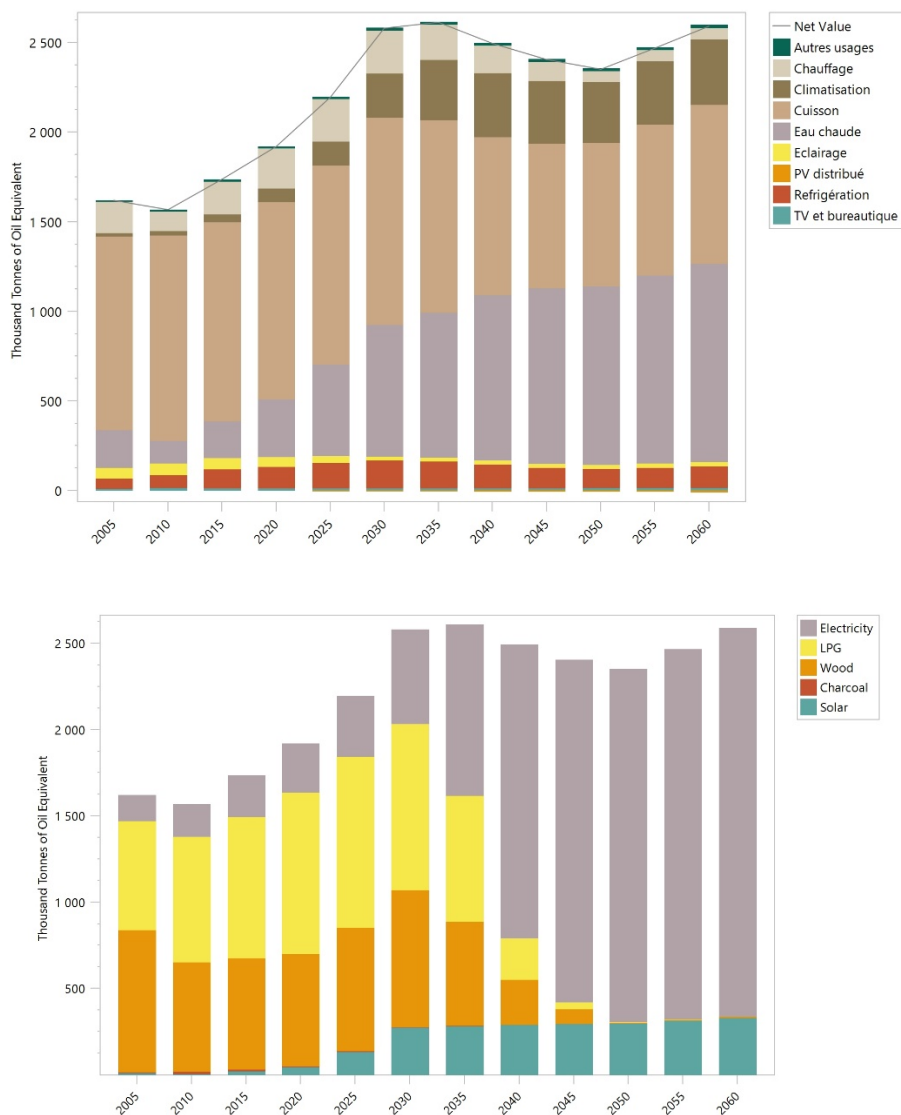
2.1.3.1. Consommation totale

La consommation totale des ménages ruraux augmente significativement jusqu'en 2030, puis décroît légèrement jusqu'en 2050. Le principal usage contribuant à la croissance des volumes est l'ECS, encore peu développé aujourd'hui en zone rurale. Cet usage connaîtrait un développement rapide d'ici 2040 avec, entre 2030 et 2040 une substitution des vecteurs bois et GPL par l'électricité. En 2050 cet usage ECS est complètement décarboné principalement grâce à l'électricité, mais avec une contribution des chauffe-eaux solaires relativement plus importante que pour les ménages urbains.

L'usage cuisson diminue au contraire sur l'horizon de projection, ce qui s'explique par les rendements très supérieurs de la cuisson à l'électricité par rapport au bois ou au GPL.

On notera que, ramené au nombre de ménages, les consommations sont plus élevées en rural qu'en urbain, puisqu'en 2050 les consommations des ménages urbains ne sont que deux fois plus importantes, alors même qu'il y a, à cette date, trois fois plus de ménages urbains que de ménages ruraux.

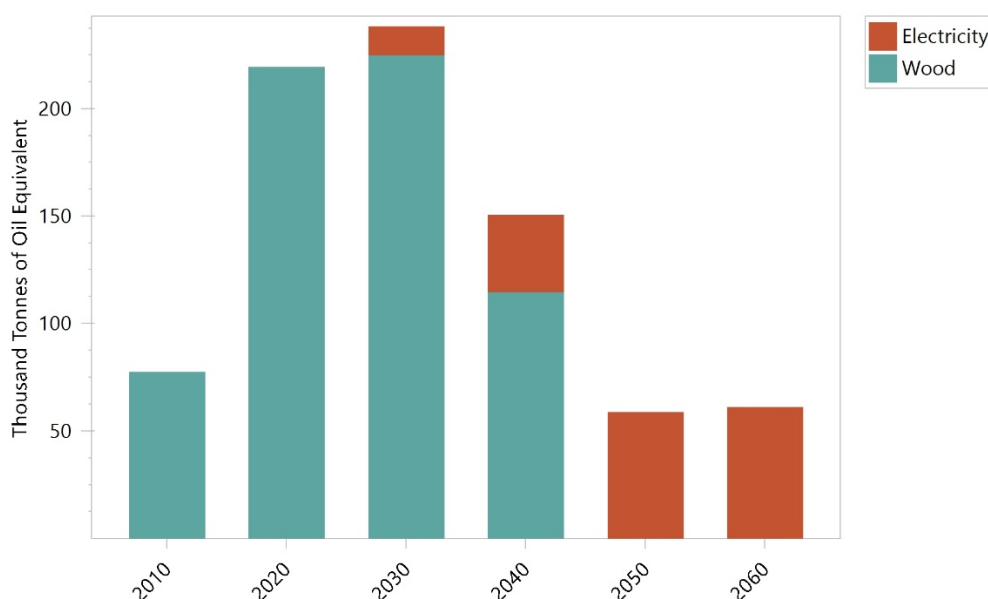
Figure 16a et 16b - Consommation d'énergie du résidentiel rural par usage (haut) et par vecteur énergétique (bas), scénario Net Zéro



2.1.3.2. Chauffage

Le bois, aujourd'hui vecteur exclusif utilisé pour le chauffage dans les campagnes, est remplacé par l'électricité à partir de 2030. L'électrification est terminée en 2050 et les gains d'efficacité, comme l'amélioration de l'enveloppe des nouveaux bâtiments, permettent de ramener les consommations en dessous du niveau de 2010.

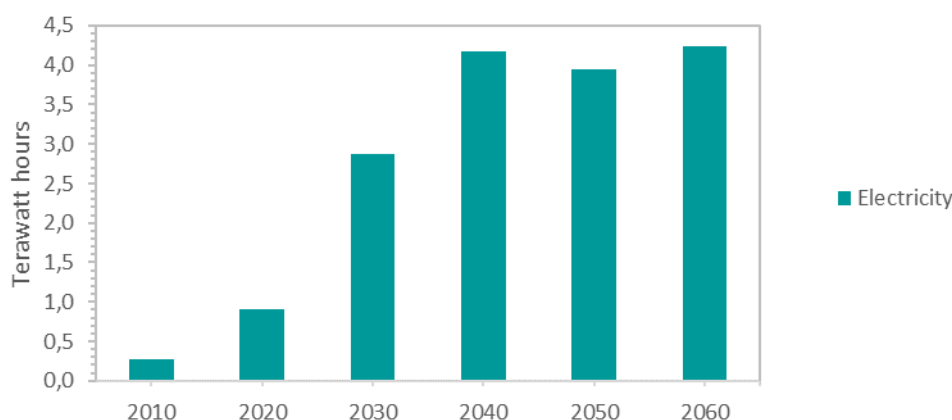
Figure 17 - Consommation d'énergie du chauffage dans le résidentiel rural, scénario Net Zéro



2.1.3.3. Climatisation

La climatisation connaît un développement très important, puisque sa consommation (100% électricité) passe de moins de 1 TWh aujourd'hui à plus de 4 TWh en 2050, ce qui correspond à une amélioration significative des conditions de vie dans les campagnes. Dans le même temps, l'amélioration de l'enveloppe des bâtiments et du rendement des climatisations permet de réduire les besoins en climatisation.

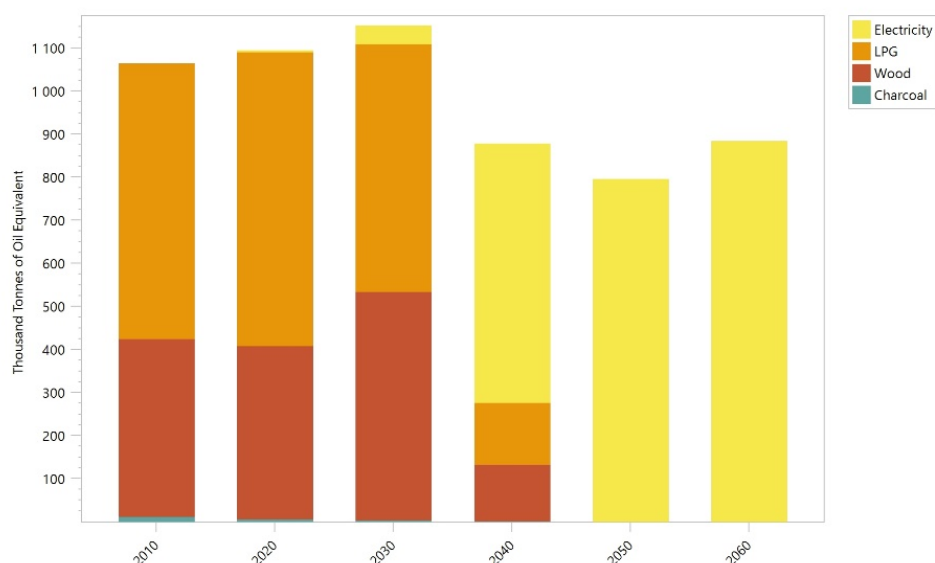
Figure 18 - Consommation d'énergie de la climatisation dans le résidentiel rural, scénario Net Zéro



2.1.3.4. Cuisson

La consommation de cuisson est stable en niveau et en composition (40% bois, 60% GPL) jusqu'en 2030. A partir de cette date, la substitution rapide par la cuisson à l'électricité (terminée en 2050) permet une réduction d'environ 20% de la consommation totale.

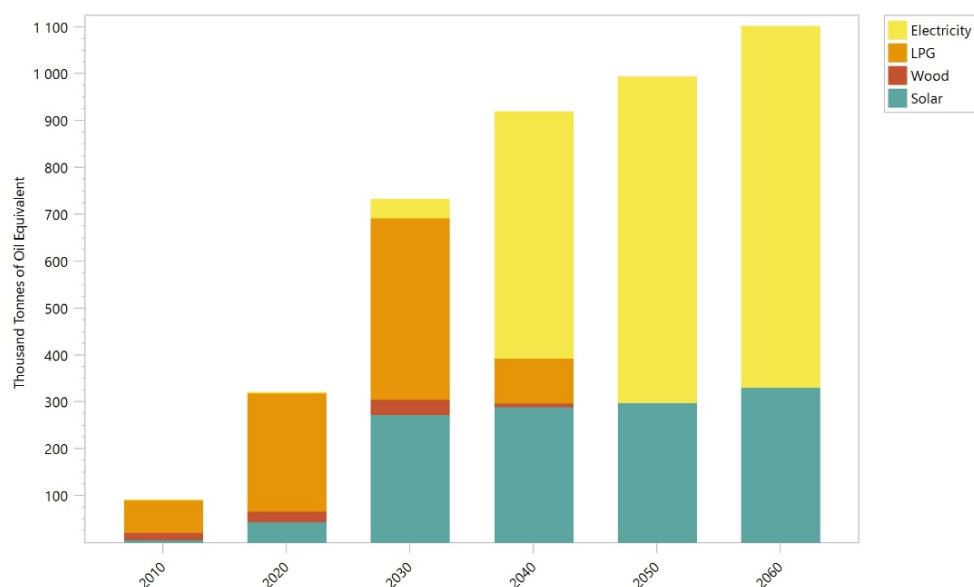
Figure 19 - Consommation d'énergie de la cuisson dans le résidentiel rural, scénario Net Zéro



2.1.3.5. Eau-Chaude Sanitaire (ECS)

La consommation d'énergie pour l'ECS est en croissance rapide, passant de 323 ktep aujourd'hui à près de 1000 en 2050. L'ECS solaire se développe rapidement dans la décennie 2020 et le GPL est progressivement remplacé par l'électricité.

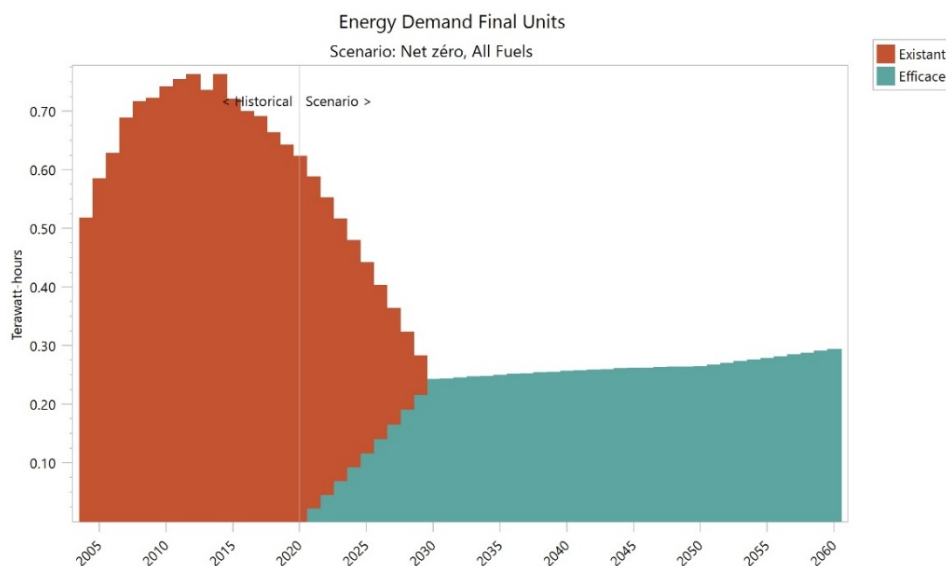
Figure 20 - Consommation d'énergie de l'ECS dans le résidentiel rural, scénario Net Zéro



2.1.3.6. Eclairage

Le développement de l'éclairage efficace est extrêmement rapide dans la décennie 2020 et permet une réduction des consommations de près des deux-tiers en 2030. Ultérieurement la consommation n'augmente que très faiblement.

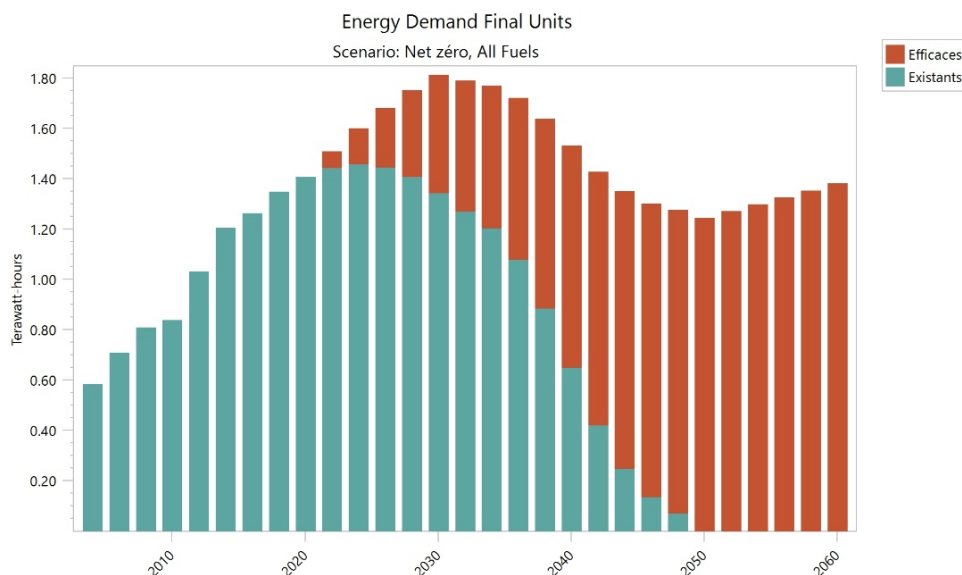
Figure 21 - Consommation d'énergie de l'éclairage dans le résidentiel rural, scénario Net Zéro



2.1.3.7. Réfrigération

Les consommations pour la réfrigération augmentent rapidement jusqu'en 2030, avant que les gains d'efficacité des équipements ne permettent de satisfaire les besoins avec une réduction de la consommation totale.

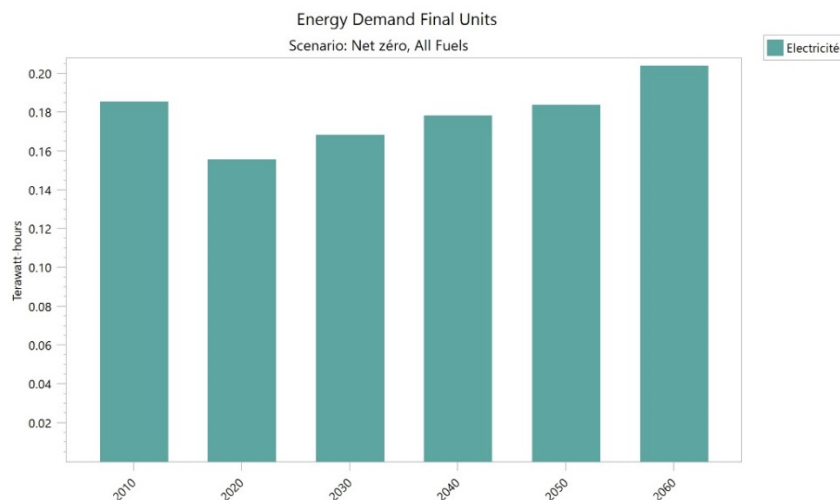
Figure 22 - Consommation d'énergie de la réfrigération dans le résidentiel rural, scénario Net Zéro



2.1.3.8. TV et Bureautique

Les consommations associées aux équipements de télévision et de bureautique ont décliné d'environ 20% entre 2010 et 2020 du fait des améliorations déjà acquises dans la performance des équipements. Mais du fait de la forte croissance des besoins, les consommations augmentent à nouveau par la suite, elles retrouvent leur niveau de 2010 en 2050.

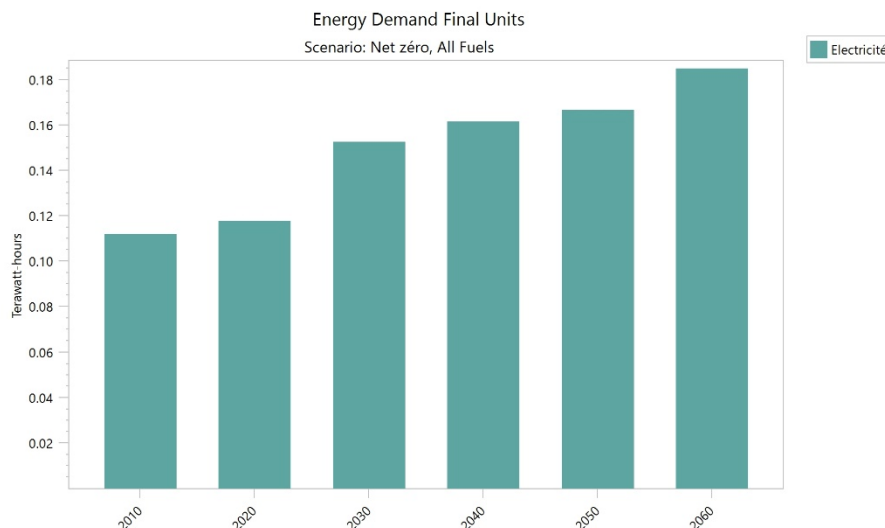
Figure 23 - Consommation d'énergie des TV et bureautiques dans le résidentiel rural, scénario Net Zéro



2.1.3.9. Autres usages

Les consommations associées aux autres usages électriques connaissent une croissance moins importante dans le résidentiel rural qu'en ville. On compte tout de même une augmentation de 40% d'ici à 2050.

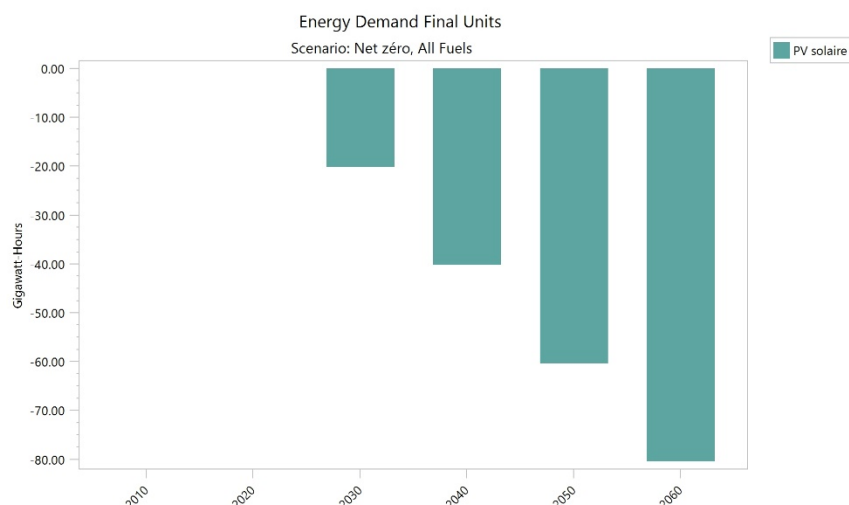
Figure 24 - Consommation d'énergie des autres usages dans le résidentiel rural, scénario Net Zéro



2.1.3.10. Photovoltaïque

La production photovoltaïque décentralisée augmente régulièrement sur la période et représente 60 GWh et 80 GWh, respectivement en 2050 et 2060.

Figure 25 - Consommation d'énergie du photovoltaïque dans le résidentiel rural, scénario Net Zéro



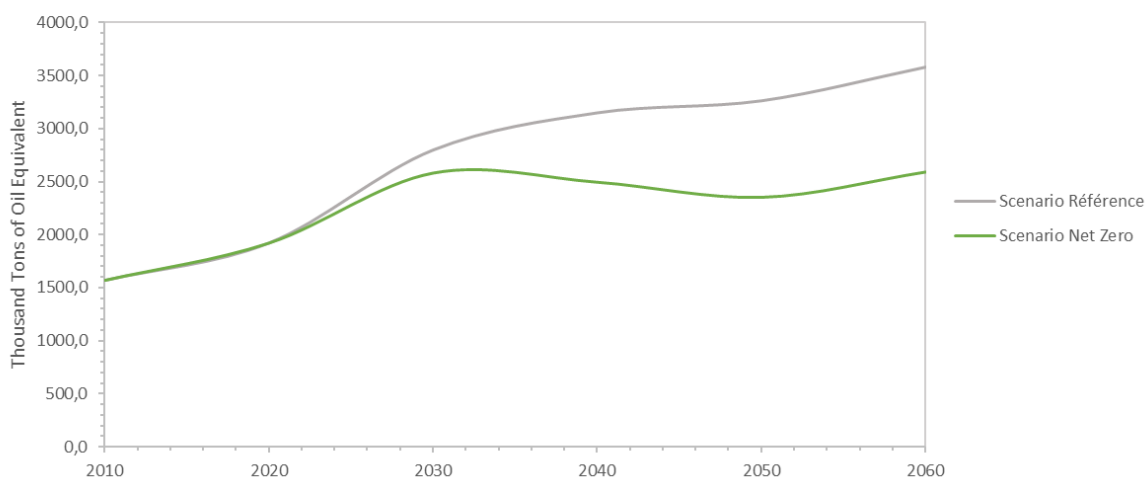
Note : ici la production apparaît comme une consommation négative car elle se déduit du reste des consommations.

2.1.3.11. Comparaison avec le scénario Référence

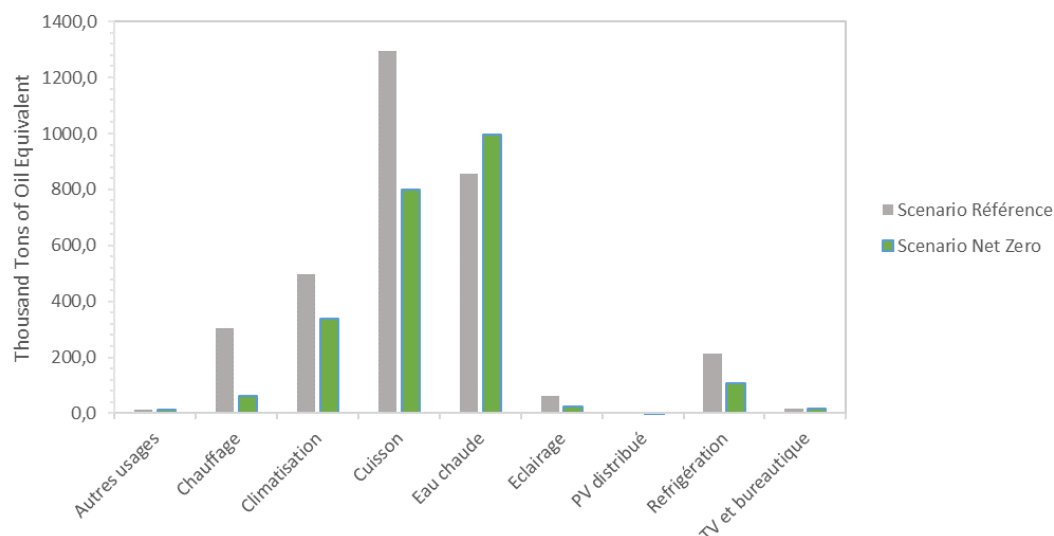
Similairement au résidentiel urbain, on observe dans le rural une divergence entre les scénarios Net Zéro et Référence. La demande énergétique du résidentiel rural continue à croître selon sa tendance historique jusqu'à 2030, puis diminue d'environ 10% entre 2030 et 2050, là où elle continue à croître dans le scénario Référence.

Ainsi, en 2050, la réduction de la consommation dans le scénario Net Zéro par rapport au scénario de Référence s'élève à **28%**.

Figure 26 - Consommation d'énergie du résidentiel rural, inter-scénarios



En 2050, on note là aussi des réductions de consommation d'énergie significatives par rapport au scénario Référence pour certains usages : le chauffage (-80%), la climatisation (-32%), la cuisson (-38%) et la réfrigération (-50%). L'ECS est en revanche marquée par une augmentation de la consommation de 16%.

Figure 27 -Consommation d'énergie du résidentiel rural en 2050, par usage, inter-scénario

2.2. Secteur tertiaire

2.2.1. Consommation totale

La croissance des consommations du secteur tertiaire est maîtrisée jusqu'en 2050, elle passe de 1287 ktep aujourd'hui à 1545 ktep en 2050. En 2050, dans cet ensemble et si l'on exclue les usages « divers » (624 ktep), trois sous-secteurs expliquent l'essentiel des consommations : les commerces et restaurant (324 ktep), les hôtels (231 ktep) et les bureaux et administrations (172 ktep).

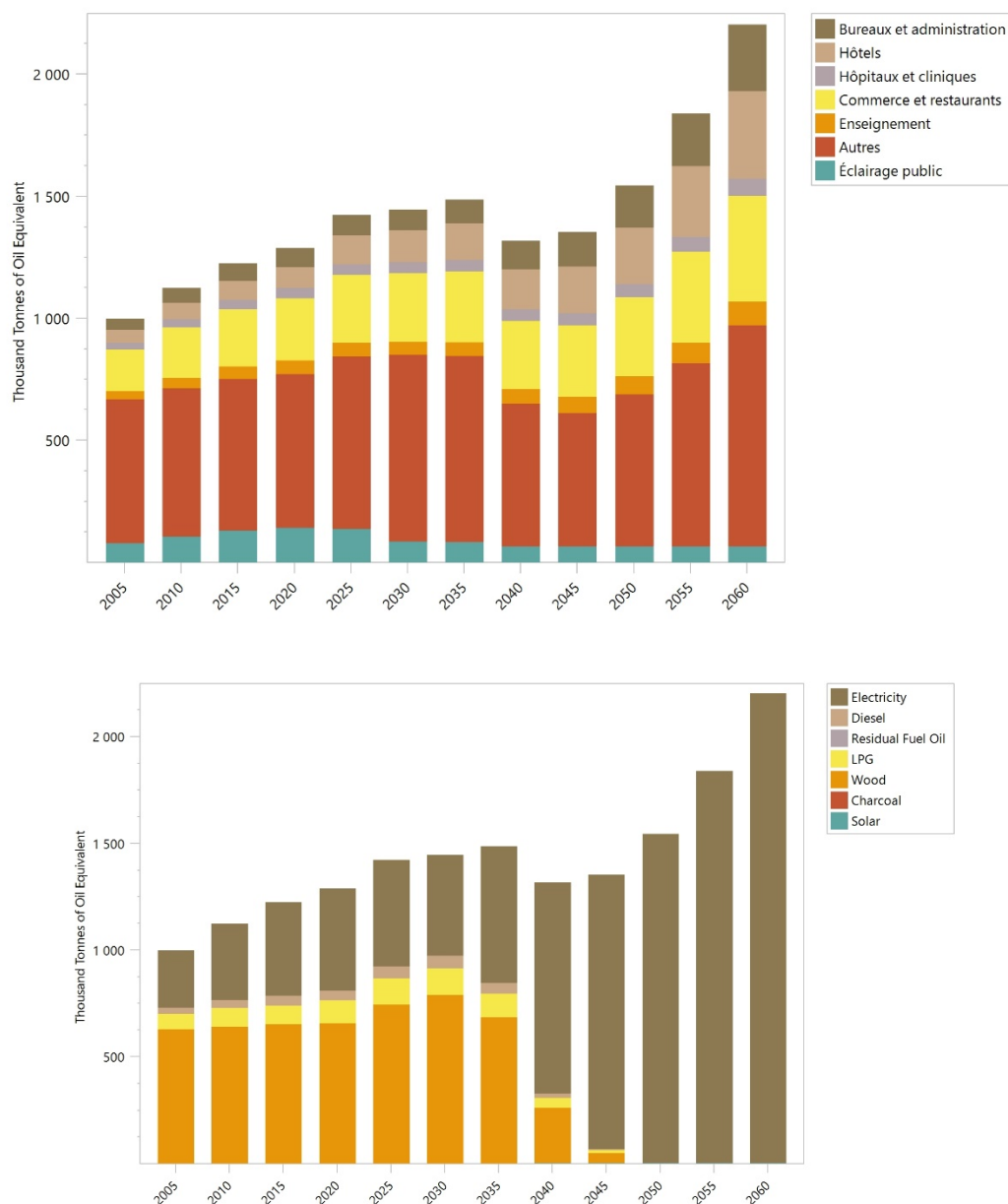
Les consommations, satisfaites majoritairement par le bois jusqu'en 2030, commencent à décroître avec les progrès de l'électrification après cette date. Celle-ci est terminée en 2050.

Tableau 3 - Consommations du secteur Tertiaire, par sous-secteur (en ktep)

TERTIAIRE	2010	2020	2030	2040	2050	2060
Bureaux et administration	57,8	77,1	83,1	114,9	172,0	270,3
Hôtels	68,4	84,9	130,9	164,1	231,4	360,2
Hôpitaux et cliniques	34,5	43,5	45,1	46,9	54,5	71,2
Commerce et restaurants	207,2	252,8	281,5	279,3	324,2	433,0
Enseignement	42,6	56,3	53,6	60,7	74,2	96,5
Autres	607,1	631,0	764,0	586,1	623,5	908,2
Éclairage public	106,1	141,7	86,4	65,3	65,3	65,3
Total	1123,7	1287,4	1444,7	1317,3	1545,1	2204,7

NB : Consommation nette de la production photovoltaïque décentralisée

Figures 28a et 28b - Consommation d'énergie du tertiaire, par sous-secteur (haut) et par vecteur énergétique (bas), scénario Net Zéro

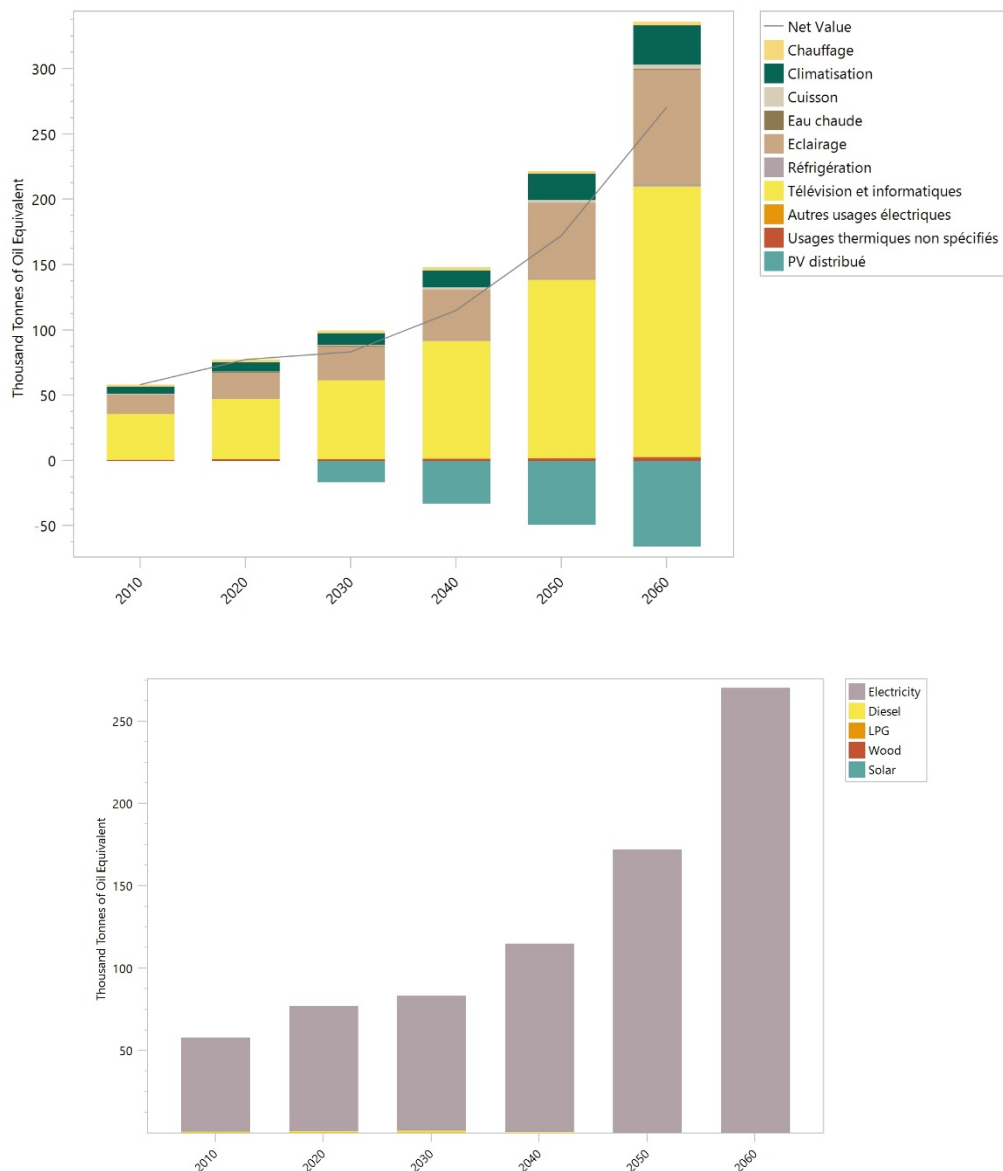


L'électrification du secteur tertiaire est très forte pour toutes les branches et s'achève avant 2050.

2.2.2. Bureaux et administrations

Dans les bureaux et administrations, la consommation totale est en croissance de 77 ktep aujourd'hui à 172 ktep en 2050. Les postes principaux de consommation sont, de loin, les postes de bureautique et d'éclairage, avec 100% d'électricité. La climatisation se développe progressivement. La contribution du PV décentralisé permet de réduire la consommation apparente de 0,5 TWh (49 ktep), soit 20% en 2050.

Figures 29a et 29b - Consommation d'énergie des bureaux et administrations, par usage (haut) et par vecteur énergétique (bas), scénario Net Zéro

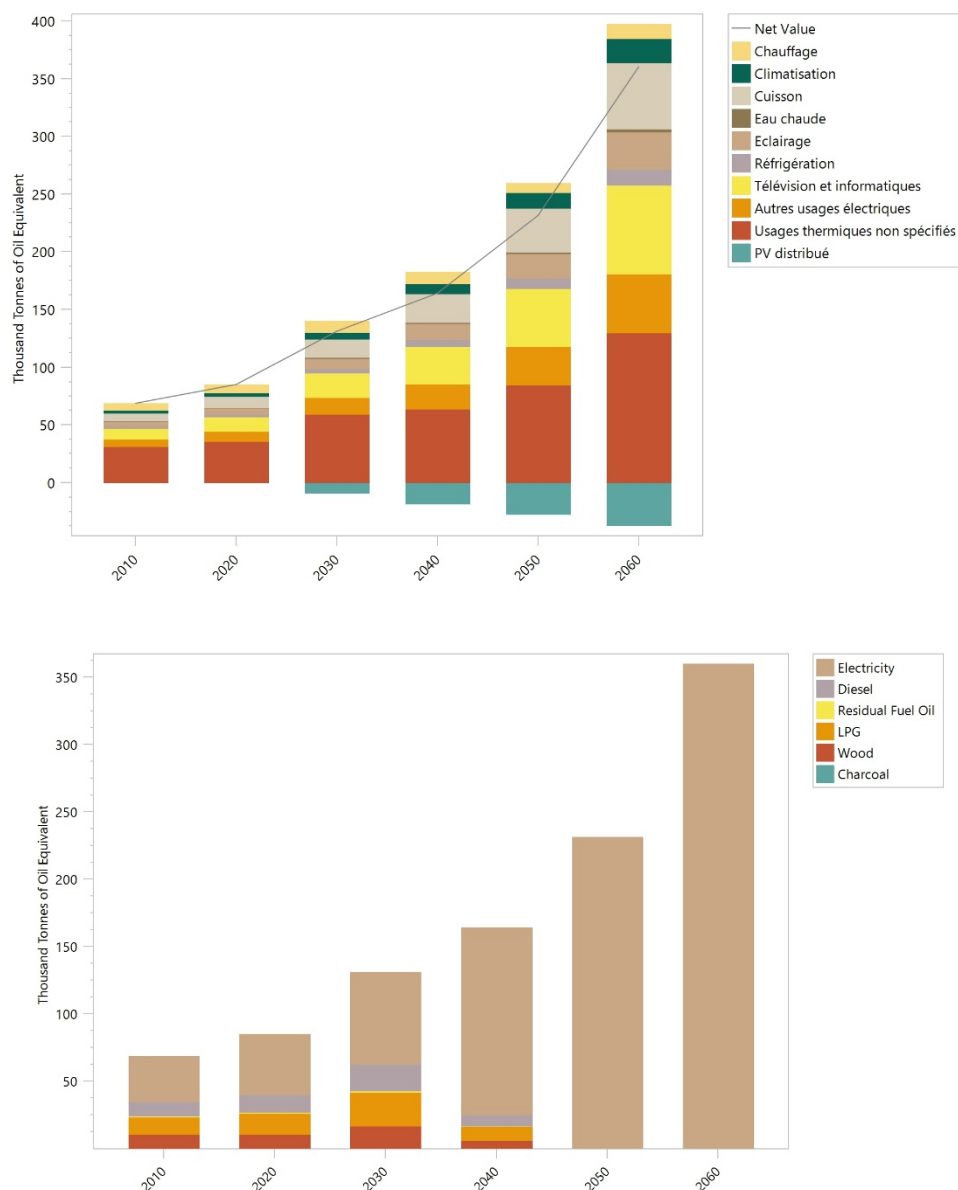


L'électricité domine les consommations des bureaux et administrations. Le solaire PV décentralisé dans les bâtiments de bureaux atteint 573 GWh en 2050 et 764 GWh en 2060.

2.2.3. Hôtels

Ce secteur est de taille comparable à celui des bureaux et administrations. La consommation est multipliée par trois entre aujourd'hui et 2050 et est répartie sur une gamme diversifiée d'usages. Aujourd'hui, l'électricité est dominante mais le bois, le GPL et le diesel sont encore présents. Ils sont éliminés en 2050 du mix de vecteurs.

Figures 30a et 30b - Consommation d'énergie des hôtels, par usage (haut) et par vecteur énergétique (bas), scénario Net Zéro

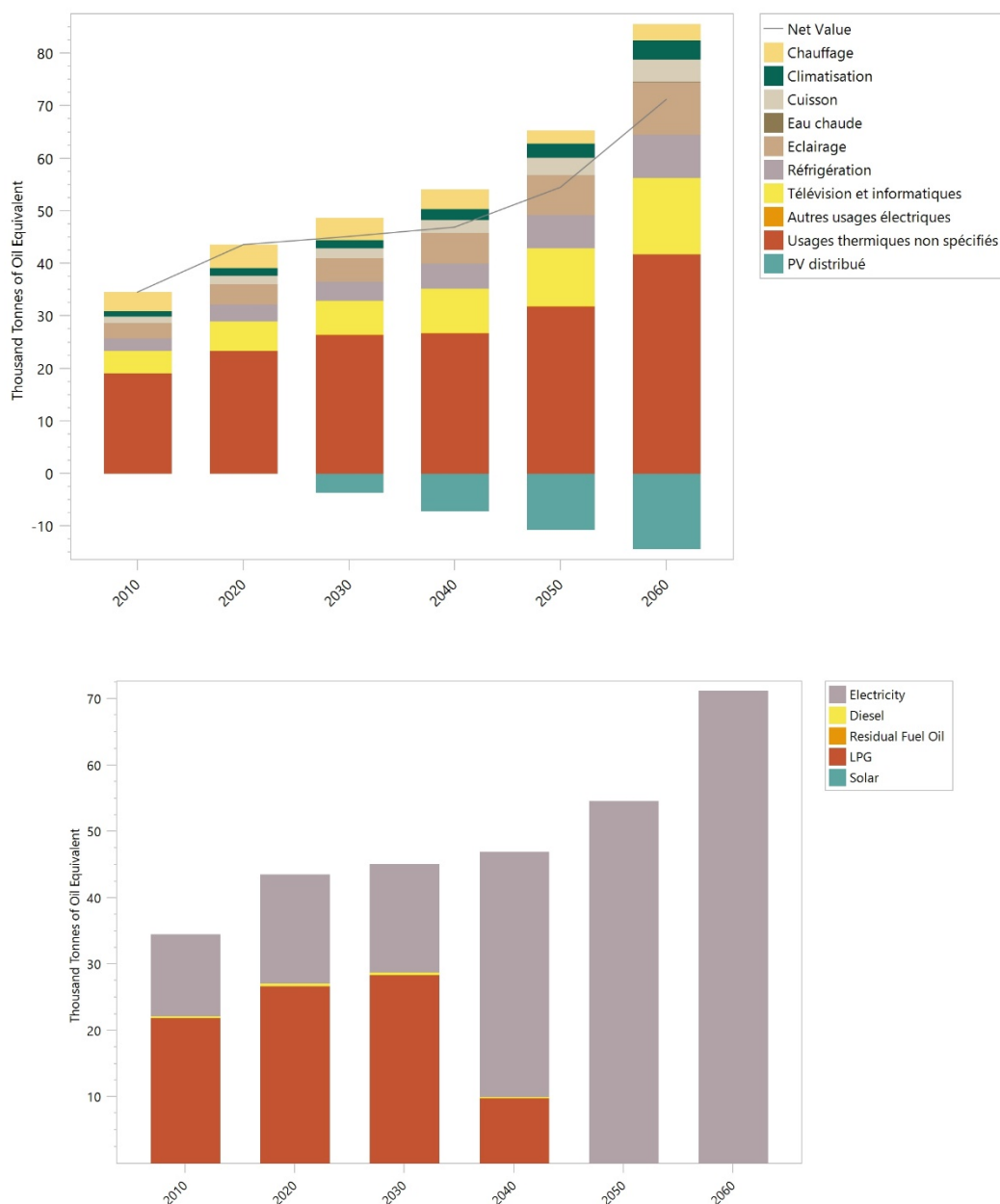


Le solaire PV décentralisé dans les hôtels atteint 324 GWh en 2050 et 432 GWh en 2060.

2.2.4. Hôpitaux et cliniques

Le secteur de la santé représente une consommation plus faible, avec un équilibre entre usages thermiques et usages spécifiquement électriques. Ceci explique le poids important du GPL encore jusqu'en 2030, avant les progrès de l'électrification.

Figures 31a et 31b - Consommation d'énergie des hôpitaux et cliniques, par usage (haut) et par vecteur énergétique (bas), scénario Net Zéro

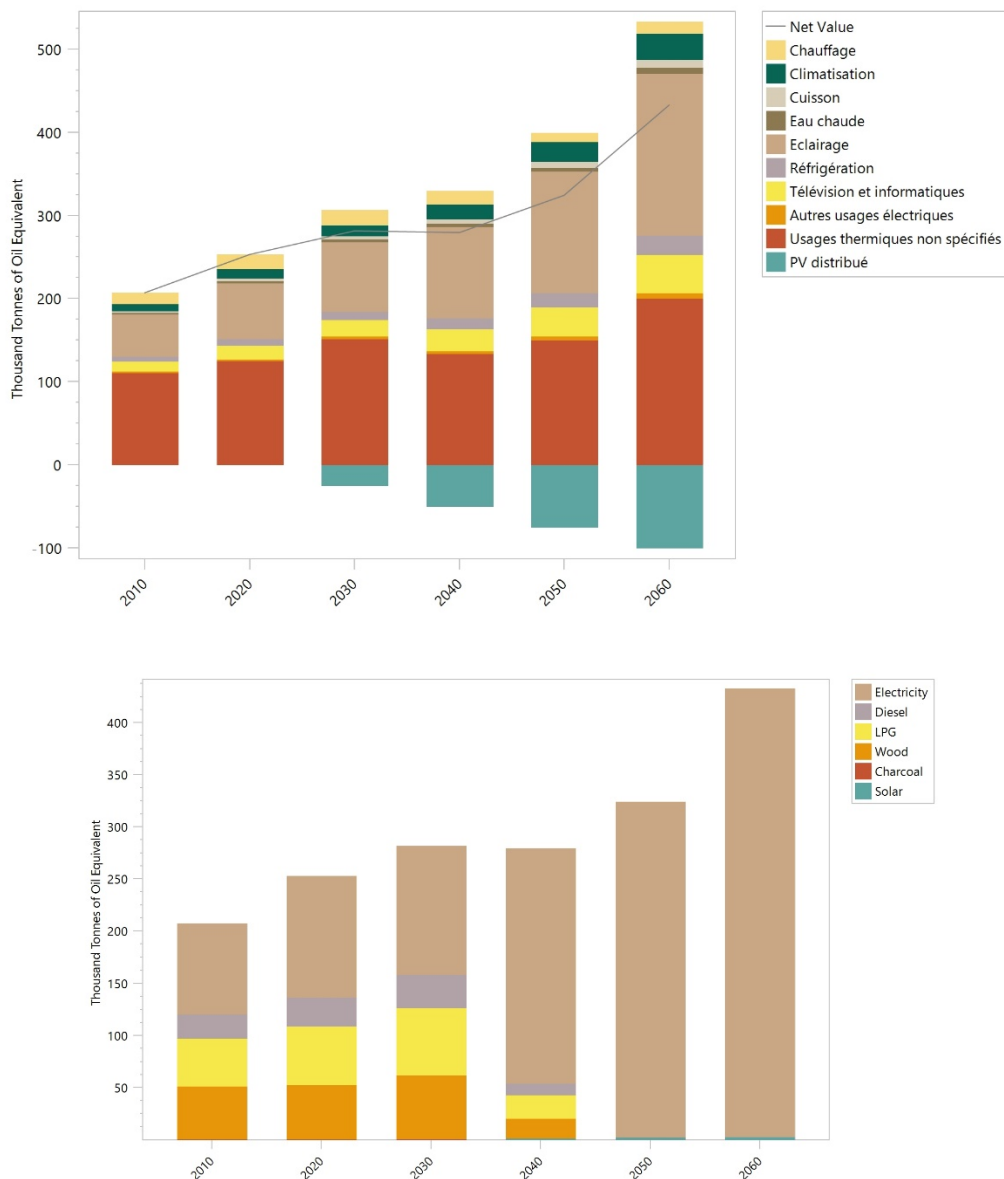


L'électricité se diffuse et une production solaire PV décentralisée se développe également (125 GWh en 2050, 166 GWh en 2060).

2.2.5. Commerces et restaurants

Le secteur des commerces et restaurants est le plus important du tertiaire. Sa consommation brute (sans compter la contribution du photovoltaïque de -0,8 TWh, soit -75 ktep) passe de 253 à 400 ktep d'ici 2050. Le bois, le GPL et le diesel représentent environ la moitié des consommations jusqu'en 2030, date à partir de laquelle l'électrification s'accélère. Elle est terminée en 2050.

Figures 32a et 32b- Consommation d'énergie des commerces et restaurants, par usage (haut) et par vecteur énergétique (bas), scénario Net Zéro

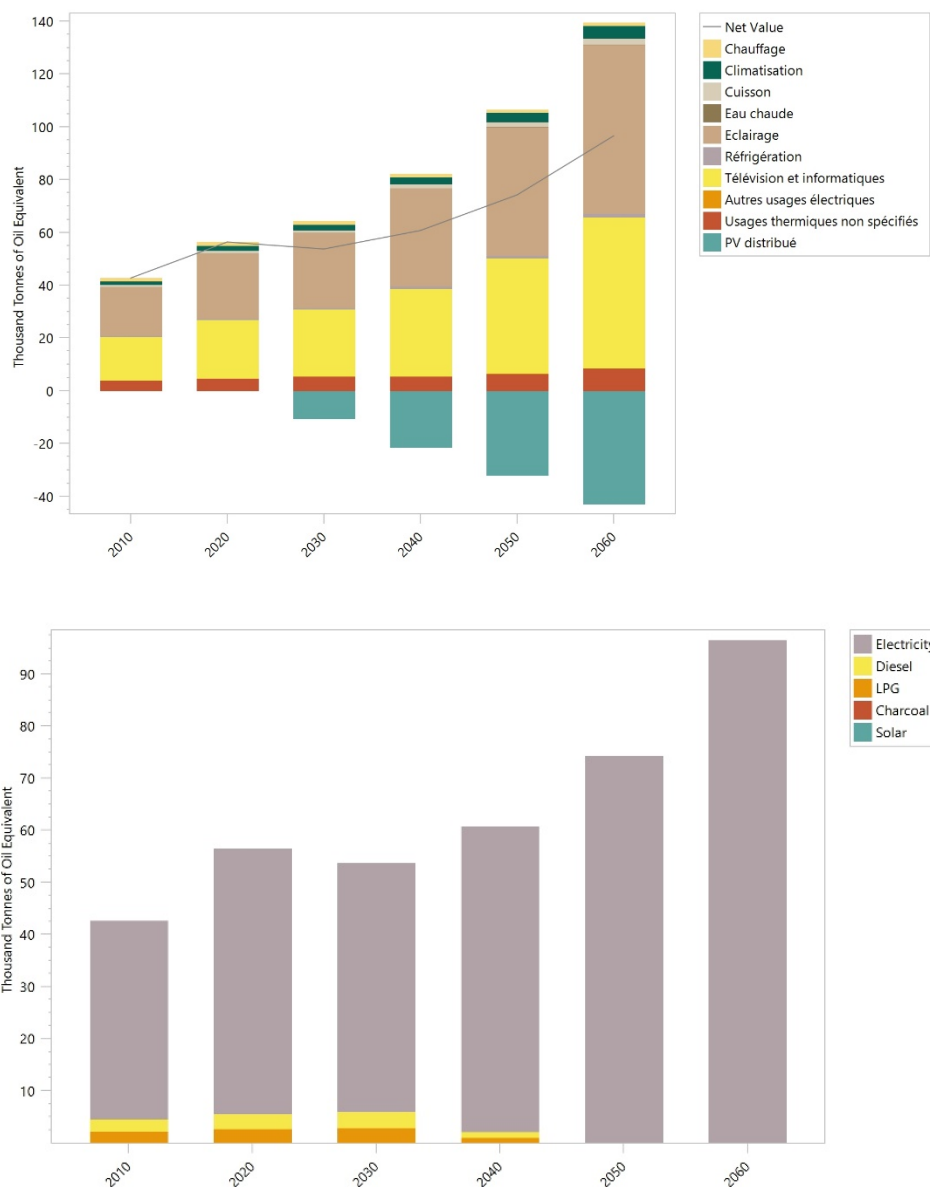


Le solaire PV atteint 873 GWh en 2050 et 1164 GWh en 2060 pour les bâtiments de commerces et restaurants.

2.2.6. Enseignement

Les consommations du secteur de l'enseignement sont doublées entre aujourd'hui et 2050. Les deux postes dominants sur toute la période sont les consommations d'électricité pour la télévision et l'informatique et pour l'éclairage. En 2050, une part non négligeable de ces besoins en électricité est couverte par une production photovoltaïque décentralisée.

Figures 33a et 33b - Consommation d'énergie de l'enseignement, par usage (haut) et par vecteur énergétique (bas), scénario Net Zéro

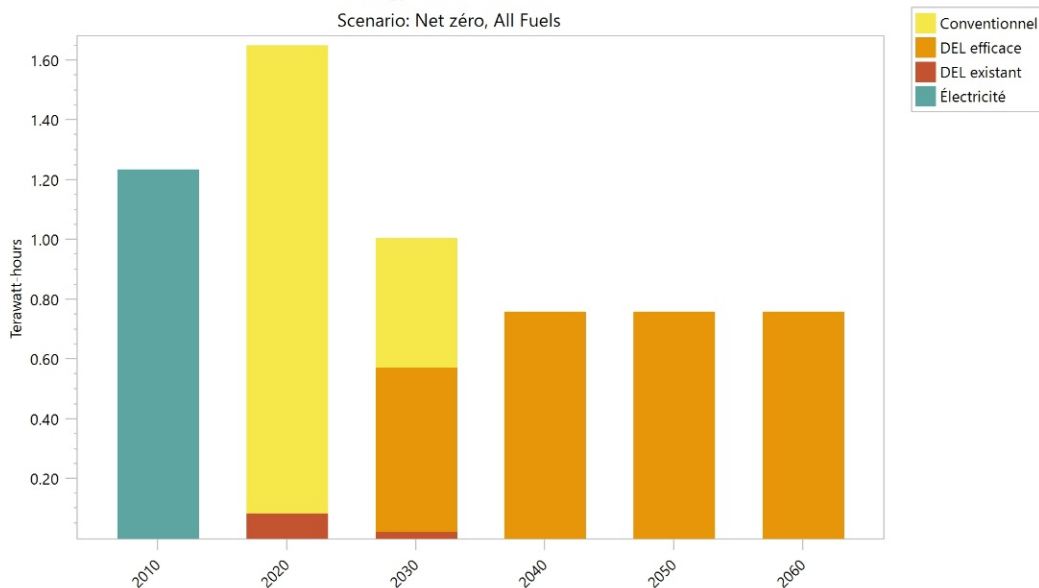


La production solaire PV décentralisée atteint 374 GWh en 2050 et 499 GWh en 2060.

2.2.7. Eclairage public

L'éclairage public a crû de 25% entre 2010 et 2020. Le déploiement rapide de l'éclairage efficace permet de réduire de moitié les consommations d'électricité en 2040 par rapport à aujourd'hui.

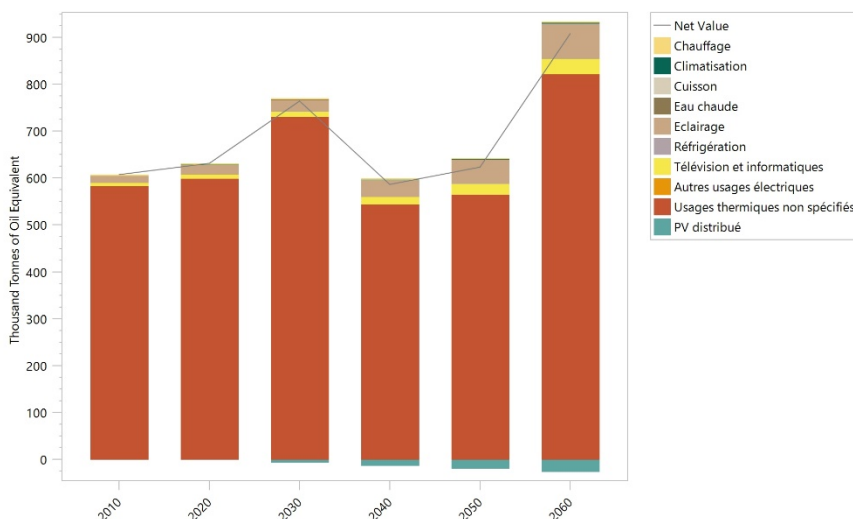
Figure 34 - Consommation d'énergie (électrique) de l'éclairage public, scénario Net Zéro

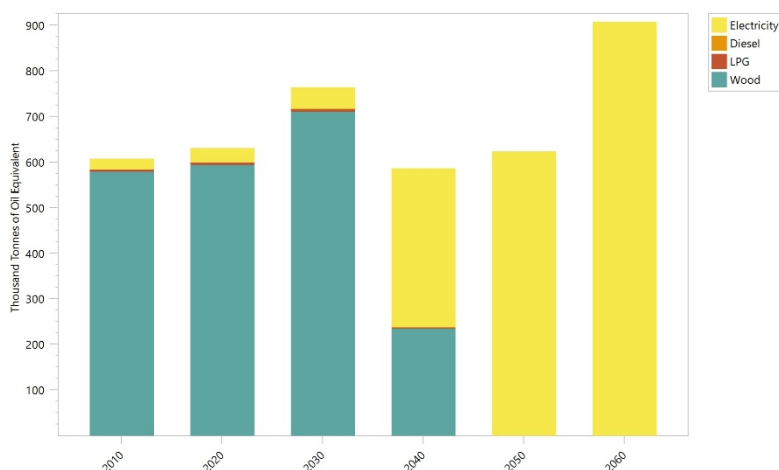


2.2.1. Autres

Cette catégorie est très importante, ainsi qu'en son sein la catégorie « usages thermiques non spécifiés ». Cela inclut par exemple les hammams. Celle-ci est en croissance jusqu'en 2030, avant que l'électrification ne permette une réduction d'environ 30% des consommations.

Figures 35a et 35b - Consommation d'énergie des autres sous-secteurs, par usage (haut) et par vecteur énergétique (bas), scénario Net Zéro



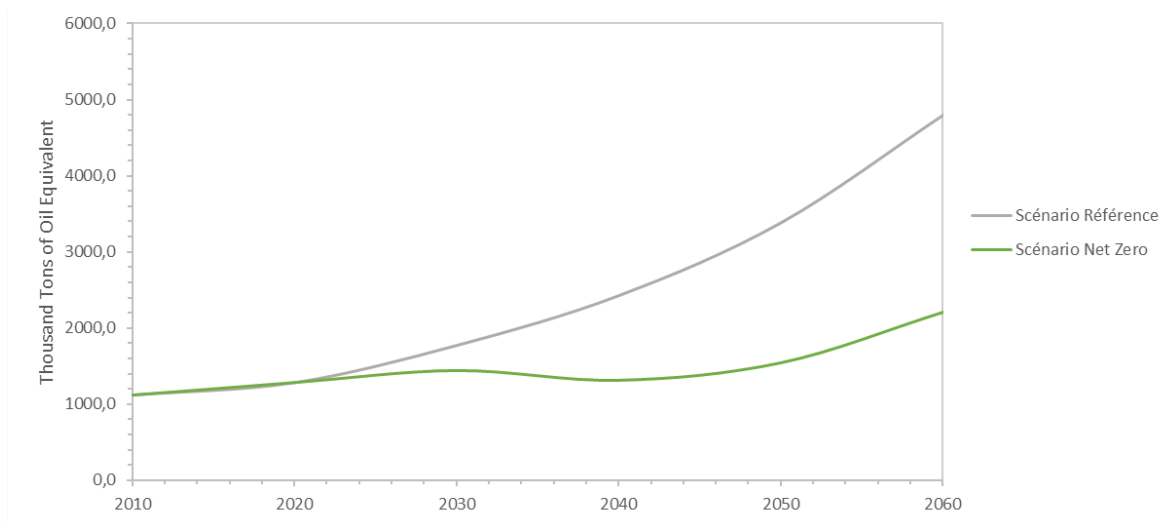


La production solaire PV dans cette catégorie « autres » atteint 224 GWh en 2050 et 299 GWh en 2060.

2.2.2. Comparaison avec le scénario Référence

A l'image du résidentiel, on observe dans le tertiaire un écart conséquent entre les scénarios Net Zéro et Référence. Dans le scénario Référence, en effet, la demande d'énergie est multipliée par 2,6 d'ici à 2050, alors qu'on note une augmentation bien plus maîtrisée dans le scénario Net Zéro (+20%). On arrive ainsi en 2050 à une réduction de **54%** de la consommation d'énergie par rapport au scénario Référence.

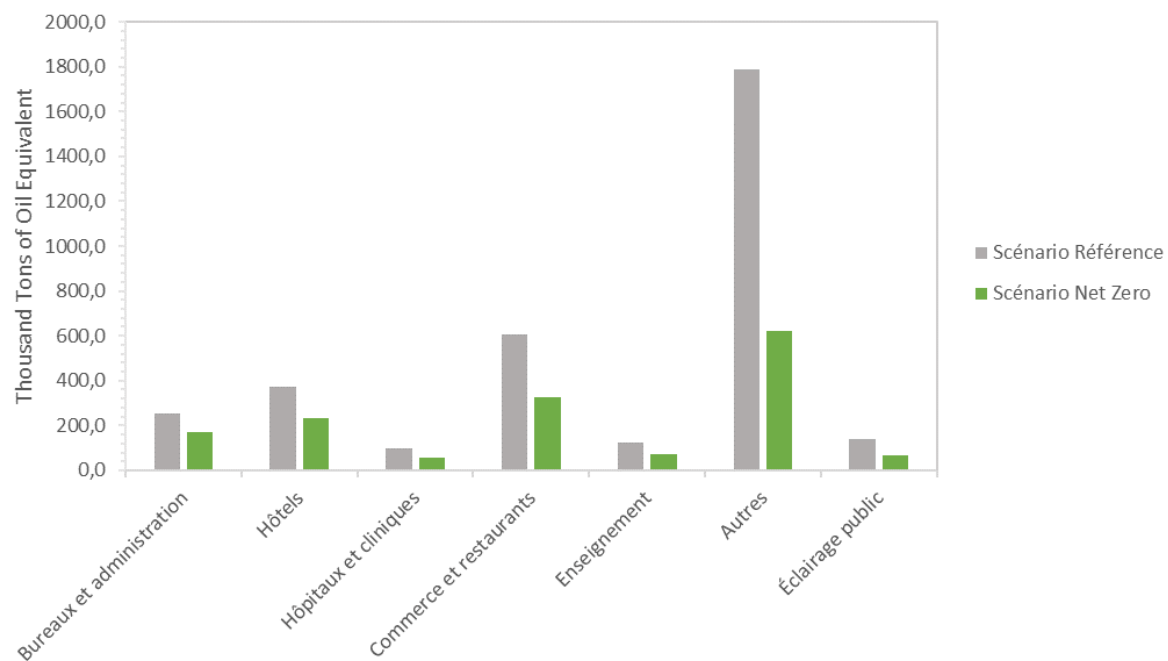
Figure 36 - Consommation d'énergie du tertiaire, inter-scénarios



Dans le scénario de référence, ce sont également les usages « divers » du tertiaire qui représentent la plus grande part de consommation. La réduction de demande de ces usages-là dans le scénario Net Zéro atteint 65% en 2050.

Les trois sous-secteurs les plus importants sont eux aussi marqués par une réduction forte de consommation dans le scénario Net Zéro par rapport au scénario Référence : -47% pour les commerces et restaurants, -38% pour les hôtels, -32% pour les bureaux et administrations.

Figure 37 - Consommation d'énergie du tertiaire en 2050, par sous-secteur, inter-scénario



3. Politiques et mesures à déployer pour atteindre le scénario Net Zéro

De manière générale, les huit leviers ou axes d'action de la LT-LEDS (voir supra 1.2.) sont bien couverts par les mesures identifiées dans le processus de modélisation, avec le plus souvent 4 à 6 mesures identifiées pour chacun des huit axes d'action de la vision LT-LEDS. Mais tous ces impacts ne peuvent être explicitement quantifiés et évalués en termes de coût. Ci-dessous est analysée la manière dont les P&M relatives aux huit leviers sont prises en compte dans la modélisation et leurs conséquences pour la formulation des politiques associées au Net Zéro.

3.1. Prise en compte des différentes P&M dans la modélisation

3.1.1. Planification urbaine

Le concept d'écoquartier apparaît, conformément aux recommandations de la vision, ainsi que la nécessité de créer des systèmes d'information et de formation (*capacity building*) pour les collectivités locales. Mais l'impact de ces politiques et les effets d'entraînement sur le reste du secteur sont difficilement quantifiables aujourd'hui et ne pourraient l'être que dans des modèles spatialisés et plus détaillés.

3.1.2. Nouveaux bâtiments basse émission ou zéro émissions nettes

Les mesures d'incitation (dépassement de la surface constructible si construction efficace), de boîte à outils pour la construction et de réglementation sont identifiés mais non quantifiés. En revanche, l'impact en termes d'efficacité énergétique des nouveaux logements en réponse à un cadre réglementaire en évolution est pris en compte.

Pour aller plus loin et prendre en compte explicitement les conséquences de l'introduction d'un label énergétique de type Diagnostic de Performance Energétique (DPE en France, en kWh/m²/an), il faudrait disposer d'une désagrégation plus poussée des consommations des ménages distinguant habitat individuel et collectif, par zone climatique.

3.1.3. Rénovation énergétique des bâtiments existants

Les P&M pour la rénovation des bâtiments existants sont clairement identifiées, il n'est pas évident d'identifier et de quantifier l'impact de ces mesures car elles vont probablement impacter plus les conditions de confort que des paramètres de consommation d'énergie. La mise en place des audits obligatoires est prise en compte.

3.1.4. Gestion du fonctionnement des bâtiments

Les P&M de la stratégie d'efficacité énergétique permettent d'aborder les différents aspects : standards pour l'éclairage public, systèmes d'informations, smart metering, réduction des consommations de bois en zones rurales et dans les hammams, efficacité énergétique dans les bâtiments administratifs et de tourisme.

3.1.5. Réduction des consommations des équipements électroménagers

Les mesures de la Stratégie Efficacité Energétique et du Plan d'atténuation volet Habitat ont été identifiées et prises en compte dans la construction du scénario mais non quantifiées par une modélisation explicite, par manque de données détaillées : politiques d'appel d'offre, normes minimales de performance énergétique, étiquetage pour le consommateur.

Des mesures de la CDN sont en revanche quantifiées : normes sur les climatiseurs et réfrigérateurs, éclairage public et résidentiel efficace.

Enfin, des mesures ont été introduites par SEI : Minimum Energy Performance Standard généralisés en 2050 et Plan éclairage public étendu au rural.

3.1.6. Gestion des matériaux dans une perspective de cycle de vie du bâtiment

Identifié, non quantifié.

3.1.7. Résilience du bâti pour tous les risques naturels, changement climatique et autres

Cette mesure concernant l'adaptation au changement climatique, elle ne s'applique pas ici.

3.1.8. Utilisation des énergies basse émission, accessibles et durables et électrification des usages

L'incitation des communes à la mobilisation des énergies renouvelables locales est une mesure identifiée mais non quantifiée.

Dans les mesures quantifiées dans la CDN ou la stratégie EE, on compte le Plan national de développement des chauffe-eau solaires (avec obligation dans le neuf) et la mesure relative aux panneaux photovoltaïques pour l'autoconsommation.

Les mesures introduites par SEI sont les suivantes: ajout de 1 GW de solaire distribué par décennie et extension de la politique chauffe-eau solaires de la CDN aux zones rurales.

La décarbonation par l'électrification est un élément central dans un secteur comme celui du bâtiment. Après prise en compte de toutes les mesures d'efficacité et de sobriété technique (par la conception), il est possible de remplacer tous les vecteurs, traditionnels et modernes fossiles, par une électricité décarbonée. Les hypothèses introduites par SEI dans le scénario Net Zéro, pour tous les usages conduisent logiquement à un mix de vecteurs 100% électrique, à l'exclusion de l'Eau Chaude Sanitaire Solaire.

3.2. Eléments pour les objectifs de mise en œuvre des énergies renouvelables dans le secteur du bâtiment

Les scénario Net Zéro prend en compte les principaux objectifs de la CDN du Maroc à 2030 pour les consommations d'énergie, l'électrification des vecteurs et le déploiement des énergies renouvelables.

Dans cette perspective, le développement de l'Eau Chaude Sanitaire solaire est très rapide jusqu'en 2030, conformément à la CDN. Ce déploiement se ralentit par

la suite ce qui correspond à une saturation des différents potentiels, selon une dynamique de courbe en S pour la pénétration des nouvelles technologies.

Pour le photovoltaïque décentralisé dans le bâtiment, la dynamique est différente, avec une augmentation rapide à l'horizon 2030, qui se prolonge aux horizons 2050 et 2060, car les potentielsaturent moins rapidement.

En l'absence de données détaillées sur les niveaux de performance de l'enveloppe des bâtiments, des équipements consommateurs d'énergie ou de déploiement des systèmes d'énergies renouvelables, il est difficile d'identifier des objectifs d'action chiffrés pour la mise en œuvre du scénario Net Zéro.

Cependant, un tableur Excel ci-dessous (intégré) traduit les chiffres de production des énergies renouvelables dans le bâtiment, tirés du scénario Net Zéro, en m2 de capteurs thermiques et photovoltaïques dans les différents segments.

Tableau 4 - Surfaces décentralisées de capteurs solaires, thermiques et photovoltaïques à installer dans le bâtiment pour le scénario Net Zéro

Rayonnement incident Maroc 1800 à 2100 kWh/m2 ; hypothèse prise: 1950 kWh/m2								
TWh	rendement système	production / m2	2020	2030	2040	2050	m2 panneaux en 2050	moyenne m2/an 2020-50
ECS solaire	40%	780						
Res urbain			0.24	1.34	1.62	2.31	2 961 538	98 718
Res rural			0.51	3.17	3.36	3.47	4 448 718	148 291
TOTAL ECS solaire			0.75	4.51	4.98	5.78	7 410 256	247 009
PV décentralisé	15%	293						
						TWh		
Res urbain			0	-0.04	-0.09	-0.13	444 444	14 815
Res rural			0	-0.02	-0.04	-0.06	205 128	6 838
Bureaux			0	-0.19	-0.38	-0.57	1 948 718	64 957
Hotels			0	-0.11	-0.22	-0.32	1 094 017	36 467
Hopitaux			0	-0.04	-0.08	-0.12	410 256	13 675
Commerces			0	-0.29	-0.58	-0.87	2 974 359	99 145
Enseignement			0	-0.12	-0.25	-0.37	1 264 957	42 165
Autres			0	-0.07	-0.15	-0.22	752 137	25 071
TOTAL PV			0	-0.88	-1.79	-2.69	9 196 581	306 553

NB: Marché français PV = 160 000 m2 en 2021

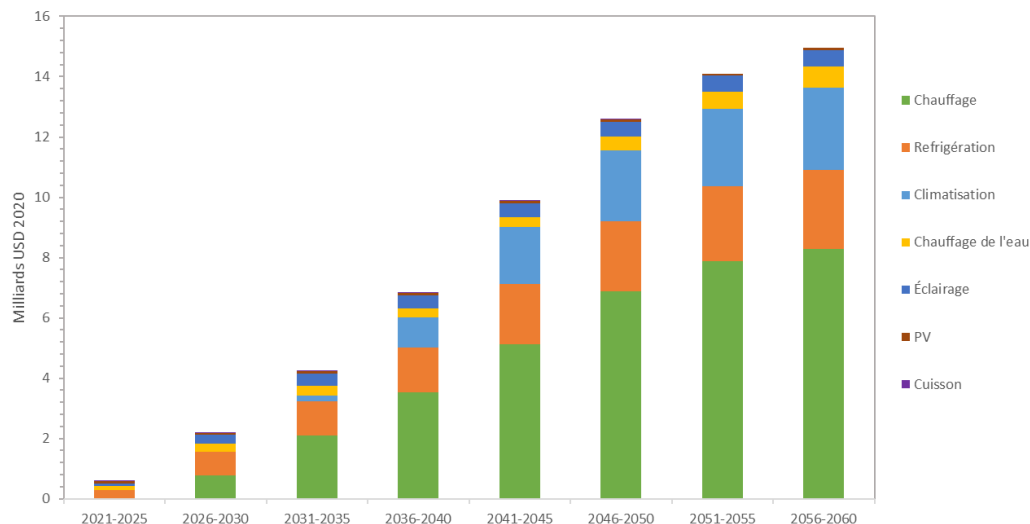
3.3. Coûts d'investissements des mesures

3.3.1. Coûts d'investissements dans le résidentiel

Les coûts d'investissements supplémentaires par rapport au scénario Référence nécessaires à la mise en place des mesures du résidentiel sont conséquents, puisqu'ils s'élèvent, en cumulé d'ici à 2050, à 36 milliards USD (Md\$, monnaie de 2020), puis 29 Md\$ sur la période 2050-2060. On observe une croissance forte des coûts d'investissement annuels, passant de 55 millions USD de 2020 aujourd'hui à plus de 2.7 Md\$ en 2050. Les usages qui nécessitent le plus d'investissement supplémentaires, au vu des mesures mises en place, sont le

chauffage et la réfrigération. A eux deux, ils représentent plus de 70% des besoins d'investissement d'ici 2050.

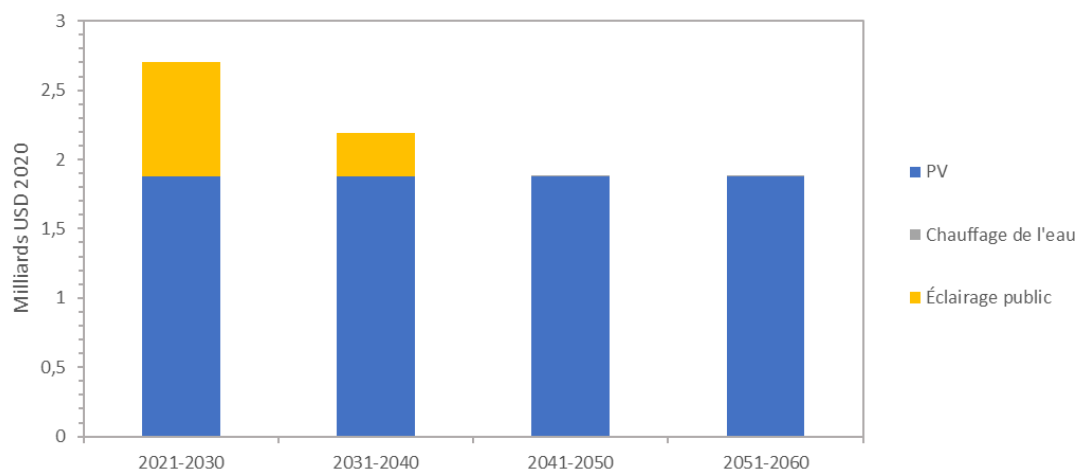
Figure 38 - Coûts d'investissement supplémentaires par rapport au scénario Référence, dans le résidentiel, cumulés sur 5 ans



3.3.2. Coûts d'investissements dans le tertiaire

En comparaison, les coûts d'investissement supplémentaires dans le tertiaire paraissent plus faibles. On compte un total de 6.8 Md\$, en cumulé d'ici à 2050, puis 1.9 Md\$ sur la période 2050-2060. Dans ce sous-secteur, ce sont les investissements liés au déploiement du photovoltaïque qui sont les plus importants tout au long de la période de projection. On note aussi la part importante dans les coûts des mesures liées à l'éclairage public en début de période.

Figure 39 - Coûts d'investissement dans le tertiaire, cumulés par décennie



SYNTHESE

L'ensemble des 8+1 leviers identifiés dans la vision de la LT-LEDS pour le bâtiment est largement couvert par les P&M identifiées dans les différents documents stratégiques. La plupart des P&M identifiées sont prises en compte dans la construction du scénario Net Zéro et une part importante de ces P&M est quantifiée de manière explicite dans la modélisation LEAP.

Cette prise en compte permet clairement de rendre compte, dans la projection des consommations et des émissions des bâtiments résidentiels, des trois facteurs structurants de la dynamique de décarbonation du secteur, tels qu'identifiés dans la LT-LEDS:

- Les réductions des besoins en énergie utile du fait des actions de sobriété découlant d'une meilleure conception et gestion des bâtiments.
- Le transfert d'usages permettant de remplacer le bois et le GPL, essentiellement par l'électricité (qui elle-même se décarbone, Cf le plan sectoriel Energie).
- Les gains d'efficacité énergétique induits par cette électrification des usages.

De l'examen des résultats, il apparaît que le scénario Net Zéro implique une bifurcation et une électrification très rapide dans la décennie 2030-2040, et ce dans tous les sous-secteurs du Bâtiment. Cette électrification complète, à l'exception de l'utilisation des chauffe-eaux solaires, doit être achevée en 2050. La bifurcation en 2030 apparaît ainsi comme un élément stratégique et critique de la mise en œuvre de la politique Net Zéro.

Les P&M non quantifiées correspondent le plus souvent à des politiques systémiques qui relèvent de l'aménagement du territoire, de la planification urbaine ou de la gestion des parcs de bâtiments, et qui ne peuvent donc être quantifiées explicitement dans un modèle de type LEAP.

Un pas supplémentaire pourrait être franchi en prenant explicitement en compte l'impact de l'introduction de normes de performance de type Diagnostic de Performance Énergétique pour les bâtiments et Minimum Energy Performance Standard pour les équipements. Mais cela supposerait une description bien plus fine du parc de logements (différenciation par zone climatique, individuel/collectif, type de bâti, matériaux utilisés...). Il faudrait pour cela disposer d'informations détaillées, sans doute non disponibles pour l'ensemble du Maroc. La prise en compte de l'ensemble de ces variables impliquerait également un effort supplémentaire de modélisation.

Les mesures évoquées dans cette stratégie devront être rigoureusement programmées et articulées sur différents horizons de temps. Si ces aspects, qu'ils soient financiers ou de planification et de gouvernance, ne sont pas du ressort du présent rapport, ils seront adressés plus en détail dans la suite de ces travaux.

4. ANNEXES

4.1. Politiques et Mesures (P&M)

En bleu les P&M identifiées dans les documents stratégiques, prises en compte dans la construction des scénarios, mais non modélisées explicitement par manque de données détaillées

En vert les P&M identifiées et quantifiées par modélisation explicite

4.1.1. Planification urbaine :

MATNUHPV Transition énergétique : Éco-cités / éco-quartiers N

Stratégie EE : Instaurer un système d'information sur la consommation énergétique pour les collectivités territoriales N

Stratégie EE : Instaurer un système d'information sur la consommation énergétique pour les collectivités territoriales N

Stratégie EE : Structurer un noyau de compétences énergie au niveau des communes ou des associations de communes N

4.1.2. Nouveaux bâtiments basse émission ou zéro émissions nettes

Stratégie EE : Permettre le dépassement de la surface constructible autorisée pour les projets immobiliers à haute performance énergétique N

Stratégie EE : Elaborer une mallette à outils de constructions durables pour renforcer les capacités des maitres d'œuvre, et maitres d'ouvrage dans la construction en intégrant l'EE N

Stratégie EE : Accompagner l'opérationnalisation du règlement général de construction fixant les règles de performance énergétique de construction N

CDN : Efficacité énergétique pour les enveloppes des nouveaux bâtiments Y

Habitat Plan d'Atténuation : Promotion de la conception de logements économes en énergie N

Stratégie EE : Compléter la mise en œuvre du cadre réglementaire régissant l'EE dans le cadre de la réglementation thermique de construction Y

4.1.3. Rénovation énergétique des bâtiments existants

Stratégie EE : Mettre en œuvre le label d'efficacité énergétique « eco-binayate » et promouvoir un certificat de performance énergétique pour tous les bâtiments lors de la vente ou la location N

Stratégie EE : Accompagner les projets de réhabilitation énergétique des bâtiments existants N

Stratégie EE : Mobiliser des lignes de financement pour des projets de rénovation et d'équipements des logements existants N

Habitat Plan d'Atténuation : Réhabilitation thermique des bâtiments existants N

Stratégie EE : Opérationnaliser la mise en place des audits obligatoires pour les bâtiments tertiaires au-delà d'un seuil évolutif de 500 tep par an Y

4.1.4. Gestion du fonctionnement des bâtiments

Stratégie EE : Mettre en place des normes obligatoires et des standards de maintenance pour les installations et les équipements d'éclairage public N

Stratégie EE : Mettre en place un système d'information sur les données et indicateurs relatifs à la consommation énergétique dans le bâtiment N

Stratégie EE : Opérationnaliser l'obligation d'information annuelle sur la consommation énergétique pour les bâtiments tertiaires au-delà d'un seuil évolutif de 500 tep par an N

Stratégie EE : Promouvoir et diffuser des appareils de comptage électroniques (smart-metering) auprès des ménages N

Stratégie EE : Promouvoir les solutions d'efficacité énergétique et d'économie du bois de feu au niveau des ménages ruraux et des hammams publics N

Stratégie EE : Accélérer la mise en œuvre d'un programme national d'efficacité énergétique dans les bâtiments publics dans le cadre de l'exemplarité de l'administration publique N

CDN: Efficacité énergétique dans les établissements d'hébergement touristique N

4.1.5. Réduction des consommations des équipements électroménagers

Stratégie EE : Intégrer les considérations de qualité des équipements dans les appels d'offres publics et commerciaux sur le marché national N

Stratégie EE : Achever le cadre réglementaire relatif à la loi n° 47-09 relative à l'efficacité énergétique N

Stratégie EE : Etablir les performances énergétiques minimales des équipements liés à l'énergie dans le bâtiment (hors réfrigérateurs et climatiseurs)" N

Stratégie EE : Actualiser l'étiquetage obligatoire pour les équipements domestiques, en y intégrant l'information sur le coût global énergétique N

Stratégie EE : Mettre en place des normes obligatoires de consommation énergétique pour les équipements domestiques, en priorité les réfrigérateurs, climatiseurs et éclairage N

CDN : Mise en place des Norme Minimale de Performance Energétique (MEPS) des climatiseurs Y

CDN : Programme d'efficacité énergétique dans l'éclairage public Y

CDN : Programme de généralisation des lampes LED dans le secteur résidentiel à l'horizon 2030 Y

CDN : Mise en place des Norme Minimale de Performance Energétique (MEPS) des réfrigérateurs éco énergétiques Y

Habitat Plan d'Atténuation : Promotion de l'usage des fours performants N

Habitat Plan d'Atténuation : Promotion de l'usage de lave-linges performants N

Habitat Plan d'Atténuation : Promotion de l'usage des télévisions performantes N

Habitat Plan d'Atténuation : Promotion de l'usage des climatiseurs performants N

Habitat Plan d'Atténuation : Promotion de l'usage des systèmes d'éclairage efficaces N

Habitat Plan d'Atténuation : Promotion de l'usage de réfrigérateurs performants N

N/A – SEI : Adoption complète des réfrigérateurs MEPS à l'horizon 2050. Y

N/A – SEI : Extension du PNEP à l'éclairage public rural. Y

4.1.6. Gestion des matériaux dans une perspective de cycle de vie du bâtiment

Stratégie EE : Définir les performances énergétiques des matériaux locaux de construction au niveau national N

4.1.7. Résilience du bâti pour tous les risques naturels, changement climatique et autres

Cette catégorie ne regroupe pas de mesure identifiée à ce stade mais pourrait inclure des mesures anti-sismiques comme des mesures de lutte contre la surchauffe en période estivale.

4.1.8. Utilisation des énergies basse émission, accessibles et durables

Stratégie EE : Inciter les communes à développer le recours aux énergies renouvelables pour l'éclairage urbain N

Stratégie EE : Opérationnaliser les contrats types entre les communes et les prestataires dans la gestion de l'éclairage public N

CDN : Plan national de développement des chauffe-eaux solaires de 2010 à 2020 Y

CDN : Plan national de développement des chauffe-eau solaires post 2020 Y

CDN : Installations de panneaux solaires photovoltaïques, à l'horizon 2030, pour l'autoconsommation dans les secteurs résidentiel et tertiaire Y

Habitat Plan d'Atténuation : Promotion de l'usage des chauffe-eaux solaires N

Habitat Plan d'Atténuation : Promotion du photovoltaïque raccordé au réseau BT N

Stratégie EE : Imposer une obligation d'installation des chauffe-eaux solaires pour toute nouvelle construction et soutenir l'acquisition des chauffe-eaux solaires Y

N/A – SEI : Ajout de 1000 MW de solaire distribué par décennie dans les secteurs résidentiel et tertiaire, 2031-2060. Y

N/A – SEI : Reproduction de la mesure de chauffe-eaux de la CDN dans les ménages ruraux. Y

4.1.9. Décarbonation par l'électrification

N/A – SEI : Transition vers la cuisson électrique dans les bâtiments résidentiels, 2025-2050. Y

N/A – SEI : Transition vers le chauffage électrique dans les bâtiments résidentiels, 2025-2050. Y

N/A – SEI : Transition du gaz et du bois vers l'électricité pour l'eau chaude dans les bâtiments résidentiels, 2025-2050. Y

N/A – SEI : Transition vers le chauffage électrique dans les bâtiments tertiaires, 2025-2050. Y

N/A – SEI : Électrification des usages thermiques tertiaires non-spécifiés, 2025-2050. Y

4.2. Liste exhaustive des mesures de décarbonation

4.2.1. Mesures du résidentiel

Tableau 5 - Mesures du résidentiel

Source	Mesure	Impacts sur l'énergie / les émissions modélisés	Coûts modélisés	Notes
CDN	Plan national de développement des chauffe-eaux solaires de 2010 à 2020	Oui	N/A	Représenté dans le scénario de Référence (incorporé dans la demande d'énergie historique des bilans énergétiques).
CDN	Plan national de développement des chauffe-eaux solaires post 2020	Oui	Oui	
Extension d'une mesure CDN	Reproduction de la mesure de chauffe-eaux de la CDN dans les ménages ruraux	Oui	Oui	
Stratégie EE, Min. Aménagement	Obligation d'installation des chauffe-eaux solaires pour toute nouvelle construction	Oui	Oui	
CDN	Programme de généralisation des lampes LED dans le secteur résidentiel à l'horizon 2030	Oui	Oui	
CDN	Mise en place des Normes Minimales de Performance Énergétique (MEPS) des réfrigérateurs éco énergétiques	Oui	Oui	
Extension d'une mesure CDN	Adoption complète des réfrigérateurs MEPS à l'horizon 2050.	Oui	Oui	

CDN	Installations de panneaux solaires photovoltaïques, à l'horizon 2030, pour l'autoconsommation dans les secteurs résidentiel et tertiaire	Oui	Oui	
Extension d'une mesure CDN	Ajout de 1000 MW de solaire distribué par décennie dans les secteurs résidentiel et tertiaire, 2031-2060.	Oui	Oui	
CDN	Efficacité énergétique pour les enveloppes des nouveaux bâtiments	Oui	N/A	Représenté dans le scénario de Référence (incorporé dans la demande d'énergie historique des bilans énergétiques).
Stratégie EE	Compléter la mise en œuvre du cadre réglementaire régissant l'EE dans le cadre de la réglementation thermique de construction	Oui	N/A	
CDN	Mise en place des Normes Minimales de Performance Énergétique (MEPS) des climatiseurs	Oui	N/A	Représenté dans le scénario de Référence. Compte tenu de la demande d'énergie historique, la meilleure estimation de l'équipe de modélisation est que le COP des climatiseurs existants est approximativement égal à la norme MEPS. Cette estimation pourrait être affinée avec de meilleures données.
Analyse LT-LEDS	Transition vers la climatisation efficace (EER 12-14) dans les bâtiments résidentiels, 2025-2050	Oui	Oui	
CDN / Stratégie de la Forêt	Distribution de 9 000 fours à bois efficaces par an (2020-2030)	Oui	Oui	
Analyse LT-LEDS	Transition vers la cuisson électrique dans les bâtiments résidentiels, 2025-2050	Oui	Oui	

Analyse LT-LEDS	Transition vers le chauffage électrique dans les bâtiments résidentiels, 2025-2050	Oui	Oui	
Analyse LT-LEDS	Transition du gaz et du bois vers l'électricité pour l'eau chaude dans les bâtiments résidentiels, 2025-2050	Oui	Oui	

4.2.2. Mesures du tertiaire

Tableau 6 - Mesures du tertiaire

Source	Mesure	Impacts sur l'énergie / les émissions modélisés	Coûts modélisés	Notes
CDN	Programme d'efficacité énergétique dans l'éclairage public	Oui	Oui	
Extension d'une mesure CDN	Extension du PNEP à l'éclairage public rural	Oui	Oui	
CDN	Installations de panneaux solaires photovoltaïques, à l'horizon 2030, pour l'autoconsommation dans les secteurs résidentiel et tertiaire	Oui	Oui	
Extension d'une mesure CDN	Ajout de 1000 MW de solaire distribué par décennie dans les secteurs résidentiel et tertiaire, 2031-2060	Oui	Oui	
Stratégie EE	Opérationnaliser la mise en place des audits obligatoires pour les bâtiments tertiaires au-delà d'un seuil évolutif de 500 tep par an	Oui	Non	
Analyse LT-LEDS	Transition vers le chauffage électrique dans les bâtiments tertiaires, 2025-2050	Oui	Non	
Analyse LT-LEDS	Électrification des usages thermiques tertiaires non-spécifiés, 2025-2050	Oui	Non	

Étude EE tertiaire – Energy Handle/GIZ	Adoption des chauffe-eaux solaires dans le secteur tertiaire (commerce, restaurants, santé)	Oui	Oui	
--	---	-----	-----	--